



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SEMENTES**

**AGRICULTURA DE PRECISÃO – APLICADA A FERTILIDADE DO
SOLO PARA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO
(*Oryza sativa* L.)**

CLAUDIO WREGE LEITE

Tese apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof., Dr. Carlos Alberto Silveira da Luz, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de Doutor.

**PELOTAS
RIO GRANDE DO SUL – BRASIL
NOVEMBRO DE 2007**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SEMENTES**

**AGRICULTURA DE PRECISÃO - APLICADA A FERTILIDADE DO
SOLO PARA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO
(*Oryza sativa* L.)**

CLAUDIO WREGE LEITE

Tese apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof., Dr. Carlos Alberto Silveira da Luz, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de Doutor.

**PELOTAS
RIO GRANDE DO SUL – BRASIL
NOVEMBRO DE 2007**

**AGRICULTURA DE PRECISÃO - APLICADA A FERTILIDADE DO
SOLO PARA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO
(*Oryza sativa* L.)**

CLAUDIO WREGE LEITE

Comitê de Orientação:

Prof., Dr. Carlos Alberto Silveira da Luz

Prof., Dr. Orlando Antônio Lucca Filho

Prof.^a, Dr.^a Maria Laura G. S.da Luz

Prof., Dr. Ledemar Carlos Vahl

DEDICATÓRIA

À minha família, especialmente a minha mulher Cláudia, quem sempre me deu estímulo e apoio para a realização deste trabalho, e aos meus filhos, Celina e Pedro, por serem tão especiais em nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, pela qualidade do Curso de Pós-Graduação, Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Orlando Antonio Lucca Filho, pelo seu apoio em todas as horas, a quem tenho muita admiração e amizade.

Ao meu orientador, Prof., Dr. Carlos Silveira da Luz, pela orientação, companheirismo e auxílio neste trabalho, assim como meus co-orientadores Maria Laura da Luz e Ledemar Carlos Vahl.

Ao Eng. Agrícola Fernando Schild Ribeiro, diretor da Granja do Salso, pelo seu apoio, possibilitando-me conciliar trabalho e estudo.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia, especialmente aos da área de Ciência e Tecnologia de Sementes, pela aprendizagem transmitida e amizade que sempre a mim demonstraram.

Aos colegas, parceiros sempre dispostos a colaborar, em especial ao Mário Borges Trzeciak, pelo auxílio nas determinações de qualidade de sementes, ao Maurício Quadros dos Santos, pela ajuda no primeiro ano deste trabalho, aos funcionários deste Departamento e colaboradores da Granja do Salso, o meu reconhecimento.

Ao Eng. Agrônomo Eduardo Araújo da AGROTEC, por disponibilizar GPS usado no presente trabalho.

SUMÁRIO

	Página
COMITÊ DE ORIENTAÇÃO	ii
DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Resposta da adubação em arroz irrigado	4
2.2. Amostragem de solo	6
2.3. Mapa de fertilidade	6
2.4. Mapa de rendimento	7
2.5. Zona de manejo	7
2.6. Correlação de atributos de solo com rendimento	8
2.7. Correlação de atributos de solo com qualidade de semente	11
2.8. Aplicação de insumos com taxa variável	13
2.9. Outros fatores que influenciam no rendimento do arroz irrigado	14
2.9.1. Época de semeadura adequada	14
2.9.2. Manejo d'água	15
2.9.3. Controle de plantas invasoras	16
2.9.4. Controle de arroz vermelho	16
2.9.5. Controle de doenças e pragas	17
2.9.6. Qualidade de semente	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Primeiro ano do experimento (safra de 2003/2004) cultivada com arroz irrigado .	20
3.1.1. Práticas culturais	20
3.1.2. Amostragem do solo	22
3.1.3. Análise de solo	23
3.1.4. Mapa de fertilidade	23
3.1.5. Zona de manejo	24
3.1.6. Avaliações	24
3.1.6.1. Rendimento	24
3.1.6.2. Umidade	25
3.1.6.3. Impurezas	25

3.1.6.4. Mapa de rendimento	25
3.1.6.5. Componentes do rendimento	25
3.1.6.5.1. Número de panículas. m ⁻²	25
3.1.6.5.2. Número de sementes normais por panícula	25
3.1.6.5.3. Peso de 1.000 sementes	25
3.1.6.6. Percentagem de sementes estéreis na panícula	26
3.1.6.7. Comprimento de panícula	26
3.1.6.8. Germinação	26
3.1.6.9. Vigor	26
3.1.6.10. Análise estatística	26
3.2. Segundo ano de experimentação (safra 2004-2005) cultivada com soja	27
3.2.1. Práticas culturais	27
3.2.2. Amostragem do solo	27
3.2.3. Análise de solo	28
3.2.4. Mapa de fertilidade	28
3.2.5. Zona de manejo	28
3.2.6. Avaliações	29
3.3. Terceiro ano de experimentação (safra 2005-2006) cultivada com arroz irrigado	29
3.3.1. Práticas culturais	29
3.3.2. Amostragem do solo	31
3.3.3. Análise de solo	31
3.3.4. Mapa de fertilidade	32
3.3.5. Zona de manejo	32
3.3.6. Avaliações	33
3.3.6.1. Análise estatística	33
3.4. Análise de solo após a colheita do arroz irrigado, terceiro ano de experimento, safra 2005/2006	33
3.4.1. Amostragem de solos	33
3.4.2. Análise de solos	34
3.4.3. Mapa de fertilidade	34
3.4.4. Zona de manejo	34
3.4.5. Análise estatística	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Primeiro ano do experimento (safra de 2003/2004) cultivada com arroz irrigado	35
4.1.1. Amostragem do solo	35
4.1.2. Análise de solo	36
4.1.3. Mapa de fertilidade	38
4.1.4. Zona de manejo	38
4.1.5. Avaliações	39
4.1.5.1. Rendimento	39
4.1.5.2. Mapa de rendimento	40
4.1.5.3. Componentes do rendimento	41
4.1.5.3.1. Número de panículas. m ⁻²	41
4.1.5.3.2. Número de sementes normais por panícula	41
4.1.5.3.3. Peso de 1.000 sementes	41

4.1.5.4. Percentagem de sementes estéreis por panícula	41
4.1.5.5. Comprimento de panícula	42
4.1.5.6. Germinação	42
4.1.5.7. Vigor	43
4.1.5.8. Análise estatística	43
4.2. Segundo ano de experimentação (safra 2004-2005) cultivada com soja	44
4.2.1. Análise de solo	44
4.2.2. Mapa de fertilidade	46
4.2.3. Zonas de manejo	47
4.2.4. Avaliações	50
4.2.4.1. Análise estatística	50
4.3. Terceiro ano de experimentação (safra 2005-2006) cultivada com arroz irrigado	51
4.3.1. Análise de solo	51
4.3.2. Mapa de fertilidade	51
4.3.3. Zona de manejo	54
4.3.4. Avaliações	57
4.3.4.1. Rendimento	57
4.3.4.2. Mapa de rendimento	59
4.3.4.3. Componentes do rendimento	60
4.3.4.3.1. Número de panículas m ⁻²	60
4.3.4.3.2. Número de sementes normais por panícula	62
4.3.4.3.3. Peso de 1.000 sementes	62
4.3.4.4. Percentagem de sementes estéreis na panícula	63
4.3.4.5. Comprimento de panícula	64
4.3.4.6. Germinação	64
4.3.4.7. Vigor	65
4.3.4.8. Análise estatística	66
4.4. Terceiro ano do experimento, safra 2005/2006, após a colheita da cultura do arroz irrigado	67
4.4.1. Amostragem de solo	67
4.4.2. Análise de solo	67
4.4.3. Mapa de fertilidade	68
4.4.4. Análise do desempenho das zonas de manejo, após os dois anos de adubação diferenciada	76
4.4.4.1. Fósforo	76
4.4.4.2. Potássio	77
4.4.4.3. Rendimento x fertilidade do solo	79
4.4.4.4. Qualidade fisiológica de sementes	79
4.4.4.5. Uso de agricultura de precisão em arroz irrigado	79
5. CONCLUSÕES	80
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
7. ANEXOS	92

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Resultado da análise de solo das quinze parcelas, referente à safra 2003/2004, cultivado com arroz irrigado	37
Tabela 2 - Rendimento médio. ha ⁻¹ de cada parcela, n° de panículas. m ⁻² , n° de sementes normais/ panícula e peso de 1.000 sementes, safra 2003/2004, cultivada com arroz irrigado	40
Tabela 3 - Número de sementes normais/panícula, n° de sementes vazias/panícula, n° total de sementes/panícula, percentagem de esterilidade/panícula e comprimento de panícula safra 2003 /2004, cultivada com arroz irrigado	42
Tabela 4 - Percentagem de germinação e vigor das sementes de arroz produzidas nas 15 parcelas da área experimental, safra arroz 2003/2004	43
Tabela 5 - Resultado da análise de solo referente às quinze parcelas, na safra 2004/2005, antes do cultivo da soja	45
Tabela 6 - Dados dos níveis de fósforo e potássio para as duas zonas de manejo com adubação diferenciada, 423kg.ha ⁻¹ e 300kg.ha ⁻¹ , safra 2004/2005, antes da semeadura da soja	48
Tabela 7 - Interpretação dos teores de fósforo, número e área de cada parcela em relação à interpretação, à recomendação de adubação e à proposta de adubação, para cada zona de manejo, para as quinze parcelas da cultura da soja	50
Tabela 8 - Interpretação dos teores de potássio, número e área de cada parcela em relação à interpretação, à recomendação de adubação para as quinze parcelas da cultura da soja	50
Tabela 9 - Análise de solo das quinze parcelas, antes da semeadura de arroz irrigado referente à safra 2005/2006	52
Tabela 10 - Dados da adubação diferenciada para as duas zonas de manejo, 470kg.ha ⁻¹ e 300kg.ha ⁻¹ de adubo da fórmula 2-18-18, safra 2005/2006, antes da semeadura do arroz	55
Tabela 11 - Interpretação dos teores de fósforo, identificação das parcelas em relação ao teor de fósforo, recomendação de adubação e a proposta de adubação para cada zona de manejo para as quinze parcelas da cultura do arroz	56
Tabela 12 - Interpretação dos teores de potássio, identificação das parcelas em relação ao teor de potássio, recomendação de adubação e a proposta de adubação para cada zona de manejo para as quinze parcelas da cultura do arroz	56
Tabela 13 - Rendimento médio em kg.ha ⁻¹ de cada parcela, n° de panículas. m ⁻² , n° de sementes normais/panícula e peso de 1.000 sementes, safra arroz 2005/2006	58
Tabela 14 - Número de sementes normais/panícula, n° de sementes vazias/panícula, n° total de sementes/panícula, % de esterilidade e comprimento de panícula, safra arroz 2005/2006	63

Tabela 15 - Resultados dos testes de germinação e de vigor das sementes de arroz irrigado, safra 2005/2006	65
Tabela 16 - Comparação das médias entre as zonas de manejo em relação ao rendimento, sementes normais por panícula, peso de 1.000 sementes, percentagem de esterilidade, comprimento de panícula, germinação e vigor na cultura de arroz, safra 2005/2006	66
Tabela 17 - Correlação entre rendimento e seus componentes, % de esterilidade na panícula, comprimento de panícula e qualidade fisiológica de semente com os atributos de solo para nível de significância para $p < 0,05$, safra arroz 2005/2006	67
Tabela 18 - Resultado da análise de solo das parcelas experimentais, após a colheita de arroz irrigado da safra 2005/2006	69
Tabela 19 – Efeito nas duas zonas de manejo com adubação diferenciada, uma com 470kg.ha^{-1} e outra com 300kg.ha^{-1} , para os níveis de fósforo e potássio avaliados após a cultura de arroz, safra 2005/2006	74
Tabela 20 - Variação dos teores de fósforo e potássio, durante os três anos de experimentação e após a colheita do terceiro ano cultivado com arroz irrigado, visualizando os efeitos obtidos pela adubação diferenciada nas zonas de manejo	75

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Montando a base do GPS GTR-1, próxima ao hangar da Granja do Salso	20
Figura 2 - Semeadura do quarteirão do experimento	21
Figura 3 - Coleta das amostras com o trado de rosca	22
Figura 4 - Croquis dos locais de amostragem	23
Figura 5 - Colheita manual das panículas para determinação de rendimento	24
Figura 6 - Foto de satélite do local do experimento	30
Figura 7 - Vista aérea do experimento, após aplicação do dessecante	30
Figura 8 - Mapa de fertilidade das quinze parcelas e a área de distribuição dos níveis de fósforo, potássio e de matéria orgânica no quarteirão, safra arroz 2003/2004	39
Figura 9 - Gráfico e mapa de rendimento de cada parcela do experimento, safra arroz 2003/2004	40
Figura 10 - Mapa de fertilidade das quinze parcelas e área de distribuição dos níveis de fósforo, potássio e de matéria orgânica no quarteirão, safra soja 2004/2005	46
Figura 11 - Distribuições das zonas de manejo dentro do quarteirão, e gráfico das doses de adubação para cada zona de manejo na cultura da soja safra 2004/2005 .	47
Figura 12 - Mapa de fertilidade das quinze parcelas e as áreas de distribuição dos níveis de fósforo, potássio e de matéria orgânica no quarteirão, safra arroz 2005/2006	53
Figura 13 - Distribuição das zonas de manejo dentro do quarteirão e gráfico das doses de adubação para cada zona de manejo na cultura do arroz, safra 2005/2006	54
Figura 14 - Relação entre o rendimento de cultivo de culturas e o teor do nutriente no solo e as indicações de adubação para cada faixa de teor no solo (adaptado de Gianello & Wiethölter, 2004)	56
Figura 15 - Mapa de rendimento das quinze parcelas em kg.ha ⁻¹ da safra arroz 05/2006	69
Figura 16 - Representa os mapas de fertilidade dos atributos de solo, fósforo, potássio, matéria orgânica e a área ocupada pelos níveis nas parcelas do quarteirão, safra 2005/2006, após a colheita do arroz	70
Figura 17 - Evolução dos teores de fósforo, antes e depois da adoção de fertilizantes, com taxa variável, e a área ocupada pelos níveis no quarteirão	71
Figura 18 - Evolução dos teores de potássio, antes e depois da adoção de fertilizantes, com taxa variável, e a área ocupada em cada nível no quarteirão	72
Figura 19 - Evolução dos teores de matéria orgânica, antes e depois da adoção de fertilizantes, com taxa variável, e a área ocupada em cada nível no quarteirão	73
Figura 20 - Evolução dos teores de fósforo nas três safras e após a colheita de arroz.	76
Figura 21 - Evolução dos teores de potássio nas três safras e após a colheita de arroz	77

AGRICULTURA DE PRECISÃO - APLICADA A FERTILIDADE DO SOLO PARA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO (*Oryza sativa* L.)

Autor: Claudio Wrege Leite

Orientador: Prof., Dr. Carlos Alberto Silveira da Luz

RESUMO: Este trabalho foi conduzido durante três safras em sucessão de culturas: arroz, safra 2003/2004; soja, safra 2004/2005; arroz, safra 2005/2006 e mesma safra 2005/2006 após a colheita de arroz (*Oryza sativa* L.), localizado na Granja do Salso, em Santa Vitória do Palmar/RS, com o objetivo de aplicar a agricultura de precisão à fertilidade do solo para produção de sementes de arroz irrigado. Foi utilizado um quarteirão de 22,18ha, o qual foi dividido em 15 parcelas de 1,48ha, com malhas fixas medindo 122m x 122m (grid). Para cada parcela antes de cada cultivo e após a colheita de arroz do último ano, foram determinadas análises de solo, a amostragem de solo foi obtida pela retirada de 9 subamostras para formar a amostra composta, as quais foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solo da UFPel. O georreferenciamento das amostras de solo foi medido a partir do ponto central de cada parcela. Foi determinado o mapa de rendimento, mapas de fertilidade criados através das análises de solo e determinações de qualidade fisiológica das sementes. Foram criadas zonas de manejo com adubação diferenciada para corrigir e uniformizar os teores de fósforo e de potássio. Os resultados deste trabalho mostram que: agricultura de precisão proporcionou aumento de fertilidade do solo através do uso de zonas de manejo; o emprego de zonas de manejo diminuiu a variabilidade da fertilidade do solo entre as parcelas do quarteirão estudado; não houve correlação entre fertilidade de solo e rendimento na cultura de arroz irrigado; não foi observado efeito entre fertilidade do solo e qualidade fisiológica de sementes em arroz irrigado.

Palavras-chave: Georreferenciamento, zona de manejo, mapa de rendimento

PRECISION FARMING - EVALUATING SOIL ATTRIBUTES IN PRODUCTIVITY AND QUALITY OF IRRIGATED RICE SEEDS

Author: Claudio Wrege Leite

Adviser: Prof., Dr. Carlos Alberto Silveira da Luz

ABSTRACT: This paper resulted from the analysis of three harvests in a row of the following crops: 2003/2004 rice harvest; 2004/2005 soybeans harvest; 2005/2006 rice harvest, as well as the 2005/2006 post-harvest rice crop (*Oryza sativa* L.) on Granja do Salso (Salso Farm) in Sta. Vitória do Palmar county, R.S. with the purpose of applying precision agriculture to soil fertility in the production of irrigated rice seeds. A 22,18ha area was used, which was subsequently divided into 15 1,48ha lots with fixed meshes of 122m x 122m (grid). Soil analyses were performed before each sowing and also after the last year's rice harvest for each lot. Soil sampling was obtained by collecting 9 subsamples which made up the composite sample; these samples were then sent to the Soil Analysis Laboratory at UFPel. Georeferential of soil sampling was measured from each lot center. A yield map was established and fertility maps were created both from soil analyses and seed physiological quality determination. Management areas with differentiated fertilization to correct and make phosphorus and potassium contents uniform were established. The results obtained show that: precision agriculture provided an increase in soil fertility by the use of management areas; the use of management areas decreased soil fertility variability among the lots of the area under analysis; no correlation between soil fertility and irrigated rice crop yield was found; no correlation between soil fertility and seed physiological quality in irrigated rice was found.

Key words: georeferential; management area; yield map

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.), cereal cultivado há aproximadamente 200 anos no Rio Grande do Sul, teve, com a implantação do cultivo irrigado no início do século XX, o marco inicial de sua importância para a economia do Estado. O Rio Grande do Sul responde por cerca de 50% da produção de arroz do Brasil e mais de 80% da produção nacional de arroz longo-fino, chamado de agulhinha, preferido nos grandes centros urbanos brasileiros. A produção de arroz no RS representa 32,8% da safra gaúcha de grãos, 5,6% do total de grãos produzidos no país, participa com 3,6% do total do PIB agrícola e 0,6% do negócio agrícola brasileiro (PETRINI *et al.*, 2004).

A lavoura gaúcha da safra 2005/2006 foi uma das maiores de todos os tempos, atingindo 1.108,1 mil ha, com recorde de produtividade, 6.610kg.ha⁻¹, valor este que supera a média histórica de 5.300kg.ha⁻¹ (ANUÁRIO BRASILEIRO DO ARROZ, 2007).

Porém, se por um lado houve aumento na produtividade, também houve aumento nos custos de produção, muitas vezes atrelado à necessidade do emprego de toda tecnologia disponível, na busca de aumentar a produtividade, racionalizar o uso de insumos, possibilitar maior retorno econômico e ganhar competitividade.

O surgimento de uma nova tecnologia, a agricultura de precisão, tem se apresentado como uma forma de gerenciar os recursos na propriedade. O uso racional dessa tecnologia permite, entre outras atividades, a distribuição de fertilizantes de acordo com a necessidade de cada fração de área a ser cultivada.

Enquanto a agricultura convencional trata o campo de produção como uma área homogênea, ignorando as variações existentes na área, resultando em uma lavoura com produtividade desuniforme, a agricultura de precisão permite determinar quando e onde o insumo deve ser aplicado, baseada na geração e na análise de mapas de produtividade e atributos de solo relacionados com a fertilidade, levando à racionalização desses insumos e, conseqüentemente, tornando as lavouras mais rentáveis e protegendo o meio ambiente pela diminuição do uso indevido de insumos (TORRE NETO, 1997).

O conhecimento da variabilidade espacial do solo permite identificar locais específicos com diferentes potenciais de produtividade, facilitando a tomada de decisão quanto ao emprego ou não de insumos, visando à correção de fatores limitantes à produção, o que levará à maximização da produtividade e minimização de custos e

impactos ao meio ambiente, sempre norteado pela viabilidade econômica e técnica, conforme Molin (2001).

No Brasil, a agricultura de precisão é uma tecnologia bastante nova, onde os primeiros trabalhos realizados datam do final dos anos 90, principalmente nas culturas de milho, soja e cana-de-açúcar. Esses trabalhos foram, inicialmente, desenvolvidos por universidades, as quais logo fizeram parcerias com empresas de máquinas agrícolas e de insumos, possibilitando o início de vários projetos.

Hoje, existem empresas nacionais especializadas na aplicação desta tecnologia, a qual está sendo empregada não somente para fins experimentais, mas também em áreas comerciais.

Na área da cultura do arroz irrigado, existem poucos trabalhos. No entanto, esta incipiência já permitiu a constatação de algumas dificuldades, como por exemplo, a falta de colhedora com monitor de rendimento, por ser o arroz muito abrasivo e promover o desgaste prematuro do sensor de rendimento, o que impossibilita a perfeita leitura de dados. Esses mapas de produtividade, atualmente, estão sendo feitos por colheita manual, o que inviabiliza o uso dessa tecnologia em grandes áreas. Aliada a esses fatores tem-se a escassez de informações quanto aos custos e benefícios econômicos, resultantes da adoção desse sistema na produção de arroz irrigado.

Nesse sentido, institutos de pesquisas, como o Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), no Rio Grande do Sul, e Instituto Nacional de Investigação Agrícola (INIA), no Uruguai, iniciaram estudos relacionados com a aplicabilidade desta técnica, visando à obtenção de informações básicas que permitam o seu emprego racional e econômico em lavouras de arroz irrigado.

O manejo localizado na cultura do arroz irrigado só será bem sucedido quando todos os fatores que afetam a produtividade forem avaliados e manejados corretamente.

Entre outros fatores que contribuem para a diminuição da produtividade estão a disseminação do arroz vermelho e preto (*Oryza sativa* L.) em todas as regiões do Rio Grande do Sul, conforme citam Pinheiro *et al.* (2001); a realização de semeaduras fora da época recomendada, de acordo com Buriol *et al.* (1991); e o uso de práticas de manejo inadequadas, tais como adubação deficiente, controle insuficiente de plantas invasoras,

pragas e moléstias, utilização de sementes de baixa qualidade e mau manejo de água, conforme Menezes (2001).

A obtenção de informações, quanto às vantagens da aplicação de fertilizantes, de acordo com as características do solo, é de fundamental importância para a obtenção de lavouras mais rentáveis. Dentro desse contexto, foi desenvolvido este trabalho, o qual teve como objetivos correlacionar os níveis dos atributos do solo com a produtividade e a qualidade de semente em arroz irrigado, bem como avaliar a viabilidade do uso de agricultura de precisão na área orizícola.

Os resultados nessa área não são definitivos, como as variáveis estudadas são extremamente complexas. Se por um lado, são considerados os atributos de solo (argila, pH, índ. SMP, M. O., P, K, Na, Al, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn) com seus diferentes tipos e particularidades em cada caso, por outro, a variável produtividade é altamente dependente da questão ambientais. Porém, o emprego dessa nova tecnologia tem mostrado exemplos concretos de ganhos em produtividade e diminuição do custo de produção, como por exemplo, o Projeto Aquárium, em Não-Me-Toque, conforme Trennepohl (2006).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentre as práticas de manejo empregadas nas lavouras de arroz irrigado do RS, a adubação destaca-se pela contribuição no aumento da produtividade. A otimização do uso de fertilizante representa um dos principais desafios à produção sustentável de arroz irrigado. Esforços da pesquisa têm sido feitos por parte do IRGA e EMBRAPA, desenvolvendo projetos para aumento de produtividade, visando eficiência na produção e a sustentabilidade do agroecossistema.

Dentre as várias práticas adotadas, está o emprego do aumento dos níveis de adubação para lavouras com expectativas de altas produtividades, além da forma de aplicação para adubos nitrogenados, como por exemplo, a primeira adubação de uréia no seco, de forma que a água de irrigação favoreça sua incorporação, reduzindo os riscos de perda (NORMAN *et al.*, 1992a).

2.1. Resposta da adubação em arroz irrigado

A condição de solo submerso, mantida durante a maior parte do período de cultivo do arroz irrigado, favorece a disponibilização de nutrientes presentes no solo e promove a elevação do pH dos solos ácidos para valores entre 6,0 e 6,5, com a conseqüente neutralização do alumínio trocável. Em decorrência disso, a cultura do arroz irrigado apresenta menor resposta à adubação, comparativamente às culturas de sequeiro. Normalmente, as quantidades médias de nitrogênio, fósforo e potássio, recomendadas para o arroz irrigado, correspondem à metade daquelas utilizadas para as espécies de sequeiro, cultivadas nas mesmas condições de solo (SCIVITTARO, 2004).

Em razão da baixa fertilidade natural da maioria dos solos cultivados com arroz do Rio Grande do Sul, a prática da adubação tem sido indispensável para que sejam alcançadas produtividades elevadas, viabilizando economicamente a cultura.

O nitrogênio (N) é o elemento que tem recebido maior atenção da pesquisa em todo o mundo, em virtude de ser o nutriente que proporciona maiores respostas em produtividade e pela complexidade dos fatores que influenciam seu aproveitamento pelo arroz. Nesse aspecto, vale ressaltar a ocorrência de grande variabilidade em sua eficiência. O aumento da produtividade por unidade de nutriente adicionado ao solo, depende da

associação de vários fatores: suprimento de N e de outros nutrientes; tipo de planta; época e densidade de semeadura; controle de plantas daninhas; estado fitossanitário; seqüência de culturas; fonte, doses, épocas e modo de aplicação do fertilizante nitrogenado; manejo da água e condições climáticas, particularmente temperatura e radiação solar. Dentre tais fatores, destacam-se a interação entre o manejo da irrigação e do fertilizante nitrogenado, por contribuir sobremaneira para o sucesso da produção de arroz. Ramirez *et al.* (2005) concluem que a maior eficiência de N (30%) ocorre, quando aplicado no solo seco antes da irrigação, sofrendo menos variação em função de ano e local. Quando o N é aplicado sobre a lâmina d'água, a eficiência é baixa e há maiores variações em relação a locais e anos.

Com relação à adubação fosfatada, o fósforo (P) está entre os nutrientes mais favorecidos pela submersão do solo, que promove aumento significativo em sua disponibilidade para as plantas de arroz. A dinâmica do P em solos alagados explica a razão de os solos cultivados com arroz irrigado, embora apresentem, quando secos, baixos teores de P disponível, mostrarem resposta relativamente baixa da cultura à adubação fosfatada.

Da mesma forma que para o fósforo, normalmente observa-se uma baixa resposta do arroz irrigado à adubação potássica, mesmo em solos com teores médio ou baixo de potássio (K) disponível. Sua baixa resposta é plenamente justificável pelo aumento de sua disponibilidade, decorrente do deslocamento dos sítios de troca pelo NH_4^+ , Fe^{2+} e Mn^{2+} , em condições de solo alagado.

Da mesma forma, a água de irrigação também contém K_2O , podendo apresentar em sua composição concentração entre 1 a 5mg.dm^{-3} , correspondente ao fornecimento de 10 a 50kg.ha^{-1} de K_2O ao arroz. Trabalho realizado por Gomes *et al.* (2003) indica que os maiores aportes pela água de irrigação foram de Na, Ca, Si, Fe e Mg. Destaca-se a maior contribuição de K, Ca, Mg e de Na das lagoas. A liberação de K da fração não-trocável e a substituição parcial do K por Na, abundante na maioria dos solos cultivados com arroz, também justificam eventuais ausências de resposta à adubação potássica em solos que, conforme as interpretações de análise, seria recomendável a aplicação do nutriente. Assim, trabalhos realizados no IRGA, no intuito de criar estratégias de adubação para incremento de produtividade do arroz irrigado, de acordo com Schoenfeld *et al.* (2007), mostram que, a exemplo do que ocorreu em duas safras anteriores o rendimento da testemunha foi bastante diferenciado entre os solos. Apesar disso, houve uma resposta consistente e

significativa do arroz às doses de adubação utilizadas. O maior incremento médio (local e cultivares) em relação à testemunha foi de 3.740kg.ha^{-1} obtido pela maior adubação. Esse maior ganho em produtividade em relação às safras anteriores (GENRO JR. *et al.*, 2007) deve-se tanto às maiores doses utilizadas, como também a um maior balanço entre os nutrientes, especialmente pelo aumento do potássio.

2.2. Amostragem de solo

Para que o solo possa ser corrigido adequadamente, deve-se fazer a leitura principalmente de seus parâmetros químicos, que devem expressar a fertilidade da área amostrada, para que possa ser feita a recomendação de adubação. As amostras de solo feitas para geração de mapas de fertilidade, em sua grande maioria, são realizadas de acordo com uma grade amostral definida, anteriormente, com base nas características da área e na densidade amostral desejada.

Agricultores norte-americanos têm conseguido detectar a variabilidade espacial contida nos talhões, utilizando 1 a 2,5 amostras/hectare. A densidade amostral que vem sendo comumente utilizada para esta finalidade, por parte dos produtores brasileiros, varia em torno de 1 amostra a cada 5 hectares, para áreas mais homogêneas e 1 amostra a cada 3 hectares, para áreas mais heterogêneas.

