

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel

Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Sementes



Tese

**Produção e qualidade de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.)
sob diferentes doses de fósforo aplicadas ao solo**

João Carlos Pinto Oliveira

Pelotas, 2011

JOÃO CARLOS PINTO OLIVEIRA

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE ARROZ
(ORYZA SATIVA L.) SOB DIFERENTES DOSES DE
FÓSFORO APLICADAS AO SOLO**

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

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Manoel de Souza Maia
Prof. Dr. Orlando Antônio Lucca Filho
Prof. Dr. Luiz Osmar Braga Schuch

Pelotas, 08 de abril de 2011.

Banca examinadora:

Orlando Antônio Lucca Filho

Francisco Amaral Villela

Carlos Alberto Silveira da Luz

Francisco de Jesus Verneti Júnior

Dedicatória

À minha família, meus pais Nilza e Carlos (in memoriam), pelo amor e pela minha formação. Aos meus amados filhos Patrícia, Rosaura e João Vicente, por serem tão especiais. E à minha esposa Vânia, que sempre me deu carinho e apoio, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa – pela liberação para o curso e apoio nesses vinte e um anos de trabalho.

À Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes; a todos os professores e funcionários, que me receberam sempre tão bem.

Ao Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado da Embrapa, por ter abrigado o trabalho em sua área física e se colocado sempre à disposição para a execução do mesmo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Manoel de Souza Maia, pela orientação segura, amizade, paciência e auxílio neste trabalho.

Aos meus coorientadores, Prof. Dr. Orlando Antônio Lucca Filho e Prof. Dr. Luiz Osmar Braga Schuch pelo apoio em todas as horas, aos quais dedico minha admiração e amizade.

Ao meu colega da Embrapa, pesquisador Algenor da Silva Gomes, por ter acreditado no projeto e se dedicado tanto a ele. E também aos funcionários, bolsistas e estagiários do Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado pela ajuda no trabalho pesado.

Aos colegas e parceiros, sempre dispostos a colaborar, em especial Wilner Brod, Janaína Silva, Bento de Lima, Suemar Alexandre, Mário Trzeciak e Roberto Bonini pelo auxílio, pelas conversas, pelos carreteiros, cafezinhos e cigarros. Por todos os bons momentos os quais nunca vou esquecer.

À Vânia, minha esposa, pela revisão do português e editoração final dessa tese. Trabalho cansativo, mas feito com muita dedicação.

EPÍGRAFE

“Bem-vindo à mansão que encerra

Dura lida e doce calma:

O arado que educa a terra;

O livro que amanha a alma.”

José Francisco de Assis Brasil

Produtor rural e diplomata

RESUMO

OLIVEIRA, João Carlos Pinto. **Produção e qualidade de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) sob diferentes doses de fósforo aplicadas ao solo.** 2011. 53f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade e a produção de sementes de arroz irrigado, quando diferentes doses de fósforo são aplicadas ao solo. A utilização de fosfato natural como fonte de fósforo na cultura do arroz irrigado vem sendo uma recomendação crescente, considerando a baixa disponibilidade do fósforo no sistema. Além da maioria das bibliografias não relatarem algum efeito sobre a produção de grãos quando se elevam os níveis de fósforo no solo, não se têm informações sobre como se comportam as sementes de arroz irrigado com relação a sua qualidade e aos componentes da produção nestas condições. O preparo do solo foi convencional, adubado antes da semeadura conforme recomendação da análise de solo ($55\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O na forma de KCl) e fósforo na forma de fosfato natural variando segundo os tratamentos: zero, 30, 45, 60, 75 e $90\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 e $90\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrogênio na forma de ureia em cobertura, em duas vezes. Utilizou-se a cv. BRS Querência na densidade de $90\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de sementes viáveis, semeada em 23 de novembro de 2007. O experimento foi conduzido na Estação de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado e no Laboratório de Análise de Sementes Flávio Farias Rocha, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas. As análises das folhas bandeira foram realizadas no Laboratório de Nutrição Vegetal da Embrapa Clima Temperado. O delineamento experimental foi o de blocos completos ao acaso, com quatro repetições. As sementes foram colhidas em dois de abril de 2008 quando apresentavam 23% de umidade, sendo secadas em secador estacionário com ar forçado a 40°C até 13% de umidade. Foi avaliado o rendimento de sementes por hectare, os componentes da produção de sementes e os teores de fósforo na folha bandeira coletada na fase do florescimento. Foram realizados dois testes de germinação. O primeiro, 90 dias após a colheita das sementes, e o segundo, 450 dias após a colheita. Este último foi considerado como avaliação do vigor nas sementes colhidas e armazenadas. O rendimento de sementes por hectare e a percentagem de germinação no teste de vigor apresentaram respostas que se ajustaram a modelos de regressão quadráticos. Já a percentagem de grãos inteiros e quebrados e os teores de fósforo e de magnésio nas folhas bandeira se ajustam a modelos de regressão linear. Também se encontrou uma correlação significativa e positiva ($P < 0,05\%$) entre os teores de fósforo e de magnésio nas folhas bandeira e a percentagem de germinação no teste de vigor. O uso do fosfato natural de Arad teve influência na produção e qualidade de sementes de arroz irrigado em Planossolos da Planície Costeira do Rio grande do Sul.

Palavras chave: germinação, folha bandeira, rendimento de engenho.

ABSTRACT

OLIVEIRA, João Carlos Pinto. **Produção e qualidade de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) sob diferentes doses de fósforo aplicadas ao solo.** 2011. 53f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The objective of this work was to evaluate the quality and the yield compounds of seed of rice when different levels of phosphorus are applied to the soil. The utilization of rock phosphates as source of phosphorus on rice crop has been a growing recommendation, considering the low availability of phosphorus in the system. Besides the majority of bibliographies do not report any effect on grain yield with higher levels of phosphorus in the soil, there is no information on how the seeds of flooding rice behave with respect to the quality and components of production under these conditions. The soil was prepared in the conventional method and fertilized before sowing according the analysis recommendation of soil ($55\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of K_2O in form of KCl) and phosphorus in form of rock phosphate in the levels: zero, 30, 45, 60, 75 and $90\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of P_2O_5 and $90\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of nitrogen in surface dressing in form of urea in two times. It was used cv. BRS Querência in sowing density of $90\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of viable seeds, sowed on November, 23, 2007. The experiment was carried out in Estação de Terras Baixas of Embrapa Clima Temperado and at the Laboratory of Seed Analysis Flávio Farias Rocha of Agronomy College at the Universidade Federal de Pelotas. The analysis of flag leaf was carried out in Plant Nutrition Laboratory of Embrapa Clima Temperado. The experimental design was with randomized complete blocks design with four repetitions. The seeds were harvest on April, 2, 2008 and presented 23% of moisture, and they dried in a forced-air stationary dryer at 40°C until 15% of moisture. It was evaluated for seed yield per hectare, yield compounds and the levels of phosphorus in a flag leaf, collected at the flowering stage. Two germination tests were carried out 90 and 450 days after the harvest. The last one was considered as a vigor test in seeds harvested and stored. The seed yield per hectare and the percent of germination in vigor test showed fit quadratic regression models. The percent of perfect grains and the levels of phosphorus and magnesium in flag leaves fit linear regression models. A significant correlation was found ($P < 0.05\%$) between phosphorus and magnesium levels in flag leaves and the percentage of germination in vigor test. The use of Arad rock phosphate affected the yield and quality of rice seeds on Planossoil of Coastal Plain of Rio Grande do Sul.

Key Words: Germination, flag leaf, perfect grains

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Produção de sementes de arroz irrigado sob diferentes doses de fósforo aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico no Litoral Sul do Rio Grande do Sul	29
Figura 2 – Percentagem de esterilidade de sementes de arroz irrigado sob diferentes doses de fosfato aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do Rio Grande do Sul	32
Figura 3 – Percentagem de grãos inteiros nas sementes de arroz irrigado sob diferentes doses de fósforo aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do Rio Grande do Sul	33
Figura 4 – Percentagem de grãos quebrados nas sementes de arroz irrigado sob diferentes doses de fósforo aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do Rio Grande do Sul	34
Figura 5 – Percentagem de plântulas normais no teste de vigor em sementes de arroz irrigado sob diferentes doses de fósforo aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do Rio Grande do Sul	34
Figura 6 – Percentagem de plântulas anormais e mortas no teste de vigor em sementes de arroz irrigado sob diferentes doses de fósforo aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do Rio Grande do Sul	35
Figura 7 – Percentagem de fósforo e magnésio nas folhas bandeira de arroz irrigado sob diferentes doses de fósforo aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do Rio Grande do Sul	36

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Médias por tratamento e coeficientes de variação obtidos para produção de sementes, número de panículas por m ² , espiguetas por panícula, peso de mil sementes (PMS), número de grãos cheios e chochos, percentagem de esterilidade e de grãos inteiros de arroz irrigado sob diferentes doses de fosfato aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do RS	30
Tabela 2 – Médias por tratamento e coeficientes de variação obtidos para percentagem de germinação, plântulas anormais, sementes dormentes e mortas no teste de germinação; percentagem de germinação, plântulas anormais, sementes dormentes e mortas no teste de vigor; e, concentrações de fósforo, potássio, cálcio e magnésio na folha bandeira de arroz irrigado sob diferentes doses de fosfato aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do RS	31
Tabela 3 – Correlação entre os teores de macronutrientes na folha bandeira coletada no florescimento sob diferentes doses de fósforo no solo	36
Tabela 4 – Correlação entre os teores de macronutrientes na folha bandeira e percentagem de germinação no teste de vigor	37

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA	15
1 Característica do Planossolo Háplico Eutrófico Solódico	15
2 Comportamento do fósforo em solos alagados	16
3 Função do fósforo no metabolismo vegetal	16
4 Influência do fósforo sobre a qualidade das sementes	18
5 Resposta da cultura do arroz irrigado à qualidade das sementes	19
6 Resposta da cultura do arroz irrigado à adubação fosfatada	20
MATERIAL E MÉTODOS	24
1 Localização do experimento	24
2 Práticas culturais	24
3 Tratamentos	25
4 Delineamento e desenho experimental	25
5 Avaliações	26
5.1 Determinação do grau de umidade	26
5.2 Número de panículas.m ⁻²	26
5.3 Número de espiguetas por panícula	26
5.4 Percentagem de grãos inteiros	26
5.5 Percentagem de esterilidade	27
5.6 Produção total de sementes	27
5.7 Peso de mil sementes	27
5.8 Teste de germinação	27
5.9 Teste de vigor	28
5.10 Determinação dos teores dos macronutrientes P, K, Ca e Mg	28
6 Análise estatística	28

RESULTADOS	29
DISCUSSÃO	38
CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	44
ANEXOS	48

INTRODUÇÃO

O arroz é o cereal mais produzido e consumido em todos os continentes. Destaca-se pelo volume de produção e área cultivada, e é considerado o alimento de maior importância econômica em vários países. É a base para a alimentação de cerca de 2,4 bilhões de pessoas, fornece 27% da dieta calórica e 20% da proteína consumida no mundo. A cultura do arroz é, hoje, a de maior potencial de aumento de produção e, possivelmente, de combate à fome no mundo. Portanto, desempenha papel estratégico na solução das questões de segurança alimentar.

