

## Correlações entre atributos químicos do solo e atributos da cultura e da produtividade de arroz irrigado determinadas com técnicas de manejo localizado

### Correlations between soil chemical attributes and flooded rice yield through the site-specific management techniques

Reges Durigon<sup>I\*</sup> José Fernando Schlosser<sup>I</sup> Alexandre Russini<sup>II</sup>  
Marçal Elizandro de Carvalho Dornelles<sup>II</sup> Eder Dornelles Pinheiro<sup>III</sup>

#### - NOTA -

#### RESUMO

*O sistema de agricultura tradicional desconsidera a variabilidade espacial dos atributos dos solos utilizados na produção vegetal, enquanto que o manejo localizado visa a identificar e propor o manejo dessa variabilidade. Com o objetivo de determinar as correlações entre atributos de solo, da cultura e produtividade de arroz irrigado por meio de técnicas de manejo localizado, foi conduzido um experimento de 70ha. A malha de amostragem de solo utilizada foi de um ponto por hectare, e os resultados da análise de solo foram usados para elaborar os mapas de atributos químicos do solo. A amostragem para determinação do rendimento de grãos foi realizada em malha de um hectare, por meio da coleta manual de quatro subamostras de plantas por ponto georreferenciado. A variabilidade espacial e as correlações entre mapas de atributos de solo e produtividade de arroz irrigado foram geradas por meio do Software Campeiro 6.0. As maiores correlações positivas entre produtividade de arroz e atributos de solo foram verificadas para cálcio e magnésio, enquanto a saturação de alumínio apresentou a maior correlação negativa.*

**Palavras-chave:** variabilidade espacial, mapas, geostatística.

#### ABSTRACT

*The traditional agricultural system disregards spatial variability of the attributes of soil used in crop production, while the site-specific management aims to identify and to propose a management of this variability. An experiment of 70ha was conducted with the purpose of determining the correlation between soil attributes, of crop and flooded rice yield through site-specific management techniques. It was collected one sample per hectare, and the soil analysis results*

*were used to elaborate the map of its chemical attributes. The sampling to determine the grain yield was made in a grid with one point per hectare and four plant sub-samples per point georeferenced were hand plucked. The spatial variability and the correlations between soil attribute maps and flooded rice yield were done using the Campeiro Software 6.0. The highest positive correlations between them were verified for calcium and magnesium, while aluminium saturation presented the highest negative correlation.*

**Key words:** spatial variability, maps, geostatistic.

A amostragem de solo pelo método tradicional, usada para a recomendação de adubação e calagem, não considera as diferenças nos atributos do solo de uma lavoura. VIEIRA JUNIOR et al. (2006) consideram essenciais e escassas as informações para quantificar a interação entre população e distribuição espacial de plantas com aspectos relacionados ao solo. Segundo MERCANTE et al. (2003), o manejo localizado é um conceito de manejo de solo-planta, baseado em princípios de gerenciamento agrícola de informações sobre variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção e da própria produtividade.

A interpretação do mapa de produtividade deve considerar principalmente as causas consistentes de variabilidade, sendo difícil identificar e separar classes de variabilidade e investigar suas causas, as

<sup>I</sup>Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: rdurigon@smail.ufsm.br. \*Autor para correspondência.

<sup>II</sup>Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>III</sup>Curso de Agronomia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

quais podem ser compreendidas por meio do acompanhamento e da análise dos possíveis fatores que influenciam a variabilidade durante safras seguidas. Desse modo, MOLIN (2002) utilizou mapas sequenciais de produtividade para determinar unidades de gerenciamento.

As contribuições do manejo localizado referem-se ao aumento da eficiência de uso de insumos e à análise de mapas de rendimento para determinar modificações nas práticas de manejo. MOLIN et al. (2006) cita que a aplicação localizada de insumos é possível pela demarcação de unidades de gerenciamento que representem uma combinação homogênea de fatores limitantes da produtividade, as quais podem ser delineadas por amostragens de solo. Existe a possibilidade de simplificar a informação por meio do mapa de doses variadas, sendo demarcadas regiões que receberão doses uniformes.

O rendimento de arroz é afetado por vários fatores e, nesse sentido, DOBERMANN (1994) verificou que o nível de fertilidade do solo, a aplicação de nitrogênio, a densidade de semeadura e o teor de fósforo explicaram 56% da variação no rendimento de arroz, propondo o pH do solo como critério para mapeamento da fertilidade do solo. Ao avaliar o manejo de nutrientes em local específico comparado à prática de fertilização tradicional, WANG et al. (2001) verificaram que o rendimento médio de grãos de arroz aumentou de 5900 para 6400kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que a absorção de N, P e K aumentou de 8 para 14%, e a eficiência agrônômica à utilização de nitrogênio foi 80% maior com manejo em local específico.