Trabalhos da EMBRAPA Milho e Sorgo citam que o número de subamostras simples, para compor a amostra composta, a serem coletadas em cada célula, varia de 5 a 10, e os espaçamentos das grades (malhas) para amostragem de solo variam de 60m x 60m a 140m x 140m, variando em função da resolução desejada (precisão) associada aos custos (COELHO, 2005).

2.3. Mapa de fertilidade

Os mapas de fertilidade são criados através da inserção dos dados de posicionamento e dos teores de nutrientes da análise do solo das áreas amostradas. Com base nos mapas de fertilidade, podem ser gerados mapas e recomendação de adubação.

2.4. Mapa de rendimento

O manejo da variabilidade espacial da produção começa com o mapa de rendimento. Este fornece elementos básicos para o balanço de nutrientes para a avaliação de manchas de fertilidade (SCHUNG *et al.*, 1993). Essa variabilidade pode ser atribuída a fatores que são constantes ou variam lentamente, enquanto outros fatores são transitórios, mudando em sua importância e distribuição espacial e temporal de uma safra para outra (CAPELLI, 2007). Por isso, a importância do acompanhamento técnico *in loco* da área. Para gerar os mapas de rendimento, é necessário uma colhedora com sensores e monitores de rendimento, utilizados na geração de dados para confecção desses mapas após a colheita.

Segundo alguns autores (MARKEPEACE, 1996; MOLIN, 2000), os mapas de rendimento são responsáveis por materializar a resposta da cultura e, em alguns casos, são essenciais. Como o custo dos equipamentos é elevado, alguns agricultores já colhem suas áreas com colhedoras instrumentadas, associadas a outras sem a instrumentação, gerando mapas de grandes tendências de rendimento (SHIRATSUCHI *et al.*, 2004) com custos bem menores.

Algumas aplicações dos mapas de rendimento, para avaliar a melhor relação custo-benefício das decisões de manejo adotadas, por exemplo, são: avaliação do potencial de produtividade de diferentes variedades de sementes; avaliação de tratamentos químicos com aplicação variável de fertilizantes; e como evidência para indenização de insuficiência de produto utilizado (KILPP, 2002).

2.5. Zona de manejo

O manejo localizado consiste em aplicar no local correto (espaço), no momento adequado (tempo), as quantidades de insumos necessárias (quantidade) à produção agrícola, para áreas cada vez menores e mais homogêneas, tanto quanto a tecnologia e os custos envolvidos o permitam (DOBERMANN e PING, 2004). Neste contexto, é importante estabelecer metodologias onde informações de produtividade, solo ou indicadores compostos possam ser utilizados para a determinação de unidades de manejo (MILANI *et al.*, 2004).

Segundo Queiroz *et al.* (2000), o objetivo do manejo localizado consiste em manusear pequenas áreas, dentro do campo de produção, visando reduzir o uso de produtos químicos e aumentar a produtividade. Segundo Amado *et al.* (2006), com base nestas zonas podem-se prescrever interferências de manejo, visando corrigir aqueles atributos que estão comprometendo o rendimento, permitindo a elevação do potencial produtivo. Alternativamente, se os fatores limitantes aos rendimentos não são solucionáveis, deve-se ajustar a quantidade de insumos ao potencial produtivo da zona, aumentando a eficiência no uso dos mesmos.

Diversas metodologias para se definir essas zonas de manejo, entre elas a topografia, têm sido sugeridas como uma base lógica para definir zonas homogêneas em campos agrícolas (FRANZEN *et al.*, 1998), também foi considerada como um método útil por Kravchenko & Bullock (2000). A fotografia aérea do solo descoberto ou imagens da cobertura da cultura e mapas de rendimentos, como maneiras para delimitar zonas de manejo foram consideradas úteis por Schepers *et al.* (2000).

Outra maneira promissora, para definir os limites das zonas de manejo, envolve o uso de indução magnética para medir a condutividade elétrica aparente, a qual tem sido usada eficientemente em mapas de variações de produtividades de solo na superfície, como salinidade, conteúdo de água e percentual de argila (SUDDUTH *et al.*, 1998). Castro & Molin (2004) citam que o mapeamento da produtividade é, dentre essas informações, a mais divulgada atualmente.

2.6. Correlação de atributos de solo com rendimento

Braga & Jones (2001) consideram essenciais, e, ao mesmo tempo, escassas, as informações para quantificar a interação das cultivares e técnicas de manejo com a oferta ambiental, notadamente aspectos relacionados ao solo. Em geral, a escassez dessas informações é decorrente da complexidade na instalação de experimentos em delineamentos tradicionais, a exemplo de blocos em parcelas com repetições, para avaliação das interações entre população e distribuição espacial de plantas com atributos de solo (WARICK & NIELSEN, 1980; LUCHIARI *et al.*, 2000; BRAGA e JONES, 2001).

Com o advento de sistema de navegação global por satélite e dos Sistemas de Informações Geográficas, os quais permitem facilmente a localização geográfica de pontos e também o armazenamento de informações referentes a aquele ponto (LUCHIARI *et al.*, 2000; MOLIN, 2001; BRAGA e JONES 2001), vislumbra-se a possibilidade de aplicação dessas técnicas para estudos agronômicos. Isso poderia ser feito, a exemplo das interações entre população e distribuição espacial de plantas com teores de nutrientes no solo, mantendo-se os princípios básicos da estatística experimental quais sejam, unidade experimental, repetição e casualização (GOMES, 1963).

Segundo Schiebelbein *et al.* (2004), o mapeamento dos atributos do solo associado ao mapeamento da produtividade, mostrou-se fundamental para determinação dos fatores limitantes.

Outros trabalhos têm mostrado grande variabilidade espacial nos atributos de solo, assim como na produtividade, em áreas consideradas como uniformes, mostrando a complexidade do tema abordado. Com os avanços na Agricultura de Precisão, que utiliza as tecnologias do sistema de posicionamento global (GPS), associada a colhedoras com sensores e monitores de rendimento, uma amostragem de solo mais representativa e distribuidores de fertilizantes e corretivos à taxa variada tornaram-se uma realidade possível aos produtores, permitindo-lhes ampliar os conhecimentos sobre a área a ser manejada, sendo possível executar um trabalho diferenciado na área, de acordo com a sua variabilidade.

Alguns trabalhos, usando a ferramenta de Agricultura de Precisão buscam estabelecer correlações entre atributos de solo e produtividade das culturas, como demonstrou Durigon (2005), trabalhando em uma lavoura comercial de arroz irrigado com 70ha, usando uma malha de amostragem de 1 ponto amostrado por ha, com 5 subamostras. Dentre os atributos químicos de solo analisados, os nutrientes cálcio e magnésio apresentaram maiores correlações com a produtividade de arroz irrigado com 37,7% e 36,0%, respectivamente. O estudo demonstrou a necessidade de aplicação de calcário em doses variáveis ou de antecipar a entrada de água de irrigação na área estudada.

Outro trabalho, realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), por Johann *et al.* (2002) nos cultivos de soja e trigo, em uma área de 1,33ha de um Latossolo Bruno Distrófico, dividida em 256 parcelas em 1999/2000, mostra que

dentre um total de dezoito variáveis estudadas, entre atributos químicos e físicos do solo, 50% das variáveis mostraram-se correlacionadas com produtividade da soja para as parcelas com manejo localizado.

Outros autores acharam valores mais baixos de correlação entre atributos de solo e produtividade, como é demonstrado por Lutticken *et al.* (1997). As correlações obtidas entre os teores de nutrientes no solo e o rendimento das culturas apresentam coeficientes de correlação bastante baixos, sendo significativa, somente, a influência de matéria orgânica, em quatro de vinte e quatro talhões estudados.

Gimenez e Molin (2002) constataram baixas correlações entre as variáveis estudadas, sendo que os elementos que tiveram maiores correlações com a produtividade foram: K (7,7%), M.O. (7,5%), Mn (6,6%), H+Al (5,5%) e Ca (4,1%). Porém, tem-se conhecimento do uso da técnica de agricultura de precisão em diversas culturas e regiões do Brasil, com resultados muito favoráveis em relação ao aumento da produtividade e diminuição dos custos de produção.

No Rio Grande do Sul, destaca-se o Projeto Aquáriu como mostra Trennepohl, (2006), desenvolvendo trabalhos na região de Não-Me-Toque, com início em 2000, atualmente com 702,5ha cultivados, utilizando agricultura de precisão. Os resultados, após cinco anos de aplicação de insumos com taxa variável, mostram uma economia de 23% na redução de fertilizantes aplicados. Dados de 2005 mostram o incremento de produtividade nas áreas cultivadas no sistema de agricultura de precisão, comparativamente com o sistema convencional, respectivamente de 9% para o milho, 28% para soja e 20% para o trigo.

Ainda vale salientar que, além das vantagens econômicas, houve aumento na fertilidade do solo para os elementos fósforo e potássio. Em 2001, a área deficiente em fósforo foi de 80ha, em 2003 foi de 39ha e, em 2005, foi de apenas 10ha. Para potássio, em 2003, a área com deficiência foi de 39%, já em 2005, foi de 6%, mostrando a eficiência da aplicação de insumos com taxa variável para correção de valores de fósforo e potássio no solo.

2.7. Correlação de atributos de solo com qualidade de semente

Em relação à qualidade de sementes, existe uma série de parâmetros (genéticos, físicos, fisiológicos, e sanitários) que determinam sua indicação para a semeadura (Popinigis, 1985). A qualidade de grãos e sementes de arroz irrigado é extremamente importante no momento da comercialização do produto e/ou da utilização da semente para implantação da lavoura.

No entanto, os parâmetros de qualidade são afetados por práticas de manejo, pois estas modificam os aspectos agrônômicos das plantas e, por consequência, suas relações com fatores bióticos e abióticos. Sabe-se que fatores ambientais afetam a constituição da semente, conforme Nedel (2003), entre esses, destacam-se temperatura, umidade e nutrientes no solo. O nível de nutrientes que é colocado à disposição da planta tem significativa influência sobre a concentração dos mesmos na semente. Trabalhos têm indicado que, de uma maneira geral, dos elementos nutritivos, o nitrogênio (sua concentração na semente) é o que tem maior influência sobre o vigor das mesmas.

Em relação a diferentes níveis e épocas de adubação e seus efeitos na qualidade de semente, trabalhos têm demonstrado resultados conflitantes, quanto aos efeitos na qualidade de semente, quando analisados germinação, vigor e peso de 1.000 sementes. O nitrogênio é o elemento que mais resposta traz à produtividade do arroz irrigado. Trata-se de macromolécula essencial para o desenvolvimento das plantas, pois é constituinte das moléculas de clorofila, dos citocromos, das enzimas, de proteínas e ácidos nucleicos, desempenhando papel importante na formação dos órgãos reprodutivos e das sementes (RAMIREZ *et al.*, 2005).

Marzari *et al.* (2005), trabalhando com arroz irrigado com cinco doses de N (0, 40, 80, 120, 160kg.ha⁻¹), mostrou que as variáveis germinação e vigor não foram influenciadas pelas doses de N. Resultados semelhantes foram encontrados por Knoblauch (2005) em estudo conduzido na estação experimental de Itajaí, com 5 níveis de N (0, 60, 90, 120, 150) em combinação com 4 níveis de potássio (0, 60, 120, 240), quando o aumento da dose de N e de K não teve reflexos no peso de 1.000 sementes.

Esses resultados confirmaram que o peso de 1.000 sementes é uma característica de alta hereditariedade genética, sendo pouco afetada pelo meio ambiente. Também, trabalhos

realizados por Costa *et al.* (1983) concluem que não houve influência de adubação nitrogenada, nem quanto a níveis e nem quanto à época de aplicação, sobre o vigor das sementes de quatro cultivares de arroz irrigado, com a ressalva de que as condições climáticas, umidade relativa do ar e radiação solar ocorridas durante o ciclo da cultura foram desfavoráveis à mesma.

Resultado semelhante foi encontrado por Costa, citado por Turkiewicz (1976), testando três níveis de nitrogênio em combinação com fósforo e potássio sobre a germinação e vigor em sementes de algodão, também constatando que os referidos níveis de nitrogênio não afetaram o vigor das sementes produzidas, concordando com trabalho em feijão por Paulino *et al.* (1999), Ambrosano *et al.* (1999). Do mesmo modo, em estudos com sementes de quiabo, Zanin & Mota (1995), e de cebola, Thomazelli *et al.* (1992), tiveram resultados semelhantes.

Contrariando esses autores, Schuch *et al.* (1999) constataram que a adubação nitrogenada aumentou o rendimento de sementes de aveia-preta, com redução na qualidade fisiológica das sementes, concordando com trabalhos de Nakagawa *et al.* (1995) e Ohm (1976) e Brinkman & Rho (1984), que afirmaram que o peso de sementes, normalmente, ou não sofre modificação, ou é reduzido pela fertilização nitrogenada.

Por outro lado, autores como Fox & Albrecht (1957) constataram que, em anos de condições favoráveis, plântulas de trigo apresentaram uma maior velocidade de emergência, quando o conteúdo de nitrogênio das sementes foi maior. Tais observações levam os autores a afirmarem que as condições climáticas modificam o efeito de adubação nitrogenada sobre a qualidade fisiológica das sementes. Também, Soratto *et al.* (1999) e Chidi *et al.* (1991), obtiveram aumento linear na germinação e melhoria no vigor de sementes de feijão-comum com aplicação de nitrogênio via solo. Do mesmo modo, resultados semelhantes foram encontrados por Thomazelli *et al.* (1992), trabalhando com sementes de cebola, e Nakagawa *et al.* (1996, 2000), trabalhando com aveia-preta. Com relação a micronutriente, pode-se dizer que deficiências nos solos brasileiros para arroz irrigado são raras e localizadas (Vahl *et al.*, 2000). Testes preliminares realizados com solos orgânicos da planície litorânea dos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul mostram alguma deficiência de ferro, zinco e cobre. Todavia, não existe experimentação suficiente para a recomendação de tais micronutrientes (SOSBAI, 2005).

2.8. Aplicação de insumos com taxa variável

O conceito de aplicação de insumos com taxa variável é usado não só para adubos e corretivos, mas em um uso mais amplo, para variação da densidade de semeadura, utilizando-se semeadoras pneumáticas, aplicação de herbicidas e nitrogênio através de sensores óticos, que medem a biomassa e o conteúdo de clorofila das plantas. À medida que o equipamento passa pela cultura, usando luz infravermelha, um computador calcula a quantidade de N que a planta necessita para seu desenvolvimento e enchimento de grãos com alto conteúdo de proteína. Essa informação é passada ao fertilizador, que varia a dose aplicada de N, de acordo com o dado do sensor ótico Bongiovanni (2007).

Para NUSPL *et al.* (1996) é possível uma economia de herbicida na ordem de 30 a 80%, quando se utiliza o controle localizado de plantas daninhas em áreas mapeadas, comparadas à aplicação em área total. Balastreire & Baio (2001), em um trabalho com aplicação localizada de defensivo (Roundup) na variabilidade espacial das plantas daninhas, criaram um mapa de prescrição com quatro dosagens diferentes de herbicida, baseado na variabilidade espacial das espécies de plantas daninhas mapeadas. O sistema utilizado permitiu uma economia de 31,6% em herbicida, quando comparado à aplicação em área total com dosagem única. Foi aplicada a dosagem máxima (5,0L/ha) em somente 14,8% de área, enquanto, pela aplicação convencional, seria necessária a aplicação desta dosagem em área total.

Com relação à correção de solo, foram observados efeitos positivos de doses variáveis de calagem em alguns solos utilizados na produção de arroz. Medeiros *et al.* & Cordeiro (2005), no Estado de Roraima, verificaram que a aplicação de 25% e 100% da necessidade de calcário proporcionou um incremento na produtividade de 8,5% e 17%, respectivamente em relação à produtividade de arroz sem calagem. Esses resultados concordam com os obtidos por Lopes *et al.* (1995), os quais concluíram que, em solos ácidos e com a presença de alumínio trocável, a calagem aumenta a produtividade de grãos de arroz. Isso se deve ao aumento da disponibilidade dos nutrientes no solo, principalmente, cálcio e magnésio que são elementos essenciais para o desenvolvimento vegetativo e para a produtividade de grãos da cultura.

Dados apresentados por Soares (2006), obtidos de um sistema de adubação com uso de taxa variável, em 468ha, utilizando insumos para a correção de fósforo e calcário, demonstram uma diminuição de 61% na dose aplicada de fósforo para a área com taxa variável e de 50% no uso de calcário, em 2004, a área trabalhada com taxa variável cresceu para 3.820ha. para o fósforo, que gerou uma economia de 1.564t de adubo. Para o calcário, a área de taxa variável foi de 3.579ha com uma economia de 1.624t de calcário (18,6%). Em 2005, a área de taxa variável para o fósforo alcançou 4.810ha. com uma economia de 1.971t. Para o calcário, a área alcançou 4.242ha, com uma economia de 4.542t (38,7%). Nesse trabalho, vemos o quanto se torna significativo, a economia de insumo gerada por essa tecnologia.

2.9. Outros fatores que influenciam no rendimento do arroz irrigado

A determinação da variabilidade presente no rendimento das culturas em um mesmo talhão pode ser atribuída a um número bastante grande de fatores. Segundo Acock e Pachepsky (1997), a temperatura do solo, a temperatura do ar, a radiação solar, a precipitação, a umidade, os ventos, os nutrientes, a profundidade de solo, a densidade do solo, a presença de plantas daninhas e as pragas e doenças são alguns dos fatores que afetam as culturas e podem causar variabilidade. Os mesmos autores afirmam que, as tecnologias disponíveis hoje para levantar informações de variabilidade nas culturas, são muitas e bastantes avançadas e que somente poderemos realizar intervenções a contento, quando for compreendido o sistema produtivo como um todo.

O manejo integrado da cultura de arroz é importante para maximizar a eficiência dos recursos e insumos utilizados, aumentando a produtividade da lavoura, reduzindo o custo de produção e minimizando os impactos negativos ao meio ambiente. Dentre alguns fatores determinantes para obtenção de altos rendimentos, podem-se citar:

2.9.1. Época de semeadura adequada

Adequar a melhor época de semeadura para diversas cultivares de arroz de acordo com seu ciclo (Menezes *et al.*, 2003) e fazer com que coincida a fase reprodutiva com a

maior disponibilidade de luminosidade e temperaturas mais adequadas apresenta muita importância para a obtenção de alta produtividade. Como mostra o trabalho de Mariot *et al.* (2005), é grande a influência da época de semeadura no rendimento de grãos de cultivares de arroz irrigado, onde as cultivares apresentadas tem comportamento diferente em razão de seus ciclos, porém apresentam a mesma tendência de maiores produtividades, quando semeadas no mês de outubro e sofrendo um decréscimo de produtividade quando semeadas até início de dezembro.

Temperaturas baixas afetam negativamente a maioria das cultivares de arroz, semeadas no país, pertencentes à subespécie *índica*, onde a ocorrência de frio diminui o rendimento e a qualidade dos grãos. No RS, as zonas sul e sudoeste (campanha) apresentam maiores riscos, pois as temperaturas baixas ocorrem com maior frequência do que nas demais regiões do estado (STEINMETZ *et al.*, 1999). Concordando com Menezes *et al.* (2003) e Yoshida & Parao (1976), demonstrando que a maior disponibilidade de radiação solar, principalmente durante a fase reprodutiva da cultura, é fundamental para obtenção de altos rendimentos de grãos. Essa condição mais favorável é evidenciada nos meses de dezembro e janeiro no RS, quando ocorrem os picos de maior radiação solar.

2.9.2. Manejo d'água

O manejo d'água de irrigação é de fundamental importância para o sucesso na produção de arroz irrigado. Embora a cultura necessite de água durante todo o seu ciclo, a falta de água no período de estabelecimento, perfilhamento e entre o início da diferenciação do primórdio da panícula e enchimento de grãos implica danos mais significativos, com reflexos na produtividade e qualidade de grãos. Durante o período de enchimento de grãos do arroz, ocorre a translocação dos carboidratos acumulados nas folhas e bainhas para as espiguetas. A falta de água nesse período, que vai da antese à maturação fisiológica dos grãos, pode reduzir o rendimento e a qualidade de grãos. O conhecimento do que ocorre nesse período é muito importante para otimizar o uso da água na fase reprodutiva. O momento ideal de início da irrigação está intimamente ligado a aspectos relacionados com a otimização do uso da água, impacto ambiental, custo, controle de plantas daninhas e ecofisiologia da cultura.

Segundo a recomendação da Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado – SOSBAI (2003), o início da irrigação por inundação deve ocorrer até 30 dias após a emergência (DAE)

Ramirez *et al.* (2007), com um experimento na Estação Regional da Zona Sul do IRGA – Santa Vitória do Palmar, observaram que o rendimento de grãos diminuiu, na medida em que foi atrasado o início da irrigação, na média de 1.000kg a cada 10 dias de atraso de irrigação, (os períodos de entrada de água definitiva na lavoura foram 10DAE, 20DAE e 30DAE), a melhor produtividade foi estabelecida com entrada d'água aos 10DAE.

2.9.3. Controle de plantas invasoras

Os primeiros estádios de desenvolvimento das plantas de arroz constituem o período em que as plantas daninhas mais competem com a cultura por luz, nutrientes e água (VERNETTI JR. *et al.*, 2001). Portanto, qualquer prática que ocasione injúrias às plantas da cultura neste estágio, pode comprometer o rendimento final da lavoura. Nas lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul (RS), as plantas daninhas são um dos principais fatores limitantes da produtividade. Além do controle químico, com os herbicidas pré e pós-emergentes, a lâmina d'água tem importante função sobre o controle de plantas infestantes, por sua ação de cobertura do solo e eliminação do oxigênio disponível às raízes dessas plantas.

2.9.4. Controle de arroz vermelho

O arroz vermelho é considerado a planta daninha que mais causa danos à lavoura arrozeira gaúcha, em decorrência da redução na produtividade, da depreciação do produto final, das dificuldades de controle, da extensão em que está presente e do alto grau de infestação das áreas cultivadas. Segundo Menezes (2001), ocorre uma redução anual na produção de grãos, de 1,2 milhões de toneladas por safra, pela presença de arroz vermelho nas lavouras. Atualmente, o Sistema Clearfield é, sem dúvida, uma ferramenta eficiente no controle do arroz preto e vermelho, assim como os sistemas de semeadura pré-germinado, direta e semi-direta.

2.9.5. Controle de doenças e pragas

Dentre as doenças que atuam na cultura do arroz, os fungos têm maior importância. A prática de controle vem aumentando na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, na medida em que as doenças podem causar redução no rendimento e qualidade de grãos. Balardin (2003) estima que possam reduzir, em média, 10 a 15% do potencial de produção.

A recomendação da pesquisa para o controle de doenças e pragas, é fazer o manejo integrado que leva em conta o nível de infestação e o manejo da lavoura. Assim, o uso de tratamento de sementes tem evoluído bastante nos últimos anos, mostrando ser uma ferramenta importante no processo de controle integrado de pragas.

2.9.6. Qualidade de semente

No boletim de recomendações técnicas para o cultivo de arroz irrigado no RS e SC (SOSBAI, 2005), recomenda-se uma densidade de semeadura próxima a 150kg.ha^{-1} de sementes aptas, ou seja, densidades de semeadura entre 400 e 500 sementes aptas.m^{-2} . Tal orientação tem como objetivo atingir uma população inicial de plantas de 200 a 300m^{-2} . No RS, a taxa de utilização de sementes, via legal, ou seja, dentro do processo de certificação, não passa de 47% (APASSUL, 2007). Alguns agricultores poupam esse insumo, comprando semente de menor qualidade ou usando semente própria. Via de regra, essa economia não se traduz em ganhos econômicos, pois uma semente de qualidade duvidosa pode introduzir doenças e materiais indesejáveis como sementes de invasoras e arroz daninho.

A qualidade de semente também pode estar comprometida em termos de germinação e vigor, o que reflete na prática em lavouras com estande inicial bastante desuniforme. No intuito de minimizar esses problemas, os agricultores aumentam a densidade de semeadura, o que na realidade, só aumentam os prejuízos, uma vez que é colocado mais material indesejável e as sementes são expostas à maior concorrência intra-específica e com adubação a ser dividida por mais plantas.

Inúmeros trabalhos têm demonstrado que a melhor maneira de diminuir os custos, em relação ao insumo semente, é apostar na qualidade de semente aliada à diminuição de densidade de semeadura. Kohl *et al.* (2005) observam que o uso de sementes de maior

qualidade fisiológica de arroz irrigado proporcionou maior uniformidade entre as plantas dentro das comunidades, quando comparado com populações originadas de sementes de menor qualidade, visto ter proporcionado menor variação.

Dados obtidos por Cantarelli *et al.* (2004a) e Cantarelli *et al.* (2004b) demonstram que em populações de aveia e de soja, originadas de sementes de menor qualidade fisiológica, existe maior variabilidade entre as plantas. Essa maior variabilidade entre plantas dentro de populações originadas de lotes de sementes de menor qualidade fisiológica é devida, provavelmente, à maior variação dos níveis de qualidade fisiológica existente entre as sementes componentes do lote, como foi constatado por Kolchinski (2003) e Höfs (2003).

Trabalhos com sementes de arroz híbridos de alta qualidade citam inúmeros benefícios ao produtor como plantas mais robustas, com maior estabilidade de produção e alto potencial de rendimento, devido ao efeito da heterose, maior nível de resistência a doenças e maior tolerância a estresses ambientais, permitindo baixar a densidade de semeadura de 150kg.ha⁻¹ com variedades para 50kg.ha⁻¹ com híbridos (RICE TEC, 2007).

Mielezrski *et al.* (2007), avaliando o comportamento de plantas em populações de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes, constataram que o uso de sementes de alto vigor originou plantas com maior crescimento inicial, mantendo essas diferenças em área foliar e matéria seca pelo menos até 45 dias após o transplante.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental utilizada para a realização do presente trabalho localiza-se a 33°13'18" de latitude sul e a 53°16'26" de longitude oeste situada na Granja do Salso, município de Santa Vitória do Palmar, RS. Esta área é composta de um quarteirão de 22,18ha., o qual foi dividido em quinze parcelas de 1,48ha., de malhas fixas medindo 122m x 122m (grid). O solo deste quarteirão, segundo Streck *et al.* (2002), é classificado como planossolo hidromórfico eutrófico solódico em clima subtropical úmido.

Essa área foi avaliada em três safras consecutivas, 2003/2004, 2004/2005, 2005/2006. Nesse quarteirão de produção comercial, foi usado um sistema de rotação de culturas com arroz, soja e arroz, respectivamente às safras estudadas. A amostragem de solo foi feita antes de cada um dos três cultivos e após o cultivo de arroz da safra 2005/2006, enviadas para o Laboratório de Análises de Solos da Universidade Federal de Pelotas. Cada amostra foi obtida a partir de nove subamostras para cada grid, tendo sido estas georreferenciadas com GPS no ponto central de cada grid.

Todos os pontos georreferenciados foram gerados a partir da amarração do marco do IBGE, que está situado em Santa Vitória do Palmar, sob o código 92014, latitude 333009.3823 S, longitude 532043.0069 W, UTM (N) 6290516, UTM (E) 282139.601, DATUM SAD 69, localizado na área do aeroporto Fernando Ferrari. A base da Granja do Salso está localizada próxima ao hangar da mesma, dada pelas coordenadas: latitude 3312463 S, longitude 5315449 W, UTM(N) 289136.107, UTM(E) 6322833.227. As coordenadas das quinze parcelas foram medidas no ponto central de cada uma das parcelas, conforme Figura 1 e Tabela 1 dos Anéxos.

O aparelho utilizado no processo de georreferenciamento foi o GTR-1, que é um GPS marca Tech Geo, geodésico, contendo dois aparelhos: um fixo à base na Granja do Salso e outro que coleta os pontos, possuindo uma haste com antena e autonomia de trabalho de doze horas. Após o período de coleta de pontos no campo, os dados foram descarregados no computador, onde foram processados e armazenados.

O aparelho possui recepção e gravação do código C/A e portador de L1, precisão diferencial de 0,5cm, mais 1ppm no modo estático, para distância de até 50km (Figura 1). Outros dois aparelhos de GPS, descritos a seguir, foram usados para comparação com a localização dos pontos do GPS geodésico.

- GARMIN 12: um GPS de uso recreativo, manual, sem correção de sinal, com precisão estimada em cerca de 5m.

- GBX-12: um receptor GPS que recebe sinal diferencial da Marinha, ou seja, o sinal é corrigido pelo sinal emitido pela Marinha, para orientação dos navios do porto de Rio Grande/RS, transfere e grava em computador portátil, possuindo antena e bastão.



Figura 1 - Montando a base do GPS GTR-1, próxima ao hangar da Granja do Salso

3.1. Primeiro ano do experimento (safra de 2003/2004) cultivada com arroz irrigado

3.1.1. Práticas culturais

No primeiro ano do experimento, foram montados os mapas de fertilidade e de rendimento da área, para determinar a existência, ou não, de variabilidade dos atributos de solo entre as parcelas do quarteirão, assim como a produtividade, de modo a permitir a determinação de correlação entre ambos. Nessa primeira safra, o manejo da área foi igual ao manejo das áreas de produção da granja, ou seja, a adubação aplicada foi igual em toda área com o uso de 180kg.ha^{-1} da fórmula 2-18-18.

A correção da fertilidade foi realizada de maneira localizada, com taxa variável para cada parcela, a partir da safra 2004/2005, considerando os resultados do ano anterior. O manejo escolhido foi agrupar as parcelas com atributos de solos semelhantes, para

formarem zonas de manejo. Esse procedimento foi realizado no segundo e terceiro anos do experimento.