O Brasil é o oitavo produtor mundial e tem no Rio Grande do Sul a base de sustentação da produção nacional desse cereal. Representando cerca de 39% da área cultivada brasileira, as várzeas gaúchas produziram na safra 2009/10, aproximadamente 7.905 mil toneladas, 68% da produção nacional (CONAB, 2011). O Rio Grande do Sul, maior produtor de arroz irrigado do Brasil, tem uma produtividade média de $7.150\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (IBGE, 2009).

De acordo com Pinto et al. (2004), os solos de várzea possuem uma característica em comum, o hidromorfismo. No Rio Grande do Sul este tipo de solo é encontrado nas regiões do Litoral Sul, Planície Costeira Interna e Externa, Depressão Central, Campanha e Fronteira Oeste, abrangendo uma área aproximada de 5,4 milhões de ha.

A moderna agricultura tem se caracterizado pelo uso intensivo da terra e, na maioria das vezes, em monocultivo, e pelo emprego de altas doses de agrotóxicos e adubos solúveis. Entretanto, a sociedade tem mostrado interesse no consumo de produtos mais limpos e seguros. Por isso, a pesquisa e os produtores estão buscando práticas de manejo que permitam uma transição de uma agricultura intensiva para a agricultura sustentável. Nesse contexto, adubos de liberação lenta que são obtidos apenas por procedimentos físicos como os fosfatos naturais, se encaixam dentro desta filosofia (FERREIRA et al., 2008). Por conseguinte, a

utilização de fosfato natural vem sendo uma recomendação crescente considerando a disponibilidade de fósforo no sistema.

De uma maneira geral, a bibliografia relata não haver respostas sobre a produção de grãos de arroz quando se elevam os níveis de fósforo no solo, e não se têm informações a respeito dos efeitos da adubação fosfatada sobre os componentes da produção e a qualidade das sementes. Contudo, levanta-se a hipótese de que quantidades mais altas de fósforo no solo possam ser benéficas tanto no aumento da produtividade como na melhoria da qualidade das sementes.

Acreditando que essa proposição seja verdadeira, foi conduzido esse experimento, que teve por objetivo avaliar o efeito de doses crescentes de fosfato aplicadas ao solo sobre a produção de sementes, os componentes da produção de sementes e a qualidade das sementes de arroz irrigado.

REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

1 Característica do Planossolo Háptico Eutrófico Solódico

Os Planossolos ocupam cerca de 11% da área total do estado do Rio Grande do Sul. Essa classe apresenta como característica geral, a presença de um tipo especial de horizonte B textural, com incremento de argila no horizonte A. O Planossolo Háptico Eutrófico Solódico é encontrado nas regiões do Litoral Sul e Planície Costeira Externa e Interna. É típico de áreas baixas e extensas, onde o relevo condiciona o excesso de água permanente ou temporário, ocasionando fenômenos de redução que resultam no desenvolvimento de perfis com coloração acinzentada e apresenta saturação por sódio entre 6 e 15% dentro de 120cm desde a superfície. Mas, isso não constitui fator restritivo ao desenvolvimento das culturas, já que ocorre em maiores profundidades nos horizontes B e C. As principais limitações a sua utilização são a má drenagem e os valores baixos de soma de bases, o que requer adubações frequentes (PINTO et al., 2004).

Pedrotti et al, 2003, salientam a necessidade de se quantificar os atributos físicos e hídricos do solo para a condução das lavouras de arroz irrigado, e que possam permitir a utilização de culturas como soja, milho e pastagem, em rotação. Para isso, é necessário um manejo hídrico diferente ao usualmente aplicado na lavoura arrozeira e, ainda, associar um manejo de solo adequado para cada uma das espécies a serem introduzidas.

Resultados com o uso dessas culturas alternativas vêm sendo obtidos com sucesso. Um exemplo disso são os apresentados por Konrad e Castilhos (2002) com o milho, utilizando adubação orgânica.

2 Comportamento do fósforo em solos alagados

Comparando solos utilizados para o cultivo de arroz irrigado no RS, Gonçalves e Meurer (2010) observaram que os Planossolos apresentam uma maior concentração de fósforo na solução do solo aos 7, 21 e 35 dias após o alagamento, independente da aplicação ou não de superfosfato triplo (comparação feita com Luvisolos, Vertissolos e Chernossolos). Isso se deve, provavelmente, à ausência ou menor redução dos óxidos férricos para ferrosos, que contribuem com a liberação do fósforo para a solução do solo; e, também, devido à maior readsorção do fósforo desorvido pela redução, que ocorre nos solos oriundos de sedimentos de basalto (GONÇALVES et al., 2008). Estes mesmos autores constataram maior acumulação de fósforo no tecido das plantas de arroz cultivadas em Planossolos, mesmo sem a aplicação de superfosfato triplo, justamente pela maior concentração do elemento na solução do solo por um período maior de alagamento.

Os ciclos de alagamento-secagem que os solos de várzea são submetidos provocam o aumento da adsorção do fósforo pelos compostos de ferro, o que resulta menor disponibilidade do fósforo para as plantas. O alagamento e a posterior secagem determinaram o aumento das frações de ferro de maior reatividade resultando em menores teores de fósforo remanescentes na solução do solo (HERNÁNDEZ; MEURER, 2000).

Ranno et al. (2007), encontraram grande diversidade na capacidade máxima de adsorção de fósforo entre diferentes tipos de solos, a qual foi correlacionada significativamente com os teores de argila, matéria orgânica e óxidos de ferro presentes nos mesmos.

Avaliando o efeito da calagem em solos de várzea (um Gleissolo e dois Planossolos), Silva e Ranno (2005) observaram que em maiores valores de pH os teores de ferro na solução diminuíram; e, os de cálcio e magnésio, aumentaram. A calagem não afetou os teores de fósforo e potássio.

3 Função do fósforo no metabolismo vegetal

O fósforo contribui com apenas 0,2% da matéria seca produzida, entretanto é um dos elementos essenciais para o metabolismo vegetal (TAIZ; ZIEGLER, 2004).

O transporte deste elemento na solução do solo até a superfície das raízes das plantas ocorre por difusão. Daí a necessidade de um bom desenvolvimento radicular das plantas. O fósforo é absorvido ativamente pelas raízes da plantas na forma de fosfatos (LARCHER, 2001). É um elemento móvel dentro da planta, e é translocado das folhas mais velhas para as mais jovens e depois para as sementes. Segundo Epstein; Bloom (2006), o fósforo é onipresente no metabolismo das plantas, permanecendo pentavalente tanto como fosfato ($P_2O_4^{3-}$) como pirofosfato ($P_2O_7^{4-}$). Tem papel-chave em todos os metabólitos relacionados com a aquisição, estocagem e utilização de energia. Esses metabólitos são os açúcares fosfatados, adenosinas fosfatadas (AMP, ADP, ATP) e nucleotídeos e ácidos nucleicos. A deficiência do fósforo em gramíneas causa distúrbios nos processos reprodutivos e é identificada pelo aparecimento de coloração violeta nas bordas e na nervura central da folhas (LARCHER, 2001).

De acordo com Blevins (1999) e Larcher (2001) o fósforo participa de todos os processos nos quais as proteínas estejam envolvidas. Quase todo o metabolismo no interior das células é controlado por fosforilação ou desfosforilação das enzimas. A adição ou remoção de fosfato se torna, então, um mecanismo-chave, indicando o que está acontecendo dentro da célula da planta. A fonte de fosfato para a sinalização é o ATP (trifosfato de adenosina). Além desse papel, o ATP é também o principal produto de acúmulo e troca de energia na célula. Esta molécula contém ligação de fosfato de alta energia que armazena e provê energia para todas as funções celulares. Durante as últimas fases do desenvolvimento da planta, da fecundação até a maturidade fisiológica, o fósforo é remobilizado das folhas para as sementes. Uma das formas em que o fósforo é armazenado nas sementes é como molécula de ácido fítico. O ácido fítico, também conhecido como fitina – na forma de sais de cálcio e magnésio –, é um meio utilizado pelas plantas para armazenamento de fósforo e outros minerais. Forte quelante de minerais essenciais como o cálcio, magnésio, ferro e zinco, este composto é uma reserva essencial que será utilizada durante o processo de germinação e desenvolvimento da plântula (BUCKERIDGE et al., 2004). Cada molécula de ácido fítico contém seis átomos de carbono e seis átomos de fósforo, e cada um dos átomos de fósforo tem uma carga negativa. Portanto, a molécula inteira contém seis cargas negativas que podem atrair cátions carregados positivamente como potássio, magnésio, cálcio, cobre, zinco e ferro. (BLEVINS, 1999).

O fitato é a principal forma de armazenamento do fósforo encontrado nos grãos de cereais e leguminosas. Há um interesse na avaliação e na manipulação dos teores desse composto nos grãos. Coelho et al. (2002) encontraram variabilidade genética quanto ao teor de fitato nos grãos de feijão. Os teores de fitato nas sementes variaram de 47% a 72% do fósforo total acumulado. Também observaram alta correlação entre fitato e proteína, mas apenas na dose mais alta de fósforo. Esta variação não pôde ser explicada por diferenças na absorção e distribuição do fósforo na planta.

4 Influência do fósforo sobre a qualidade das sementes

Cavalcante et al. (1982) observaram que o uso de fertilizantes com zinco e fósforo proporcionaram sementes de arroz de melhor viabilidade nos testes de germinação. O efeito positivo do fósforo sobre a germinação foi potencializado pela adição de nitrogênio.

DeMarco (1990), avaliando lotes de sementes de trigo com diferentes conteúdos de fósforo, observou que a germinação foi mais rápida nas sementes com maiores teores de fósforo. Após 25 dias da semeadura, todas as plantas oriundas de sementes com altos teores de fósforo estavam com tamanhos semelhantes e apresentavam vantagem sobre as demais.

Sementes de trigo, produzidas em áreas com altos e baixos teores de fósforo no solo, foram semeadas nas mesmas condições ambientais em casa de vegetação (BURNETT et al., 1997). O resultado foi de que sementes com menor conteúdo de fósforo tiveram menor emergência, menor produção de matéria seca e menor rendimento de grãos, mesmo com suplementos de fósforo no solo adequados na semeadura.

Os resultados do experimento conduzido por Mullins et al. (2001) com sementes de tremoço branco, mostraram que a concentração de fósforo nas sementes dessa leguminosa pode afetar o desempenho da lavoura subsequente, mas apenas quando estas sementes são semeadas em solos com teores de fósforo apropriados.

Sementes com altos teores de fósforo propiciaram aumentos na produção de matéria seca em plantas de feijoeiro, até os 40 dias após a emergência. Essas

plantas, originadas de sementes com altos teores de fósforo, mostraram menor dependência do suprimento desse nutriente no solo quando se mediu a produção de matéria seca, em relação àquelas oriundas de sementes com baixa concentração. Os altos teores de fósforo na semente proporcionaram aumento do número de nódulos e de massa dos nódulos para as cultivares avaliadas. A acumulação de nitrogênio na parte aérea aos 20 dias após a emergência foi maior nas plantas originadas de sementes com altos teores de fósforo (ARAÚJO et al., 2002)

Resposta semelhante foi verificada por Silva et al. (2003) ao constatarem que o teor de fósforo da semente influenciou positivamente o índice de área foliar e o rendimento de grãos de feijoeiro, sendo este efeito maior no solo adubado do que no solo deficiente em fósforo. O teor de fósforo na semente não afetou significativamente o teor de fósforo nas folhas na fase de floração, embora na ausência de adubação fosfatada tenha havido uma tendência das sementes com mais fósforo produzirem plantas com maior teor nas folhas.