Com o objetivo de identificar fatores favoráveis e desfavoráveis à produção da cultura, por meio da correlação entre atributos químicos do solo, de manejo e de produtividade de arroz irrigado por meio de técnicas de manejo localizado, foi conduzido um experimento em uma lavoura de 70ha de arroz irrigado, no município de São Francisco de Assis, Rio Grande do Sul (RS), nas safras 2004/05 e 2005/06.

A malha de amostragem de solo utilizada foi de um ponto por hectare, determinada e georreferenciada por meio do *software* "Sistema Agropecuário CR - Campeiro 6.0". A amostragem do solo para análise química foi realizada por meio da coleta de cinco subamostras a uma distância de 20 metros de cada ponto georreferenciado da malha (hectare), com trado calador, na profundidade de 0-0,2 metros.

A cultivar de arroz irrigado utilizada no experimento foi 'IRGA 422 CL', e o sistema de preparo do solo foi o convencional. A semeadura do arroz foi realizada em linha e em solo seco, com introdução da água de irrigação aproximadamente 20 dias após a emergência das plantas de arroz. Na safra 2004/05, a

semeadura do arroz ocorreu na primeira quinzena de novembro, com densidade de 250kg ha<sup>-1</sup> de sementes e aplicação de 385kg ha<sup>-1</sup> de adubo da fórmula 08-18-28, enquanto que, na safra 2005/06, a semeadura do arroz ocorreu no início de novembro, com densidade de 155kg ha<sup>-1</sup> de sementes e aplicação de 300kg ha<sup>-1</sup> da mesma fórmula de adubo. Anteriormente à safra 2005/06 foi realizada a aplicação de calcário à taxa variável, baseada no critério do índice SMP.

Na safra 2004/05, não foi possível estimar a população de plantas da cultura de arroz irrigado em função da desuniformidade na emergência das plantas. Na safra 2005/06, a estimativa da população de plantas de arroz irrigado foi realizada aproximadamente 15 dias após a emergência das plantas e imediatamente antes da entrada da água de irrigação na lavoura, por meio da contagem do número de plantas em uma área de 0,25m<sup>2</sup>, com quatro repetições por ponto da malha.

A altura da lâmina de água de irrigação na cultura de arroz foi determinada apenas na safra 2005/06, em virtude da desuniformidade verificada na safra anterior. Essa determinação foi realizada com quatro repetições para cada ponto da malha, no estágio de floração do arroz quando a altura da lâmina de água é maior, pois a elevação do nível de água aumenta o efeito termoregulador e também afeta o perfilhamento da cultura (SOSBAI, 2005).

A amostragem de plantas de arroz irrigado para estimativa da produtividade de grãos da cultura foi realizada em malha de um ponto por hectare, por meio da coleta manual de quatro subamostras de plantas em uma área de 0,25m<sup>2</sup>. Essas subamostras foram debulhadas manualmente e posteriormente pesadas, sendo a umidade dos grãos corrigida para 13%. O número de panículas por área foi determinado por meio da contagem destas em cada uma das quatro subamostras de plantas coletadas para determinar a produtividade da cultura. As correlações entre atributos químicos do solo, de variáveis de manejo e da cultura de arroz irrigado foram determinadas pelo método de Pearson, ao nível de probabilidade de 5%.

Os resultados mostraram grande variabilidade espacial dos atributos químicos de solo das safras analisadas, com teores classificados como baixo até alto, segundo as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Sul do Brasil (SOSBAI, 2005). Como exemplo, destaca-se a saturação por bases e teores de cálcio e magnésio, os quais são atributos de fertilidade do solo utilizados como critérios para definição da necessidade e da quantidade de corretivos da acidez do solo. Dessa forma, evidencia a viabilidade de aplicação de insumos em doses variáveis, a qual é uma das principais formas de tratar a variabilidade espacial dos atributos do solo.

Na safra 2004/05, os atributos químicos do solo que apresentaram as maiores correlações positivas com a estimativa de produtividade de arroz irrigado foram cálcio e magnésio, com valores de 38% e 36%, respectivamente, refletindo também na correlação de 33% para a saturação de bases (Tabela 1). Dentre as correlações negativas, as mais elevadas foram verificadas para alumínio trocável e saturação de alumínio, as quais foram de -20% e -38%, respectivamente, mostrando a necessidade de neutralização do alumínio trocável. Em termos de manejo, isso pode ser obtido por meio da aplicação de calcário ou da antecipação da entrada da água de irrigação na área.