O solo foi preparado e entaipado no mês de maio. Em 28 de setembro, foi feita a dessecação da área com glyphosate SL 480, na dosagem de 5,5L de produto comercial por hectare. A semeadura foi realizada no dia 08 de outubro, no sistema de plantio direto (Figura 2), com a variedade El Paso 144, com densidade de semeadura de 150kg.ha^{-1} . A adubação foi efetuada junto com a semeadura, utilizando 180kg.ha^{-1} da fórmula 06-18-18 (N-P-K).



Figura 2 - Semeadura do quarteirão do experimento

O controle de plantas daninhas na pós-emergência do arroz, deu-se pela mistura dos herbicidas Bispyribac-sodium SC 400 + óleo mineral e Clomazone EC 500 nas doses de 0,150L, 1L e 0,5L por hectare respectivamente, aplicados de avião com vazão de 20L.ha^{-1} , e faixa de aplicação de 15m no dia 15 de novembro.

A entrada de água na lavoura iniciou dois dias após a aplicação do herbicida.

A primeira aplicação de uréia foi feita dia 25 de novembro, sobre o solo inundado, na quantidade de 70kg.ha^{-1} da fórmula 46-0-0, por ocasião do início do perfilhamento do arroz. A segunda cobertura de uréia foi realizada no dia 15 de dezembro, com 70kg.ha^{-1} também em lâmina de água, na iniciação do primórdio floral.

A colheita manual do arroz para a realização do experimento foi feita dia 25 de março. As panículas foram colhidas, ensacadas e levadas para a debulha e posteriores análises.

3.1.2. Amostragem do solo

As coletas das amostras de solo foram feitas com o uso de um trado de rosca com 20cm de rosca, conforme Figura 3. A amostragem foi realizada no mês de agosto, sobre um solo preparado e antecipadamente entaipados. As disposições das nove subamostras foram: uma no centro de cada parcela e duas em cada lateral da parcela, localizada a quarenta metros do eixo central e a vinte metros de distância da outra parcela, como representado na Figura 4, formando a amostra composta.

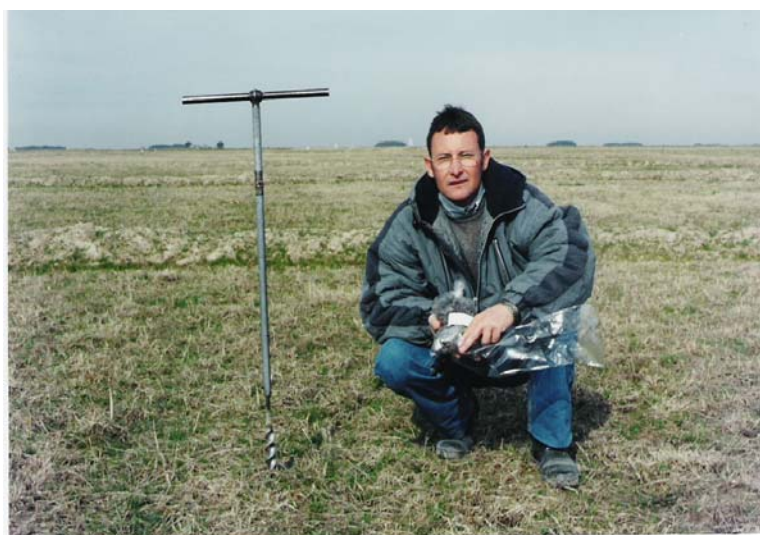


Figura 3 - Coleta das amostras com o trado de rosca

As amostras compostas foram armazenadas e homogeneizadas em um balde plástico. Logo após a homogeneização, retirou-se uma porção de aproximadamente 0,5kg que foi armazenada em sacos plásticos duplos, devidamente identificados. Após terem sido feitas as amostragens em todas as parcelas, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos, da Universidade Federal de Pelotas.

GRANJA DO SALSO

SECÇÃO : 08 SAFRA 2003/2004

ÁREA : 22,18 ha

QUARTEIRÃO : 218

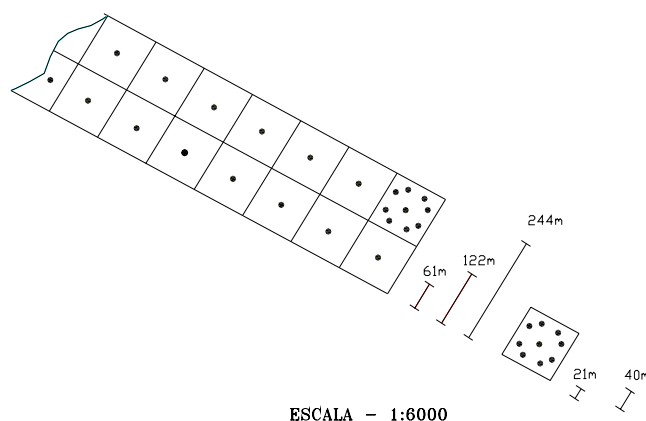


Figura 4 - Croquis dos locais de amostragem

3.1.3. Análise de solo

As amostras de solo foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos, da Universidade Federal de Pelotas. Os dados foram obtidos pela análise de rotina, mais micronutrientes. Os atributos de solo analisados foram: argila, pH, índice SMP, M.O., P, K, Na, Al, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn.

3.1.4. Mapa de fertilidade

Para a construção do mapa de fertilidade, foram relacionados os atributos de solo, P, K e M.O., os quais foram agrupados em relação à interpretação de seus teores no solo, conforme recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (2004). Para cada atributo acima relacionado, foi criada uma cor específica para representar o nível do atributo de solo na parcela do quarterão. A cor vermelha corresponde à interpretação de teor baixo para P e K, a cor laranja corresponde à interpretação de teor médio para P e K, a cor amarela corresponde à interpretação de teor alto para P e K e a cor verde corresponde à interpretação de teor muito alto para P e K. Para o teor de M.O., no solo, com expectativa de produtividade de 6,0-9,0t/ha, a cor vermelha corresponde ao teor de matéria M.O. $\leq 2,5\%$, a cor amarela corresponde ao teor de M.O. 2,6-5,0% e a cor verde corresponde ao teor de M.O. $> 5,0\%$.

3.1.5. Zona de manejo

A construção das zonas de manejo deu-se a partir do segundo e terceiro anos de experimentação.

3.1.6. Avaliações

Todas as avaliações referentes a esta safra serão discriminadas nos próximos itens.

3.1.6.1. Rendimento

O rendimento foi determinado a partir da colheita manual realizada no dia 25 de março (Figura 5), em uma área casualizada de 2m x 1m, com quatro repetições totalizando 8m² de área amostral por parcela. Após coletadas, as panículas foram debulhadas manualmente, pesadas pela balança eletrônica marca Marte AS1000C, com duas casas decimais. O peso de cada amostra teve correção para o peso seco e limpo, umidade de 13% e descontada a impureza. A fórmula usada para determinação de rendimento, corrigido para 13% de teor de água foi $P_i \times (100 - U_i) = P_f \times (100 - U_f)$, onde: P_i : peso inicial; P_f : peso final; U_i : umidade inicial U_f : umidade final.

O peso da impureza foi subtraído da amostra.



Figura 5 - Colheita manual das panículas para determinação de rendimento

3.1.6.2. Umidade

A umidade foi verificada pelo determinador de marca Motomco Modelo 919 Automatic Moisture Meter, que faz uma leitura de umidade indireta baseado em propriedades dielétricas. A média de umidade das sementes, por ocasião da colheita, foi de 22,10%. As sementes, após serem acondicionadas em envelopes de papel e identificadas, foram conservadas em câmara fria até as demais determinações, antes das determinações foi determinada a umidade pelo método de estufa.

3.1.6.3. Impurezas

A quantidade de impurezas foi determinada, na Granja do Salso, pela máquina Intecnial, modelo Síntel, que consiste em um jogo de peneiras cilíndricas com um ventilador.

3.1.6.4. Mapa de rendimento

Foi criado pelo resultado do rendimento de cada uma das quinze parcelas.

3.1.6.5. Componentes do rendimento

Serão representados nos próximos itens.

3.1.6.5.1. Número de panículas. m⁻²

A contagem das panículas foi feita aleatoriamente, contando-se todas as panículas em uma área de 1m x 1m, com três repetições por parcela.

3.1.6.5.2. Número de sementes normais por panícula

Na área de 1m x 1m, foram retiradas sete panículas com três repetições, tomadas aleatoriamente na parcela, totalizando 21 panículas. As sementes foram separadas das panículas manualmente, então, foi contado o número de sementes normais de cada panícula, sendo o resultado obtido pela média das vinte e uma panículas.

3.1.6.5.3. Peso de 1.000 sementes

As sementes utilizadas para determinação do peso de 1.000 foram as usadas para determinar o rendimento.

3.1.6.6. Percentagem de sementes estéreis na panícula

As panículas utilizadas para determinação da percentagem de sementes estéreis foram as mesmas utilizadas para determinação do número de sementes por panícula. Foi contado o número total de sementes (normais e vazias), para fazer a percentagem de esterilidade.

3.1.6.7. Comprimento de panícula

O comprimento de panícula foi avaliado a partir da média, medindo-se o comprimento de cada uma das 21 panículas utilizadas para contagem de sementes por panícula. O comprimento foi medido a partir da primeira ramificação até a ponta da panícula, utilizando-se uma régua centimetrada.

3.1.6.8. Germinação

O teste de germinação foi realizado de acordo com as recomendações das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 1992), tendo-se utilizado 200 sementes por amostra. As sementes puras para esta determinação foram obtidas pela porção de sementes utilizada para cálculo do rendimento, tendo sido previamente submetidas a tratamento para superação de dormência, através da pré-secagem com temperatura de 50°C por 96 horas sem circulação de ar.

3.1.6.9. Vigor

O vigor foi avaliado através do teste de envelhecimento acelerado, à temperatura de 42°C por 120 horas. A percentagem de plântulas normais foi determinada por meio de contagem única, aos oito dias de condução do teste de germinação, seguindo metodologia descrita por Krzyzanowsky *et al.* (1999).

3.1.6.10. Análise estatística

Foram realizadas análises de média, desvio padrão e coeficiente de variação de cada uma das variáveis estudadas.

3.2. Segundo ano de experimentação (safra 2004-2005) cultivada com soja

No segundo ano de experimentação, o quarteirão foi cultivado com soja, adotando-se o sistema de cultivo descrito a seguir.

3.2.1. Práticas culturais

O preparo de solo foi efetuado em início de novembro, em sistema convencional, com lavração, discagem e aplainamento do solo. A correção mais pesada do terreno (pontos baixos) foi executada com o auxílio de um trator de lâmina com esteiras, que possibilitou o aterro dos pontos baixos do terreno.

Para o sistema de drenagem, foi usada uma valetadeira rotativa, deixando três drenos no sentido maior do quarteirão, em intervalos de 60m de distância um do outro, e alguns drenos no sentido menor do quarteirão.

A semeadura da soja foi efetuada no dia 20 de novembro, em sistema convencional, utilizando-se sementes da cultivar 8001RR, tratadas com fungicida e inoculante (carboxin/thiram e inoculante), com auxílio da semeadora, marca Metasa, de seis linhas com 0,45m entre linhas e uma densidade de semeadura de 60kg.ha⁻¹. Foram feitas duas aplicações de glyphosate SL 480 em pós-emergência, uma aos 15 dias após a emergência das plântulas e outra, 30 dias após a primeira aplicação, com dose de 3,0L.ha⁻¹ de produto comercial.

A produtividade foi baixa devido a prolongados períodos de estiagem, observados especialmente na emergência e floração, fazendo com que houvesse pouca formação de vagens e sementes. Somados a esse estresse hídrico, no desenvolvimento da cultura, também ocorreram problemas decorrentes da elevada precipitação na pré-colheita, dificultando a colheita e prejudicando a qualidade das sementes.

3.2.2. Amostragem do solo

As coletas das amostras de solo foram feitas no mês de agosto, sobre a resteva da cultura de arroz, antes da semeadura da soja, seguindo a mesma metodologia de amostragem do primeiro ano, conforme descrito no item 3.1.2.

3.2.3. Análise de solo

Procedeu-se à análise de solo da mesma forma e com a mesma metodologia descrita no item 3.1.3.

3.2.4. Mapa de fertilidade

Para a construção do mapa de fertilidade, foram analisados os elementos fósforo, potássio e matéria orgânica, distribuindo-se os valores referentes a cada um deles em cada parcela, seguindo a mesma metodologia do primeiro ano do experimento, conforme descrito no item 3.1.4.

3.2.5. Zona de manejo

Foram criadas mediante as recomendações de adubação, seguindo a XXX Reunião de Pesquisa de soja da Região Sul (2002), para os teores de fósforo e de potássio no solo, conforme Tabelas 2 e 3 dos Anexos. Foi observada a existência de três parcelas com teores médio, alto e muito alto, respectivamente para teores de fósforo no solo, o que caracterizou uma zona de manejo, sendo que as doze parcelas restantes dividiram-se em muito baixo e baixo, caracterizando outra zona de manejo.

Para os teores de potássio no solo, apenas a parcela dez teve teor alto, enquanto nas demais, os teores foram baixo e médio.

A adubação foi efetuada de maneira diferenciada para cada zona de manejo, usando-se doses maiores de fertilizantes para as zonas de menor fertilidade (valores abaixo do nível crítico), enquanto as zonas de maior fertilidade (valores acima do nível crítico) receberam menores doses de fertilizantes, com o objetivo de diminuir a variabilidade em termos de fertilidade do solo entre as parcelas, para possibilitar colheitas mais uniformes e uso mais racional dos insumos.

Na zona de menor fertilidade, foram aplicados 423kg de adubo na fórmula 2-18-18 (N-P-K), na base, correspondendo a 8,46kg.ha⁻¹ de N, 76,14kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 76,14kg.ha⁻¹ de K₂O. Para a zona de maior fertilidade, a quantidade de fertilizante foi menor, tendo sido

aplicados 300kg.ha^{-1} de adubo na fórmula 2-18-18, na base, correspondendo a 6kg.ha^{-1} de N, 54kg.ha^{-1} de P_2O_5 e 54kg.ha^{-1} de K_2O .

Para o enquadramento dos solos nas classes de 1 a 5, considera-se, além do teor de argila, a Unidade de Mapeamento. Neste experimento, a classe encontrada foi a quatro, conforme Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2002). Para o fósforo, a percentagem da distribuição das parcelas, em relação aos teores de nutrientes no solo, são 60% muito baixo, 20% baixo, 6,7% médio, 6,7% alto e 6,7% muito alto. Para o K, as percentagens nas parcelas são: 0% muito baixo, 66,7% baixo, 26,7% médio, 6,7% alto e 0% muito alto. Nesse primeiro ano de adubação localizada é natural que alguma parcela não seja plenamente atendida, pois optou-se por apenas duas zonas de manejo, com apenas uma formulação de adubo aplicado por ocasião da semeadura, o que permite diminuir os custos e facilitar o processo de adubação.

3.2.6. Avaliações

Não foi possível determinar o rendimento da cultura da soja, nem montar o mapa de rendimento devido à ocorrência de seca durante todo o período reprodutivo e enchimento de grãos. A precipitação no local do experimento foi de somente seis milímetros para o mês de janeiro. Por esse motivo, também não foram determinados os componentes de rendimento e os testes de qualidade de sementes.

3.3. Terceiro ano de experimentação (safra 2005-2006) cultivada com arroz irrigado

A Figura 6 mostra o local do experimento, dando uma idéia do planejamento das lavouras de arroz da propriedade, mostrando a estrutura de canais, canaletas, drenos e estradas.

3.3.1. Práticas culturais

Para condução do experimento desta safra, o solo foi preparado e entaipado antecipadamente no mês de maio. Em 2 de agosto, foi realizada a primeira dessecação da área com glyphosate SL 480, na dose de 3,5L de produto comercial de produto comercial por hectare. A segunda dessecação ocorreu no dia 11 de outubro e, associada a um pré-

emergente, foi usado glyphosate SL 480 na dose de 5L de produto comercial por hectare e 0,400L de clomazone EC 500 por hectare (Figura 7).



Figura 6 - Foto de satélite do local do experimento

Fonte: www.google.com



Figura 7 - Vista aérea do experimento, após aplicação do dessecante

A semeadura foi realizada dia 14 de outubro, no sistema de plantio direto, com a variedade El Paso 144, com densidade de semeadura de 150kg.ha^{-1} . Aos 15 dias antes da semeadura, as sementes foram tratadas com carboxin/thiram na dose de 0,300L de produto comercial para cada 100kg^{-1} de semente, em máquina própria para tratamento de semente, marca Brasmek.

A adubação foi efetuada junto com a semeadura, com dois níveis de adubação, de acordo com as duas zonas de manejo. A zona de manejo com teor de fertilidade acima do nível crítico para os elementos P e K recebeu 300kg.ha^{-1} . A zona de manejo com teor de fertilidade abaixo do nível crítico para os elementos P e K, recebeu 470kg.ha^{-1} .

O herbicida utilizado em pós-emergência do arroz foi bispyribac-sodium (0,150L) mais óleo mineral (1L) por hectare, via aplicação aérea, no dia 12 de novembro de 2006. A entrada de água iniciou dois dias após a aplicação do herbicida.

As aplicações de nitrogênio em cobertura foram feitas em dois períodos, com 100kg.ha^{-1} de uréia (46-00-00) em cada aplicação. A primeira foi realizada sobre lâmina de água por ocasião do início do perfilhamento, no dia 13 de dezembro, e a segunda aplicação foi realizada no início da diferenciação do primórdio floral, no dia 29 de dezembro, ambas por via aérea.

A colheita do experimento foi efetuada manualmente dia 22 de março de 2006. As panículas, depois de ceifadas, foram ensacadas e levadas para a debulha e posteriores determinações.

Todas as determinações, envolvendo amostragem e análise do solo, mapas de fertilidade e zona e manejo, componentes de rendimento e avaliação da qualidade fisiológica, seguiram os mesmos procedimentos e metodologias empregadas na avaliação do primeiro ano de experimentação.

3.3.2. Amostragem do solo

A amostragem do solo deu-se em meados de agosto, em sucessão à cultura da soja, em um solo preparado e entaipado antecipadamente para o cultivo do arroz, seguindo a mesma metodologia usada nos dois primeiros anos, conforme descrito no item 3.1.2.

3.3.3. Análise de solo

As amostras de solo foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos, da Universidade Federal de Pelotas. Os dados foram obtidos pela análise de rotina, mais micronutrientes. Os atributos de solo analisados foram argila, pH, índice SMP, M.O., P, K, Na, Al, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, mais as relações Ca/mg, Ca/K e Mg/K.

3.3.4. Mapa de fertilidade

Para a construção do mapa de fertilidade, foram analisados os elementos fósforo, potássio e matéria orgânica e distribuídos os valores referentes a cada um deles em cada parcela.

3.3.5. Zona de manejo

A adubação foi efetuada de maneira diferenciada para cada zona de manejo, usando-se doses maiores de fertilizantes para aquelas que apresentam menor fertilidade (valores abaixo do nível crítico), e a zona de maior fertilidade (valores acima do nível crítico) recebeu menores doses de fertilizantes.

As duas zonas de manejo foram criadas mediante as recomendações de adubação, seguindo o Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004), conforme Tabelas 4, 5, 6 e 7 dos Anexos. Os atributos de solo analisados foram fósforo, potássio e matéria orgânica. As parcelas do quarteirão foram agrupadas em relação ao nível crítico para cada atributo.

Para a recomendação de adubação nas zonas de manejo, foi incorporado o conceito de adubação de correção para as faixas de interpretação do teor de P e K no solo, como mostra a Tabela 8 dos Anexos.

A adubação de correção pode ser total ou gradual. No experimento, foi usada a correção total, pois após a colheita do arroz foram feitas as avaliações dos resultados finais do experimento. A adubação de correção se destina a aumentar a fertilidade do solo e atender a demanda da planta; a adubação de manutenção destina-se a manter a fertilidade do solo e atender a demanda da planta; e a adubação de reposição visa simplesmente repor a quantidade de nutriente exportada da lavoura (GIANELLO; WIETHÖLTER, 2004).

As faixas de classificação do teor do nutriente no solo para efeito de correção são muito baixo, baixo e médio. No experimento, foi usado o nível médio para efeito de correção, para as parcelas com nível crítico abaixo para fósforo e para potássio, que equivale à adição de 30kg.ha^{-1} . Parcelas acima do nível crítico receberam apenas adubação de manutenção.

Aplicação de fertilizantes por zonas de manejo:

Na zona de menor fertilidade, foram aplicados 470kg de adubo da fórmula 2-18-18 (N-P-K), que confere uma quantidade de 9,4kg.ha⁻¹ de N, 84,6kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 84,6kg.ha⁻¹ de K₂O (84,6kg, correspondendo aos 55kg referentes à adubação de manutenção + 30kg da adubação de correção).

Na zona de maior fertilidade, foram aplicados 300kg/ha⁻¹ de adubo da fórmula 2-18-18 (N-P-K), que confere uma quantidade de 6kg.ha⁻¹ de N, 54kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 54kg.ha⁻¹ de K₂O, correspondendo este total de adubo à adubação de manutenção, conforme Tabelas 6 e 7, dos Anexos.

3.3.6. Avaliações

As determinações de rendimento, umidade, impurezas, mapa de rendimento, componentes de rendimento, comprimento de panícula, porcentagem de sementes estéreis por panícula e testes de germinação e de vigor foram executadas conforme a metodologia descrita para os testes no primeiro ano de experimentação.

3.3.6.1. Análise estatística

Foram avaliados, estatisticamente, os seguintes parâmetros: média, desvio padrão, coeficiente de variação e a correlação entre rendimento e seus componentes - comprimento de panículas, porcentagem de esterilidade de sementes na panícula e qualidade fisiológica das sementes - com os atributos de solo.

3.4. Análise de solo após a colheita do arroz irrigado, terceiro ano de experimento, safra 2005/2006

3.4.1. Amostragem de solo

As amostras foram coletadas sobre a resteva de arroz, a qual foi semeada em linha, tendo-se que mudar a metodologia de amostragem conforme CQFS-RS/SC (2004). O número de subamostras por parcela foi de vinte e sete (uma sobre a linha e mais uma de cada lado sobre a entre-linha).

3.4.2. Análise de solos

Foi utilizado a mesma metodologia do item 3.3.3.

3.4.3. Mapa de fertilidade

Para a construção do mapa de fertilidade, foram analisados os elementos fósforo, potássio e matéria orgânica, distribuindo-se os valores referentes a cada um deles em cada parcela.

3.4.4. Zona de manejo

A evolução dos teores de fósforo e potássio, nas parcelas experimentais, é referente às zonas de manejo da safra 2005/2006, antes da semeadura do arroz, conforme o item 3.3.5.

3.4.5. Análise estatística

Foram feitas as avaliações da média, desvio padrão e coeficiente de variação para os teores de fósforo e potássio entre as zonas de manejo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Primeiro ano do experimento (safra de 2003/2004) cultivada com arroz irrigado

4.1.1. Amostragem do solo

O número de pontos amostrados por hectare foi considerado satisfatório para quantificar a variabilidade dos atributos de solo, uma vez que havia nove pontos amostrais por parcela o que proporciona a média de seis pontos amostrados por hectare. Esse número é bem superior aos apresentados pelo Instituto Nacional de Investigación Agropecuária (INIA, 2005) em trabalhos com objetivo de quantificar a variabilidade espacial de rendimento e identificar os fatores que causam essa variabilidade, em quatro campos experimentais de áreas de 16ha, 15ha, 50ha e 25ha com 2,5, 1,6, 1,0 e 1,2, pontos amostrados por ha, respectivamente.

Maraschin *et al.* (2003), estudando o mapeando atributos físicos do solo em área cultivada com soja, em Sorriso (MT), coletaram 88 amostras em uma área de 56ha, em uma malha fixa de 100 x 100m, totalizando 1,5 amostras por ha. É comum a densidade de coleta de amostras de solo em número de duas a treze por ha. Diversos métodos sistemáticos de amostragem de solo têm sido desenvolvidos para avaliar a fertilidade do solo (ASSMUS *et al.*, 1973; WOLLENHAUPT *et al.*, 1994).

Haneklauus *et al.* (1997), estudando a textura do solo, teor de matéria orgânica e nutrientes disponíveis em solos do norte da Alemanha, constataram, após estudos de variabilidade espacial, que o número representativo de amostras de solo era de quatro amostras por ha para textura do solo e de onze amostras por ha, para a matéria orgânica do solo e nutrientes. A amostragem conduzida por essa grade resultou, segundo os autores, em operações laboriosas e de custos proibitivos.

A definição do número de amostras de solo a serem coletados em determinada área depende, do histórico do local de cultivo, da cultura a ser implantada, da variabilidade espacial (vertical e horizontal) dos atributos de solo a serem analisados, dos sistemas de cultivo adotados, do modo de aplicação, das doses de fertilizantes usadas e do custo das análises de solo, entre outros fatores.

4.1.2. Análise de solo

Os atributos de solo comentados, a seguir, referem-se à Tabela 1.

- **% de argila:** enquadrada na Classe 4, 11 a 25 % de argila, considerado como solo arenoso, essa determinação é usada para a interpretação dos teores de fósforo no solo (método de mehlich-I) para as principais culturas do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (culturas de sequeiro).

- **pH:** o valor médio para as quinze parcelas foi de 5,3; nenhuma das parcelas sofreu correção do pH; a calagem em arroz irrigado não é usual, porém é uma técnica que vem crescendo nos últimos anos, principalmente em áreas com rotação de culturas.

Em solos alagados, a correção da acidez acontece naturalmente, como consequência do processo de redução do solo. Disso resulta o fenômeno conhecido “autocalagem,” que depende diretamente da atividade microbiana do solo, constituindo-se em um processo gradual e progressivo, até atingir um ponto de equilíbrio. Na semeadura em solo seco, a inundação pode ocorrer até 30 dias após a emergência. Nessa situação, a correção da acidez e as condições de solo mais adequadas ao crescimento da cultura, provocadas pela inundação, ocorrem próximo ao final da fase vegetativa.

Assim, considerando que é nesse período que a planta absorve grande parte dos nutrientes essenciais, admite-se que a calagem é favorável à cultura do arroz, uma vez que proporciona a correção do solo e melhores condições para o desenvolvimento das plantas desde o início do ciclo. Recomenda-se, portanto, a aplicação de calcário quando o pH em água for $\leq 5,5$ e saturação por bases $< 65\%$, com a dose determinada pelo Índice SMP para elevar o pH do solo até 5,5 (CQFS-RS/SC, 2004).

- **matéria orgânica:** a média foi de 2,1%, que é considerada um valor baixo, o teor de matéria orgânica é um parâmetro de avaliação do grau de disponibilidade de nitrogênio no solo.

- **fósforo:** o resultado da parcela dez (50ppm) distorce a avaliação feita pela média (8,5ppm), acima do nível crítico, porém existem nove parcelas com valores abaixo do nível crítico, necessitando de correção, seis com valores baixos para o fósforo e três com valores médios.

Tabela 1 - Resultado da análise de solo das quinze parcelas, referente à safra 2003/2004, cultivado com arroz irrigado

Amos- tras	Área ha	Arg. (%)	pH	Ind. SMP	M.O. (%)	P ppm	K ppm	Na ppm	Al(mc/100ml)...	Ca(mc/100ml)...	Mg mg.dm ⁻³	Cu mg.dm ⁻³	Zn mg.dm ⁻³	Fe %(m.v ⁻¹)	Mn mg.dm ⁻³
1	1,5	19	5,3	6,3	2,06	4,0	42	55	0,4	2,4	1,2	1,7	1,4	0,16	65
2	1,5	19	5,4	6,3	1,88	3,0	39	57	0,4	2,4	1,2	1,5	1,1	0,16	83
3	1,5	20	5,2	6,2	2,18	2,6	37	48	0,5	2,6	1,3	1,3	1,5	0,15	65
4	1,5	20	5,3	6,2	2,12	1,9	29	53	0,5	2,7	1,3	1,7	1,5	0,17	83
5	1,5	21	5,1	5,9	2,18	4,4	45	47	0,8	2,5	1,5	1,5	1,4	0,22	65
6	1,5	17	4,9	6,0	1,71	9,0	45	31	0,7	2,0	0,8	1,5	1,7	0,20	96
7	1,5	15	5,2	6,3	1,55	10,3	34	29	0,4	1,5	0,7	1,1	1,1	0,12	65
8	1,5	22	5,6	6,5	1,88	5,5	52	123	0,1	5,5	2,3	1,1	1,1	0,12	52
9	1,5	14	5,1	6,3	1,61	16,0	38	28	0,5	1,8	0,7	1,3	1,2	0,13	65
10	1,5	17	5,5	6,1	2,45	50,0	202	49	0,2	6,0	2,7	1,5	7,1	0,16	70
11	1,5	24	5,2	6,3	2,38	7,0	43	50	0,6	2,7	1,3	1,5	1,6	0,16	57
12	1,5	20	5,4	6,4	2,06	1,9	32	66	0,3	2,4	1,1	1,3	1,1	0,16	57
13	1,5	29	5,3	6,3	2,12	1,6	28	54	0,5	2,3	1,0	1,1	1,1	0,15	52
14	1,5	18	5,3	6,3	2,25	1,3	25	48	0,5	2,0	0,8	1,3	1,1	0,15	61
15	1,5	22	5,3	6,0	2,82	8,2	45	64	0,5	3,3	1,3	0,6	1,6	0,22	48
Média		19,8	5,27	6,2	2,08	8,5	49,07	53,47	0,46	2,8	1,3	1,33	1,71	0,16	65,6
Desvio padrão		3,69	0,17	0,2	0,33	12,2	42,97	22,37	0,18	1,3	0,6	0,28	1,51	0,03	13,09
C.V. (%)		18,6	3,2	3,2	15,8	144,3	87,57	41,84	39,13	46,4	46,1	21,03	88,30	18,75	19,65

- **potássio:** o resultado da parcela dez (202ppm) também distorce a avaliação feita pela média (49,1ppm), porém não o suficiente, para elevar a média das parcelas acima do nível crítico para o potássio (60ppm), já que somente a parcela dez tem teores acima de 60ppm.