5 Resposta da cultura do arroz irrigado à qualidade das sementes

O potencial fisiológico de um lote de sementes é o conjunto de aptidões que permite estimar a capacidade dessas sementes manifestarem adequadamente suas funções vitais após a semeadura. Por isso, informações obtidas nos laboratórios devem permitir a comparação entre diferentes lotes e avaliar a probabilidade de sucesso na semeadura. O estabelecimento de um bom estande de plantas constitui um dos pilares que sustenta a obtenção de produções elevadas (MARCOS FILHO, 2011).

O retardamento na emergência das plântulas, quando foram usadas sementes de arroz de menor qualidade fisiológica foi mostrado por Höfs et al. (2004a). O mesmo aconteceu com o índice de velocidade de emergência, indicando maior desuniformidade na emergência com a redução da qualidade fisiológica. Isso ocorreu devido, em parte, ao atraso no processo de germinação das sementes. As plântulas oriundas de sementes de maior qualidade fisiológica apresentaram maior produção de biomassa seca em dois anos de observação. As diferenças na produção de biomassa seca, entre plântulas originadas de sementes de arroz de maior e de menor qualidade fisiológica, foram diminuindo gradativamente com o

avanço do crescimento das plântulas. A área foliar também foi menor com o uso de sementes de menor qualidade fisiológica e, da mesma forma, apresentou redução nas diferenças com o avanço do crescimento das plântulas.

Similarmente, o uso de sementes de arroz de qualidade fisiológica mais alta proporcionou acréscimos no rendimento de grãos de 8,2% e 9,0% nos dois anos de avaliação, correspondendo a aumentos de $622\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e $660\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente. O uso de sementes de baixa qualidade fisiológica provocou desuniformidade na maturação e redução na massa de 1.000 grãos, entretanto não afetou o rendimento de grãos inteiros e o índice de colheita. A variação na densidade de semeadura não afetou a uniformidade de maturação, o rendimento de grãos inteiros e a massa de 1.000 grãos (HÖFS et al, 2004b).

6 Resposta da cultura do arroz irrigado à adubação fosfatada

Segundo Ferreira et al. (2008), poucas vezes são verificados aumentos em rendimentos que compensem a aplicação de quantidades superiores a $60\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 . A ausência de resposta positiva da cultura do arroz irrigado à adubação fosfatada é observada em solos de várzea. A submersão do solo propicia o aumento da disponibilidade na maioria dos nutrientes, notadamente o fósforo, como resultado do processo de redução que se estabelece no solo sob condições de alagamento (GOMES et al., 2005). A difusão do fósforo no solo e o transporte por fluxo de massa para as raízes do arroz são favorecidos pela submersão. Nos solos alagados, as diferenças nas respostas do arroz a fontes de fósforo são minimizadas, se comparadas às condições de sequeiro.

No Arkansas, Wilson et al. (1999) citam que até 1992 não havia recomendação de adubação fosfatada para a cultura do arroz, uma vez que eram comuns relatos de aumento na matéria seca, mas não aumentos na produção de grãos. Para Schivittaro e Gomes (2007), teores de 6,0 e $20\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ de fósforo no solo, extraídos pelos métodos Mehlich-1 e Resina, respectivamente, são considerados como níveis críticos, acima dos quais a probabilidade de retorno econômico à adubação é muito pequena. As recomendações para solos com teores acima desses valores têm como objetivo repor a quantidade extraída pela cultura, mantendo a fertilidade do solo. Entretanto, Gomes et al. (2005) observaram

acréscimos lineares nos rendimentos da cultura do arroz com disponibilidades de fósforo no solo, variando de 2 a 10mg.dm⁻³, utilizando o método Mehlich-1.

Wilson et al. (1999) discutem a eficiência do método Mehlich-3, utilizado na maioria dos laboratórios de solo do Arkansas, para determinar a quantidade de fertilizante fosfatado a ser usada na cultura do arroz irrigado. Enquanto em solos não alagados o fósforo é adsorvido por óxidos de ferro e alumínio, em solos alagados, por causa das reações de oxi-redução que ocorrem, o fósforo passa a ser adsorvido pelo cálcio e o magnésio, que não participam dessas reações. Sugerem que o pH do solo seja um parâmetro a ser utilizado para a recomendação da adubação fosfatada já que a disponibilidade do fósforo é ótima entre pH 6,0 e 6,5. No entanto, em um Gleissolo e dois Planossolos, Silva e Ranno (2005) observaram que os teores de fósforo e potássio do solo não foram afetados pelo pH.

Nas Filipinas, sistemas de produção intensivos que utilizam a rotação de culturas de seco (pimenta e milho) com arroz irrigado levaram ao uso de altas doses de adubo fosfatado, já que as culturas após o cultivo do arroz apresentavam deficiência deste elemento. A preocupação com o excesso de fósforo no ambiente levou à realização de experimentos de calibração, com o objetivo de diminuir a acumulação deste elemento no solo e manter o fósforo nativo em equilíbrio (ALAM; LADHA, 2004).

Avaliando sistemas de produção intensivos de arroz e trigo na Índia, Kolar e Grewal (1989) concluíram que a fertilização com doses menores de fósforo no estabelecimento de cada uma das culturas, é mais eficiente e mantém os níveis de fósforo no solo. Enquanto a utilização do dobro da dose antes da semeadura de apenas uma delas, não tem a mesma eficiência. Já o uso de doses maiores proporciona a acumulação de fósforo no solo.

Estudando diferentes fontes de fósforo em dois solos utilizados para o cultivo de arroz irrigado no RS, Gonçalves et al. (2008) constataram não haver influência da fonte de fósforo sobre o pH e os teores de ferro e manganês na solução em solos alagados. Também citam que entre os fosfatos naturais, o de Arad apresentou maior solubilização do que o de Patos de Minas no Planossolo, a partir do 28^o dia de alagamento.

Luca et al. (2002) comparando diferentes tipos de fertilizantes fosfatados aplicados ao solo para as culturas do eucalipto e do arroz, concluíram que o arroz é mais eficiente na absorção do fósforo presente em fontes de menor solubilidade,

como o fosfato natural de Patos de Minas. As razões para essa maior eficiência são, principalmente, a dinâmica de crescimento das plantas de arroz, a arquitetura de suas raízes, a afinidade íon-carregador e as reações químicas que ocorrem na interface solo-raiz. Neste mesmo trabalho, o coeficiente de utilização biológica foi menor no arroz em comparação ao eucalipto, devido a sua menor produção de matéria seca e maior concentração de fósforo no tecido.

Na Argentina, Melgar et al. (1998) avaliaram duas fontes de fósforo (superfosfato triplo e fosfato natural da Carolina do Norte) e também diferentes doses aplicadas ao solo. Ambas as fontes apresentaram comportamentos similares para doses iguais. Com base nos resultados e em função do menor custo do fosfato natural, este se mostra como uma alternativa mais sustentável em comparação com o superfosfato triplo.

Alguns fosfatos naturais reativos como o de Arad, de Gafsa e de Marrocos, isolados ou misturados com fosfatos solúveis em água têm mostrado eficiência comparável a destes últimos isoladamente, principalmente em solos com teor de fósforo superior a $3\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Assim, para solos com teores de P (Mehlich-1) superior a $3\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, é viável a utilização de fosfatos naturais, recomendando-se os reativos (SCHIVITTARO; GOMES, 2007). Conforme os mesmos autores, para o cálculo da dose deve-se considerar até o dobro do teor de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico 2% (relação 1:100), o qual corresponde a um acréscimo de aproximadamente 20% na dose calculada com base no teor total, para equivalências às fontes solúveis.

Segundo Gomes et al. (2005), que estudaram o efeito residual de diferentes fontes de fósforo na adubação da cultura do arroz irrigado, o comportamento semelhante entre os fosfatos solúveis e os fosfatos naturais reativos no primeiro ano de cultivo e o melhor desempenho dos fosfatos reativos após três cultivos, reforçam a possibilidade do uso desta fonte de fósforo em sistemas de rotação de culturas para solos de várzea, com teores de fósforo superiores ao do nível crítico.

A deficiência de fósforo nas plantas de arroz aparece primeiramente nas folhas mais velhas, já que este elemento é extremamente móvel dentro da planta. Esta deficiência pode ser observada nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura. Bundt et al. (2007) avaliaram a melhor época de medir os teores de fósforo nas folhas da planta de arroz irrigado e chegaram à conclusão de que é possível fazer esta avaliação em qualquer fase do desenvolvimento da cultura, uma vez que os valores não mudam durante o seu ciclo de crescimento. Estes mesmos autores

não encontraram correlação significativa entre a produtividade da cultura do arroz e os teores de macronutrientes nas folhas, e sugerem que outros parâmetros devam ser buscados para medir o estado nutricional da cultura.

Segundo Crusciol et al. (2003), a adubação mineral não influencia a qualidade industrial dos grãos de arroz, nem o teor de proteínas e o conteúdo de nutrientes nos grãos brunidos; e, ainda salientam haver poucas evidências para afirmar se a adubação do arroz altera ou não a proporção entre grãos inteiros e quebrados.

MATERIAL E MÉTODOS

1 Localização do experimento

A fração do experimento realizada a campo foi conduzida na Estação Experimental de Terras Baixas do Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado da Embrapa, situado no município de Capão do Leão, na região fisiográfica do Litoral Sul, Rio Grande do Sul, a 52° 21' de longitude oeste e a 31° 52' de latitude sul, com uma altitude média de 13,2m acima do nível do mar. O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento Pelotas e está classificado como Planossolo Háplico Eutrófico Solódico – Sge, com horizonte A franco e B plânico. São solos rasos e mal drenados, com horizonte B impermeável (EMBRAPA, 2006).

O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, é o Cfa, clima temperado úmido, apresentando temperaturas médias diárias do mês mais frio entre 3 e 18°C e a do mês mais quente superiores a 22°C. A precipitação pluviométrica média anual varia de 1.186 a 1.364mm. Normalmente ocorrem geadas de abril a novembro e períodos de déficit hídrico de novembro a abril (BRASIL, 1973).

2 Práticas culturais

O preparo de solo foi convencional com o uso de uma enxada rotativa. A semeadura ocorreu em linhas distantes entre si 17,5cm. A densidade de semeadura foi para permitir o estabelecimento de 300 plântulas viáveis.m⁻² (111kg.ha⁻¹ de semente). A variedade utilizada foi a BRS Querência. A semeadura foi realizada em 23/11/2007 e a emergência das plântulas ocorreu em 30/11/2007. Em 31/11/2007 foi feita a aplicação de herbicida pré-emergente (clomazone – 0,5l.ha⁻¹) e em 12/12/2007 a do herbicida pós-emergente (penoxsulam – 0,2l.ha⁻¹ mais 0,5l.ha⁻¹ de óleo vegetal).

A adubação com potássio foi feita de acordo com o resultado da análise de solo e a recomendação da ROLAS (Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004) para a lavoura de arroz irrigado na base de $55\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O . As doses de fósforo utilizadas no experimento seguiram os tratamentos aplicados e relacionados no item a seguir.