Na safra 2005/06, os atributos cálcio e magnésio também apresentaram as maiores correlações positivas com a produtividade de arroz irrigado (Figura 1), com valores de 38% e 31%, respectivamente. A correlação entre alumínio trocável e produtividade de arroz apresentou modificação entre safras, passando de -20% na safra 2004/05 para 1% na safra 2005/06, valor justificado pela aplicação de calcário em taxas variáveis anteriormente à safra 2005/06, contribuindo também para a inversão nas correlações com a matéria orgânica. Nessa safra também houve correlação positiva entre a produtividade de arroz e o teor de argila do solo (34%), o que pode estar relacionado ao fato de a argila ser o principal "sítio" de adsorção de nutrientes (cálcio e magnésio), principalmente quando o teor de matéria orgânica no solo é baixo.

Tabela 1 - Correlações entre os atributos químicos do solo e a estimativa de produtividade de arroz irrigado.

Atributos do solo	Correlação com a produtividade de arroz irrigado (%)	
	Safra 2004/05	Safra 2005/06
Cálcio	38*	38*
Magnésio	36*	31*
Saturação de Bases	33*	27*
CTC Efetiva	29*	34*
CTC pH 7,0	27*	27*
Argila	14 <sup>ns</sup>	34*
Potássio	13 <sup>ns</sup>	14 <sup>ns</sup>
H + Al	3 <sup>ns</sup>	5 <sup>ns</sup>
pH H <sub>2</sub> O	20 <sup>ns</sup>	-1 <sup>ns</sup>
Fósforo	15 <sup>ns</sup>	-33*
Matéria Orgânica	-18 <sup>ns</sup>	21 <sup>ns</sup>
Alumínio Trocável	-20 <sup>ns</sup>	1 <sup>ns</sup>
Índice SMP	-6 <sup>ns</sup>	-7 <sup>ns</sup>
Saturação de Alumínio	-38*	-33*

\*Correlação de Pearson significativa (P=0,05) obtida por meio dos 70 pontos amostrais.

<sup>ns</sup> Correlação de Pearson não significativa (P=0,05) obtida por meio dos 70 pontos amostrais.

A estratégia mais indicada seria a aplicação de calcário, pois, quando o arroz é semeado em solo seco e a inundação é iniciada 30 dias após a emergência, a correção da acidez do solo ocorre apenas em período próximo ao fim da fase vegetativa (40 a 60 dias após a emergência). Considerando-se que é nesse período que a planta absorve grande parte dos nutrientes essenciais, a calagem corrige a acidez e propicia melhores condições para o desenvolvimento das plantas desde o início do ciclo. Nesse caso, recomenda-se a correção da acidez sempre que o pH em água for menor que 5,5 (SOSBAI, 2005), o que reforça a proposta de utilização do pH do solo como critério para mapeamento da fertilidade do solo sugerido por DOBERMANN (1994).

A produtividade de arroz irrigado na safra 2005/06 mostrou correlação negativa de -28% com a população de plantas, o que indicou que áreas com maior população de plantas resultaram em menor produtividade da cultura. Considerando-se uma semente de boa qualidade, um solo bem preparado e condições climáticas favoráveis, recomenda-se a densidade de 400 a 500 sementes aptas por m<sup>2</sup>, para a semeadura em linha. O objetivo é garantir uma população de 200 a 300 plantas por m<sup>2</sup>, uniformemente distribuídas, para obter alto rendimento (SOSBAI, 2005). Nesse sentido, aproximadamente 50% da área apresentaram população de plantas superior à recomendação técnica, corroborando a correlação negativa encontrada entre a produtividade e esse atributo (Figura 1).

A redução da densidade de semeadura propicia um melhor aproveitamento e a utilização dos recursos disponíveis, como água, luz e nutrientes, fazendo com que a cultura cresça mais rápido, podendo aumentar a produtividade por meio do aumento da fotossíntese. A população de plantas também apresentou correlação negativa de -11% com o número de panículas de arroz por área. Considerando como ideal para obter alto rendimento de grãos uma planta que contenha três a quatro perfilhos produtivos (panículas) e uma população de 200 a 300 plantas por metro quadrado, verificou-se que a maior parte da área estudada apresentou um número de panículas inferior ao ideal (Figura 1), evidenciando que maiores populações de plantas propiciaram um menor perfilhamento. O número de panículas por metro quadrado é um dos principais componentes do rendimento de grãos de arroz, juntamente com o número de grãos por panícula e peso de grãos (SOSBAI, 2005). Neste trabalho, verificou-se correlação positiva de 26% entre o número de panículas e a produtividade de grãos de arroz.