É necessário um comentário a respeito da parcela dez por ter os maiores teores de P, K, Ca, Mg e Zn. No início desse trabalho, acreditava-se que esse quarteirão do experimento fosse uniforme em termos de fertilidade; com o resultado das análises de solo, foi verificado que esse comportamento esperado de fertilidade não correspondia à realidade. Fazendo um histórico da área, foi lembrado que no local da parcela dez havia algumas árvores secas, conseqüentemente não faziam parte efetiva da lavoura de arroz, ficando essa área criando pasto. Após a colheita de arroz, a resteva era disponibilizada para a pecuária, onde os animais faziam da área paradoro, aumentando a quantidade de fezes e urina, explicando a origem da maior fertilidade dessa parcela.

4.1.3. Mapa da fertilidade

O resultado mostra um solo com grande variabilidade espacial para teores de fósforo e de potássio (Figura 8), como demonstrado pelos coeficientes de variação de 144,3% para o fósforo e 87,6% para o potássio. Esse solo pode ser considerado de média fertilidade para os parâmetros de fósforo e de potássio e de baixo teor para a matéria orgânica, pois 93% das parcelas possuem teor menor ou igual a 2,5, ficando abaixo dos valores considerados adequados. Isso significa que, além de repor as quantidades dos nutrientes exportados pelos grãos e de perdas nos sistemas, há, ainda, uma necessidade de melhorar a fertilidade do solo pela aplicação de adubo.

4.1.4. Zona de manejo

As zonas de manejo foram criadas a partir do segundo e terceiro ano de experimentação. No primeiro ano, a adubação foi igual à das áreas de produção comercial da Granja do Salso, recebendo 180kg.ha⁻¹ da fórmula 2-18-18. Avaliou-se a variabilidade de rendimento e atributos de solo e, após os resultados das avaliações, decidiu-se aplicar as correções com zonas de manejo.

4.1.5. Avaliações

Os itens a seguir serão avaliados para que se possa fazer inferência sobre a correlação entre as variáveis do experimento.

4.1.5.1. Rendimento

A variabilidade, para o rendimento ficou entre valores de 5697,87 a 8065,09kg.ha⁻¹, como mostra a Tabela 2, com coeficiente de variação de 9,22%, que pode ser considerado um valor baixo.

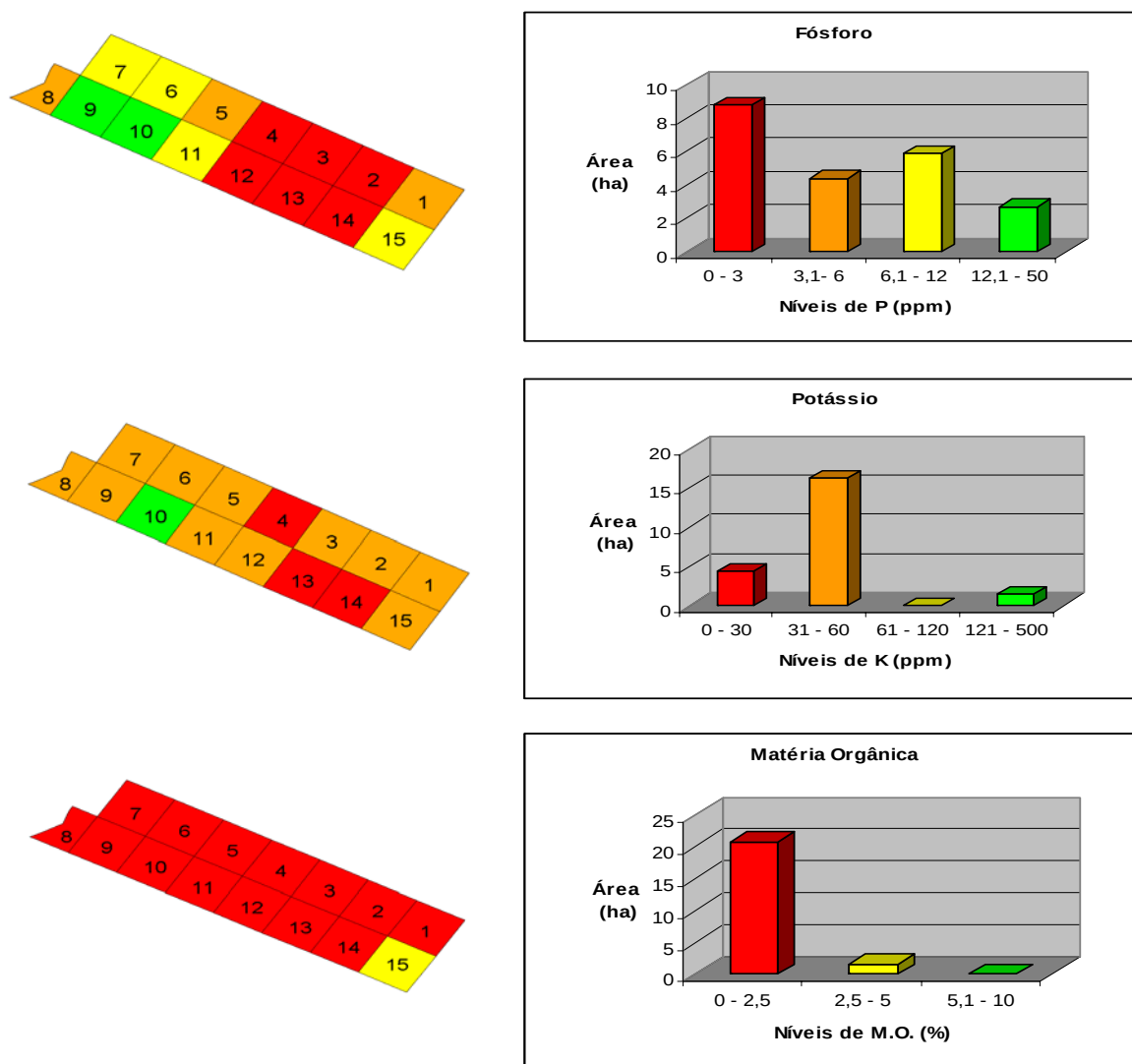


Figura 8 - Mapa de fertilidade das quinze parcelas e a área de distribuição dos níveis de fósforo, potássio e de matéria orgânica no quarteirão, safra arroz 2003/2004

Tabela 2 - Rendimento médio.ha⁻¹ de cada parcela, n° de panículas.m⁻², n° de sementes normais/panícula e peso de 1.000 sementes, safra 2003/2004, cultivada com arroz irrigado

Parcela	Rendimento kg.ha ⁻¹	N° de panículas.m ⁻²	N° de sementes normais/panícula	Peso de 1000 sementes (g)
1	7211,59	403,00	94,86	26,76
2	6543,10	295,32	93,14	28,26
3	7034,29	347,32	89,24	27,52
4	7001,72	351,00	95,62	27,47
5	8065,09	395,67	104,67	27,61
6	7111,27	358,00	104,00	27,55
7	7101,03	372,32	98,57	27,5
8	7723,32	343,32	98,76	28,67
9	6661,43	357,00	93,38	26,35
10	7632,04	357,00	90,48	27,05
11	6859,22	325,00	97,62	27,98
12	6052,15	318,32	107,19	26,16
13	6496,53	324,00	90,29	27,76
14	5834,00	437,32	92,10	26,75
15	5697,87	326,32	98,48	27,27
Média	6868,31	354,06	96,80	27,38
Desv. Pad.	676,95	36,7	5,6	0,68
C.V. (%)	9,86	10,4	5,8	2,48

4.1.5.2. Mapa de rendimento

A Figura 9 mostra que as parcelas 1, 5, 8, e 10 apresentaram maior rendimento, e as parcelas 12, 14 e 15, menor. Esse desempenho não pode ser atribuído apenas aos atributos de solo, já que não houve correlação significativa entre rendimento e atributos de solo.

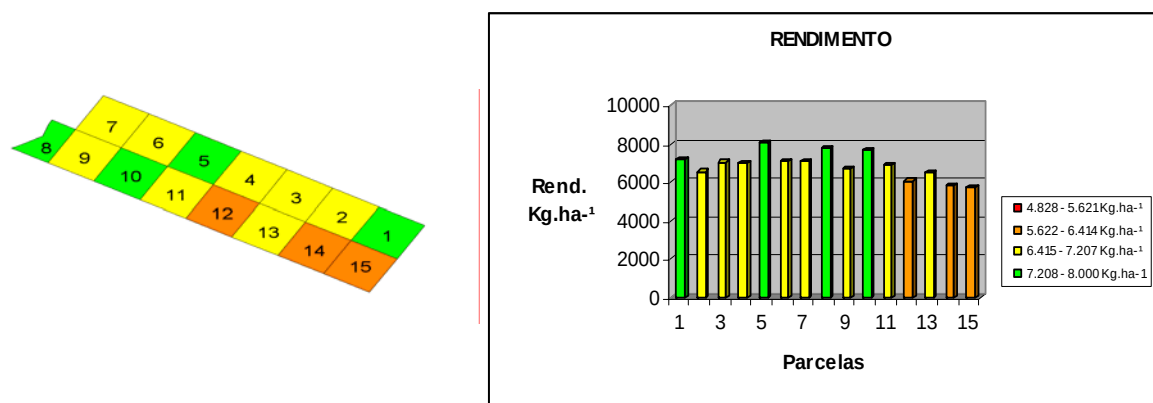


Figura 9 - Gráfico e mapa de rendimento de cada parcela do experimento, safra arroz 2003/2004

4.1.5.3. Componentes do rendimento

Os itens a seguir foram avaliados para que se possa fazer inferência sobre a correlação entre as variáveis do experimento.

4.1.5.3.1. Número de panículas. m⁻²

A média de panículas.m⁻² foi de 354, com variação de 295 a 437 com coeficiente de variação de 10,4%, como observado pela Tabela 3. Necessariamente, um maior número de panículas por metro quadrado não significa maior produtividade, pois esta dependerá dos outros componentes de rendimento, como número de grãos por panícula e peso de 1.000 sementes. Sabe-se que o arroz tem muita plasticidade e, dentro de certos limites compensa o rendimento.

4.1.5.3.2. Número de sementes normais por panícula

A média do número de sementes normais por panícula foi de 96,6, com variação de 90,3 a 107,2 com coeficiente de variação de 5,8, como observado acima pela Tabela 3.

4.1.5.3.3. Peso de 1.000 sementes

A média do peso de 1.000 sementes foi de 27,38g, com uma variação de 26,16 a 28,67g com coeficiente de variação de 2,48% (Tabela 3). A semente usada para o experimento é da variedade uruguaia El Paso 144. O peso de 1.000 sementes varia de 26 a 27 gramas, assim citado por Santa Cruz (1996).

4.1.5.4. Percentagem de sementes estéreis por panícula

O valor médio de sementes estéreis por panícula (8,8%) é um valor baixo para esta cultivar. Segundo Cruz *et al.* (2005), considera-se como desejável, para demonstrar uma boa adaptação no genótipo às condições climáticas prevalecentes, aquelas que apresentem esterilidade menor que 20% e, preferivelmente, abaixo de 15%. Os dados estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 - Número de sementes normais/panícula, nº de sementes vazias/panícula, nº total de sementes/panícula, percentagem de esterilidade/panícula e comprimento de panícula safra 2003 /2004, cultivada com arroz irrigado

Parcela	Nº de sementes normais/panícula	Nº de sementes vazias/panícula	Nº total de sementes/panícula	Percentagem de esterilidade/panícula	Comprimento de panícula (cm)
1	94,86	6,43	101,29	6,35	21,76
2	93,14	7,43	100,57	7,39	22,00
3	89,24	6,19	95,43	6,49	20,88
4	95,62	7,24	102,86	7,04	21,8
5	104,67	13,57	118,24	11,48	22,23
6	104,00	13,14	117,14	11,22	22,78
7	98,57	9,38	107,95	8,69	22,04
8	98,76	10,67	109,43	9,75	22,78
9	93,38	9,86	103,24	9,55	21,97
10	90,48	8,33	98,81	8,43	21,40
11	97,62	11,62	109,24	10,64	22,54
12	107,19	13,05	120,24	10,85	22,59
13	90,29	8,90	99,19	8,97	21,52
14	92,10	5,67	97,77	5,80	21,14
15	98,48	10,14	108,62	9,34	22,33
Média	96,80	9,44	106,00	8,90	21,98
Desv.Pad.	5,62	2,60	7,82	1,88	0,58
C.V. (%)	5,61	27,54	7,38	21,12	2,64

4.1.5.5. Comprimento de panícula

O comprimento de panícula apresentou pequena variação, sendo sua média de 21,98cm conforme mostra a Tabela 3, com coeficiente de variação de 2,64%, variando entre 20,88 a 22,78cm.

4.1.5.6. Germinação

Como pode ser observada na Tabela 4, a qualidade fisiológica das sementes de arroz encontra-se em níveis excelentes, pois a germinação apresentou valor acima de 96%. A percentagem de germinação variou de 96% a 99%.

Tabela 4 - Percentagem de germinação e vigor das sementes de arroz produzidas nas 15 parcelas da área experimental, safra arroz 2003/2004

Parcela	Germinação (%)	Vigor (%)
1	97	98
2	98	98
3	98	98
4	98	97
5	96	97
6	96	98
7	98	98
8	96	97
9	97	98
10	99	98
11	97	99
12	99	97
13	98	98
14	99	98
15	99	99
Média	97	98
Desv. Pad.	0,98	0,46
C.V. (%)	1,01	0,47

4.1.5.7. Vigor

O vigor das sementes, à semelhança da germinação, também apresentou valores excelentes, acima de 97%, variando entre 97% a 99%.

4.1.5.8. Análise estatística

Os resultados das médias, desvio padrão e coeficiente de variação de todas as variáveis foram analisados e estão apresentados nas Tabelas 1, 2, 3, e 4. A correlação entre rendimento e seus componentes, comprimento de panícula, porcentagem de esterilidade na panícula e qualidade fisiológica das sementes não tiveram efeitos relacionados aos atributos de solo, em um nível de significância de $p < 0,05$. Concordando com trabalhos interpretando padrões de rendimento de arroz em manejo localizado na Califórnia, Roel *et al.* (2007), ao considerarem aspectos espaciais dos dados de rendimento, verificaram duas áreas principais e distintas, de rendimento estável (baixo e alto), com pequenas manchas de

comportamento variável. Os autores concluem que a maioria dos atributos de solo analisados não apresentaram uma relação linear com o rendimento, mas isto não significa que não haja uma relação entre eles.

4.2. Segundo ano de experimentação (safra 2004-2005) cultivada com soja

4.2.1. Análise de solo

Os atributos de solo comentados, a seguir, referem-se à Tabela 5.

- **% de argila:** enquadrada na Classe 4, 11 a 25% de argila, permanece a mesma classe das amostras do primeiro ano do experimento.

- **pH:** o valor médio para as quinze parcelas foi de 5,5, sofrendo um acréscimo de 0,2 em relação ao primeiro ano do experimento.

- **matéria orgânica:** a média nas parcelas foi de 2,1%, que é considerada um valor baixo, mantendo-se igual ao valor médio das amostras do primeiro ano do experimento; porém, as parcelas 1, 3 e 6 apresentaram valores mais elevados do que no ano anterior, conforme comparação entre as Figuras 8 e 10.

- **fósforo:** o resultado da parcela dez (50ppm) distorce a avaliação feita pela média (9,5ppm), acima do nível crítico, porém existem nove parcelas com valores abaixo do nível crítico, necessitando-se de correção, dentre elas, duas com valores baixos para o fósforo e sete com valores médios, mostrando uma tendência de acréscimo para os valores médios, em relação ao primeiro ano do experimento.

Houve melhor distribuição deste nutriente, comparando a Figura 10 com a Figura 8, pois nas parcelas 2, 4, 6, 12 e 14, houve aumento da quantidade de fósforo, e as parcelas ficaram mais uniformes em geral.

- **potássio:** o resultado da parcela dez (112ppm) também distorce a avaliação feita pela média (42,7ppm), porém não o suficiente, para elevar a média das parcelas acima do nível crítico para o potássio (60ppm), já que somente a parcela dez teve teores acima de 60ppm, mantendo a distribuição dos teores de potássio muito semelhantes aos do primeiro ano do experimento.

Comparando a Figura 10 com a Figura 8, houve decréscimo na parcela 10 e houve acréscimo nas parcelas 4 e 13.

Tabela 5 - Resultado da análise de solo referente às quinze parcelas, na safra 2004/2005, antes do cultivo da soja

Amostr	Área ha	Arg. %	pH	Ind. SMP	M.O. %	P ppm	K ppm	Na ppm	Al(mc/100ml)...	Ca(mc/100ml)...	Mg mg.dm ⁻³	Cu mg.dm ⁻³	Zn mg.dm ⁻³	Fe %(m.v. ⁻¹)	Mn mg.dm ⁻³
1	1,5	20	5,3	6,5	3,7	6,2	47	54	0,4	2,6	1,0	1,5	1,9	0,09	42
2	1,5	22	5,3	6,2	2,5	4,4	33	52	0,5	2,8	1,1	1,3	1,8	0,11	54
3	1,5	20	5,2	6,5	3,1	2,6	46	53	0,4	3,1	1,3	1,3	2,0	0,11	54
4	1,5	25	5,3	6,4	2,5	3,3	34	61	0,4	3,2	1,4	1,3	1,8	0,11	54
5	1,5	22	5,2	6,3	2,1	5,1	37	46	0,4	3,1	1,3	1,9	2,2	0,16	77
6	1,5	20	5,2	6,4	2,6	21,0	35	41	0,4	2,8	1,2	1,3	2,0	0,10	65
7	1,5	19	5,5	6,5	2,2	3,6	32	45	0,4	3,4	1,2	1,3	1,5	0,08	54
8	1,5	22	5,8	6,6	2,3	8,6	37	85	0,1	5,5	1,9	1,3	1,5	0,06	57
9	1,5	18	5,6	6,8	1,3	13,0	41	38	0,1	3,5	1,5	1,5	1,3	0,07	67
10	1,5	19	5,8	6,7	1,8	50,0	112	52	0,1	3,7	1,9	2,0	4,4	0,14	80
11	1,5	24	5,6	6,2	1,6	7,8	49	78	0,3	4,7	2,1	1,3	1,5	0,12	65
12	1,5	23	5,4	6,5	1,6	4,0	39	75	0,3	3,9	1,8	1,9	1,9	0,11	57
13	1,5	23	5,5	6,4	1,6	3,0	35	75	0,3	3,8	1,6	1,5	1,9	0,09	50
14	1,5	21	5,6	6,6	1,3	4,7	29	68	0,3	3,7	1,4	1,5	1,5	0,09	65
15	1,5	25	5,4	5,9	1,5	5,8	34	63	0,2	4,1	1,6	0,7	1,8	0,19	59
Média		21,53	5,45	6,43	2,11	9,54	42,67	59,07	0,31	3,59	1,49	1,44	1,93	0,11	60,00
Desv. Pad.		2,20	0,20	0,22	0,70	12,17	20,03	14,49	0,13	0,77	0,32	0,32	0,73	0,03	10,00
C.V. (%)		10,2	3,7	3,4	33,3	127,6	46,9	24,5	41,9	21,4	21,5	22,2	37,8	27,3	16,7

4.2.2. Mapa de fertilidade

O resultado mostra um solo com grande variabilidade espacial para teores de fósforo e de potássio, com coeficiente de variação de 127,6% para o fósforo e 46,9% para o potássio como demonstra a Tabela 5. Foi mantido o padrão de média fertilidade para os parâmetros de fósforo e de potássio e de baixo teor para a matéria orgânica, ficando abaixo dos valores considerados adequados, significando que, além de repor as quantidades dos nutrientes exportados pelos grãos e de perdas nos sistemas, há, ainda, uma necessidade de melhorar a fertilidade do solo pela aplicação de adubo, como observado no primeiro ano do experimento. Para facilitar a análise e comparação durante os três anos de experimento os mapas de fertilidade serão montados a partir dos quatro níveis de fertilidade para P e K e os três níveis de fertilidade para a M.O. usados para a cultura do arroz irrigado, porém a recomendação de adubação foi feita a partir de referências para a cultura da soja.

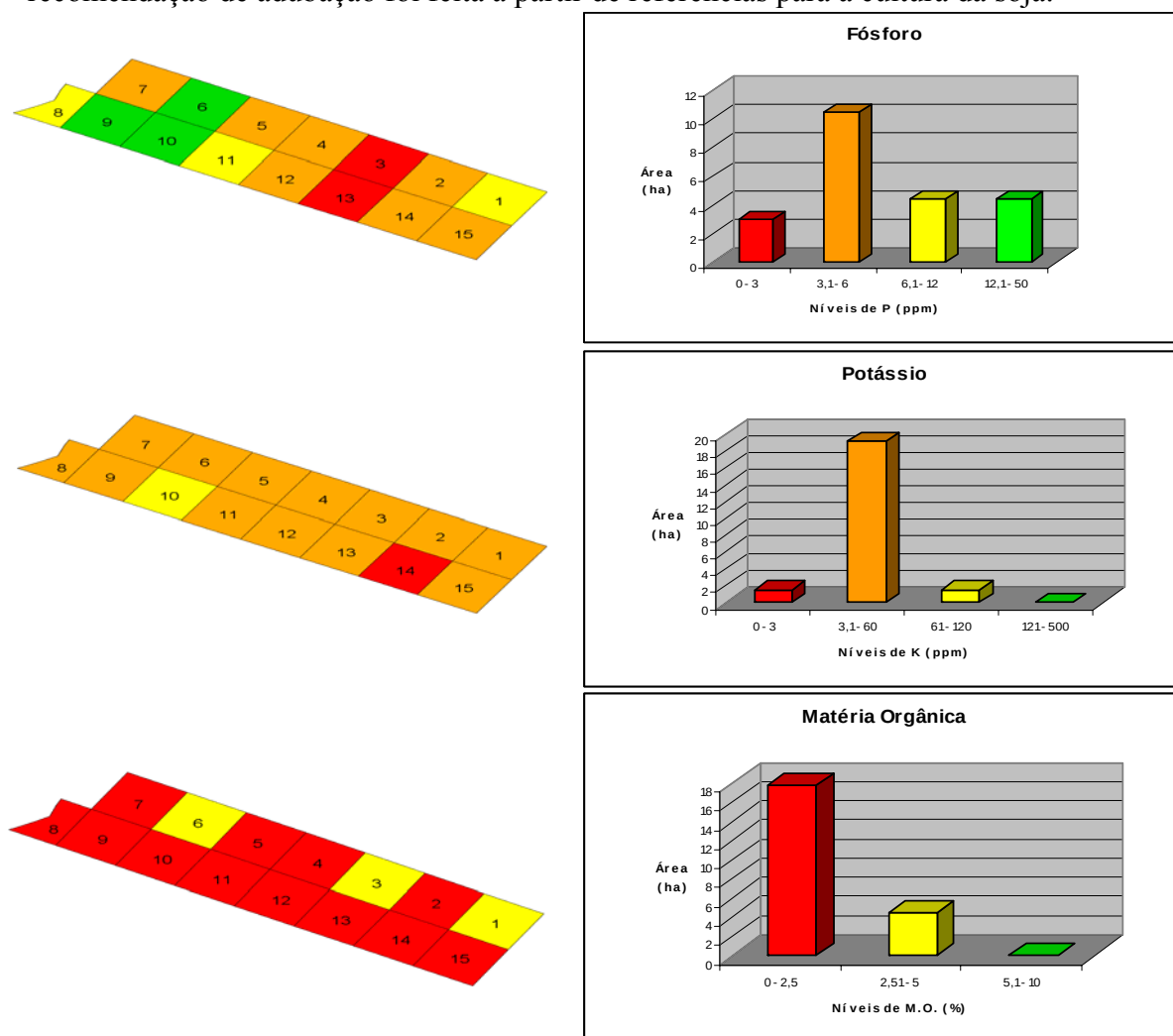


Figura 10 - Mapa de fertilidade das quinze parcelas e área de distribuição dos níveis de fósforo, potássio e de matéria orgânica no quartirão, safra soja 2004/2005

4.2.3. Zonas de manejo

Para a formação das zonas de manejo (Figura 11), foram agrupadas as parcelas em relação ao nível crítico de fósforo para a classe de solo 4. Uma zona agrupa as parcelas com teores de fósforo igual ou acima do nível crítico, correspondendo ao valor suficiente, e outra zona agrupa as parcelas abaixo do nível crítico, conforme a Tabela 6. A parcela 9 foi agrupada na zona de maior fertilidade, pois é a parcela com o terceiro maior valor de fósforo (13ppm) que, para cultura de arroz irrigado, estaria acima do nível crítico (6ppm).

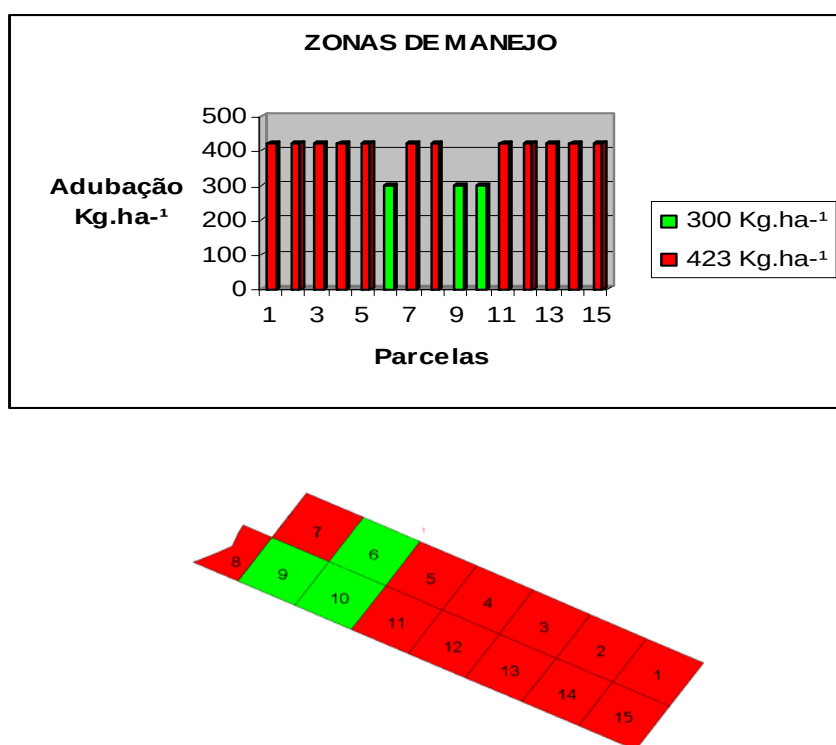


Figura 11 - Distribuições das zonas de manejo dentro do quarteirão, e gráfico das doses de adubação para cada zona de manejo na cultura da soja safra 2004/2005

Como o experimento utiliza a soja nesse sistema de rotação com o arroz irrigado, a recomendação é que esta cultura deve compensar as baixas quantidades de fósforo e de potássio aplicadas ao arroz, especialmente quando os teores iniciais desses nutrientes forem baixos. No caso dos cultivos previstos incluïrem o arroz como o primeiro e a soja, em seqüência, como segundo cultivo, conforme o caso do presente experimento, recomenda-se utilizar as indicações de fósforo e de potássio de primeiro cultivo para essa cultura de soja, desconsiderando o P e o K aplicados no arroz (SOSBAI, 2005).

Além das razões expostas anteriormente a opção de incluir a soja como primeiro cultivo é devido à necessidade de corrigir os valores de fósforo e de potássio mais rapidamente possível, para obter resultados em dois anos de correção destes teores com zonas de manejo diferenciadas.

Tabela 6 - Dados dos níveis de fósforo e potássio para as duas zonas de manejo com adubação diferenciada, 423kg.ha⁻¹ e 300kg.ha⁻¹, safra 2004/2005, antes da semeadura da soja

ZONAS DE MANEJO				
Parcelas	423kg.ha ⁻¹ de adubo		300kg.ha ⁻¹ de adubo	
	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)
1	6,2	47		
2	4,4	33		
3	2,6	46		
4	3,3	34		
5	5,1	37		
6			21	35
7	3,6	32		
8	8,6	37		
9			13	41
10			50	112
11	7,8	49		
12	4	39		
13	3	35		
14	4,7	29		
15	5,8	34		
Média	4,93	37,67	28	62,67
Desv. Padrão	1,88	6,40	19,47	42,83
C.V. (%)	38,13	16,99	69,53	68,34

Zona de manejo para parcelas com alta fertilidade

Para esta zona de manejo foi utilizada a adubação de 300kg.ha⁻¹, da fórmula 2-18-18, que corresponde a 6kg de nitrogênio, 54kg de fósforo e 54kg de potássio por ha, os quais foram aplicados nas parcelas 6, 9, e 10. Essa adubação atende às exigências da cultura, para os teores de fósforo, para as três parcelas conforme mostra a Tabela 7; já a necessidade de potássio é atendida nas parcelas 9 e 10, conforme a Tabela 8.

Zona de manejo para parcelas com baixa fertilidade

Para esta zona de manejo foi utilizada a adubação de 423kg.ha^{-1} , da mesma fórmula 2-18-18, que corresponde a 8,5kg de nitrogênio, 76,1kg de fósforo e 76,1kg de potássio por ha, os quais foram aplicados nas parcelas 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 14 e 15. Essa adubação atende às exigências da cultura, para os teores de fósforo, para as parcelas 1, 8 e 11, ficando muito próximo do valor, para atender a necessidade das parcelas 2, 3, 4, 5, 7, 12, 13, 14 e 15, como mostra a Tabela 7; já a necessidade de potássio é atendida para as doze parcelas desta zona de manejo, conforme Tabela 8.