Também foi realizada a adubação de cobertura com $90\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrogênio na forma de ureia, dividida em duas doses. A primeira (50%) no perfilhamento antes da entrada da água nas parcelas (21/12/2007) e, a segunda (outros 50%), no início da diferenciação da panícula (IDP), em 17/01/2008; épocas em que o fertilizante nitrogenado sofre menos perdas e é melhor absorvido pelas raízes das plantas (SCHIVITTARO; MACHADO, 2004).

A colheita foi realizada em 02/04/2008 quando as sementes apresentavam, em média, 23% de umidade.

3 Tratamentos

Os tratamentos foram estipulados como acréscimos de 0%, 50%, 100%, 150% e 200% à recomendação de adubação com fósforo, e mais um tratamento sem fertilização fosfatada. Então, os tratamentos ficaram definidos como segue:

- T1 - zero (sem fertilizante fosfatado);
- T2 - $30\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 (recomendação);
- T3 - $45\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 (+ 50%);
- T4 - $60\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 (+ 100%);
- T5 - $75\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 (+150%);
- T6 - $90\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 (+ 200%).

O fertilizante, sob a forma de fosfato natural de Arad (FNA), foi aplicado de uma única vez e incorporado ao solo através de uma gradagem antes da semeadura nas parcelas.

4 Delineamento e desenho experimental

O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. A área de cada parcela foi de $2 \times 5\text{m}$ (10m^2 –

11 linhas por parcela) sendo a área útil de 4,8m². Entre as parcelas e entre os blocos foram feitas as taipas de base larga para a contenção da água de irrigação, com 1m de largura e, também, os canais para a irrigação. A área total do experimento foi de 810m².

5 Avaliações

Foram avaliados os componentes da produção de sementes do arroz irrigado, a produção total e a qualidade das sementes colhidas através de teste de germinação e os teores de macronutrientes nas folhas bandeiras, conforme segue:

5.1 Determinação do grau de umidade

Foi utilizado o método da estufa elétrica a 105±3°C, para a determinação do grau de umidade, conforme as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Este procedimento compreende o acondicionamento de duas repetições de quatro a cinco gramas de sementes inteiras em cápsulas de alumínio.

5.2 Número de panículas.m⁻²

Antes da colheita das parcelas foi feita a contagem do número de panículas utilizando-se quatro quadrados de 0,5m de lado por parcela. Foi calculada a média das quatro amostras e feita a transformação para panículas.m⁻².

5.3 Número de espiguetas por panícula

Dez panículas foram coletadas ao acaso na área útil de cada uma das parcelas. Cada panícula foi trilhada a mão, as espiguetas contadas e calculada a média por parcela.

5.4 Percentagem de grãos inteiros

Foram feitas amostras de 100g de semente para cada tratamento, das quais foram retiradas mecanicamente as glumas, em um engenho de prova e os grãos inteiros pesados. A percentagem de grãos inteiros (ou rendimento de engenho) foi calculada dividindo-se o peso de grãos inteiros pelo peso total de grãos da amostra e o resultado multiplicado por 100.

5.5 Percentagem de esterilidade

Após a avaliação do número de espiguetas por panícula, as sementes passaram em um soprador – coluna de ar forçado – e foram retirados os grãos chochos, que foram contados. Foi calculada a percentagem de esterilidade dividindo-se o número de grãos chochos pelo número total de espiguetas da panícula, multiplicando-se por 100.

5.6 Produção de sementes

Foi colhida toda a área útil da parcela. As sementes foram trilhadas em trilhadeiras de parcelas, peneiradas para a retirada da palha (material grosseiro), acondicionadas em sacos de papel, pesadas e secas em secadores de ar forçado na temperatura de 40°C até aproximadamente 13% de umidade e novamente pesadas. Após, passaram por um soprador, tipo coluna de ar, para a retirada das espiguetas vazias e novamente pesadas. Os valores foram expressos em quilogramas por hectare (kg.ha⁻¹).

5.7 Peso de mil sementes

Pesou-se parte da amostra de sementes puras colhidas em cada uma das parcelas e com o auxílio de uma máquina contadora se realizou a contagem de sementes naquela amostra. O peso médio de mil sementes foi obtido usando-se a seguinte fórmula:

$$\text{PMS} = \frac{\text{Peso total da amostra}}{\text{Número total de sementes}} \times 1.000$$

5.8 Teste de germinação

O teste de germinação foi realizado aos 90 dias após a colheita, no Laboratório de Análise de Sementes Flávio Farias Rocha da FAEM/UFPel. Para a realização do teste foram utilizadas 200 sementes de arroz por tratamento (4 repetições de 50 sementes), semeadas sobre uma folha de papel germitest dobrada e umedecida previamente, com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Em seguida, foi colocada outra folha de papel germitest dobrada sobre as sementes. Os rolos foram colocados no germinador a uma temperatura de 25 ± 2°C (BRASIL, 2009).

5.9 Teste de vigor

Outro teste de germinação, seguindo-se a metodologia descrita anteriormente, foi realizado aos 450 dias após a colheita das sementes. Este teste foi considerado como a avaliação do vigor das sementes de cada lote (tratamento). Durante esse período as sementes ficaram armazenadas em câmara seca e fria a 10°C até a data do teste.

5.10 Determinação dos teores dos macronutrientes P, K, Ca e Mg

Foi realizada na fase do florescimento, quando 30 a 50% das panículas estavam florescidas e a última folha já estava totalmente expandida. Elas foram colhidas ao acaso na área útil das parcelas e num total de dez por parcela.

Os teores dos macronutrientes P, K, Ca e Mg no tecido das folhas bandeira das plantas foram obtidos por meio de análises químicas específicas para cada um destes elementos (FREIRE, 2001) e sua realização ocorreu no laboratório de Nutrição Vegetal do Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado.

6 Análise estatística

Os resultados obtidos foram analisados para testar a significância dos componentes linear e quadrático das equações de regressão pelo teste t, tendo sido escolhida a equação significativa com maior coeficiente de determinação. O grau de correlação entre as variáveis foi submetido à análise de correlação de Pearson. Todas as análises estatísticas foram executadas por meio do Sistema de Análise Estatística para Windows – WinStat (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2001).

RESULTADOS

Os dados meteorológicos ocorridos durante o período do experimento – temperaturas médias, número de dias com formação de geada, precipitação pluviométrica e evapotranspiração – e as tabelas das análises de regressão e de correlações estão apresentadas nos Anexos. Nas tabelas 1 e 2 estão apresentadas as médias das variáveis avaliadas para cada tratamento, juntamente com os seus respectivos coeficientes de variação.

A análise de regressão dos dados de produção de sementes mostrou que estes se ajustam a um modelo de regressão polinomial quadrático ($P=0,05\%$) (Fig. 1). Aumentos nas doses de fosfato aplicadas ao solo proporcionam aumentos na produção de sementes até a dose de $60\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

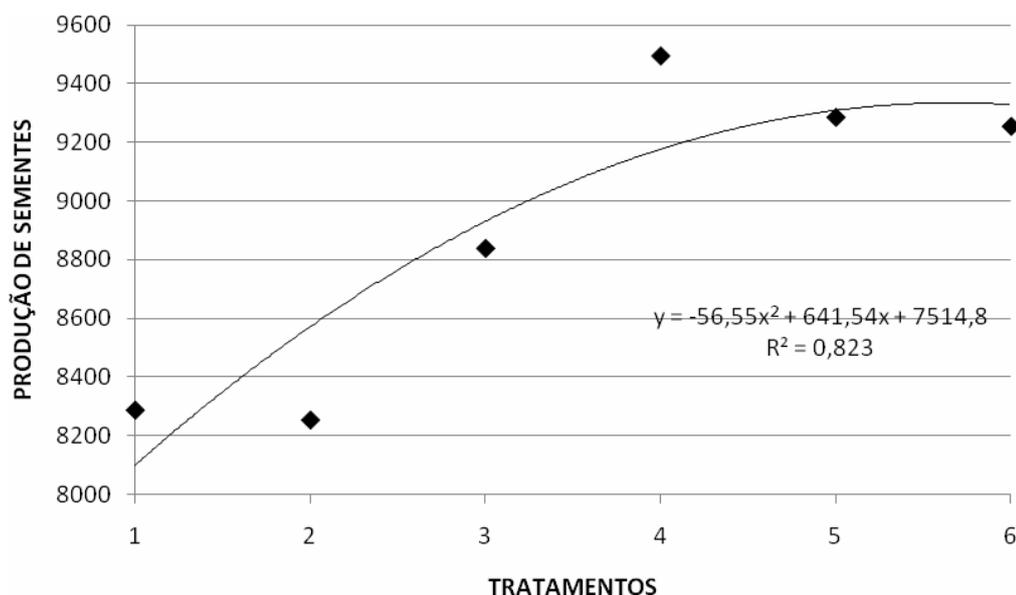


Figura 1 – Produção de sementes de arroz irrigado (em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) sob diferentes doses de fosfato aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do Rio Grande do Sul.

Tabela 1 – Médias por tratamento e coeficientes de variação obtidas para produção de sementes, número de panículas por m², espiguetas por panícula, peso de mil sementes (PMS), número de grãos cheios e chochos, percentagem de esterilidade e de grãos inteiros de arroz irrigado sob diferentes doses de fosfato aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do RS

DOSES DE P	IC	% DE ÁGUA	PRODUÇÃO	ALTURA	PAN/ÁREA	ESP/PAN	PMS	CHEIOS	CHOCOS	ESTER.	INTEIROS	QUEBR.
0	0,58	18,00	8287	85	401	146	26,48	1149,25	312,00	21,84	52,38	16,15
30	0,58	17,20	8252	83	446	147	26,00	1113,25	356,75	24,34	54,38	14,03
45	0,57	17,00	8839	86	452	150	26,05	1153,00	348,25	23,40	57,83	11,75
60	0,57	16,63	9496	81	468	150	26,58	1236,50	268,25	17,77	58,25	11,00
75	0,64	15,55	9286	85	474	151	26,10	1180,50	333,25	22,12	57,58	11,83
90	0,57	16,50	9255	85	441	151	26,43	1133,50	376,75	24,98	58,23	11,35
CV	4,84		3,69	3,06	12,37	8,83	1,27	12,45	12,41	16,93	6,69	22,36

Tabela 2 – Médias por tratamento e coeficientes de variação obtidos para percentagem de germinação, plântulas anormais, sementes dormentes e mortas no teste de germinação; percentagem de germinação, plântulas anormais, sementes dormentes e mortas no teste de vigor; e, concentrações de fósforo, potássio, cálcio e magnésio na folha bandeira de arroz irrigado sob diferentes doses de fosfato aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do RS

DOSES DE P	TESTE DE GERMINAÇÃO				TESTE DE VIGOR				FOLHA BANDEIRA			
	% GERM	ANORMAIS	DORM.	MORTAS	NORMAIS	ANORMAIS	DORM.	MORTAS	P	K	Ca	Mg
0	58	18	20	4	79	13	2	6	0,28	1,25	0,40	0,14
30	56	18	21	5	81	13	1	5	0,29	1,24	0,38	0,15
45	57	18	21	5	83	12	3	3	0,30	1,23	0,39	0,15
60	59	19	19	3	86	8	1	5	0,30	1,23	0,39	0,16
75	62	17	18	4	85	10	2	3	0,31	1,29	0,43	0,17
90	57	19	21	4	84	10	4	3	0,31	1,22	0,40	0,16
CV	7,39	19,58	23,61	41,79	4,36	32,32	75,35	44,70	6,21	2,93	7,85	6,30

Não foi possível obter significância na análise de regressão para os componentes da produção de sementes avaliados, quais sejam: número de panículas por área, número de espiguetas por panícula e peso de mil sementes. Apesar de não ser possível detectar diferenças significativas entre os tratamentos (Tab. 1), há uma tendência de que maiores valores tenham ocorrido nos tratamentos 4 e 5 (60 e 75kg.ha⁻¹ de P₂O₅), o que poderia explicar a maior produtividade de sementes nesses casos. A menor percentagem de esterilidade de grãos encontrada também nesses tratamentos (Fig. 2) pode colaborar para explicar a maior produção de sementes.