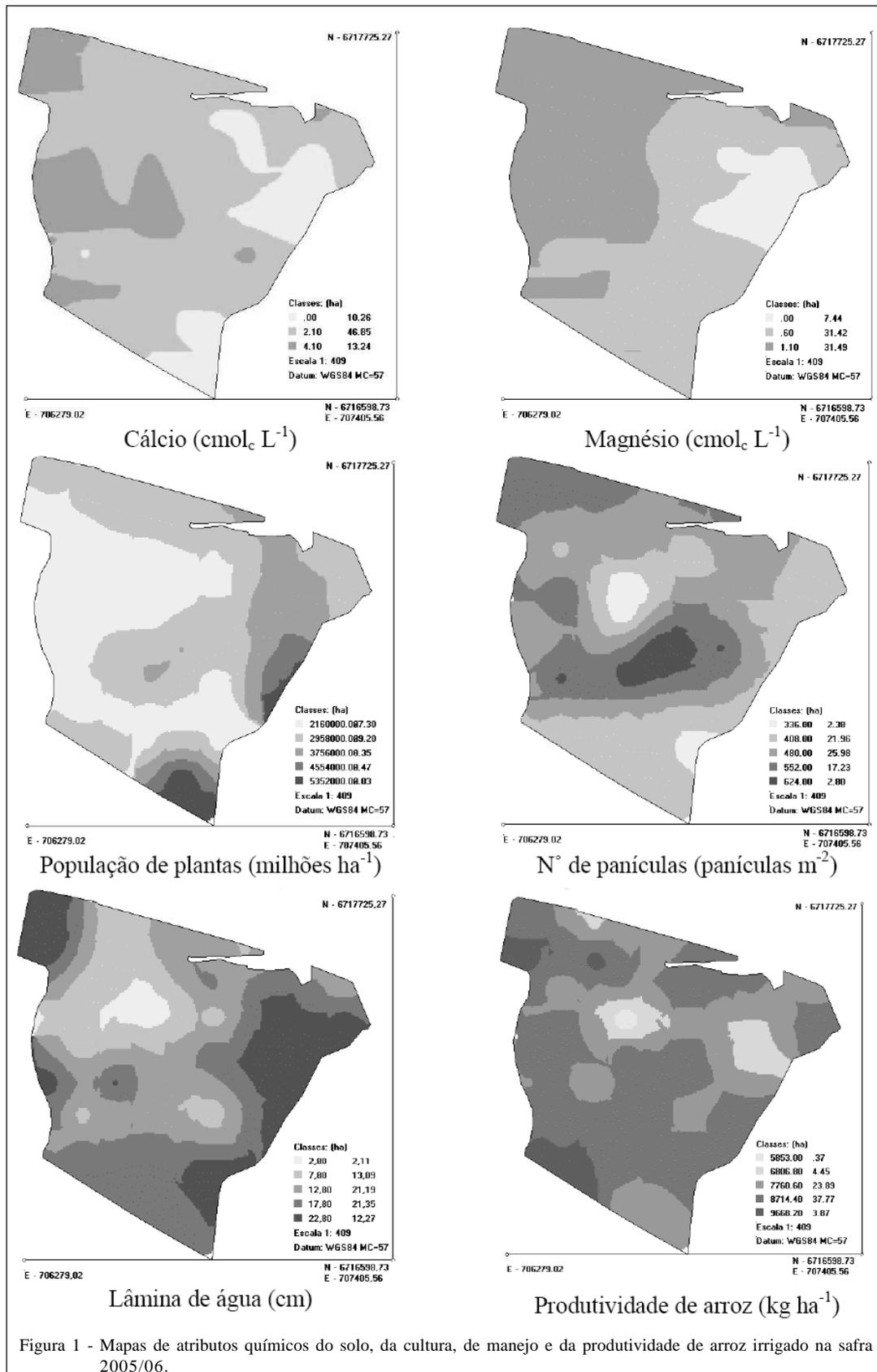


Figura 1 - Mapas de atributos químicos do solo, da cultura, de manejo e da produtividade de arroz irrigado na safra 2005/06.

A capacidade de perfilhamento faz com que a cultura do arroz tenha uma resposta elástica à densidade de semeadura, podendo compensar baixas populações de plantas com maior número de perfilhos emitidos por planta, o que depende da cultivar, da densidade de semeadura, da temperatura do solo, da disponibilidade de nitrogênio no solo e da altura da lâmina de água de irrigação (SOSBAI, 2005).