Como se pode observar, os dois níveis de adubações auferidas nas parcelas não atendem totalmente à necessidade corretiva, como mostrado nas Tabelas 7 e 8. Por estarem sendo utilizados apenas dois níveis de adubação, é natural que os extremos não fiquem bem ajustados. Outro ponto levado em consideração é a quantidade total de sais contida na fórmula (nitrogênio e potássio) que, quando muito elevada, pode causar diminuição na emergência de plântulas, principalmente em condições de estresse hídrico, já que a adubação e a semeadura são feitas pela mesma máquina simultaneamente.

No caso da semeadura da soja, a semeadora deposita o adubo mais ao lado e mais profundamente que a semente, mas, para a semeadura de arroz, as máquinas utilizadas no experimento depositam a semente e o adubo em um mesmo sulco, aumentando os riscos de uma diminuição na germinação e, conseqüentemente, no estande inicial.

Na safra 2005/2006, esse mesmo quarteirão foi cultivado com arroz irrigado, e foram montadas outras zonas de manejo, com intuito de aproximar mais das reais necessidades contribuindo para diminuir as diferenças de fertilidade entre as parcelas. O ideal, para que fossem atendidas as necessidades individuais de cada parcela, seria o uso de uma distribuidora de adubo com mecanismo para distribuição à taxa variável de adubo equipada com GPS para fazer aplicação variável em tempo real, a partir de um mapa de aplicação.

Possivelmente, deveria ser usada mais de uma formulação, para atender às diferentes necessidades de fósforo e de potássio. Como a área do experimento é um quarteirão de produção comercial, achou-se mais razoável trabalhar por zonas de manejo diferenciadas, ou seja, agrupar parcelas com características de maior fertilidade e outra de menor fertilidade, para facilitar as aplicações de adubo, variando somente a quantidade de adubo por hectare para cada zona de manejo, facilitando o processo de adubação.

O objetivo da adubação nas parcelas, além de atender às necessidades dos cultivos e repor as perdas do sistema, é aumentar, gradualmente, o nível de fertilidade das parcelas,

para que se aproximem do nível crítico e os cultivos possam expressar todo o seu potencial de rendimento. As zonas de manejo deverão elevar os níveis de fertilidade das parcelas de menor fertilidade, tornando o quarteirão mais homogêneo e, espera-se, que com produções mais uniformes no futuro.

Tabela 7 - Interpretação dos teores de fósforo, número e área de cada parcela em relação à interpretação, à recomendação de adubação e à proposta de adubação, para cada zona de manejo, para as quinze parcelas da cultura da soja

Fósforo no solo Classe 4	Interpretação	Nº das parcelas	Área das parcelas (ha)	Recomendação de adubação kg de P_2O_5 /ha	Proposta adubação kg de P_2O_5 /ha	Proposta adubação kg/ha da fórmula 2-18-18
$\leq 6,0$	Muito baixo	2,3,4,5,6,12,13,14,15	13,3	85	76	423
6,1-12,0	Baixo	1,8,11	4,4	55	76	423
12,1-18,0	Médio	9	1,5	30	54	300
18,1-36,0	Alto	6	1,5	20	54	300
$> 36,0$	Muito alto	10	1,5	10	54	300

Tabela 8 - Interpretação dos teores de potássio, número e área de cada parcela em relação à interpretação, à recomendação de adubação para as quinze parcelas da cultura da soja

K Mehlich-I	Interpretação	Nº das parcelas	Área das parcelas (ha)	Recomendação de adubação kg de K_2O /ha
≤ 20	Muito Baixo			105
21 – 40	Baixo	2,4,5,6,7,8,12,13,14 e 15	14,8	75
41 – 60	Médio	1,3,9 e 11	5,9	50
61 – 120	Alto	10	1,5	30
> 120	Muito Alto	0	0	≤ 20

4.2.4 Avaliações

Os resultados de rendimento e seus componentes, assim como a qualidade fisiológica das sementes, não foram avaliados, como citado em materiais e métodos no item 3.2.6.

4.2.4.1. Análise estatística

Foram realizadas as médias, o desvio padrão e o coeficiente de variação de todos os atributos do solo, conforme a Tabela 5.

4.3. Terceiro ano de experimentação (safra 2005-2006) cultivada com arroz irrigado

4.3.1. Análise de solo

Os atributos de solo comentados, a seguir, referem-se à Tabela 9.

- **% de argila:** enquadrada na Classe 4, 11 a 25 % de argila, permanecendo a mesma classe das amostras do primeiro e segundo ano do experimento.

- **pH:** o valor médio para as quinze parcelas foi de 5,2, ficando um pouco abaixo dos valores do primeiro e segundo ano, 5,3 e 5,4, respectivamente.

- **matéria orgânica:** a média foi de 1,7%, mantendo-se menor que 2,5%, considerado como de nível baixo, 0,4% abaixo dos valores do primeiro e segundo ano do experimento.

- **fósforo:** o resultado da parcela dez (50ppm) distorce a avaliação feita pela média (7,9ppm), acima do nível crítico, porém existem seis parcelas com valores abaixo do nível crítico. As seis parcelas encontram-se com níveis médios, mostrando a evolução de fertilidade para os níveis de fósforo, resultante do tratamento com taxa de adubação diferenciada.

- **potássio:** o resultado da parcela dez (148ppm) também distorce a avaliação feita pela média (47,2ppm), porém não o suficiente para elevar a média das parcelas acima do nível crítico para o potássio (60ppm), já que somente a parcela dez teve teores acima de 60ppm, mantendo a distribuição dos teores de potássio muito semelhantes aos do primeiro e segundo anos do experimento, não apresentando resultado na correção de fertilidade frente à adubação diferenciada.

4.3.2. Mapa de fertilidade

O resultado mostra um solo com grande variabilidade espacial para teores de fósforo e de potássio, com coeficiente de variação de 106,5% para o fósforo, que sofreu diminuição comparativamente ao ano anterior (127,7%). Para o potássio, o coeficiente de variação foi de 60,81% e sofreu um aumento, comparativamente ao ano anterior (47%). Houve um aumento de fertilidade para o teor de fósforo, manteve-se o valor médio para o teor de potássio e baixo para o teor de matéria orgânica, ficando abaixo dos valores considerados adequados. Isso significa que, além de repor as quantidades dos nutrientes exportados pelos grãos e de perdas nos sistemas há, ainda, uma necessidade de melhorar a fertilidade do solo pela aplicação de adubo, como observado no primeiro e segundo anos do experimento.

Tabela 9 - Análise de solo das quinze parcelas, antes da semeadura de arroz irrigado referente à safra 2005/2006

Parcela	pH água 01:01	Ca	Mg	Al	H+Al cmolc/dm³	CTC			Ind.	M.O.	Argila m/v (%)	Textura mg/dm³	P-Mehlich mg/dm³	CTCph7 cmolc/dm³	K	Cu	Zn mg/dm³	Fe mg/dm³	Mn	Na	Relações			
						Al	Bases	SMP													m/v (%)	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
1	5,3	2,8	1,0	0,2	2,2	4,1	5,0	64	6,6	1,6	20	4	4,7	6,1	31	1,6	2,5	9	45	56	2,8	35,3	12,6	0,041
2	5,3	2,8	1,0	0,2	2,0	4,1	5,0	66	6,7	1,5	22	4	4,7	5,9	34	1,6	1,3	8	37	63	2,8	32,2	11,5	0,045
3	5,1	2,9	1,1	0,4	2,5	4,5	9,0	62	6,5	1,7	21	4	4,0	6,6	35	1,6	1,4	9	41	49	2,6	32,4	12,3	0,045
4	5,1	3,0	3,0	0,4	2,5	6,5	6,0	71	6,5	1,7	20	4	5,5	8,6	36	1,6	1,4	9	45	54	1,0	32,6	32,6	0,038
5	4,9	2,6	2,6	0,5	2,8	5,8	9,0	66	6,4	1,7	20	4	9,0	8,1	49	1,6	1,4	12	65	40	1,0	20,7	20,7	0,055
6	4,8	2,4	2,4	0,5	2,5	5,4	9,0	67	6,5	1,6	16	4	16,0	7,4	49	1,6	1,5	9	65	29	1,0	19,2	19,2	0,057
7	5,0	2,6	2,6	0,3	2,2	5,6	5,0	71	6,6	1,7	15	4	11,6	7,5	38	1,6	1,6	6	65	36	1,0	26,8	26,8	0,043
8	5,5	4,8	4,8	0,1	2,2	9,8	1,0	81	6,6	1,8	19	4	8,6	11,9	38	1,6	1,3	6	53	67	1,0	49,4	49,4	0,031
9	5,2	3,0	3,0	0,3	2,0	6,4	5,0	75	6,7	1,4	17	4	11,2	8,1	42	1,6	0,9	7	37	36	1,0	27,9	27,9	0,044
10	5,5	3,5	3,5	0,2	2,2	7,6	3,0	77	6,6	2,1	18	4	5,0	9,6	148	1,9	7,7	12	49	31	1,0	9,2	9,2	0,143
11	5,3	3,0	3,0	0,4	2,2	6,5	6,0	73	6,6	1,7	20	4	9,5	8,3	39	1,6	1,6	9	65	55	1,0	30,1	30,1	0,041
12	5,4	5,6	5,6	0,3	2,2	11,6	3,0	84	6,6	1,5	21	4	3,6	3,5	39	1,9	1,6	8	53	72	1,0	56,1	56,1	0,030
13	5,3	3,7	3,7	0,3	2,5	7,8	4,0	75	6,5	1,8	24	4	6,2	10,0	48	2,2	2,1	9	57	74	1,0	30,1	30,1	0,045
14	5,4	3,2	3,2	0,2	2,2	6,7	3,0	74	6,6	1,2	20	4	5,8	8,7	30	1,9	1,5	8	49	64	1,0	41,7	41,7	0,030
15	5,2	4,3	4,3	0,3	3,5	9,0	3,0	72	6,2	2,0	25	4	10,3	12,2	52	1,3	2,7	10	45	62	1,0	32,3	32,3	0,045
Média	5,22	3,35	2,99	0,31	2,38	6,76	5,07	71,87	6,55	1,67	19,87	4	10,7	8,83	47,20	1,68	2,03	8,73	51,40	52,53	1,35	31,73	27,50	0,05
desv.pad.	0,21	0,90	1,33	0,12	0,38	2,12	2,43	6,19	0,12	0,22	2,70	0	11,4	2,25	28,70	0,21	1,64	1,75	10,12	14,96	0,72	11,50	13,94	0,03
C.V. (%)	4,02	26,9	44,5	38,71	15,97	31,36	47,9	8,61	1,83	13,17	13,59	0	106,5	25,48	60,81	12,50	80,79	20,05	19,69	28,40	53,73	36,24	50,69	60,00

Comparando as Figuras 8, 10 e 12, nota-se uma evolução geral do teor de fósforo, pois no terceiro ano nenhuma parcela apresenta valores com níveis baixos desses nutrientes. No primeiro ano, a maioria das parcelas estava com níveis de 0 a 3ppm. Porém, quanto ao potássio, houve muito pouca alteração desses nutrientes nas parcelas ao longo dos três anos de observação. Quanto à matéria orgânica, houve um decréscimo, mostrando que houve um consumo do residual existente no solo em anos anteriores, pois as parcelas que continham um percentual maior entre 2,6- 5,0%, ficaram com valores $\leq 2,5\%$ ao final do terceiro ano.

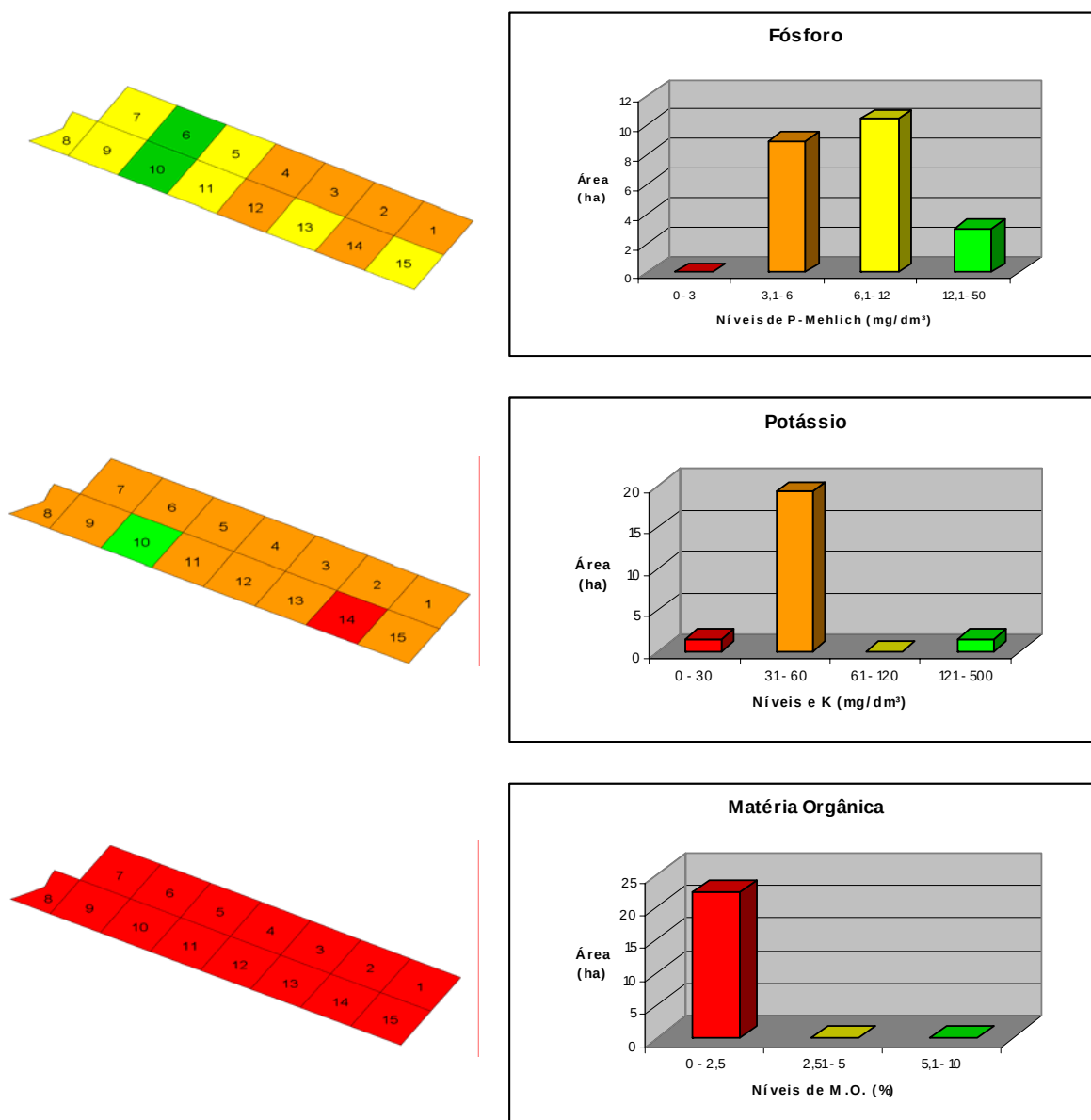


Figura 12 - Mapa de fertilidade das quinze parcelas e as áreas de distribuição dos níveis de fósforo, potássio e de matéria orgânica no quarteirão, safra arroz 2005/2006

4.3.3. Zona de manejo

As parcelas que estavam abaixo do nível crítico (Figura 13) receberam uma adubação de correção de 30kg.ha^{-1} , conforme apresentado na Tabela 8 dos Anexos, que foi somada à quantidade recomendada de manutenção, conforme CQFS-RS/SC (2004). Para adubação nitrogenada, além da adubação de base específica para cada zona de manejo, que foi de 6 e $9,4\text{kg.ha}^{-1}$ de nitrogênio, respectivamente para as recomendações de 300 e 470kg.ha^{-1} por ocasião da semeadura, foram aplicados 92kg.ha^{-1} de nitrogênio, em cobertura, fracionados em dois momentos; 46kg.ha^{-1} , no início do perfilhamento, e 46kg.ha^{-1} sobre lâmina de água no início da diferenciação da panícula. A fonte de adubação nitrogenada foi uréia de fórmula 46-00-00, distribuída por avião na quantidade de 100kg.ha^{-1} (aplicação de cobertura) em ambas as zonas de manejo.

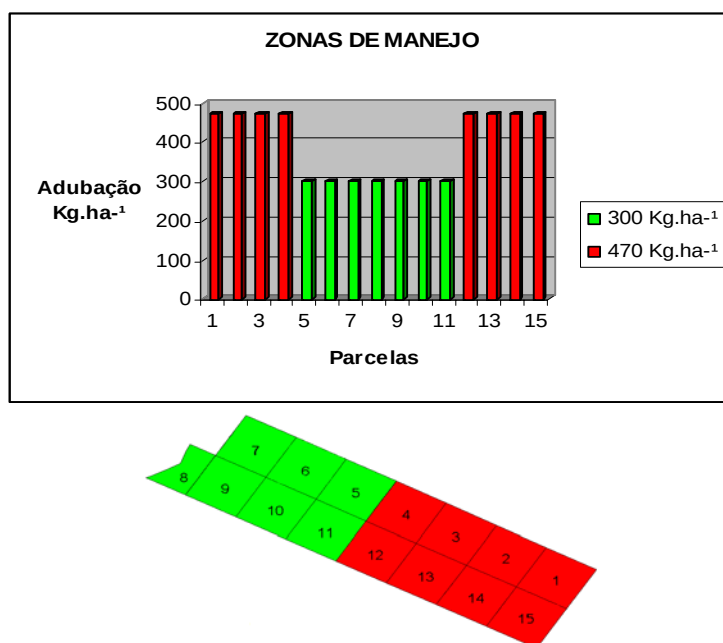


Figura 13 - Distribuição das zonas de manejo dentro do quarteirão e gráfico das doses de adubação para cada zona de manejo na cultura do arroz, safra 2005/2006

Zona de manejo para parcelas com alta fertilidade

Nesta zona de manejo, foi utilizada adubação de 300kg.ha^{-1} , da fórmula 2-18-18, que corresponde a 6kg de nitrogênio, 54kg de fósforo e 54kg de potássio por ha, os quais foram aplicados nas parcelas 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 como mostra a tabela 10. Essa adubação atende às exigências da cultura, para os teores de fósforo, para todas as sete parcelas, conforme mostra Tabela 11, assim como de potássio, pela Tabela 12.

Zona de manejo para parcelas com baixa fertilidade

Neste terceiro ano do experimento, incorporou-se a idéia de adubação de correção.

Nessa zona de manejo, foi utilizada a adubação de 470kg.ha^{-1} , da fórmula 2-18-18, que corresponde a 9,4kg de nitrogênio, 85kg de fósforo e 85kg de potássio por ha, os quais foram resultados da aplicação de 30kg de fósforo e de potássio por ha (correção), mais 54kg de fósforo e 54kg de potássio por ha (manutenção), aplicadas nas parcelas 1, 2, 3, 4, 12, 13 14 e 15. As parcelas 13 e 15 possuem teores de fósforo acima do nível crítico, mas serão agrupadas nesta zona de manejo, para facilitar o manejo adotado de correção de fertilidade. Essa adubação atende às exigências da cultura, para os teores de fósforo e de potássio, para todas as parcelas.

Tabela 10 - Dados da adubação diferenciada para as duas zonas de manejo, 470kg.ha^{-1} e 300kg.ha^{-1} de adubo da fórmula 2-18-18, safra 2005/2006, antes da semeadura do arroz

ZONAS DE MANEJO				
Parcelas	470kg.ha ⁻¹ de adubo		300kg.ha ⁻¹ de adubo	
	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)
1	4,7	31		
2	4,7	34		
3	4,0	35		
4	5,5	36		
5			9,0	49
6			16,0	49
7			11,6	38
8			8,6	38
9			11,2	42
10			50	148
11			9,5	39
12	3,6	39		
13	6,2	48		
14	5,8	30		
15	10,3	52		
Média	5,6	38,13	16,56	57,57
Desv. Padrão	2,09	7,92	14,96	40,16
C.V. (%)	37,32	20,78	90,34	69,76

Tabela 11 - Interpretação dos teores de fósforo, identificação das parcelas em relação ao teor de fósforo, recomendação de adubação e a proposta de adubação para cada zona de manejo para as quinze parcelas da cultura do arroz

P extraído Mehlich-1 (mg/dm ³)	Interpretação do teor de P	Nº das parcelas	Recomendação de adubação kg de P ₂ O ₅ /ha	Proposta de adubação kg P ₂ O ₅ /ha	Proposta de adubação kg/ha da fórmula 2-18-18
< 3	Baixo	0	75	85	470
3 a 6	Médio	1, 2, 3, 4, 12, 13 , 14, 15	55	85	470
6,1 a 12	Alto	5, 7, 8, 9, 11	35	54	300
> 12	Muito alto	6, 10	< 35	54	300

Tabela 12 - Interpretação dos teores de potássio, identificação das parcelas em relação ao teor de potássio, recomendação de adubação e a proposta de adubação para cada zona de manejo para as quinze parcelas da cultura do arroz

P extraído Mehlich-1 (mg/dm ³)	Interpretação do teor de K	Nº das parcelas	Recomendação de adubação kg de K ₂ O/ha	Proposta de adubação kg K ₂ O/ha	Proposta de adubação kg/ha da fórmula 2-18-18
< 3	Baixo	0	70	85	470
3 a 6	Médio	1, 2, 3, 4, 12, 13, 14, 15	50	85	470
6,1 a 12	Alto	5, 7, 8, 9, 11	30	54	300
> 12	Muito alto	6, 10	< 30	54	300

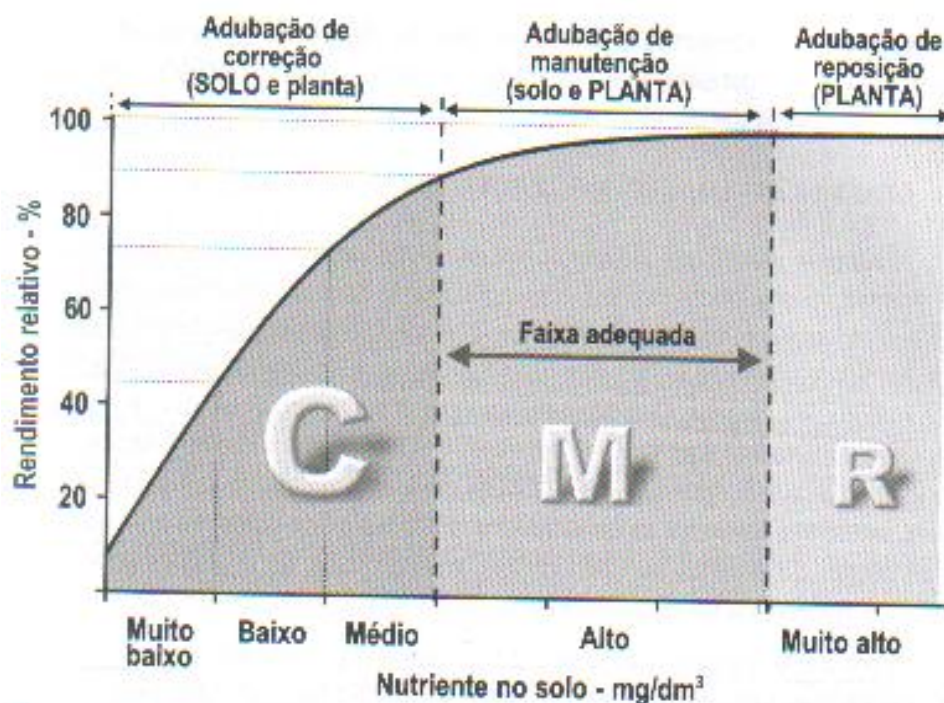


Figura 14 - Relação entre o rendimento de cultivo de culturas e o teor do nutriente no solo e as indicações de adubação para cada faixa de teor no solo (adaptado de Gianello & Wiethölter, 2004)

São visualizadas, na Figura 14, cinco faixas de classificação do teor do nutriente no solo. Nas faixas “Muito Baixo”, “Baixo” e “Médio”, há necessidade de correção (C) do nutriente no solo. Na faixa “Alto”, há necessidade de uma adubação de manutenção (M), que considera a retirada pela cultura e as perdas no sistema. Na faixa “Muito alto”, somente uma adubação de reposição (R) dos nutrientes exportados pela cultura é suficiente (CQFS-RS/SC, 2004). O objetivo desse sistema de adubação é elevar o teor de fósforo e de potássio, no mínimo, até o teor crítico (que separa as faixas “Médio” e “Alto”).

4.3.4. Avaliações

Os itens avaliados são os mesmos do primeiro ano de experimento.

4.3.4.1. Rendimento

A análise de correlação entre rendimento e atributos de solo é demonstrada na Tabela 17, a qual apresenta resultados de correlação positiva em nível de significância para $p < 0,05$ de 60% para Fe. O nível de Fe no solo encontra-se na faixa de suficiência para todas as parcelas, ou seja, acima do nível crítico. A maior preocupação, em relação ao Fe, é quanto ao seu excesso, que pode ocasionar toxidez direta ou indireta.

Sabe-se que o Fe é um nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois é parte integrante do centro de oxirredução de inúmeras enzimas, além de participar de várias funções celulares, incluindo fotossíntese, respiração e síntese de clorofila (TAIZ & ZEIGER, 2004). Porém, apesar de sua abundância na crosta terrestre, é um dos três nutrientes (nitrogênio e fósforo são os outros) que mais limitam o crescimento de diversas espécies de plantas de interesse econômico (MARSCHNER, 1995). Isso se deve a sua baixa disponibilidade em condições de pH neutro ou alcalino, onde forma complexos insolúveis (GUERINOT & YI, 1994).

A deficiência de ferro afeta diversos aspectos do desenvolvimento das plantas, como a geração de zonas cloróticas intervenais e a supressão do crescimento do meristema apical. Esses sintomas não foram identificados no presente experimento. Plantas de arroz são especialmente suscetíveis a baixo suprimento de ferro, ao contrário de outras gramíneas cultivadas como a cevada (MORI *et al.*, 1991; TAKAHASHI *et al.*, 2001).

A variabilidade para o rendimento ficou entre valores de 7840,97 a 4828,67 kg.ha⁻¹, como mostra a Tabela 13, com valores de coeficiente de variação de 12,38%, considerado alto, já que comportam uma amplitude de 3 mil kg.ha⁻¹ entre o maior e o menor rendimento

observado nas parcelas. Comparando os rendimentos médios entre as duas zonas de manejo (6704,71 e 6487,16kg.ha⁻¹), observa-se maior produtividade para as parcelas que receberam maior adubação, tendo estas um coeficiente de variação menor que as parcelas que receberam menor adubação (5,72 e 17,97%), conforme apresentado na Tabela 16. Este resultado confirma a proposta inicial do presente trabalho, de que a adubação por zona de manejo traz benefícios na correção dos atributos do solo, diminuindo suas variabilidades.

Tabela 13 - Rendimento médio em kg.ha⁻¹ de cada parcela, n° de panículas.m⁻², n° de sementes normais/panícula e peso de 1.000 sementes, safra arroz 2005/2006

Parcela	Rendimento (kg.ha ⁻¹)	N° de panículas.m ⁻²	N° de sementes normais/panícula	Peso de 1.000 sementes (g)
1	6548,05	508,33	77,29	27,21
2	6260,98	449,00	71,33	27,13
3	6631,69	486,00	91,62	27,62
4	6789,87	431,00	83,57	27,90
5	7840,97	574,33	74,10	27,28
6	6147,88	514,00	89,19	27,47
7	4828,67	435,67	81,90	26,42
8	6819,67	480,67	94,33	26,63
9	5111,98	447,00	99,38	26,24
10	7210,92	478,33	105,38	27,30
11	7450,01	450,33	95,19	27,33
12	7386,00	542,67	103,67	28,11
13	6739,03	425,67	104,57	27,58
14	7041,74	405,67	92,67	27,93
15	6240,32	387,67	89,14	28,89
Média	6603,18	467,76	90,22	27,40
Desv.Pad.	817,50	51,32	10,86	0,67
C.V. (%)	12,38	10,97	12,04	2,44

A adubação não deve ser responsabilizada, unicamente, pela resposta de produtividade entre as parcelas do experimento, visto que houve elevada variabilidade espacial e temporal para a produtividade e, também, houve baixa correlação com os atributos de solo. A adubação deve ser vista como mais um fator que deve ser manifestado positivamente, com um conjunto de atividades que, quando feitas corretamente, criam condições de a cultura atingir altas produtividades.

Além dos fatores de produção relacionados com a interferência humana, temos os fatores climáticos, que expõem a cultura a diferenças no desempenho produtivo em cada safra

agrícola. Esses fatores não sofrem a gerência humana, cabendo ao técnico o conhecimento histórico das condições climáticas da sua região, para poder ajustar às práticas culturais. Nesse sentido, trabalhos como o Projeto 10 (MENEZES *et al.*, 2004), desenvolvidos pelo IRGA, apresentam pontos-chave do manejo para a alta produtividade nas condições do RS.

Mesmo levando-se em conta a importância da ação conjunta das diferentes práticas de manejo, considera-se que a adequação da área (sistema de irrigação e drenagem, estradas, etc.), época de semeadura, controle de plantas daninhas, manejo da irrigação e nutrição de plantas são os pontos-chave, para melhorar os rendimentos na cultura do arroz irrigado, concordando com trabalho realizado pela EMBRAPA, Projeto Marca (GOMES *et al.*, 2004). É unânime a importância dada à adubação, como fator importante no aumento de rendimento e sustentabilidade da lavoura orizícola.