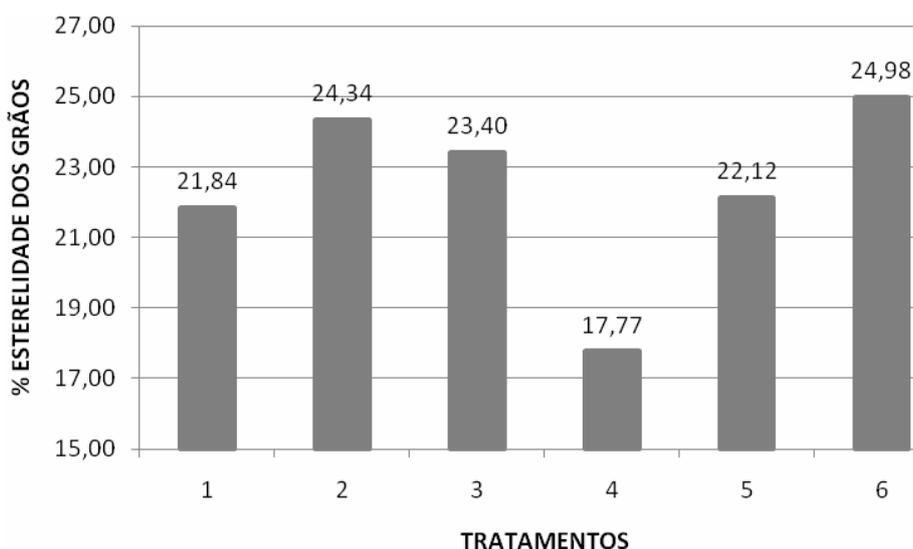


Figura 2 – Percentagem de esterilidade de sementes de arroz irrigado sob diferentes doses de fosfato aplicadas a um Planossolo Háptico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do Rio Grande do Sul.

A percentagem de grãos inteiros – rendimento de engenho – (Fig. 3), a percentagem de grãos quebrados (Fig. 4), se ajustam a modelos de regressão lineares. Nos dois casos há uma tendência de que haja uma estabilização a partir da dose de 60kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (Tratamento 4).

Maiores doses de fosfato no solo não afetaram significativamente as variáveis, índice de colheita e altura de planta. Estas talvez sejam características genéticas qualitativas que sofram pequeno efeito ambiental, sendo, portanto, mais estáveis.

A percentagem de esterilidade das espiguetas e a percentagem de plântulas normais no teste de germinação (Tab. 2) não foram afetadas significativamente pelo aumento das doses de fósforo no solo. Entretanto, pode-se observar que as percentagens de germinação mais altas foram observadas nos tratamentos 4 e 5 (60 e 75kg.ha⁻¹ de P₂O₅). No caso do teste de germinação parece que a alta percentagem de dormência das sementes, que ocorre após a colheita e que ainda não tinha sido superada, teve mais influência no resultado do teste que as doses de fósforo.

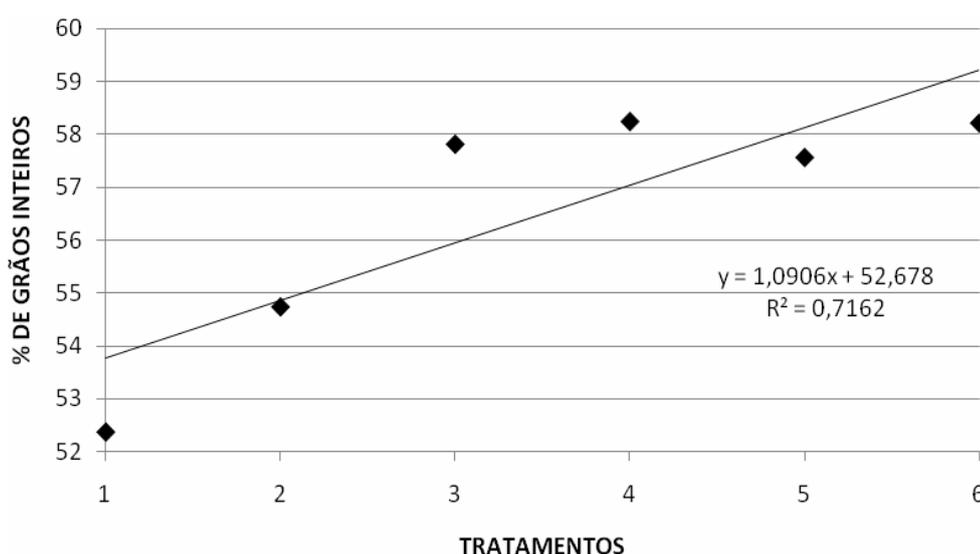


Figura 3 – Percentagem de grãos inteiros nas sementes de arroz irrigado sob diferentes doses de fósforo aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico no Litoral Sul do Rio Grande do Sul

Doses mais altas de fósforo aplicadas ao solo proporcionam um maior percentual de plântulas normais, enquanto diminui o percentual das plântulas anormais e de sementes mortas após armazenamento em câmara fria das sementes por 450 dias (Fig. 5 e 6), proporcionando uma maior qualidade e longevidade às mesmas. A percentagem de germinação no teste de vigor (450 dias após a colheita) segue um modelo de regressão polinomial quadrático ($P < 0,10\%$), enquanto as outras duas variáveis seguem modelos de regressão linear ($P < 0,05\%$). Apesar de não ser possível identificar significância para um ajuste a um modelo polinomial quadrático, a partir da dose de 60kg.ha⁻¹, como nas variáveis anteriormente citadas, há uma tendência de estabilização nas respostas ao fósforo aplicado ao solo.

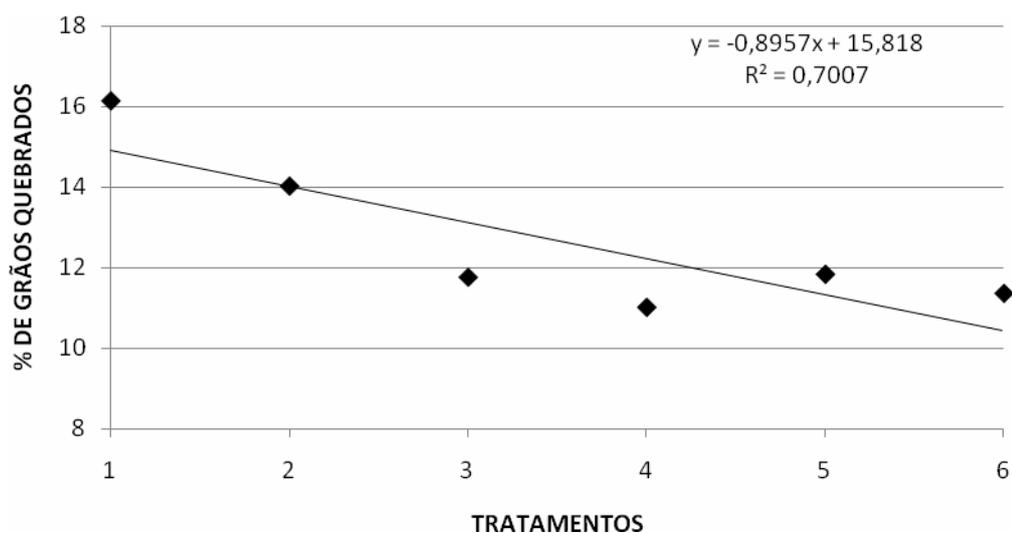


Figura 4 – Percentagem de grãos quebrados nas sementes de arroz irrigado sob diferentes doses de fosfato aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico no Litoral Sul do Rio Grande do Sul

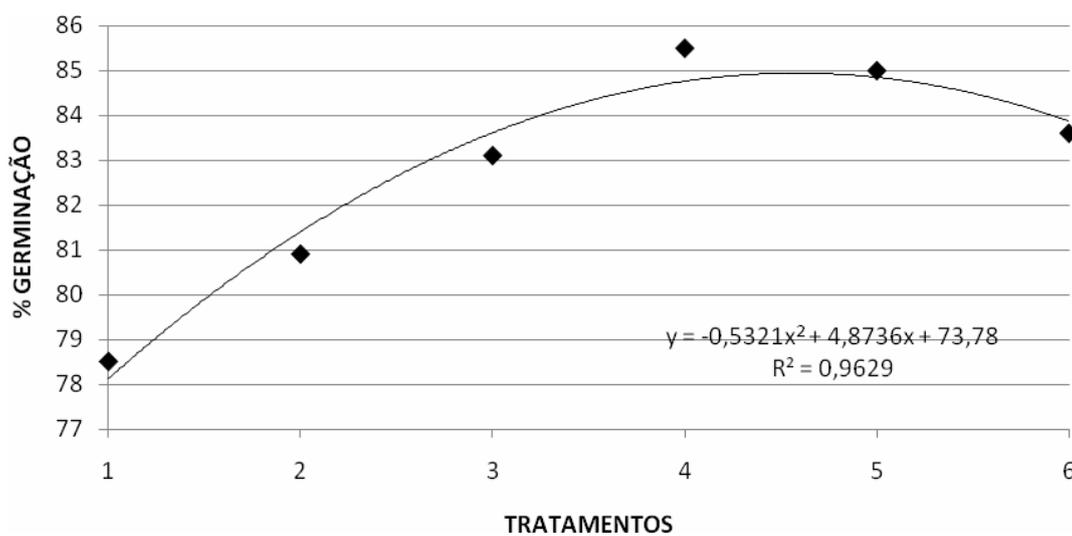


Figura 5 – Percentagem de plântulas normais no teste de vigor em sementes de arroz irrigado sob diferentes doses de fosfato aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do Rio Grande do Sul

As percentagens de fósforo e de magnésio encontradas nas folhas bandeira (Fig. 7) seguem um modelo de regressão linear ($P < 0,05\%$) para as diferentes doses de fósforo no solo, mas também parece haver uma tendência de que os teores de magnésio tenham diminuído a partir do tratamento 5 ($75\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Entretanto, não foi possível se observar uma correlação significativa entre os teores desses dois elementos nas folhas bandeiras. Também não foram identificadas correlações significativas entre os teores de fósforo nas folhas e os dos outros macronutrientes avaliados (Tab. 3).