As cultivares tradicionais de arroz suportam uma lâmina de água mais elevada sem prejudicar o desenvolvimento, enquanto as cultivares modernas se desenvolvem melhor quando a lâmina de água não ultrapassa 0,10m de altura (SOSBAI, 2005). Nesse sentido, verificou-se que aproximadamente 50% da área apresentavam uma altura da lâmina de água superior a 0,10m, inclusive com locais onde essa lâmina se aproximou de 0,30m de altura (Figura 1), indicando que possa ter ocorrido o afogamento de plantas de arroz e comprometido o perfilhamento destas, pois a altura crítica para que isso ocorra é 0,15m. A altura da lâmina de água de irrigação possivelmente contribuiu para um menor perfilhamento das plantas de arroz, pois apresentou uma correlação negativa de -18% com o número de panículas por área.

Conclui-se que as correlações da produtividade de arroz irrigado com a população de plantas e número de panículas é uma ferramenta importante para auxiliar na definição de unidades de manejo localizado na cultura. A variabilidade espacial e as correlações dos atributos cálcio, magnésio, alumínio trocável e saturação de alumínio com a produtividade de arroz irrigado indicam viabilidade de aplicação de calcário em taxa variável para correção da acidez do solo.

## REFERÊNCIAS

- CASANOVA, D. et al. Rice yield prediction from yield components and limiting factors. **European Journal of Agronomy**, v.17, p.41-61, 2002. Disponível em: <[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6T67-44KWVBN-1&\\_user=687358&\\_coverDate=07%2F31%2F2002&\\_rdoc=4&\\_fmt=high&\\_orig=browse&\\_srch=docinfo\(%23toc%235023%232002%23999829998%23321610%23FLA%23display%23Volume\)&\\_cdi=5023&\\_sort=d&\\_docanchor=&\\_ct=6&\\_acct=C000037899&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=687358&md5=73034f12594de72f8e0ba76998d5b2d2](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T67-44KWVBN-1&_user=687358&_coverDate=07%2F31%2F2002&_rdoc=4&_fmt=high&_orig=browse&_srch=docinfo(%23toc%235023%232002%23999829998%23321610%23FLA%23display%23Volume)&_cdi=5023&_sort=d&_docanchor=&_ct=6&_acct=C000037899&_version=1&_urlVersion=0&_userid=687358&md5=73034f12594de72f8e0ba76998d5b2d2)>. Acesso em 10 mai. 2006. doi:10.1016/S1161-0301(01)00137-X.
- DOBERMANN, A. Factors causing field variation of direct-seeded flooded rice. **Geoderma**, v.62, p.125-150, 1994. Disponível em: <[http://www.science-direct.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V67-48B0MYK-7W&\\_user=687358&\\_coverDate=03%2F15%2F1994&\\_rdoc=13&\\_fmt=high&\\_orig=browse&\\_srch=docinfo\(%23toc%235807%231994%23999379998%23415955%23FLP%23display%23Volume\)&\\_cdi=5807&\\_sort=d&\\_docanchor=&\\_ct=24&\\_acct=C000037899&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=687358&md5=f8c96e5a1627acd25720c4fcfa3357f](http://www.science-direct.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V67-48B0MYK-7W&_user=687358&_coverDate=03%2F15%2F1994&_rdoc=13&_fmt=high&_orig=browse&_srch=docinfo(%23toc%235807%231994%23999379998%23415955%23FLP%23display%23Volume)&_cdi=5807&_sort=d&_docanchor=&_ct=24&_acct=C000037899&_version=1&_urlVersion=0&_userid=687358&md5=f8c96e5a1627acd25720c4fcfa3357f)>. Acesso em 16 jun. 2006. doi: 10.1016/0016-7061(94)90032-9.
- MERCANTE, E. et al. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.27, p.1149-1159, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832003000600019&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000600019&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 29 jun. 2006. doi: 10.1590/S0100-06832003000600019.
- MOLIN, J.P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, v.22, p.83-92, 2002.
- MOLIN, J. P. et al. Avaliação de intervenções em unidades de aplicação localizada de fertilizantes e de população de milho. **Engenharia Agrícola**, v.26, p.528-536, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162006000200022&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162006000200022&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 16 dez. 2008. doi: 10.1590/S0100-69162006000200022.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil/Sociedade Sul-Brasileira de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: SOSBAI, 2005. p.71-75.
- VIEIRA JUNIOR, P.A. et al. População de plantas e alguns atributos do solo relacionados ao rendimento de grãos de milho. **Agronomy**, v.28, p.483-492, 2006.
- WANG, G. et al. Performance of site-specific nutrient management for irrigated rice in Southeast China. **Agronomy Journal**, v.93, p.869-878, 2001.