Dessa forma, a agricultura de precisão pode colaborar, no sentido de dar informações mais detalhadas sobre a fertilidade do solo, permitindo a avaliação dos fatores que necessitam ser corrigidos, uso de fórmulas mais equilibradas e lei do mínimo, ou seja, a produção será limitada por aquele fator cuja quantidade presente no meio estiver mais defasada em relação à necessária (LIEBIG, 1862).

4.3.4.2. Mapa de rendimento

Os valores referentes ao rendimento das quinze parcelas experimentais são apresentados na Figura 15.

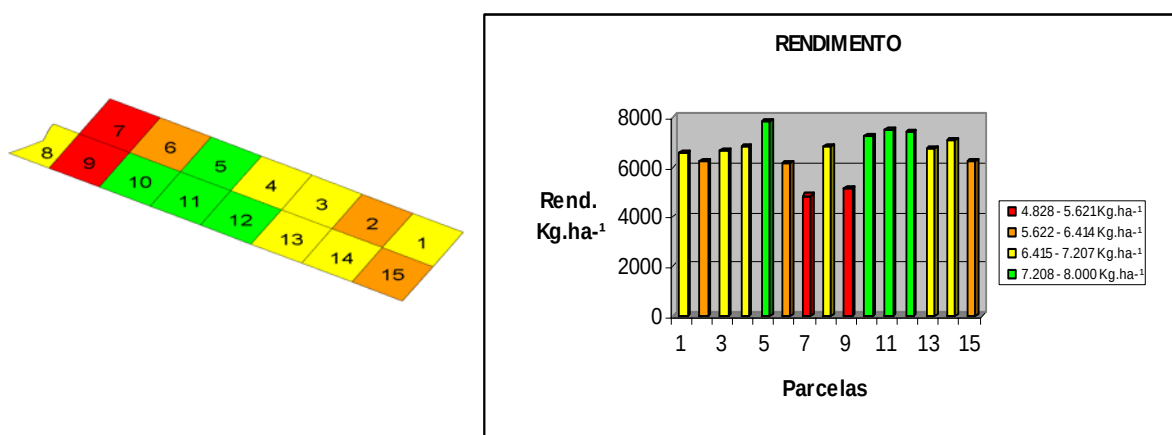


Figura 15 - Mapa e gráfico de rendimento das quinze parcelas em kg.ha⁻¹ da safra arroz 2005/2006

4.3.4.3. Componentes do rendimento

Os componentes de rendimento avaliados são: número de panículas.m⁻², número de sementes normais por panícula, peso de 1.000 sementes.

4.3.4.3.1. Número de panículas. m⁻²

Para este componente do rendimento, não houve efeito significativo das interações com os atributos de solo, como mostra a Tabela 17. O número de panículas.m⁻² variou de 574,3 a 387,7. Comparando com as duas zonas de manejo (Tabela 16), observa-se 454,5 panículas.m⁻² para a zona que recebeu maior quantidade de adubo, e 482,9 panículas.m⁻² para a zona que recebeu menor quantidade de adubo, ou seja, um aumento de 28 panículas.m⁻² para as parcelas da zona de manejo com menor adubação.

Esse dado pode ser relevante, pois durante a fase de emergência de plântulas, houve uma diferença bastante significativa de estande inicial da cultura entre as zonas de manejo. Para a zona de manejo com adubação de 470kg.ha⁻¹, observa-se uma alta concentração de nitrogênio e de potássio na formulação (9,4kg de N e 85kg de K₂O), perfazendo um total de 94,4kg de composição salina, distribuídos junto à semente.

Para esta condição de adubação, obtiveram-se 157 plântulas.m⁻², que é um valor abaixo do mínimo recomendado para altas produções.

De outro modo, obtiveram-se 268 plântulas.m⁻², considerado dentro da faixa adequada na zona de manejo de menor adubação (300kg.ha⁻¹), com um total de 60kg de composição salina distribuídos junto à semente. A contagem de panículas.m⁻² mostrou a mesma tendência observada em plântulas, porém com números percentuais bem diferentes. A diferença em percentual dos dois valores de número de panículas.m⁻² foi de apenas 10%, ao passo que, para o n° de plântulas.m⁻² foi de 41,4%, demonstrando a grande capacidade de perfilhamento da variedade El Paso 144.

O arroz irrigado apresenta uma resposta muito pequena à variação de população de plantas, compensando os componentes do rendimento dentro de limites bastante amplos. Nesse sentido, Ramirez & Menezes (2003) não verificaram diferenças de produtividade para o IRGA 422 CL utilizando densidades de semeaduras de 90 a 210kg.ha⁻¹ na safra de 2000/2001, havendo compensação no número de panículas por m⁻² em todas as densidades. Resultado semelhante foi obtido por Marques (2004), trabalhando com duas cultivares, IRGA 420 e EMBRAPA -7 TAIM, com diferentes qualidades fisiológicas de sementes e com densidades de semeadura de 80 a 160kg.ha⁻¹. As duas cultivares obtiveram número

semelhantes de panículas, como resposta aos tratamentos, embora com comportamento diferente para a capacidade de perfilhamento.

Em trabalhos com densidades de semeadura, observa-se que entre a faixa de 150 a 380 plantas m^{-2} , não houve diferença na produtividade do arroz. Esse comportamento relaciona-se com a capacidade apresentada pelas plantas de arroz de compensar seus componentes do rendimento (MARIOT *et al.*, 2003). Dessa forma, observa-se uma tendência de incremento no número de panículas. m^{-2} , e decréscimo no número de grãos por panícula, com o aumento da população de plantas, propiciando um efeito compensatório entre esses dois componentes, uma vez que a massa de mil grãos não foi afetada pela variação populacional. Como consequência, a produtividade foi semelhante entre as populações testadas.

Outro trabalho, utilizando cinco doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120, 160kg.ha⁻¹ de N), mostrou um aumento de forma quadrática no número de panículas, com o aumento das doses de nitrogênio, respondendo de maneira crescente até a dose de 97kg.ha⁻¹ de nitrogênio, decrescendo após este valor. Freitas *et al.* (2001) consideraram o aumento do número de panículas, por unidade de área, como fator determinante do aumento da produtividade do arroz com incremento do nível de nitrogênio aplicado, apesar de as doses de nitrogênio terem influenciado, negativamente, no número de grãos por panícula e não terem afetado a massa de mil grãos.

Desse modo, a elevada produtividade obtida, que atingiu aproximadamente 9.800kg.ha⁻¹ na dose de máxima resposta, pode estar relacionada às condições ambientais favoráveis durante o ciclo da cultura, porque a resposta do arroz irrigado à adubação nitrogenada é influenciada pela disponibilidade de radiação solar incidente sobre a cultura. Conforme Mariot *et al.* (2005), a maioria dos resultados mostrou que o incremento da densidade de sementes de 100 para 200kg.ha⁻¹ aumenta a população inicial de plantas e o número de colmos e de panículas por metro quadrado, em relação a densidades menores, sem resultarem, todavia, em elevação do rendimento de grãos (PEDROSO & REGINATTO, 1981; PEDROSO, 1987; SILVA *et al.*, 1995).

Segundo Luzzardi *et al.* (2005), a redução da densidade de semeadura propicia um melhor aproveitamento e utilização dos recursos disponíveis (água, luz e nutrientes). A melhor interceptação da luz solar, propiciada por menores densidades de semeadura, faz com que a cultura se desenvolva mais rapidamente. O desenvolvimento antecipado da cultura, além de aumentar a produtividade através do aumento da fotossíntese, também

torna a cultura mais resistente a estresses ambientais, ataques de pragas e doenças e os colmos tendem a ser mais grossos e fortes, aumentando a tolerância ao acamamento.

Outros trabalhos mostram que um estande de 200-300 plântulas por metro quadrado é suficiente para se obter altas produtividades (RICECHECK, 1999). Com a introdução do arroz híbrido, em que a recomendação da densidade de semeadura é de 40-50kg.ha⁻¹ para obtenção de um estande de 300 panículas.m⁻², fica evidente a possibilidade de diminuição na quantidade de sementes para as variedades convencionais (PESKE, 2007).

4.3.4.3.2. Número de sementes normais por panícula

Como demonstrado na Tabela 16, a zona de manejo de menor adubação obteve um aumento de 2,1 sementes normais por panícula sobre a zona de manejo de maior adubação, porém esta diferença não é estatisticamente significativa. Para este componente de rendimento, não houve efeitos significativos das interações com os atributos de solo, como pode ser observado na Tabela 17.

4.3.4.3.3. Peso de 1.000 sementes

Para este componente do rendimento, houve efeitos significativos da interação positiva em um nível de significância de $p < 0,05$ de 69% para argila, e interação negativa de 69%, para índice SMP, conforme mostra a Tabela 17. A média do índice de SMP foi 6,5, e se fôssemos corrigir a acidez, seriam necessários 400kg.ha⁻¹ de calcário (PRNT=100%), visando elevar o pH em água a 5,5, que é um valor baixo para correção, não demonstrando, a princípio, grande influência para a produtividade. O estudo de correlação foi levado em conta o pH da análise de solo, ou seja, solo seco. Sabe-se que após a irrigação, num período de aproximadamente 30 dias de submersão o solo sofre o efeito da autocalagem, suprimindo os efeitos negativos da acidez do solo. A análise do peso de 1.000 sementes, entre as zonas de manejo, mostrou diferença significativa com aumento de peso de 0,85g para a zona de maior adubação, conforme observado na Tabela 16. Esse aumento pode ser considerado elevado, pois o peso de 1.000 sementes tem características de alta herdabilidade genética, sendo pouco influenciado pelo meio ambiente. O peso de 1.000 sementes, para a cultivar El Paso 144, varia de 26 a 27g como descrito anteriormente.

4.3.4.4. Percentagem de sementes estéreis na panícula

A percentagem de sementes estéreis na panícula está representada na Tabela 14.

Houve diferenças significativas entre as zonas de manejo, aumentando em 5% a esterilidade para a zona com menor adubação como representado na Tabela 16. As zonas de manejo tiveram comportamento diferenciado em termos de número de plântulas.m⁻² como mencionado anteriormente.

Tabela 14 - Número de sementes normais/panícula, n° de sementes vazias/panícula, n° total de sementes/panícula, % de esterilidade e comprimento de panícula, safra arroz 2005/2006

Parcela	N° de sementes normais/panícula	N° de sementes vazias/panícula	N° total de sementes/panícula	% de esterilidade	Comprimento (cm)
1	77,29	17,71	95,00	18,71	19,95
2	71,33	13,62	84,95	17,14	20,41
3	91,62	11,76	103,38	11,63	21,06
4	83,57	16,24	99,81	16,37	20,46
5	74,10	19,48	93,35	22,08	20,90
6	89,19	24,14	113,33	21,74	21,70
7	81,90	17,62	99,52	18,50	22,03
8	94,33	11,71	106,04	10,91	21,94
9	99,38	28,19	127,57	22,67	23,40
10	105,38	20,43	125,81	16,87	22,69
11	95,19	22,95	118,14	19,89	22,24
12	103,67	11,71	115,38	10,10	21,60
13	104,57	13,48	118,05	11,74	21,91
14	92,67	11,14	103,81	10,81	21,80
15	89,14	15,05	104,19	14,82	21,86
Média	90,30	17,16	107,46	16,37	21,58
Desv.Pad.	10,86	5,18	12,20	4,40	0,91
C.V. (%)	12,03	30,19	11,35	26,88	4,22

A zona de manejo com maior adubação teve 41,4% menos plântulas em relação à zona de manejo com menor adubação. Essa diferença diminuiu para apenas 5,8% na contagem de panículas.m⁻², indicando um maior perfilhamento por planta para a área mais adubada. Como as panículas originárias de perfilhos são mais tardias que as da planta mãe, esse atraso pode ter colaborado para haver um período maior de enchimento de sementes,

escapando de condições desfavoráveis e diminuindo, desse modo, a percentagem de esterilidade.

Trabalhos realizados por Cruz *et al.* (2005), em Santa Vitória do Palmar, consideram como desejável para demonstrar uma boa adaptação do genótipo às condições climáticas prevalentes, aqueles que apresentem esterilidade menor que 20% e, preferivelmente, abaixo de 15%. A esterilidade de espiguetas é um parâmetro muito influenciado pelas condições climáticas e tem relação direta com o rendimento de grãos.

Trabalhos realizados por Menezes *et al.* (2003), com o objetivo de avaliar a esterilidade de espiguetas de diferentes cultivares de arroz irrigado, em função da época de semeadura, relacionando com as variações climáticas ocorridas na safra 2004/05 e as variações de esterilidade observadas entre cultivares dentro de uma mesma época, mostram que tais fatores devem estar relacionados com os estádios de desenvolvimento das cultivares e sofrerem interferência do ambiente. Sabe-se que temperaturas altas e/ou baixas, baixa radiação solar e doenças fúngicas, na fase reprodutiva do arroz, associadas às características de cada cultivar, são os principais fatores que afetam a esterilidade de espiguetas.

4.3.4.5. Comprimento de panícula

O comprimento de panícula não foi influenciado pelos atributos de solo. Sua comparação entre as zonas de manejo mostra diferença significativa para os diferentes níveis de adubação, sendo que as panículas produzidas nas parcelas menos adubadas tiveram 1cm a mais que as das parcelas mais adubadas, como mostra a Tabela 16.

4.3.4.6. Germinação

A germinação não sofreu influência dos atributos de solo. Também não houve diferenças significativas de qualidade fisiológica entre as zonas de manejo, porém nas parcelas mais adubadas foram observados valores médios superiores aos das que receberam menos adubo (Tabelas 15 e 16). A qualidade fisiológica das sementes de arroz encontra-se em níveis excelentes, pois tanto a germinação quanto o vigor apresentaram valores acima de 92%. A média da percentagem de germinação foi de 96%, para a zona de manejo com menor adubação a 97%, para a zona de manejo de maior adubação.

4.3.4.7. Vigor

Para o vigor, a análise de correlação entre os atributos de solo está apresentada na Tabela 17, a qual mostra resultados de correlação negativa em um nível de significância de $p < 0,05$ de 55% para pH. Nas zonas de manejo com maior adubação, foram obtidas sementes com média de vigor 2% a mais que o verificado na média de vigor da zona de menor adubação. Como pode ser observado nas Tabelas 15 e 16, o vigor das sementes, à semelhança da germinação, também apresentou pequena variação, sendo a média de 96% para a zona de manejo com menor adubação e 98%, para a zona de manejo com maior adubação, porém essas diferenças não foram significativas.

Tabela 15 - Resultados dos testes de germinação e de vigor das sementes de arroz irrigado, safra 2005/2006

Parcela	Germinação (%)	Vigor (%)
1	95	99
2	97	98
3	96	98
4	97	99
5	96	98
6	94	98
7	97	98
8	96	93
9	96	97
10	95	94
11	98	92
12	97	97
13	96	95
14	97	97
15	97	97
Média	96	97
Desv. Pad.	1,00	2,09
C.V. (%)	1,04	2,15

Tabela 16 - Comparação das médias entre as zonas de manejo em relação ao rendimento, sementes normais por panícula, peso de 1.000 sementes, percentagem de esterilidade, comprimento de panícula, germinação e vigor na cultura de arroz, safra 2005/2006

ZONA DE MANEJO (470kg.ha ⁻¹ de adubo)								
Parcelas	Rend.kg.ha ⁻¹	Panic.m ⁻²	Sem.norm./ panic.	Peso de 1.000 sem.	% esteril.	Comp. Panic.	Germ. %	Vigor %
1	6548,05	508,33	77,29	27,21	18,71	19,95	95	99
2	6260,98	449,00	71,33	27,13	17,14	20,41	97	98
3	6631,69	486,00	91,62	27,62	11,63	21,06	96	98
4	6789,87	431,00	83,57	27,90	16,37	20,46	97	99
12	7386,00	542,67	103,67	28,11	10,10	21,60	97	97
13	6739,03	425,67	104,57	27,58	11,74	21,91	96	95
14	7041,74	405,67	92,67	27,93	10,81	21,80	97	97
15	6240,32	387,67	89,14	28,89	14,82	21,86	97	97
Média	6704,71a	454,50a	89,23a	27,80a	13,92b	21,13b	97 ^a	98 ^a
Desv.Pad.	383,33	53,36	11,69	0,56	3,26	0,77	0,76	1,31
C.V. (%)	5,72	11,74	13,10	2,01	23,42	3,64	0,78	1,34

ZONA DE MANEJO (300kg.ha ⁻¹ de adubo)								
Parcelas	Rend.kg.ha ⁻¹	Panic.m ⁻²	Sem.norm./ panic.	Peso de 1.000 sem.	% esteril.	Comp. Panic.	Germ. %	Vigor %
5	7849,97	574,33	74,10	27,28	22,08	20,90	96	98
6	6147,88	514,00	89,19	27,47	21,74	21,70	94	98
7	4828,67	435,67	81,90	26,42	18,50	22,03	97	98
8	6819,67	480,67	94,33	26,63	10,91	21,94	96	93
9	5111,98	447,00	99,38	26,24	22,67	23,40	96	97
10	7210,92	478,33	105,38	27,30	16,87	22,69	95	94
11	7450,01	450,33	95,19	27,33	19,89	22,24	98	92
Média	6487,16a	482,90a	91,35a	26,95b	18,95a	22,13a	96 ^a	96 ^a
Desv.Pad.	1165,55	48,19	10,62	0,51	4,11	0,78	1,29	2,63
C.V. (%)	17,97	9,98	11,62	1,88	21,70	3,54	1,34	2,74

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas, nas colunas, diferem estatisticamente pelo Teste t em um nível de significância de 5%.

4.3.4.8. Análise estatística

Os resultados das médias, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis analisadas foram demonstrados no final de cada respectiva tabela. O resultado das correlações é demonstrado na Tabela 17.

Tabela 17 - Correlação entre rendimento e seus componentes, comprimento de panícula e qualidade fisiológica de semente com os atributos de solo para nível de significância para $p < 0,05$, safra arroz 2005/2006

Variáveis	Arg.	pH	Índ SMP	M.O.	P	K	Na	Al	Ca	Mg	Cu	Zn	Fé	Mn
Produtividade.														
Panículas. m^{-2}														0,6
Nºsem.pan ⁻¹														
Peso de mil sem.	0,69		-0,69											
Comp.panícula														
Germinação														
Vigor		-0,55												

4.4. Terceiro ano do experimento, safra 2005/2006 após a colheita da cultura do arroz irrigado

4.4.1. Amostragem de solo

As amostras foram coletadas sobre a resteva de arroz, a qual foi semeada em linha, tendo-se que mudar a metodologia de amostragem conforme CQFS-RS/SC (2004). O número de subamostras por parcela foi de vinte e sete (uma sobre a linha e mais uma de cada lado sobre a entre-linha).

4.4.2. Análise de solo

Os atributos de solo comentados, a seguir, referem-se à Tabela 18.

- **% de argila:** enquadrada na Classe 4, 11 a 25 % de argila, como nas amostras anteriores.

- **pH:** o valor médio para as quinze parcelas foi de 5,1, correspondendo ao menor valor após as três safras do experimento.

- **matéria orgânica:** sua média foi de 1,6%, mantendo-se menor que 2,5%, considerado como de nível baixo, seguindo o mesmo comportamento das três primeiras safras do experimento. Os valores indicam uma diminuição nos teores de matéria orgânica a cada safra, mostrando que mesmo o plantio direto nas duas safras de arroz irrigado não foi suficiente para propiciar a sua manutenção.

- **fósforo:** todas as quinze parcelas atingiram o nível crítico para o fósforo, mostrando a evolução de fertilidade e a eficiência dos tratamentos com taxa de adubação diferenciada.

- **potássio:** o resultado da parcela dez (140ppm) distorce a avaliação feita pela média (49,9ppm), porém não o suficiente, para elevar a média das parcelas para o nível crítico do potássio (60ppm), embora tenha sofrido um pequeno aumento nos teores médios de potássio em relação às safras anteriores.

4.4.3. Mapa de fertilidade

Como demonstrado na Figura 16, o solo ainda apresenta variabilidade espacial para teores de fósforo e de potássio, com coeficiente de variação de 38,7% a 51,3%, respectivamente, como mostra a Tabela 18. Os dois elementos vêm sofrendo uma diminuição bastante representativa, comparativamente aos anos anteriores, como observados na Tabela 1, representando valores de coeficiente de variação de 144,3 a 87,57%, respectivamente, para a primeira safra, 127,6 e 48,4% para a segunda safra, 45,4 a 60,81% para a terceira safra. Todas as parcelas tiveram teores acima do nível crítico para o fósforo nesta última análise de solo, como demonstrado na Figura 17, portanto, houve aumento de fertilidade. Manteve-se o valor médio para o teor de potássio e baixo para o teor de matéria orgânica, ficando o potássio abaixo dos valores considerados adequados. Isso significa que, além de repor as quantidades dos nutrientes exportados pelos grãos e de perdas nos sistemas há, ainda, necessidade de aumentar a fertilidade do solo pela aplicação de adubo, sugerindo-se a continuidade do experimento por mais uma safra, para possibilitar a elevação dos teores do potássio, como pode ser demonstrado pela Figura 18. Os níveis de fósforo e potássio, referentes às zonas de manejo após a colheita do terceiro ano, são apresentados na Tabela 19. A evolução dos teores de matéria orgânica encontra-se representada pela Figura 19.

Tabela 18 - Resultado da análise de solo das parcelas experimentais, após a colheita de arroz irrigado da safra 2005/2006

Parcela	pH água 01:01	CTC										Relações												
		Ca	Mg	Al	H+Al efetiva	Saturação (%)	Índice SMP	M.O. m/v (%)	Argila (%)	Textura	P-Mellich mg/dm³	CTCph7 cmole/dm³	K	Cu	Zn	Fe mg/dm³	Mn	Na	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K		
1	5,1	3,8	1,3	0,3	3,9	5,5	57	6,1	1,7	18	4	12,3	9,1	38	1,8	2,0	16	65	46	2,9	39,1	13,4	0,043	
2	5,0	3,9	1,8	0,4	3,9	6,2	60	6,1	1,7	20	4	14,7	9,7	43	1,6	2,1	17	56	49	2,2	35,5	16,4	0,046	
3	5,2	4,0	1,9	0,3	3,9	6,3	5	6,1	1,7	21	4	12,3	9,9	47	1,6	2,0	18	54	56	2,1	33,3	15,8	0,049	
4	5,1	4,3	1,9	0,3	3,9	6,6	5	6,2	1,5	23	4	8,0	10,2	38	1,8	1,8	18	56	55	2,3	44,2	19,6	0,039	
5	5,0	3,5	1,8	0,5	4,4	5,9	8	5,5	6,0	1,7	21	4	6,7	9,8	42	2,1	2,6	20	69	47	1,9	32,6	16,8	0,047
6	5,0	3,0	1,3	0,3	3,1	4,7	6	5,9	6,3	1,4	17	4	21,4	7,5	38	1,8	1,8	18	74	36	2,3	30,9	13,4	0,047
7	5,3	4,3	1,9	0,2	2,8	6,5	3	7,0	6,4	1,4	17	4	11,6	9,1	49	1,6	1,3	12	44	53	2,3	34,3	15,2	0,050
8	5,6	6,3	2,2	0,1	2,8	8,7	1	7,5	6,4	1,7	20	4	8,6	11,4	38	1,6	1,9	13	46	84	2,9	64,8	22,6	0,033
9	5,3	3,3	1,4	0,2	2,8	5,0	4	6,3	6,4	1,1	17	4	9,8	7,6	38	1,7	1,2	11	47	48	2,4	34,0	14,4	0,045
10	5,3	5,2	2,4	0,2	3,5	8,2	2	6,9	6,2	1,8	19	4	50,2	11,5	140	0,2	6,0	20	91	48	2,2	14,5	6,7	0,130
11	5,0	3,6	1,7	0,4	4,4	5,8	7	5,5	6,0	1,9	20	4	17,2	9,8	51	1,7	2,0	14	78	57	2,1	27,6	13,0	0,057
12	5,1	3,7	1,8	0,3	3,5	5,9	5	6,2	6,2	1,7	21	4	12,9	9,1	50	1,7	1,6	16	70	62	2,1	28,9	14,1	0,055
13	5,0	3,5	1,6	0,5	4,4	5,7	9	5,4	6,0	1,5	20	4	7,4	9,6	43	1,7	1,5	26	60	61	2,2	31,8	14,5	0,049
14	5,0	2,9	1,2	0,4	3,9	4,6	9	5,2	6,1	1,5	19	4	9,2	8,1	38	1,5	1,1	16	62	55	2,4	29,8	12,3	0,048
15	5,1	4,4	1,5	0,3	4,4	6,3	5	5,8	6,0	1,8	20	4	21,4	10,4	56	1,9	2,0	13	62	58	2,9	30,7	10,5	0,059
Média	5,1	4,0	1,7	0,3	3,7	6,1	5,3	60,8	6,2	1,6	19,5	4	14,9	9,5	49,9	1,6	2,1	16,5	62,3	54,3	2,3	34,1	14,6	0,1
desv.pad.	0,2	0,9	0,3	0,1	0,6	1,1	2,3	6,4	0,2	0,2	1,7	0,5	10,8	1,2	25,6	0,4	1,2	3,8	12,8	10,6	0,3	10,6	3,7	0,0
C.V.(%)	3,9	22,5	17,6	33,3	16,2	18,0	43,4	10,5	3,2	12,5	8,7	0,0	72,4	12,6	51,3	25,0	57,1	23,0	20,5	19,5	13,0	31,1	25,3	0,0

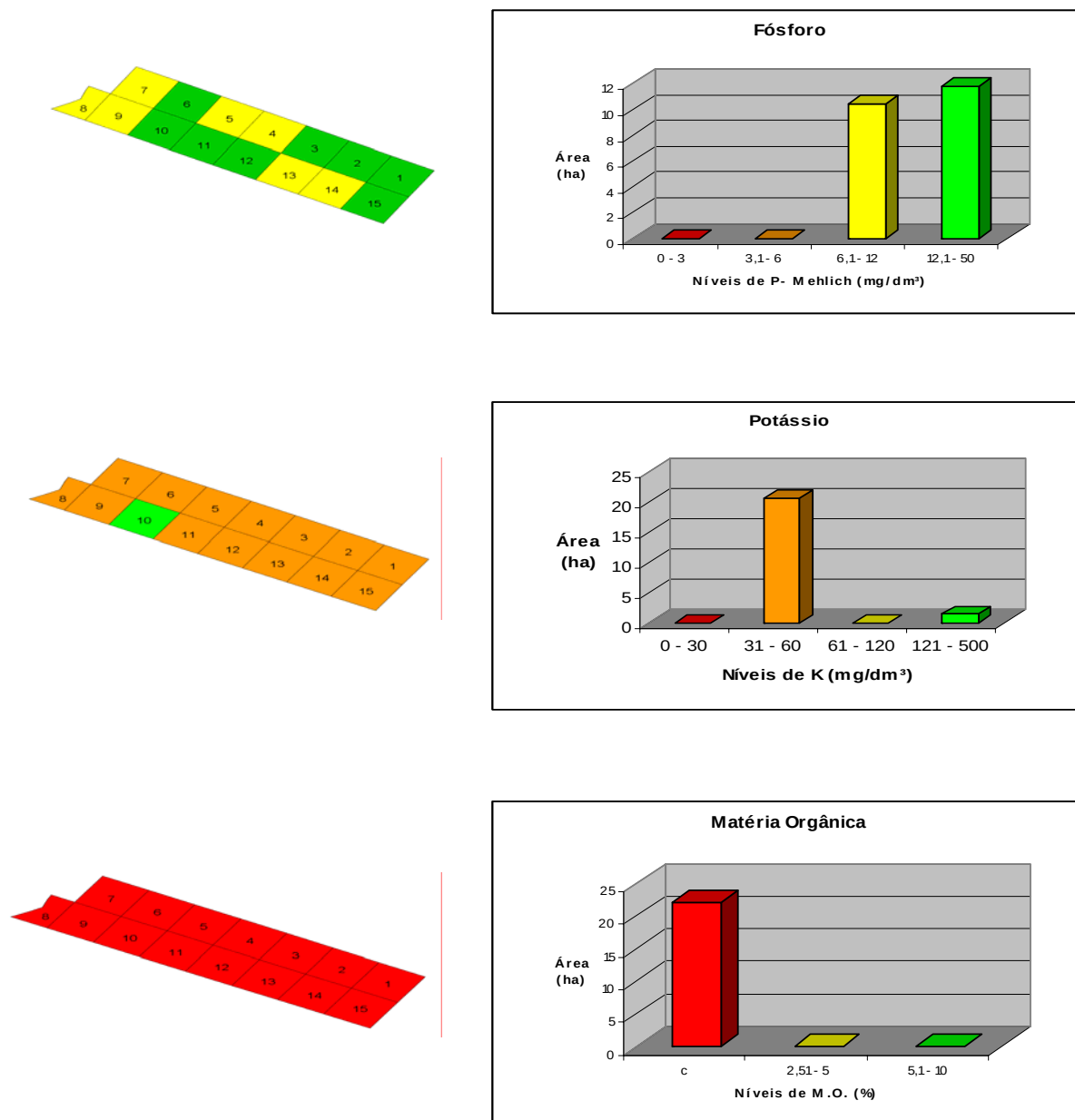
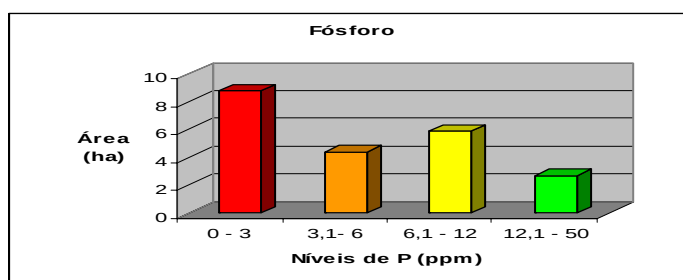
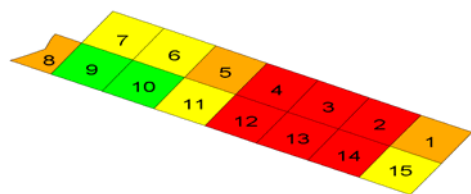
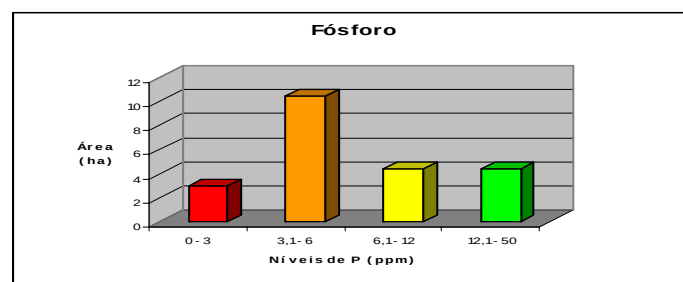
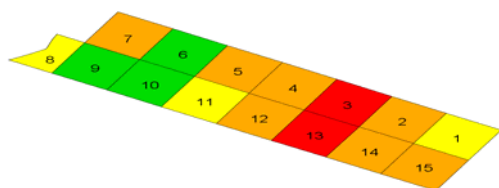