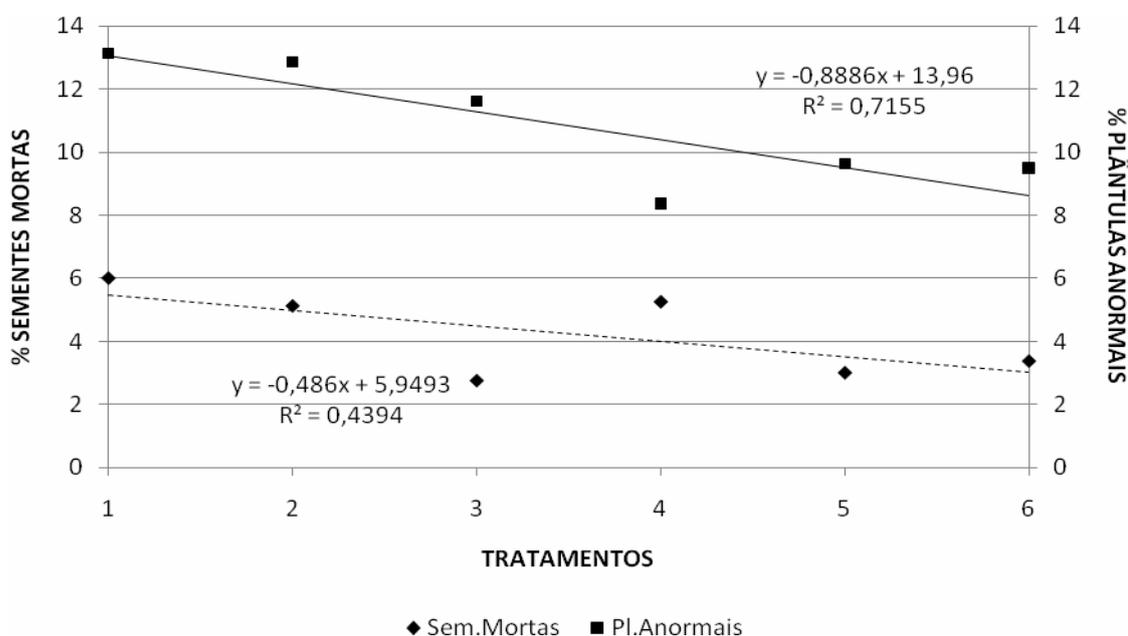


Figura 6 – Percentagem de plântulas anormais e sementes mortas no teste de vigor em sementes de arroz irrigado sob diferentes doses de fosfato aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do Rio Grande do Sul

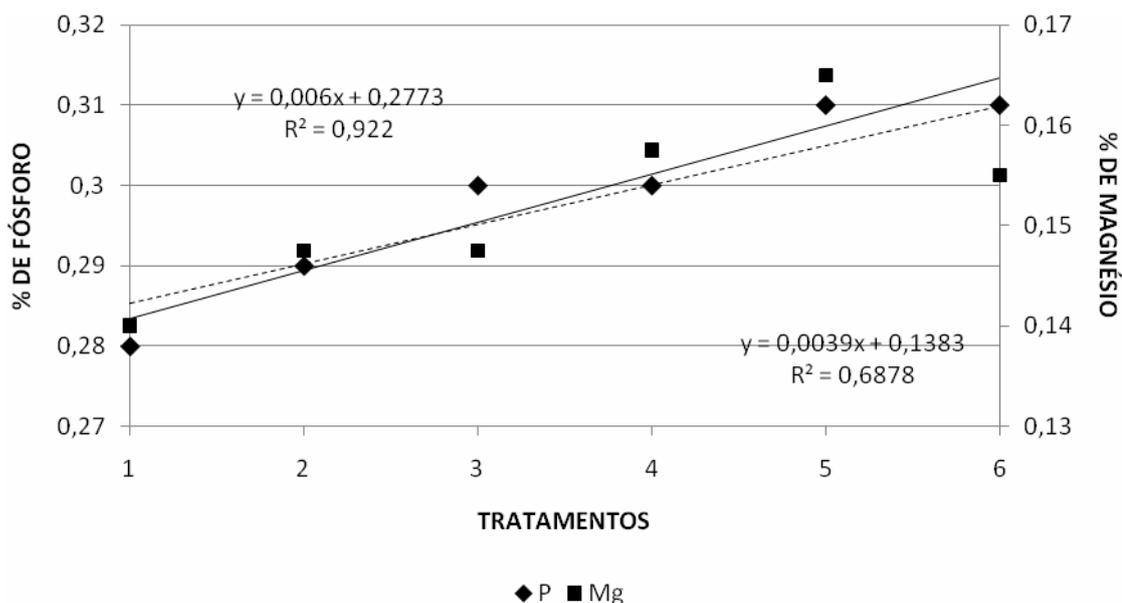


Figura 7 – Percentagem de fósforo e magnésio nas folhas bandeira de arroz irrigado sob diferentes doses de fosfato aplicadas a um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico do Litoral Sul do Rio Grande do Sul

Correlações significativas entre os teores de fósforo na folha bandeira e a produção de sementes e entre os teores de fósforo e os componentes de produção de sementes de arroz avaliados não puderam ser observados. Por outro lado, observou-se uma correlação positiva e significativa ($P < 0,05\%$) entre os teores de fósforo na folha bandeira e a percentagem de plântulas normais obtidas no teste de vigor (Tab. 4), indicando que maiores quantidades disponíveis deste elemento para as plantas proporcionam a produção de lotes de sementes com maior vigor.

Tabela 3 – Correlação entre os teores de macronutrientes nas folhas bandeira coletadas no florescimento sob diferentes doses de fosfato no solo

	P_folha	K_folha	Ca_folha	Mg_folha
P_folha	1			
K_folha	0.30	1		
Ca_folha	0.03	0.56*	1	
Mg_folha	0.31	0.52*	0.67*	1

* Significativo a 5% de probabilidade

Os teores de magnésio nas folhas bandeiras também apresentaram correlação significativa ($P < 0,05\%$) com a percentagem de germinação no teste de vigor. Esse elemento tem a função de ativar várias enzimas no metabolismo das plantas e, o aumento da sua concentração nas folhas com as doses de fosfato natural, pode ter aumentado a sua concentração nas sementes de arroz e colaborado com o melhor desempenho das mesmas no teste de vigor.

Tabela 4 – Correlação entre os teores de macronutrientes nas folhas bandeira e percentagem de germinação no teste de vigor

	% Germ
P_folha	0.45*
K_folha	0.39
Ca_folha	0.16
Mg_folha	0.43*

* Significativo a 5% de probabilidade

DISCUSSÃO

As doses crescentes de fosfato natural aplicadas ao solo influenciaram positivamente a produção de sementes por hectare. Por informações divulgadas nas literaturas específicas isso não era esperado, já que são poucos os relatos encontrados na bibliografia consultada sobre aumentos na produção de arroz com acréscimos nas doses de fósforo no solo. Alguns autores citam que a pequena resposta à adubação fosfatada ocorre, principalmente, quando os níveis de fósforo nativo, após a inundação, são suficientes para o bom desenvolvimento da cultura do arroz (FERREIRA et al., 2008; SCHIVITTARO; GOMES, 2007). A dose de $60\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ foi a que proporcionou maior produtividade. Essa dose corresponde ao dobro da que é normalmente recomendada para a cultura do arroz para esse solo.

Gonçalves e Meurer (2010) observaram que os Planossolos apresentam maior concentração de fósforo na solução já aos sete dias após o alagamento quando comparados com os Luvisolos, Vertissolos e Chernossolos. Isso pode explicar porque não há diferença entre os tratamentos 1 e 2; sem aplicação de fosfato natural e a dose recomendada pela análise ($30\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Gonçalves et al. (2008) constataram maior acumulação de fósforo no tecido das plantas de arroz cultivadas em Planossolos, mesmo sem a aplicação de superfosfato triplo, justamente pela maior concentração do elemento por um período maior de alagamento.

Wesz et al. (2009) afirmam que a não absorção pelas plantas de arroz do fósforo não lábil pode ocorrer pelo tamponamento do fósforo nas frações lábil e moderadamente lábil. Já Wilson et al. (1999), citam que em pH 7,0, o fósforo desorvido pelos óxidos de ferro e alumínio podem ser adsorvidos pelos cátions de cálcio e magnésio tornando-se indisponível para as plantas. Como o processo de inundação do solo eleva o pH para próximo de 7,0, a aplicação de fósforo ao solo pode melhorar a sua disponibilidade para as plantas de arroz.

Os ciclos de alagamento-secagem que os solos de várzea são submetidos pelo cultivo do arroz provocam o aumento da adsorção do fósforo pelos compostos de ferro, o que resulta em menor disponibilidade do fósforo para as plantas (HERNÁNDEZ; MEURER, 2000).

Com relação ao índice de colheita, Wilson et al. (1999), relatam aumentos na produção de biomassa seca, mas não na produção de grãos com aumentos nas doses de fósforo aplicadas ao solo. Porém, as variedades avaliadas deveriam ter potencial produtivo mais baixo, o que não é o caso da BRS Querência, que foi utilizada nesse trabalho, já que essa variável não mostrou diferença entre os tratamentos.

O rendimento de engenho obtido após o beneficiamento industrial é um parâmetro importante durante a fase de comercialização do arroz e pode ser influenciado pelas práticas culturais realizadas durante o período de cultivo (ARF et al., 2002). Os resultados encontrados nesse trabalho mostram que existe um efeito positivo e linear ao aumento das doses de fosfato natural no solo, apesar do coeficiente de determinação ser maior no modelo de regressão quadrático. Contudo, Crusciol et al. (2003) afirmam que a adubação mineral não influencia a qualidade industrial, o teor de proteínas e o conteúdo de nutrientes dos grãos. Os autores ainda salientam haver poucas evidências para concluir que a adubação do arroz altera a proporção entre grãos inteiros e quebrados.

Foi possível observar que nos tratamentos com maiores teores de fósforo aplicados no solo, as sementes colhidas tiveram melhor desempenho no teste de vigor. Isso também pode ser observado por Cavalcante et al. (1982) quando utilizaram fertilizantes com zinco e fósforo proporcionando melhor viabilidade das sementes de arroz nos testes de germinação. Resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho foram obtidos em vários outros, com tremoço, feijão e trigo (MULLINS et al.; DeMARCO, 1990; BURNETT et al., 1997; ARAÚJO et al. 2002; COELHO et al., 2002; SILVA et al., 2003). Höfs et al. (2004a) constataram que o índice de velocidade de emergência foi menor com a redução da qualidade fisiológica e as plântulas oriundas de sementes de maior qualidade fisiológica apresentaram maior produção de biomassa seca.

Uma medida do nível nutricional das plantas de arroz é o teor de fósforo na folha bandeira coletada na fase do florescimento. O ajuste a um modelo linear das concentrações de fósforo nas folhas indica que o arroz irrigado e a variedade BRS Querência têm uma alta capacidade de absorver fósforo da solução do solo quando aumenta a disponibilidade deste elemento. Essa afirmação é corroborada por Luca et al. (2002), que também relatam a alta capacidade do arroz irrigado de extrair fósforo do solo. Também Wesz et al. (2009) encontraram correlação positiva entre fósforo na parte aérea da planta e o fósforo lábil e moderadamente lábil no solo.

Os teores de fósforo na folha bandeira observados nesse trabalho foram superiores aos encontrados por Bundt et al. (2007) em um Planossolo Háplico Eutrófico Arênico na região de Santa Maria. Estes autores relatam que os teores médios de fósforo ficaram abaixo dos preconizados pelo Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, o que não ocorreu nesse experimento. Conforme Epstein e Bloom (2006), as concentrações de fósforo nas plantas variam de 0,15 a 0,5% do peso seco. As maiores concentrações são encontradas nos órgãos reprodutivos e sementes (LARCHER, 2001), sendo transferidas das folhas para estes órgãos durante as fases de florescimento e amadurecimento.

Foi observada uma correlação positiva e significativa entre os teores de fósforo na folha bandeira e os resultados do teste de vigor neste trabalho. Isso significa que doses mais altas de fosfato no solo viabilizaram uma maior absorção pelas plantas de arroz do fósforo da solução de solo e por consequência teores mais altos deste elemento na semente. Supõe-se que essas sementes teriam maiores teores de fósforo, já que foi identificada uma resposta linear entre doses de fosfato no solo e percentagem de fósforo na folha bandeira e também se observou uma correlação significativa entre teores de fósforo na folha bandeira e o vigor das sementes. Em trabalhos com sementes de trigo com diferentes conteúdos de fósforo, pode ser observado um melhor desempenho das mesmas e da cultura subsequente quanto mais alto era o seu conteúdo de fósforo (DeMARCO, 1990; BURNETT et al., 1997).

O magnésio apresentou correlação positiva e significativa ($P < 0,05\%$) com o resultado do teste de vigor. Este elemento é constituinte das moléculas de clorofila e, as ligações de magnésio com as moléculas de adenosina trifosfato (ATP), têm papel em várias reações da fotossíntese. Outra função deste nutriente é ativação de

enzimas, em especial àquelas envolvidas na transferência de energia via ATP (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Estando, portanto, ligado ao fósforo no metabolismo das plantas, também durante a fase da germinação das sementes.

Não pode ser observada uma correlação significativa entre rendimento de sementes, os componentes de rendimento de semente avaliados e entre esses e os teores de fósforo na folha bandeira. Os resultados concordam com os encontrados por Bundt et al. (2007), que também não observaram correlação significativa entre rendimento (produção de sementes.ha⁻¹) e os componentes de produção de sementes de arroz com os teores de fósforo nas folhas bandeiras.

Apesar de haver poucas referências na bibliografia sobre aumentos na produção de sementes de arroz quando se elevam os níveis de fósforo no solo, os resultados encontrados mostram o contrário. O observado neste trabalho foi que quantidades mais altas de fósforo no solo são benéficas para o aumento da produtividade e para melhoria da qualidade das sementes de arroz irrigado, confirmando a hipótese levantada quando do planejamento do experimento.

Para as variáveis estudadas, mesmo àquelas que se ajustaram a modelos de regressão lineares, observa-se uma tendência de que ocorra uma estabilização a partir da dose de 60kg.ha⁻¹ (tratamento 4). A única exceção são os teores de fósforo na folha bandeira, que continuaram a aumentar com elevação das doses de fosfato.

Quanto à produção de sementes, pode-se observar que as obtidas nos tratamentos 1 e 2 são similares. Isso se deve principalmente a dois motivos; o efeito do alagamento do solo e o resíduo das adubações com fósforo já realizadas em anos anteriores tanto na área experimental como nas áreas de lavouras comerciais. Então, a recomendação de 30kg.ha⁻¹ de P₂O₅, que é feita pela ROLAS para a cultura do arroz, tem como objetivo apenas repor o fósforo retirado pela cultura anualmente.

Neste trabalho, foram observados acréscimos na produtividade de sementes de arroz de 586,4kg.ha⁻¹ e de 1.243,3kg.ha⁻¹ para os tratamentos 3 e 4 (45 e 60kg.ha⁻¹ de P₂O₅), o que representa 6% e 15% a mais em relação ao tratamento 2 (30kg.ha⁻¹ de P₂O₅). Calculou-se uma relação de 39,1 e 41,4kg de semente de arroz produzidos a mais para cada kg de P₂O₅ aplicado ao solo, acima da dose recomendada, na forma de fosfato natural de Arad. Como a recomendação para o arroz irrigado na região de Planossolos do Litoral Sul do Rio Grande do Sul é de 30kg.ha⁻¹ de P₂O₅, a duplicação dessa dosagem pode trazer

aumentos de produtividade para as lavouras e melhoria na qualidade fisiológica das sementes colhidas.

Essa informação ao ser incorporada aos sistemas de produção de grãos e de sementes de arroz no Rio Grande do Sul poderá melhorar o desempenho das lavouras.

No entanto, há necessidade de novos trabalhos que mostrem a eficiência econômica dos resultados obtidos, levando em consideração não só a maior produção de sementes, mas também a melhor qualidade e os benefícios que os produtores de lavouras comerciais podem alcançar pelo uso dessas sementes.

CONCLUSÕES

Nas condições ambientais em que foi conduzido este experimento, pode-se concluir que:

1. A produtividade e a qualidade de sementes de arroz irrigado respondem positivamente a doses crescentes de fosfato natural de Arad aplicadas em um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico.
2. A máxima eficiência técnica é obtida com a dose de $60\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 , numa relação de que, para cada 1kg de P_2O_5 acima da dose recomendada, são produzidos 41,4kg de sementes de arroz.

REFERÊNCIAS

- ALAM, M.M.; LADHA, J.K. Optimizing phosphorus fertilization in an intensive vegetable-rice cropping system. **Biol. Fertil. Soils**. v.40, p.277-283. 2004.
- ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G.; LIMA, E.R.. Efeito do aumento do teor de fósforo na semente, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **R. Bras. Ci. Solo**. v.26, p.183-189. 2002.
- ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E. de; CRUCIOL, C.A.C.; PEREIRA, J.C. dos R. Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. **Scientia Agricola**, v.59, n.2, p.321-326. 2002.
- BLEVINS, D.G. Por que as plantas precisam de fósforo? **Informações Agronômicas**. n.87. Setembro, 1999.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuárias. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 429 p. (Boletim Técnico, 30)
- BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para a análise de sementes**. 2.ed. Brasília, 2009. 395p.
- BUCKERIDGE, M.S.; AIDAR, M.P.M.; SANTOS, H.P. dos; TINÉ, M.A.S. Acúmulo de reservas. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed, 2004.
- BUNDT, A. DA C.; SILVA, L.S. DA; POCOJESKI, E.; KAEFER, S. Teor de macronutrientes em cultivares de arroz irrigado por alagamento em diferentes épocas de avaliação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31; 2007, Gramado. **Anais**. Gramado, 2007.
- BURNETT, V.F.; COVENTRY, D.R.; NEWTON, P.J. Effect of seed source and seed phosphorus content on the growth and yield of wheat in North-Eastern Victoria. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. v.37, p.191-198. 1997.
- CAVALCANTE, J.I.V.; SILVEIRA, J.F. da; VIEIRA, M. das G.G.C. Influência do nitrogênio, fósforo, potássio e zinco na germinação de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**. v.4, n.3, p.27-33, 1982

COELHO, C.M.M.; SANTOS, J.C.P.; TSAI, S.M.; VITORELLO, V.A. Teor de fitato em grãos e a absorção e distribuição de fósforo em genótipos de feijoeiro. **Braz. J. Plant Physiol.** v.14, n.1, p.51-58. 2002

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB.

<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>, Consultada em 11 de fevereiro de 2011.

CRUSIOL; C.A.C.; ARF, O.; SORATTO, R.P.; MACHADO, J.R. Qualidade industrial e teores de nutrientes dos grãos do arroz de terras altas sob diferentes lâminas de água e níveis de adubação mineral. **Acta Scientiarum. Agronomy.** Maringá, v.25, n.2, p.409-415, 2003.

DeMARCO, D.G. Effect of seed weight, and seed phosphorus and nitrogen concentrations on the early growth of wheat seedlings. **Australian Journal of Experimental Agriculture.** v.30, n.4, p.545 – 549. 1990.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, EMBRAPA – SPI. 2006. 367p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** Londrina, Ed. Planta. 403 p. 2006.

FERREIRA, L.H.G.; GOMES, A. da S.; SILVEIRA, C.A.P. **Fosfatos naturais na adubação de sistema de culturas de verão com ênfase no arroz irrigado.** Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 8p. 2008. (Circular Técnica, 66).

FREIRE, C. J. da S. **Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário.** 2.ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 201 p.

GOMES, A. da S.; FERREIRA, L.; H.G. BENDER, R.R. **Uso de fosfato natural no cultivo de arroz irrigado, soja e milho em rotação, no sistema de plantio direto.** Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 37p. 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20)

GONÇALVES, G.K.; SOUSA, R.O. de; VAHL, L.C.; BORTOLON, L. Solubilização dos fosfatos naturais de Patos de Minas e Arad em dois solos alagados. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.2157-2164. 2008.

GONÇALVES, G.K.; MEURER, E.J. Alterações nas concentrações de fósforo em solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, v.34, p.465-471. 2010.

HERNÁNDEZ, J.; MEURER, E.J. Disponibilidade de fósforo em seis solos do Uruguai afetada pela variação temporal das condições de oxiredução. **R. Bras. Ci. Solo**. v.24, p.19-26. 2000.

HÖFS, A.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n.1, p.92-97, 2004(a).

HÖFS, A.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n.2, p.54-62, 2004(b).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rs&tema=lavouratemporaria2009>

. Consultada em 25 de janeiro de 2011.

KOLAR, J.S.; GREWAL, H.S. Phosphorus management of a rice-wheat cropping system. **Fertilizer Research**. v.20, p.27-32, 1989.

KONRAD, E.E.; CASTILHOS, D.D. Alterações químicas do solo e crescimento do milho decorrente da adição de lodos de curtume. **R. Bras. Ci. Solo**, v.26, p.257-265, 2002.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups**. New York, Springer. 4ed. 2001.

LUCA, E.F de; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; CHITOLINA, J.C. Eficiência de utilização e absorção de fósforo (^{32}P) por mudas de eucalipto e arroz. **Scientia Agricola**, v.59, n.3, p.543-547. 2002.

MACHADO, A. de A.; CONCEIÇÃO, A.R. WinStat – Sistema de análise estatística para Windows. Versão 1.0. 2001.

MARCOS FILHO, J. Teste de vigor: dimensão e perspectivas. **Seednews**, v.15, n.1, p.22-27. 2011

MELGAR, R.; CASCO, J.; MÉNDEZ, M.; SANABRIA, C.; FIGUEROA, M.. Efectividad de fertilizantes fosfatados em arroz. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.33, n.10, p.1573-1579. 1998.

MULLINS, G.L.; REEVES, D.W.; SCHWAB, R.L. Effect of seed phosphorus concentration, soil pH, and phosphorus status on the yield of white lupin. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** v.32, n.1-2, p.127–137. 2001

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E.A.; CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E.; VAZ, C.M.P.; NAIME, J. de M.; SILVA, A.M. da.. Tomografia computadorizada aplicada a estudos de um Planossolo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.38, n.7, p.819-826. 2003.

PINTO, L.F.S.; LAUS NETO, J.A.; PAULETTO, E.A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de. Ed. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Capítulo 3, p.75-95. 2004.

RANNO, S.K.; SILVA, L.S. da; GATIBONI, L.C.; RHODEN, A.C. Capacidade de adsorção de fósforo em solos de várzea do Estado do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**. v.31, n.1, p.21-28. 2007.