Figura 16 - Representa os mapas de fertilidade dos atributos de solo, fósforo, potássio, matéria orgânica e a área ocupada pelos níveis nas parcelas do quarteirão, safra 2005/2006, após a colheita do arroz

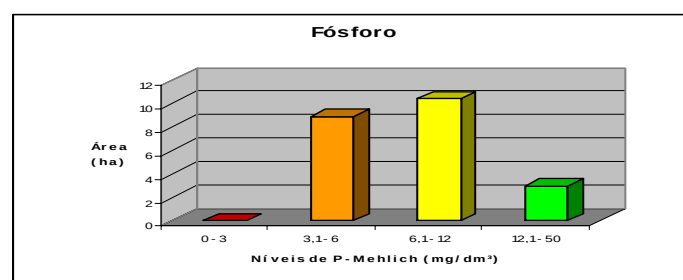
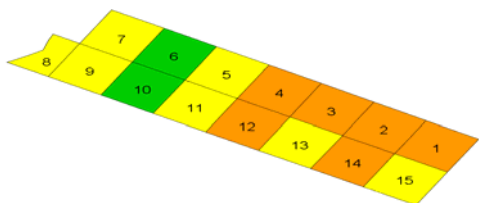
2003/2004



2004/2005



2005/2006



2005/2006 após colheita do arroz

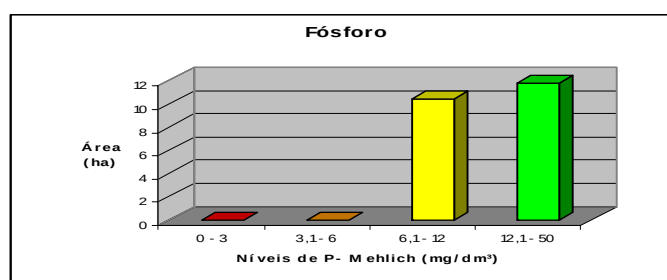
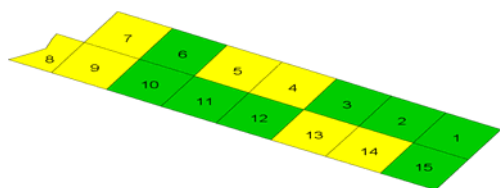
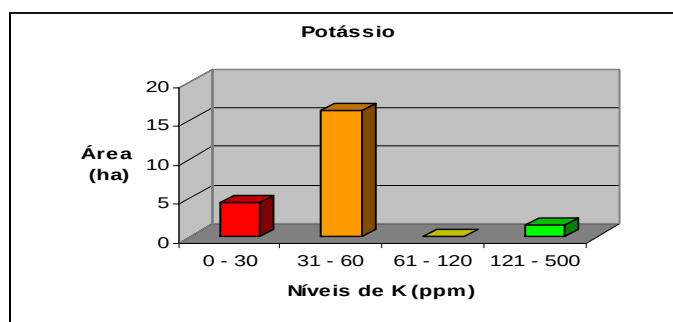
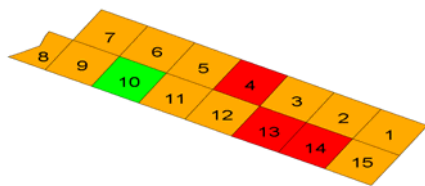
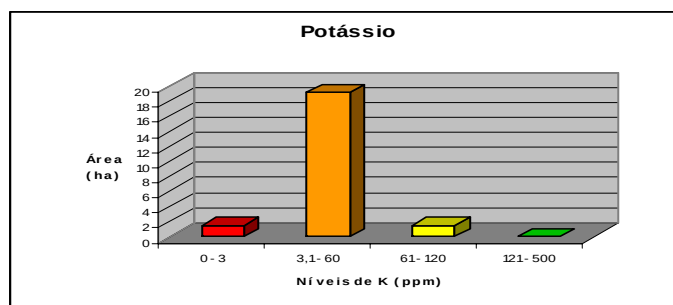
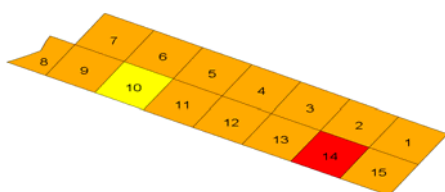


Figura 17 - Evolução dos teores de fósforo, antes e depois da adoção de fertilizantes, com taxa variável, e a área ocupada pelos níveis no quarteirão

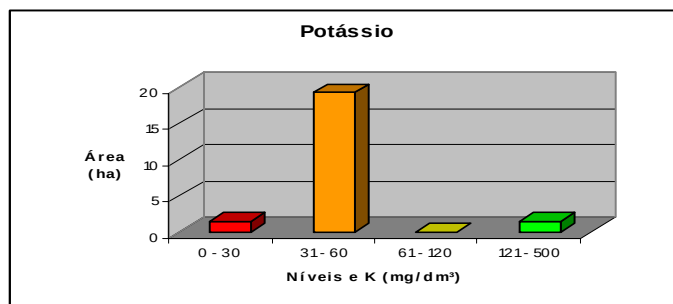
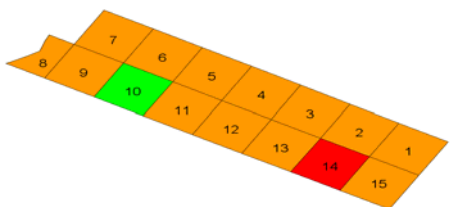
2003/2004



2004/2005



2005/2006



2005/2006 após a colheita do arroz

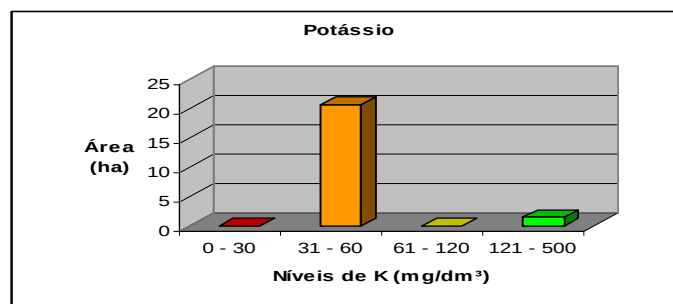
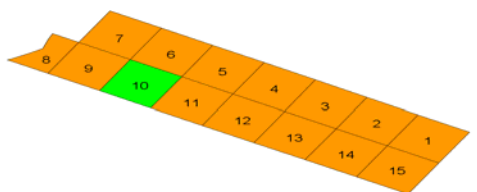
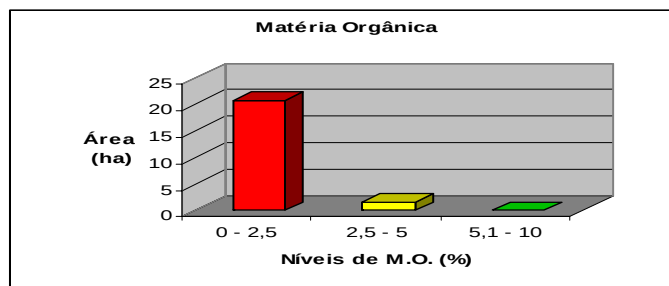
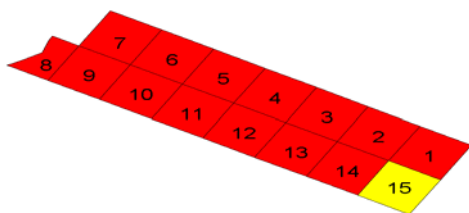
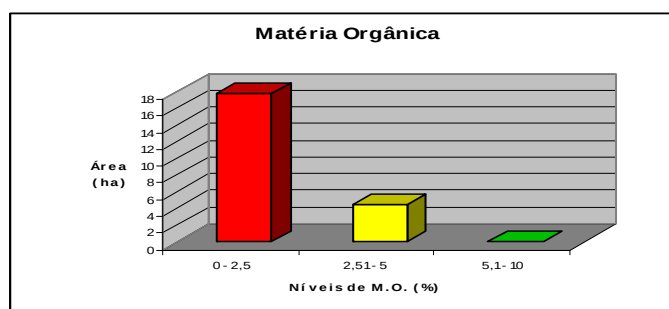
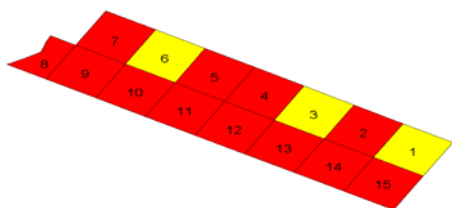


Figura 18 - Evolução dos teores de potássio, antes e depois da adoção de fertilizantes, com taxa variável, e a área ocupada em cada nível no quarto

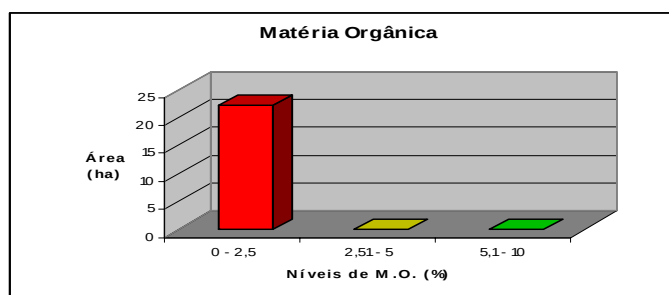
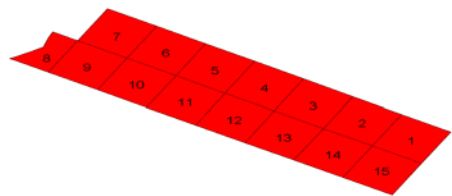
2003/2004



2004/2005



2005/2006



2005/2006 após a colheita do arroz

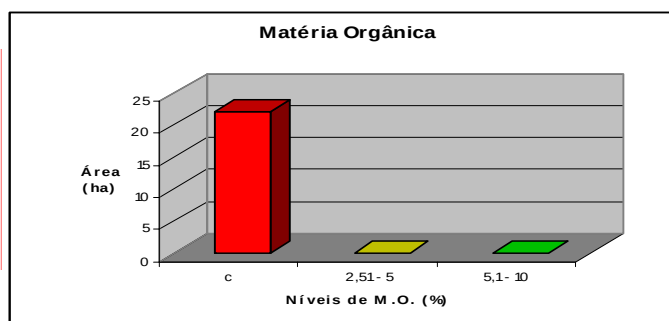
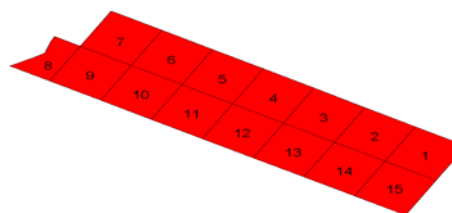


Figura 19 - Evolução dos teores de matéria orgânica, antes e depois da adoção de fertilizantes, com taxa variável, e a área ocupada em cada nível no quarteirão

Tabela 19 – Efeito nas duas zonas de manejo com adubação diferenciada, uma com 470kg.ha⁻¹ e outra com 300kg.ha⁻¹, para os níveis de fósforo e de potássio avaliados após a colheita de arroz, safra de arroz 2005/2006.

ZONAS DE MANEJO				
Parcelas	470kg.ha ⁻¹ de adubo		300kg.ha ⁻¹ de adubo	
	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)
1	12,3	38		
2	14,7	43		
3	12,3	47		
4	8,0	38		
5			6,7	42
6			21,4	38
7			11,6	49
8			8,6	38
9			9,8	38
10			50,2	140
11			17,2	51
12	12,9	50		
13	7,4	43		
14	9,2	38		
15	21,4	56		
Média	12,28	44,13	17,93	56,57
Desv. Padrão	4,49	6,53	15,13	37,18
C.V. (%)	36,56	14,80	84,38	65,72

A Tabela 20, mostra de forma esquemática, as diferentes adubações e os resultados obtidos na correção do nível de fósforo e potássio nas parcelas do experimento das safras 2003/04, 2004/05, 2005/06 e após a colheita do arroz irrigado.

Tabela 20 - Variação dos teores de fósforo e potássio, durante os três anos de experimentação e após a colheita do terceiro ano cultivado com arroz irrigado, visualizando os efeitos obtidos pela adubação diferenciada nas zonas de manejo

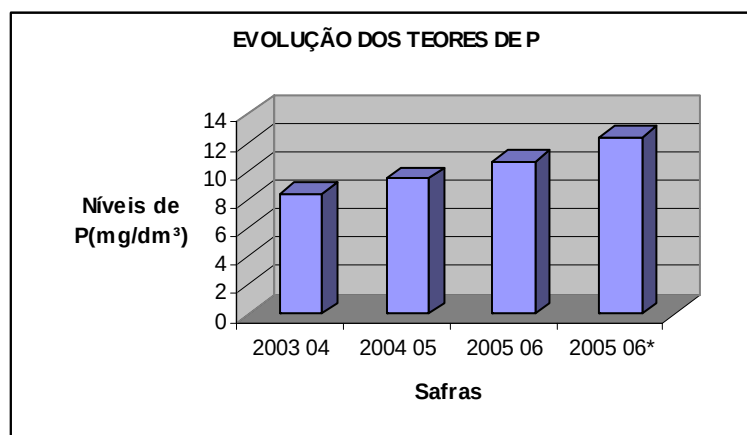
ZONAS DE MANEJO								
Parcelas	FÓSFORO				POTÁSSIO			
	1 ano	2 ano	3 ano	Pós-col.	1 ano	2 ano	3 ano	Pós-col.
1	4	6,2	4,7	12,3	42	47	31	38
2	3	4,4	4,7	14,7	39	33	34	43
3	2,6	2,6	4	12,3	37	46	35	47
4	1,9	3,3	5,5	8	29	34	36	38
5	4,4	5,1	9	6,7	45	37	49	42
6	9	20,5	16	21,4	45	35	49	38
7	10,3	3,6	11,6	11,6	34	32	38	49
8	5,5	8,6	8,6	8,6	52	37	38	38
9	16	13	11,2	9,8	38	41	42	38
10	50	50	50	50,2	202	112	148	140
11	7	7,8	9,5	17,2	43	49	39	51
12	1,9	4	3,6	12,9	32	39	39	50
13	1,6	3	6,2	7,4	28	35	48	43
14	1,3	4,7	5,8	9,2	25	29	30	38
15	8,2	5,8	10,3	21,4	45	34	52	56
Média	8,4	9,5	10,7	14,9	49,1	42,7	47,2	49,9
Desv. Pad.	12,2	12,1	11,4	10,8	43	20	28,7	25,6
C.V.	144,4	127,7	106,5	72,4	87,6	47	60,8	51,3

 adubação convencional, com 180kg.ha⁻¹ para o 1º ano do experimento
 adubação diferenciada, com 300kg.ha⁻¹ para o 2º e 3º ano do experimento
 adubação diferenciada, com 423kg.ha⁻¹ para o 2º ano e 470kg.ha⁻¹ para o 3º ano do experimento
 resultado da análise de solo após a colheita do arroz irrigado safra 2005/2006

4.4.4. Análise do desempenho das zonas de manejo, após os dois anos de adubação diferenciada

4.4.4.1. Fósforo

O acompanhamento das quatro análises de solo (safra de 2003/2004 arroz, safra de 2004/2005 soja, safra 2005/2006 arroz e safra 2005/2006 após a colheita do arroz) mostra que houve um acréscimo dos teores médios de fósforo (Figura 20), conseguindo-se, após dois anos com adubação diferenciada por zona de manejo, elevar os teores de fósforo acima do nível crítico, diminuindo o coeficiente de variação entre as parcelas, como mostra a Tabela 20.



*Dados analisados após a colheita de arroz, safra 2005/06.

Figura 20 - Evolução dos teores de fósforo nas três safras e após a colheita de arroz

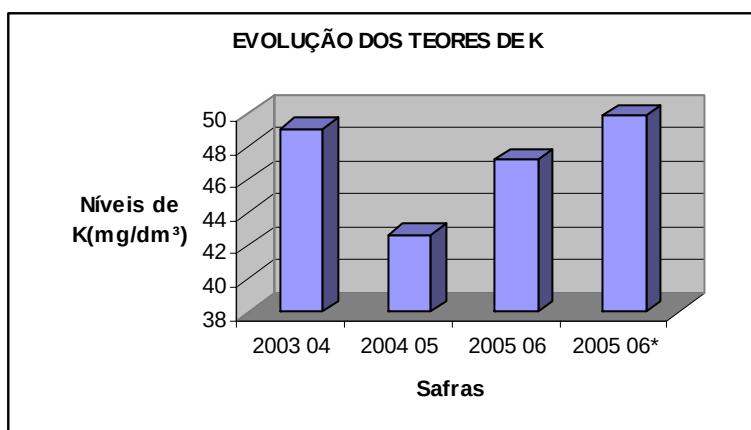
Após o primeiro ano com adubação diferenciada, na zona de manejo com 300kg.ha⁻¹ num total de sete parcelas, 43% delas tiveram aumento no teor de fósforo, 29% tiveram diminuição, 29% não sofreram variação e todas as parcelas alcançaram o nível crítico para o fósforo. Para a zona de manejo de 423kg.ha⁻¹, num total de oito parcelas, 75% das parcelas tiveram aumento no teor de fósforo, 25% tiveram diminuição, apenas duas parcelas alcançaram o nível crítico.

Após o segundo ano com adubação diferenciada, na zona de manejo com 300kg.ha⁻¹, houve o mesmo comportamento do ano anterior para os teores de fósforo. Para a zona de manejo de 470kg.ha⁻¹, num total de oito parcelas, 100% das parcelas tiveram aumento no teor de fósforo, e todas alcançaram o nível crítico, como é demonstrado na Tabela 19. Esses resultados concordam com os trabalhos realizados pelo Projeto Aquários,

Trennepohl, (2006), os quais tiveram, entre outros benefícios, a recuperação da fertilidade do solo.

4.4.4.2. Potássio

Com referência ao teor de potássio, após o primeiro ano com adubação diferenciada, os resultados das análises de solo mostram que, embora as parcelas tenham sofrido um incremento conforme mostra a Figura 20, apenas uma parcela permaneceu com teor acima do nível crítico. A zona de manejo com 300kg.ha^{-1} , num total de sete parcelas, em 86% delas houve aumento no teor de potássio, 14% tiveram diminuição, apenas a parcela número dez manteve o nível crítico. A zona de manejo de 423kg.ha^{-1} num total de oito parcelas, 63% delas apresentaram aumento no teor de potássio, 25% tiveram diminuição, 13% não sofreram variação, e nenhuma parcela alcançou o nível crítico para o potássio.



* Dados analisados após a colheita de arroz, safra 2005/06.

Figura 21 - Evolução dos teores de potássio nas três safras e após a colheita de arroz.

Após o segundo ano com adubação diferenciada, na zona de manejo com 300kg.ha^{-1} , num total de sete parcelas, 29% das parcelas tiveram aumento no teor de potássio, 57% tiveram diminuição e 14% não sofreram variação. Apenas a parcela número dez manteve o nível crítico para o potássio. A zona de manejo de 470kg.ha^{-1} , num total de oito parcelas, em 88% das parcelas houve aumento no teor de potássio, 13% tiveram diminuição, e nenhuma parcela alcançou o nível crítico do potássio.

A expectativa de elevação dos teores de potássio no solo ficou abaixo do esperado pelo experimento, mesmo colocando-se valores elevados de adubo para o primeiro e o

segundo ano, 423 e 470kg.ha⁻¹, respectivamente, para as zonas de manejo com maior adubação. A adubação de correção implantada no segundo ano das zonas de manejo também não teve retorno para o potássio.

Esse resultado indica que o tratamento localizado por zona de manejo, nas duas safras, não foi suficiente para elevar o teor de potássio para o seu nível crítico, sugerindo a continuação do experimento por mais uma safra.

Como o nível crítico para o fósforo foi alcançado, a sugestão é dar continuidade ao experimento com aplicação de adubo em zona de manejo, no sentido de manter uma adubação de manutenção, norteadas pelos valores de fósforo que contemplaria todas as parcelas menos a parcela dez que não seria adubada. Também, seria relevante uma adubação de correção com cloreto de potássio, aplicada em cobertura em todas as parcelas, menos a parcela dez, para propiciar um maior equilíbrio entre a adubação. Isso diminuiria a provável influência negativa, observada no terceiro ano do experimento, em que a grande quantidade de nitrogênio e potássio quando distribuída junto à linha de semeadura, pode afetar a emergência de plântulas.

As prováveis causas da baixa resposta, para correção dos teores de potássio, podem estar relacionadas ao manejo da resteva de arroz, que no presente experimento foi disponibilizada para o gado logo após a colheita. Essa exportação (palha) corresponde de 80% a 90% do total do nutriente extraído pela cultura (SCIVITTARO *et al.*, 2003), concordando com os dados da Tabela 9 dos Anexos. Dessa forma, sugere-se a incorporação da palhada após a colheita, para manter os teores de potássio no solo.

Outra causa que é peculiar ao próprio potássio, é o fato de ele ser um elemento sujeito à lixiviação, principalmente em solos arenosos, como é o caso do solo do experimento. Porém, como citado anteriormente num trabalho realizado pelo IRGA, no intuito de criar estratégias de adubação para incremento de produtividade do arroz irrigado, Schoenfeld *et al.* (2007) observaram que o maior incremento médio (local e cultivares) em relação à testemunha foi de 3,740kg.ha⁻¹, obtido pela maior adubação.

Esse maior ganho em produtividade em relação às safras anteriores (GENRO JR *et al.*, 2007) deve-se tanto às maiores doses utilizadas, como também a um maior balanço entre os nutrientes, especialmente pelo aumento do potássio. A proposta deste trabalho concorda com esses autores, sugerindo-se continuar por mais uma safra o experimento, utilizando novas zonas de manejo com diferentes adubações, com objetivo de elevar os teores de potássio no solo, melhorando o balanço dos nutrientes.

4.4.4.3. Rendimento x fertilidade do solo

O resultado da correlação entre rendimento e fertilidade do solo não foi observado nesse experimento, mesmo quando comparado às médias de rendimento com as zonas de manejo, não se tendo diferença significativa, como pode ser observado na Tabela 16.

A parcela dez, que se destacou pelos altos teores de fósforo e potássio nas quatro análises de solo feitas no desenvolvimento desse trabalho, também não refletiu no aumento de produtividade, já que não foi a mais produtiva nos dois anos com cultivo de arroz irrigado.

4.4.4.4. Qualidade fisiológica de sementes

A qualidade fisiológica de sementes não foi afetada pela fertilidade do solo, nesse experimento, e, também, não mostrou diferenças significativas quando comparada às adubações utilizadas nas zonas de manejo com os resultados de germinação e vigor.

4.4.4.5. Uso de agricultura de precisão em arroz irrigado

A agricultura de precisão mostrou resultados positivos na correção de fertilidade de solo, principalmente para o fósforo, conforme demonstrado na Figura 17. Também possibilitou a diminuição da variabilidade desse elemento nas parcelas do experimento, através do emprego de zonas de manejo. Contudo, esse aumento de fertilidade do solo pelo emprego de maior adubação, não propiciou um aumento de rendimento.

A agricultura de precisão propiciou uma análise do solo mais detalhada, possibilitando reconhecer as variabilidades de fertilidade de solo entre as parcelas, criando subsídios para interferir nessa variabilidade.

O uso de agricultura de precisão para o arroz irrigado ainda é uma tecnologia nova, com pouco estudo na área de arroz irrigado, sendo uma tecnologia que requer investimentos em colhedoras, com sensor e monitor de rendimento, assim como amostras de solo georreferenciadas, distribuidoras de insumos para aplicação à taxa variável e pessoas habilitadas para gerenciar todas essas informações. Esse conjunto de atividades vai gerar maiores investimentos ao produtor, que deverá avaliar técnica e economicamente essa nova tecnologia para a sua necessidade.

5. CONCLUSÕES

Nas condições do presente experimento, pode ser concluído que:

- A agricultura de precisão propiciou aumento de fertilidade do solo, através do uso de zonas de manejo.
- O emprego de zonas de manejo diminuiu a variabilidade da fertilidade do solo entre as parcelas do quarteirão estudado.
- Não houve correlação entre fertilidade do solo e rendimento na cultura do arroz irrigado.
- Não foi observado efeito entre fertilidade do solo e qualidade fisiológica de sementes em arroz irrigado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOCK, B.; PACHEPSKY, Y. Holes in precision farming: mechanistic crop models. In: **Precision agriculture**. ASA-CSSA_SSSA, Madison, 1997, p. 397-404.

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

AMBROSANO, E.J.; AMBROSANO, G.M.B.; WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MARTINS, A.L.M. & SILVEIRA, L.C.P. Efeitos da qualidade de sementes de feijoeiro cultivar IAC – Carioca, **Bragantia**, Campinas, v.58, n.2, p.393-399, 1999.

ANUÁRIO DO ARROZ. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2007, 128p, il.

APASSUL - Associação dos Produtores e Comerciantes de Sementes e Mudanças do Rio Grande do Sul. **Anuário ABRASEM**. Pelotas, 2007.

ASSMUS, R.A.; FIXEN, P.E.; EVENSON, P.D. Detection of soil phosphorus spatial HOWELER, R.H. Iron-induced orange disease of rice in relation to physical-chemical changes in a flooded oxisol. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.37, p. 898-903, 1973.

BALARDIN, R.S. **Doenças do arroz**. Santa Maria, Ed. Do Autor, 2003, 57p.

BALASTREIRE, L.A.; BAIO, F.H.R. Avaliação de uma metodologia prática para o mapeamento de plantas daninhas. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n. 2, p.349-352, 2001.

BONGIOVANNI, R. Introdução a la agricultura de precisión. INTA, Manfredi. Disponível em: www.agriculturadeprecision.org/. Acesso: 20/07/2007.

BRAGA, R.P.; JONES, J.W. Interaction among soil-water, plant population, soil depth, texture, crop growth, yield components, terrain attributes and impacts on spatial yield. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE AND OTHER RESOURCE MANAGEMENT, 5, 2000, Minnesota. **Proceedings...** ASA, CSSA, 2001. 1 CD-ROM.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, 1992, 365p.

BRINKMAN, M.A. & RHO, Y.D. Response of three oat cultivars to N fertilizer. **Crop Science**, Madison, v.24, n.5, p.973-977, 1984.

BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.; ESTEFANEL, V.; BERLATO, M.A. Insolação e radiação solar na região de Santa Maria. Disponibilidade e variabilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.2, n.21, p.205-223, 1991.

CANTARELLI, L.D.; SCHUCH, L.O.B.; SCHIAVON, R.; PICOLI, V.A.; MACHADO, R.F. Distribuição espacial de aveia branca (*Avena sativa* L.), em função do vigor e da classificação de sementes. In: SEMINARIO PANAMERICANO DE SEMILLAS, 19., 2004, Asunción. **Resúmenes...** Asunción: Federación Latinoamericana de Asociaciones de Semillistas – FELAS, 2004a, v.1, p.291.

CANTARELLI, L.D.; SCHUCH, L.O.B.; PICOLI, V.A.; SCHIAVON, R.; MIELEZRSKI, F.; F.; PANOZZO, L. Distribuição espacial de plantas de soja (*Glycine max* L. Merril), em função do vigor de sementes. In: SEMINARIO PANAMERICANO DE SEMILLAS, 19., 2004, Asunción. **Resúmenes...** Asunción: Federación Latinoamericana de Asociaciones de Semillistas – FELAS, 2004b, v.1, p.292.

CAPELLI, N.L. **Agricultura de precisão: novas tecnologias para o processo produtivo.** Disponível em: <http://www.bases.cnptia.embrapa.br/cria/gip/capelli>. Acesso: 12/07/2007.

CASTRO, C.N.; MOLIN, J.P. Definição de unidade de gerenciamento do solo através da sua condutividade elétrica e variáveis físico-químicas utilizando classificação Fuzzy. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.

CHIDI, S.N.; SORATTO, R.P.; BENETOLI, S.; ART, O.; SÁ, M.E. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio em cobertura e diferentes concentrações de uréia via foliar. II - Qualidade fisiológica das sementes. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador, **Anais...** Salvador: EMBRAPA/CNPFA, v.1, p.599-602, 1991.

COELHO, A.M. Potencial de utilização das técnicas de agricultura de precisão na recuperação da fertilidade dos solos sob pastagens degradadas. **Circular Técnica 68.** EMBRAPA Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG, 2005.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO DO RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10ed. Comissão de química e Fertilidade do solo/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Porto Alegre, 2004. 400p.

COSTA, N.P, da.; GOMES, A.S.; PESKE, S.T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E.P. Influência da adubação nitrogenada sobre o vigor e conteúdo de proteínas de sementes de quatro cultivares de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 5, n.1, p.31-42, 1983.

CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/ SC. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10.ed., Porto Alegre, 2004. 400p.

CRUZ, R.P.; NEVES, G.; SILVA, I.M. Comportamento de linhagens avançadas do IRGA quanto à esterilidade de espiguetas em duas épocas de semeadura (safra 2004/2005) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005, p.102-104.

DOBERMANN, A.; PING, J.L. Geoestatistical integration of yield monitor data and remote sensing improves yield maps. **Agronomy Journal**, v.96, n.1, p.285-297, 2004.

DURIGON, R.; SCHLOSSER, J.F.; WEMER, V.; PINHRIRO, E.D.; PERIN, G.F.; RUSSINI, A. Determinação da variabilidade espacial de atributos de solo e produtividade na cultura do arroz irrigado através de técnicas de agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005, p.392-394.

FAGERIA, N.K.; PRABHU, A.S. Controle de brusone e manejo de nitrogênio em cultivo de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.123-129, 2004.

FOX, R.L. & ALBRECHT, W.A. **Soil fertility and the quality of seeds**. Columbia, Missouri, 1957 (Res. Bull. Agr. Exp. Stn., 619).

FRANZEN, D.W.; CIHACEK, L.J.; HOFMAN, V.L.; SWENSON, L.J. Topography-based sampling compared to grid sampling in the Northern Great Plains. **Journal of Production Agriculture**, v.11, p.364-370, 1998.

FREITAS, J.G.; AZZINI, L.E.; CANTARELLA, H.; BASTOS, C.R.; CASTRO, L.H.S.M.; GALLO, P.B.; FELÍCIO, J.C. Resposta de cultivares de arroz irrigado ao nitrogênio. **Scientia Agrícola**, v.58, n.3, p.573-579, 2001.

GENRO JUNIOR, S.A.; SCHONFELD, R.; MARCOLIN, E.; MACEDO, V.M.M.; ANGHINONI, I. Eficácia das atuais recomendações de adubação para arroz irrigado para o Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. 27. **Anais...** Pelotas, RS: SOSBAI, 2007 (no prelo).

GIANELLO, C.; WIETHÖLTER, S. Novo sistema de adubação para as culturas de grãos nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 5. **Resumos Expandidos...** Florianópolis: SBSCS-Núcleo Regional Sul, 2004. CD ROM.

GIMENEZ, L.M.; MOLIN, J.P. Fertilidade do solo e sua influência no rendimento das culturas - propostas de uma metodologia para definição de unidades de manejo. **Avanços na Agricultura de Precisão no Brasil no período de 1999-2001**. [CD-room] Balastreire, L.A. Piracicaba, SP, 2002.

GOMES, A. da S.; AZAMBUJA, I.H.V., Uso e manejo de água nas lavouras de arroz do RS. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ARROZ, 1o. Pelotas, 2003, **Anais...** Abrapós, Passo Fundo, 2003, p.58, 65 e 75.

GOMES, A. da S.; PETRINI, J.A.; FAGUNDES, P.R.R. **Manejo racional da cultura do arroz irrigado: "Programa Marca"**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 203 p.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1963, p.58.

GUERINOT, M.L. & YI, Y. Iron: nutritious, noxious and not readily available. **Plant Physiology**, v.104, p.815-820, 1994.

HANEKLAUS, S.; RUEHLING, I.; SCHRORDER, D.; SCHNUG, E. Studies on the variability of soil and crop fertility parameters and yields in different landscapes of

Northern Germany. In: Proceedings of the EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1, Warwick, 1997. **Proceedings...** Oxford: Bios Scientific Publishers, 1997. p.785-792.

HÖFS, A. **Vigor de sementes de arroz e desempenho da cultura**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2003, 46p. (Tese de Doutorado).

INIA. AGRICULTURA DE PRECISIÓN. Variabilidad espacial del rendimiento - Álvaro Roel, INIA TREINTA Y TRES- Estación Experimental del Este – ARROZ - **Resultados Experimentales**, 2004-2005. Capítulo 5 - Agricultura de Precisión, p.1-8.

JOHANN, J.A.; URIBE-OPOZO, M.A.; SOUZA, E.G.; VILAS BOAS, M.A.; LOPES, R.A.P.; MERCANTE, E.; ANTES, C.A.; SILVA, M.B. **Análise multivariada de componentes principais dos atributos físicos e químicos do solo de 2000 para as parcelas com manejo localizado em uma área experimental de agricultura de precisão**. Avanços na Agricultura de Precisão no Brasil no período de 1999-2001. [CD-room] Balastreire, L. A. Piracicaba, SP, 2002.

KILPP, A.R. Fildstar, atual estágio de utilização no Brasil. **Avanços na agricultura de precisão no Brasil no período de 1999-2001**. [CD-room] Balastreire, L.A. Piracicaba, SP, 2002.

KNOBLAUCH, R.; BACHA, R.E.; STUKER, H. Níveis de nitrogênio e potássio para adubação do arroz irrigado em sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005, p.443-445.

KOHL, S.I.; SCHUCH, L.O.B.; GÖEBEL, I.C.; BERWALD, C.M.P.; FINATTO, J.A.; SCHIAVON, R.A. Variabilidade entre plantas em populações de arroz, em função da qualidade fisiológica das sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005, p.410-412.

KOLCHINSKI, E.M. **Vigor de sementes de soja e aspectos de desempenho em campo**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2003, 54p. (Tese de doutorado).

KRAVCHENKO, A.N.; BULLOCK, D.G. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. **Agronomy Journal**, v.92, p.75-83, 2000.

KRZYZANOWSKI, F.C.H.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J. de B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: In: KRZYZANOWSKI, F.C.H.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J. de B. **ABRATES**, Comitê de Vigor de Sementes, 1999. 218p.

LAVOURA ARROZEIRA, V. 52, n. 436, julho/setembro, 2004.

LIEBIG, J. Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. F. Viewig e Sohn Braunschweig, 1862.

LOPES, S.I.G.; LOPES, M.S.; MACEDO, V.R.M.; FRIZZO, C.; GADEA, A.D.C.; TROJAHN, G.L. Resposta da cultura do arroz irrigado à aplicação de calcário. In:

REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. 16, 1995, Porto Alegre-RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995, p.169-171.

LUCHIARI JR., A.; SHANAHAN, J.; FRANCIS, D.; SCHLEMMER, M.; SCHEPERS, J.; LIEBIG, M.; SCHEPERS, A.; PAYTON, S. Strategies for establishing management zones for site specific nutrient management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., 2000, Bloomington. Proceedings eletrônicos do 5 th International Conference on Precision Agriculture, Bloomington: ASA-CSSA-SSSA, 2000. 1CD-ROM.

LÜTTICKEN, R; KOCH, W.; BIL, R. The potencial of yield maps and soil survey data in low cost site specific farming strategies..In: **Precision Agriculture**. ASA-CSSA-SSSA, Madison, 1997, p.803-810.

LUZZARDI, R.; PASQUALLI, L.; BOCK, F.; WEBER, L. Redução da densidade de semeadura e sua influência na produtividade de arroz híbrido irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado - SOSBAI, 2005, p.342-343.

MAKEPEACE, R.J. Benefits and limitations of precision farming. In: CONFERENCE ON PESTS AND DISEASES, 1., 1996, Brighton, **Proceedings...** Brighton: Bribhton University Express, 1996, p.1242, 1996, 1 CD-ROM.

MARASCHIN, L.; BATISTA, H.L.P.; COUTO, E.G.; SCARAMUZZA, J.F. Mapeamento de atributos físicos de solo em área cultivada com soja, para uso em agricultura de precisão (MT). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto, SP.

MARIOT, C.H.P.; SILVA, P.R.F. da; MENEZES, V.G.; TEICHMANN, L.L. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.2, p.233-241, 2003.

MARIOT, C.H.P.; MENEZES, V.G.; LIMA, A.L.; RAMIREZ, H.V.; NEVES, G. Influência da época de semeadura no rendimento de grãos de cultivares de arroz irrigado - safra 2003/04 e 2004/05. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005, p.251-253.

MARIOT, C.H.P.; MENEZES, V.G.; LOPES, S.I.G.; LOPES, M.C.B.; LIMA, A.L.; RAMIEZ, H.V. Rendimento de grãos de um genótipo de arroz híbrido e da cultivar IRGA 417 em função de densidade de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado - SOSBAI, 2005, p.347-349.

MARQUES, J.B.B. **Qualidade fisiológica de sementes, densidade de semeadura e produtividade de arroz (*Oryza sativa* L).** Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004. 69f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes).

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press: Boston, 1995.

MARZARI, V.; TELÓ, G.M.; MARCHEZAN, E.; SILVA, L.S. da.; VILA, S.C.C. Influência da população de plantas, dose de nitrogênio e controle de doenças em aspectos de qualidade de grãos e sementes de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005, p.316-318.

MEDEIROS, R.D. DE; CORDEIRO, A.C.C.; VILARINHO, A.A. Influência de doses de potássio e de calcário sobre a produtividade de grãos de arroz irrigado em Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado – SOSBAI, 2005. p. 415-417. 1 CD-ROM.

MENEZES, V.G., Limites para alcançar altos rendimentos de grãos de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2, XXIV REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24. 2001, Porto Alegre, **Palestra...** Porto Alegre: IRGA, p.888-894, 2001.

MENEZES, V.G.; RAMIREZ, H.; LIMA, A.; NEVES, G. Influência da época de semeadura no rendimento de grãos de genótipos de arroz irrigado – Safra 2002/03. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Bal. Camboriú: EPAGRI, 2003, p. 196-198.

MIELEZRSKI, F.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; CARVALHO, R.R.; PANOZZO, L.E.; OLÍVIO, M. Comportamento de plantas em populações de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27., 2007, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007, p.539-5342.

MILANI, L.; SOUZA, E.G.; JOHANN, J.A.; URIBE-OPAZO, M.A.; SILVA, E.A.A. Determinação de unidades de manejo em área de soja cultivada com técnicas de agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004, **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004, 1 CD-ROM.

MOLIN, J.P. Geração e Interpretação de Mapas de produtividade para agricultura de Precisão. **Agricultura de Precisão**. Viçosa-MG, p.237-257, 2000.

MOLIN, J.P. **Agricultura de precisão - o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: José Paulo Molin, 2001. 83p.

MORI, S.; NISHIZAWA, N.; HAYASHI, H.; CHINO, M.; YOSHIMURA, E. & ISHIHARA, J. Why are young rice plants highly susceptible to iron deficiency. **Plant and Soil**, v.130, p.143-156, 1991.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. & MACHADO, J.R. Efeito da dose e da época de aplicação de N na produção e qualidade de sementes de aveia-preta. **Científica**, São Paulo, v.23, n.1, p.31-43, 1995.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MACHADO, J.R. Efeito de doses de N aplicados na emergência da panícula sobre a produção e qualidade de sementes de aveia-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p.160-166, 1996.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MACHADO, J.R. Adubação nitrogenada no perfilhamento da aveia-preta em duas condições de fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1071-1080, 2000.

NEDEL, J.L. Fundamentos da qualidade de sementes. In: PESKE, S.T. *et al.* (Ed.) **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**, Pelotas: Editora Universitária/UFPel, 2003. p.96-138.

NORMAN, R.J.; HELMS, R.S.; WELLS, B.R. Influence of delaying flood and pre-flood nitrogen application on dry-seeded rice. **Fertilizer Research**, v.32, p.55-59, 1992a.

NUSPL, S. J.; RUDOLPH, W.W.; GUTHLAND, R. Use of injection for Site-Specific Chemical Application. In: PRECISION AGRICULTURE, 3, BLOOMINGTON. 1996. **Proceedings...** Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1996. p.739-744.

OHM, H.W. Response of 21 oat cultivars to nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, n.5, p.773-775, 1976.

PAULINO, H.B. *et al.* Influência do parcelamento de duas fontes nitrogenadas, em cobertura e via fertirrigação, na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.9, n.1/2, p.55, 1999.

PEDROSO, B.A. & REGINATTO, M. da P.V. Densidade de semeadura em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 11., 1981, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UEPAE de Pelotas, 1981. p.141-145.

PEDROSO, B.A. Densidade e espaçamento entre linhas para arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.40, n.370, p.6-10, 55-59, 1987.

PESKE, S.T. Cresce a percepção do valor da semente. **Seed News**, Pelotas, v.11, n.4, p.8, 2007.

PETRINI, J.A.; FAGUNDES, P.R.R.; GOMES, A. da S.; AZAMBUJA, I.H.V.; SILVA, J.J.C. da. “Programa MARCA” – Fundamentos teóricos. In: GOMES, A. da S.; PETRINI, J.A.; FAGUNDES, P.R.R. **Manejo racional da cultura do arroz irrigado**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2004, p.19.

PINHEIRO, B. da S.; RANGEL, P.H.N.; CARMONA, P.S.; MARTINS, J.F. da S. Lacuna de produtividade em arroz irrigado no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2, XX, e V REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24. 2001, Porto Alegre. **Palestra...** Porto Alegre, IRGA, 2001, p.754.

POPININIGS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: ABEAS, 1985. 289p.

MENEZES, V.G.; MACEDO, V.R.M.; ANGHINONI, I. **Projeto 10: estratégias de manejo para o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado no RS**. Cachoeirinha: IRGA, Divisão de Pesquisa, 2004, 32p.

QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P.; MANTOVANI, E.C. Agricultura de precisão na produção de grãos. **Agricultura de precisão**. Viçosa-MG, p.237-257, 2000.

RAMIREZ, H.V. & MENEZES, V.G.; Estabelecimento e desenvolvimento de plantas docultivar de arroz IRGA 422 CL, tolerante a Only, em função de densidade de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003: Balneário Camboriú-SC. **Anais...** Itajaí: Epagri, 2003, p. 117-119.

RAMIREZ, H.; MENEZES, V.G.; JACEGUAY, I. de B.; CREMONESE, J.L. Eficiência agronômica do uso de nitrogênio na cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003. Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú: EPAGRI, 2003, p.178-180.

RAMIREZ, H.V.; MENEZEZ, V.G.; MARIOT, C.H.P.; LIMA, A.L.; CREMONESE, J.L. Eficiência do uso de nitrogênio na cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005: Santa Maria-RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005, p.407-409.

RAMIREZ, H.V.; HERZOG, R.L. da S.; CHAVES, A. da C.; MENEZES, V.G. Aumento de produtividade através do manejo da água de irrigação na cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27., 2007, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007, p.434-435.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL (30, 2002, Cruz Alta). **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2002/2003.** Cruz Alta: FUNDAPEC-FECOTRIGO, 2002. p. 23-33.

RICECHECK. **Recommendations.** A guide to objective rice crop management for improving yield, grain quality and profits. Australia. 1999. 20p.

RICE TEC Sementes LTDA. **Arroz híbrido.** Disponível em: www.ricetec.com.br. Acesso: 13/08/2007.

ROEL, A.; PLANT, R.E.; YOUNG, J.A.; PETTYGROVE, G.S.; WILLIAMS, J.F. **Interpreting yield patterns for California rice precision farm management.** Disponível em: [www.agronomy.ucdavis.edu/uccerice/images/roel et al. pdf](http://www.agronomy.ucdavis.edu/uccerice/images/roel_et_al.pdf). Acesso: 26/07/2007.

SANTA CRUZ, G.G. Siembra. In: SANTA CRUZ, G.G. (Eds). **Arroz: manual de produção.** 1.ed. Montevideo: Hemisfério Sur, 1996, p.77-80.

SCHEPERS, J.S.; SCHLEMMER, M.R.; FERGUSON, R.B. Site-specific considerations for managing phosphorus. **Journal of Environmental Quality**, v.29, p.125-130, 2000.

SCHIEBELBEIN, L.M.; FOCHT, D.; ROLOFF, G. Aumento de produtividade com o uso da Agricultura de Precisão ao longo do tempo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.

SCHOENFELD, R.; GENRO JR., S.A.; MARCOLIN, E.; MACEDO, V.R.M.; ANGHIONI, I. Estratégia de Adubação para Incremento de Produtividade do arroz Irrigado no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ

IRRIGADO, 5.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27., 2007, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007, p.555-558.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; MAIA, M.S.; ASSIS, F.N. Vigor de sementes e adubação nitrogenada em aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.2, p. 127-134, 1999.

SCHUNG, E.; MURPHY, D.; EVANS, E.; HANELKLAUS, S.; LAMP, J. Yield mapping and application of yield maps to computer-aided local resource management. In: I PROC. SOIL SPECIFIC CROP MANAGE. Madison, Wis.: **Am. Society of Agronomy**, 1993.

SCIVITTARO, W.B. & GOMES, A. da S. Otimização do uso de fertilizantes nas lavouras de arroz irrigado. **Arroz irrigado: melhoramento genético, manejo do solo e da água e prognóstico climático**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003. 77p. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 113).

SCIVITTARO, W.B. Manejo e otimização do uso de fertilizantes nas lavouras de arroz do RS (TC). **Manejo racional da cultura do arroz, "Programa Marca"**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004, p.59-74.

SHIRATSUCHI, L.S.; MACHADO, A.L.T.; FACCIONI, G.C. Geração de mapas de Produtividade de milho: efeito do espaçamento entre faixas de colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.

SILVA, P.R.F. da; MENEZES, V.G.; MARIOT, C.H.P.; CARMONA, R.C.; REZERA, F. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado a três densidades de semeadura e a três espaçamentos entre linhas. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995, p.153-154.

SOARES, R.A.B. Uso de agricultura de precisão na Usina Jalles Machado S/A. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2.; CONBAP. 2006. **Anais...** São Pedro, SP.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado: recomendações técnicas de pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí, SC: SOSBAI, 2003. 123p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado: recomendações técnicas de pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: SOSBAI, 2005. 68p.

SORATTO, R.P.; BENETOLI, S.; CHIDI, S.N.; ART, O.; SÁ, M.E. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. II – Qualidade fisiológica das sementes. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999.Salvador. **Anais...** Salvador: EMBRAPA/CNPFA, 1999. v.1. p. 595-598.

STEINMETZ, S.; ASSIS, F.N. de; BURIOL, G.A. *et al.* Regionalização das probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais ao arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.;

REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p.177-181.

STRECK, E.V. KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Universidade federal do Rio Grande do Sul, 2002, 126p.

SUDDUTH, K.A.; KITCHEN, N.R.; DRUMMOND, S.T. Soil conductivity sensing on claypan soil: Comparison of electromagnetic induction and direct methods. In: PROCEEDINGS OF FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE IN PRECISION AGRICULTURE, edited by ROBERT, P.C.; RUST, R.H.; LLARSON, W.E. (ASA, CSSA, SSSA, Madison, USA), p.979-990, 1998. 1 CD-ROM.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed., Porto Alegre: Artmed, 2004, 693p.

TAKAHASHI, M.; NAKANISHI, H.; KAWASAKI, N. K.; NISHIZAWA, N. & MORI, S. Enhanced tolerance of rice to low iron availability in alkaline soils using barley nicotianamine aminotransferase genes. **Nature Biotechnology**, v.19, p.466-469, 2001.

THOMAZELLI, L.F.; SILVA, R.F.; BIASI, J.; NOVAIS, R.F.; SEDIYAMA, C.S. Efeito do nitrogênio, fósforo e potássio na produção e qualidade de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, n.2, p.161-165, 1992.

TORRE-NETO, A. Conceitos, princípios, vantagens e potencialidade de aplicação de agricultura de precisão. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, Passo Fundo, 1997. **Anais...** Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, p. 37-42, 1997.

TRENNEPOHL, F.S. Agricultura de precisão em grãos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2006, 2.; CONBAP. 2006. **Anais...** São Pedro, SP.

TURKIEWICZ, L. **Efeito da calagem e adubação fosfatada sobre a germinação e vigor de sementes de soja**. Piracicaba:ESALQ, 1976. 85 p. (Dissertação Mestrado).

VAHL, L.C. & LOPES, S.I.G. **Nutrição de plantas**. Pelotas, UFPel, 2000. 55p. (Curso de Especialização de Sementes de Arroz Irrigado por Tutoria à Distância - Módulo 3).

VERNETTI Jr., F.J.; ANDRES, A.; SCHWANKE, A.M.L.; CONCENÇO, G.; FREITAS, G.D. Efeito de herbicidas no estabelecimento da cultura do arroz irrigado, em sistema pré-germinado: clomazone. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001, p.490-493.

WARICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Application of soil physics**. New York: Academic Press, 1980, p.319-344.

WOLLENHAUPT, N.C.; WOLKOWSKI, R.P.; CLAYTON, M.K. Mapping soil test phosphorus and potassium for variable-rate fertilizer application. **Journal Production Agriculture**, v.7, p.441-448, 1994.

YOSHIDA, S. & PARAO, F.T. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. In: **Climate and Rice**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1976, p.471-494.

ZANIN, A.C.W. & MOTA, I.F. Efeito de fontes e épocas de aplicação de nitrogênio na produção e qualidade de sementes de quiabeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.2, p.167-168, 1995.

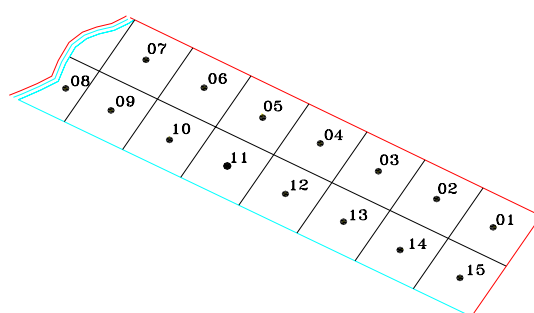
7. A N E X O S

GRANJA DO SALSO

SECÇÃO 08 SAFRA 2003/2004

AREA : 22,18 Ha

QUARTEIRÃO : 218



ESCALA - 1:6000

Figura 1 – Croqui do experimento

Tabela 1 - Coordenadas dos pontos amostrados georreferenciados

Pontos	Coordenadas geográficas (UTM)	
	X	Y
1	287989,6760	6321800,8650
2	287884,1070	6321857,4840
3	287777,8980	6321914,4630
4	287671,5350	6321971,3330
5	287567,7160	6322028,5720
6	287458,3910	6322085,2010
7	287350,4630	6322141,8780
8	287180,4460	6322085,8750
9	287281,7520	6322045,0050
10	287389,0220	6321987,6120
11	287496,4770	6321929,8940
12	287603,9490	6321872,0910
13	287711,4570	6321814,3820
14	287818,9200	6321756,5980
15	287924,3740	6321699,7250

Tabela 2 - Interpretação dos teores de P e de K no solo – RS/SC (COFS-NRS-SBCS, 2001)

Interpretação do teor de P ou K no solo	P Mehlich-I					P resina ⁽¹⁾	K Mehlich-I
	Classe textural do solo						
	1	2	3	4	5		
	-----mg/dm ³ -----						
Muito baixo	≤2,0	≤3,0	≤4,0	≤6,0	≤8,0	≤5,0	≤20
Baixo	2,1-4,0	3,1-6,0	4,1-8,0	6,1-12,0	8,1-16,0	5,1-10,0	21-40
Médio	4,1-6,0	6,1-9,0	8,1-12,0	12,1-18,0	16,1-24,0	10,1-20,0	41-60
Alto	6,1-12,0	9,1-18,0	12,1-24,0	18,1-36,0	24,1-48,0	20,1-40,0	61-120
Muito alto	>12,0	>18,0	>24,0	>36,0	>48,0	>40,0	>120

Classe 1: >55% de argila e/ou solos Erexim, Durox, Vacaria, Santo Ângelo, Aceguá, Pouso Redondo, Boa Vista etc.

Classe 2: 41 a 55% de argila e/ou solos Passo Fundo franco-argiloso, Estação, Ciriaco, Associação Ciriaco-Charrua, São Borja, Oásis, Vila, Farroupilha, Rancho Grande Içara etc.

Classe 3: 26 a 40% de argila e/ou solos Passo Fundo franco-arenoso, Júlio de Castilhos, São Jerônimo, Alto das Canas, São Gabriel, Canoinhas, Jacinto Machado, Lages etc.

Classe 4: 11 a 25% de argila e/ou solos Cruz Alta, Tupanciretã, Rio Pardo, Camaquã, Bagé, Bexigoso, Pelotas, São Pedro, Santa Maria, Pinheiro Machado etc.

Classe 5: ≤10% de argila e/ou solos Bom Retiro, Tuia, Vacacaí etc.

⁽¹⁾Resina em lâmina, indicado para solos adubados com fosfatos naturais reativos nos últimos dois anos.

⁽²⁾O nível crítico é o limite superior do teor Médio.

Observação: mg/dm³ de solo = Mg/L = ppm

Tabela 3 - Doses de P_2O_5 e de K_2O a aplicar para a cultura da soja – RS/SC (2002)

Interpretação do teor de P ou de K no solo	P Mehlich-I									P-resina			K Mehlich-1		
	Classe textural do solo ⁽¹⁾														
	1			2			3,4,5								
	Cultivo ⁽²⁾														
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
	-----kg P ₂ O ₅ /ha ⁽³⁾ -----												--kg K ₂ O/ha--		
Muito baixo	105	60	40	95	40	R	85	R	R	85	R	R	90	60	R
Baixo	75	50	R	65	R	R	55	R	R	55	R	R	70	50	R
Médio	50	R	R	40	R	R	30	R	R	30	R	R	60	R	R
Alto	30	R	R	20	R	R	20	R	R	20	R	R	50	R	R
Muito alto	<20	<R	R	<20	<R	R	<10	<R	R	<10	<R	R	<40	<R	R

⁽¹⁾Vide rodapé da Tabela 2.

⁽²⁾Número do cultivo após a análise do solo.

⁽³⁾As quantidades de P_2O_5 referem-se a P solúvel em citrato neutro de amônio + P em água, ou em ácido cítrico a 2% (relação 1:100), dependendo do tipo de fertilizante.

⁽⁴⁾Para teores extremamente baixos de P e K no solo, aumentar a dose indicada em 20 a 30%.

R = reposição em função da expectativa de rendimento de grãos: < 2t/ha, 25kg P_2O_5 /ha e 40kg K_2O /ha; 2-3t/ha = 40kg P_2O_5 /ha e 60kg K_2O /ha; >3t/ha, 60kg P_2O_5 /ha e 90kg K_2O /ha. No 2º e 3º cultivos, usar o valor de R, quando este for superior ao valor indicado na tabela

Tabela 4 - Recomendação de adubação nitrogenada para sistemas de semeadura em solo seco

Teor de matéria orgânica no solo	Expectativa de produtividade (t/ha)		
	< 6,0	6,0 a 9,0	> 9,0
%		kg N/ha	
≤ 2,5	60	90	120
2,6 a 5,0	50	80	110
> 5,0	≤ 40	≤ 70	≤ 100

Fonte: CQFS RS/SC (2004).

Tabela 5 - Interpretação dos teores de fósforo e potássio para sistemas de semeadura em solo seco

Interpretação	Fósforo (Método Mehlich 1)	Potássio (Mehlich 1)
	mg P/dm ³	mg K/dm ³
Baixo	0 a 3,0	0 a 30
Médio	3,1 a 6,0	31 a 60
Alto	6,1 a 12,0	61 a 120
Muito alto	> 12,0	> 120

Fonte: CQFS RS/SC (2004)

Tabela 6 - Recomendação de adubação com fósforo para o arroz irrigado para sistema de semeadura em solo seco

P extraído Mehlich-1	Interpretação do teor de P	Fósforo		
		Expectativa de rendimento (t/ha)		
		< 6,0	6,0 a 9,0	> 9,0
mg/dm ³		kg de P ₂ O ₅ /ha		
≤ 3	Baixo	60	75	90
3 a 6	Médio	40	55	70
6,1 a 12	Alto	20	35	50
> 12	Muito alto	≤ 20	≤ 35	≤ 50

Fonte: CQFS RS/SC (2004)

Tabela 7 - Recomendação de adubação com potássio para o arroz irrigado com semeadura em solo seco

K extraído Mehlich-1	Interpretação do teor de K no solo	Potássio		
		Expectativa de rendimento (t/ha)		
		< 6,0	6,0 a 9,0	> 9,0
mg/dm ³		kg de K ₂ O/ha		
≤ 30	Baixo	60	70	80
31 a 60	Médio	40	50	60
61 a 120	Alto	20	30	50
> 120	Muito alto	≤ 20	≤ 30	≤ 40

Fonte: CQFS RS/SC (2004)

Tabela 8 - Quantidades de fósforo e de potássio a serem adicionadas para adubação corretiva total

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
Muito baixo	120	120
Baixo	60	60
Médio	30	30

Fonte: CQFS RS/SC (2004).

Tabela 9 - Quantidades médias de nutrientes acumuladas por três cultivares de arroz irrigado, com produção de matéria seca total de 8,52t/ha e grãos (com casca) de 4,33t/ha

Quantidade Acumulada de Nutrientes		
Nutrientes	Por tonelada de grãos	
	Planta inteira (kg/t)	Grãos com casca (kg/t)
Nitrogênio	19,2	12,5
Fósforo	3,2	2,2
Potássio	21,9	4,4

Fonte: Vahl & Lopes (2000)

V