SILVA, L.S.da; RANNO, S.K. Calagem em solos de várzea e a disponibilidade de nutrientes na solução do solo após o alagamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1054-1061. 2005.

SILVA, R.J.S.; VAHL, L.C.; PESKE, S.T. Rendimento de grãos no feijoeiro em função dos teores de fósforo nas sementes. **R. Bras. Agrociência**, v.9, n.3, p.247-250. 2003.

SCHIVITTARO, W.B.; GOMES, A. da S. **Adubação e Calagem para o Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2007. 8p. (Circular Técnica, 62).

SCHIVITTARO, W.B.; MACHADO, M.O. Adubação e calagem para a cultura do arroz. IN: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 259-303.

TAIZ, L.; ZIEGLERT, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre. Artmed, 3.ed. 2004

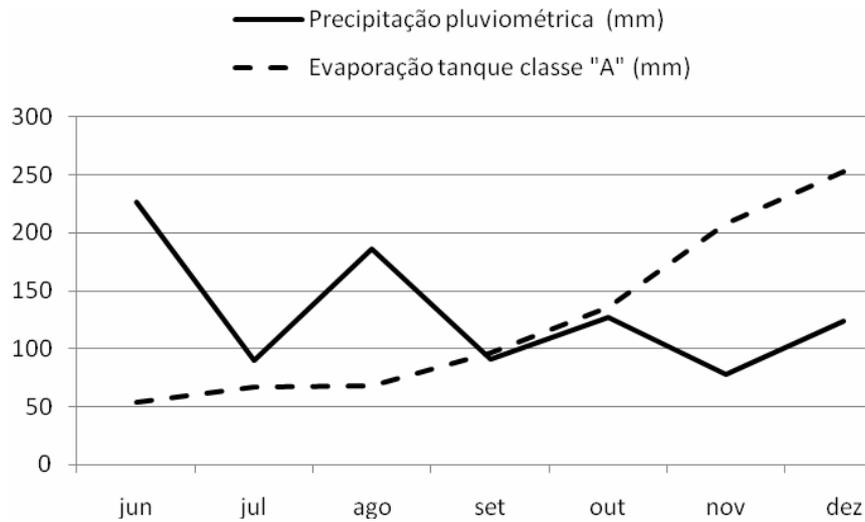
WESZ, J.; FORTES, M. de A.; GOMES, A. da S.; BUSS, G. L.; WOLTER, R. C. D.; SOUZA, R.O. de; FERREIRA, L.H.G.; OSSANES, L. da S.; WINKLER, A. S. Formas de fósforo no solo e a absorção por plantas de arroz irrigado cultivado em um planossolo sobre resteva de milho e soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6. Porto Alegre, 2009. **Anais**. Porto Alegre. CD ROM. 2009.

WILSON JR., C.E.; SALTON, N.A.; NTAMATUNGIRO, S.; FRIZZELL, D.L.; KOEN, W.B.; NORMAS, R.J. Phosphorus fertilizer recommendation for rice. **Better Crops**. v.83, n.4. p.9-11. 1999.

ANEXOS

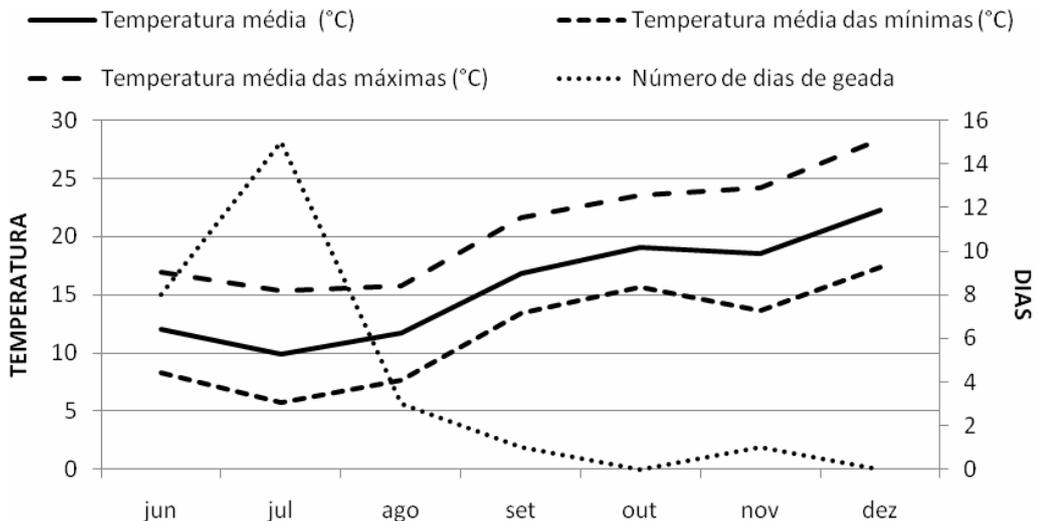
ANEXO A

Precipitação e evapotranspiração ocorridas no ano de 2007, no município de Capão do Leão/RS

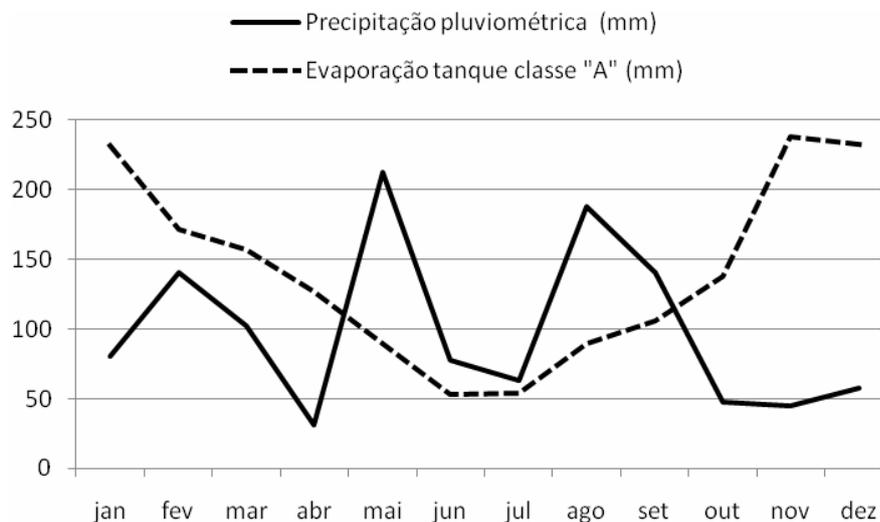


ANEXO B

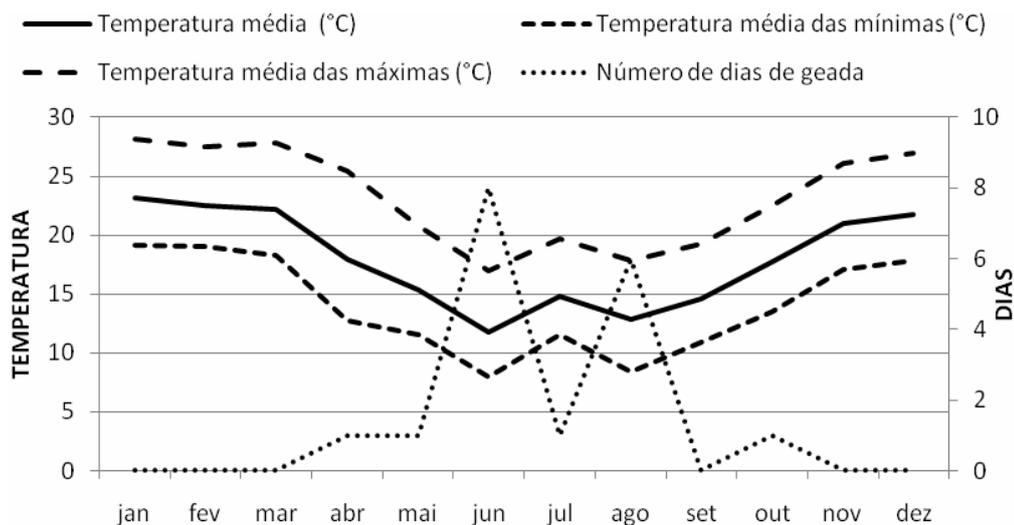
Temperatura média, média das mínimas, média das máximas e número de dias de geada ocorridos no ano de 2007 no município de Capão do Leão/RS



ANEXO C
Precipitação e evapotranspiração ocorridas no ano de 2008, no município de Capão do Leão/RS



ANEXO D
Temperatura média, média das mínimas, média das máximas e número de dias de geada ocorridos no ano de 2008 no município de Capão do Leão/RS



ANEXO E

Análise da variância da regressão polinomial para produção de sementes

Fontes	GL	SQ	F	p	R2
DOSES_P	5	5717703.1	-	-	-
Linear	1	4227163	3.925.823	1,51E-02	73.93
Quadr	1	477420.75	443.387	0.05249	82.28
Desvio	3	1013119.4	9.408.976	0.0009634	17.72
Resíduo	15	1615137.7	-	-	-

ANEXO F

Análise da variância da regressão polinomial para percentagem de plântulas normais no teste de germinação aos 450 dias após a colheita

Fontes	GL	SQ	F	p	R2
DOSES_P	5	14.042.708	-	-	-
Linear	1	93.150.893	7.164.305	0.01725	66.33
Quadr	1	42.145.833	3.241.468	0.09194	96.35
Desvio	3	51.303.571	0.3945796	0.7587	3.653
Resíduo	15	19.503.125	-	-	-

ANEXO G

Análise da variância da regressão polinomial para percentagem de plântulas anormais no teste de germinação aos 450 dias após a colheita

Fontes	GL	SQ	F	p	R2
DOSES_P	5	77.302.083	-	-	-
Linear	1	55.358.036	4.498.875	0.05099	71.61
Quadr	1	5.375.744	0.4368797	0.5187	78.57
Desvio	3	16.568.304	1.346.484	0.2969	21.43
Resíduo	15	18.457.292	-	-	-

ANEXO H

Análise da variância da regressão polinomial para percentagem de sementes mortas no teste de germinação aos 450 dias após a colheita

Fontes	GL	SQ	F	p	R2
DOSES_P	5	37.625	-	-	-
Linear	1	16.514.286	4.576.707	0.04926	43.89
Quadr	1	21.696.429	0.6012867	0.4501	49.66
Desvio	3	18.941.071	5.249.258	0.01123	50.34
Resíduo	15	54.125	-	-	-

ANEXO I

Análise da variância da regressão polinomial para percentagem de grãos inteiros

Fontes	GL	SQ	F	p	R2
DOSES_P	5	12.182.875	-	-	-
Linear	1	88.144.321	6.189.826	0.0251	72.35
Quadrática	1	25.741.071	1.807.635	0.1988	93.48
Desvio	3	79.433.571	0.5578124	0.6509	6.52
Resíduo	15	21.360.292	-	-	-

ANEXO J

Análise da variância da regressão polinomial para percentagem de grãos quebrados

Fontes	GL	SQ	F	p	R2
DOSES_DE_P	5	80.148.333	-	-	-
Linear	1	56.161.286	6.980.315	0.01848	70.07
Quadr	1	20.305.833	2.523.822	0.133	95.41
Desvio	3	36.812.143	0.45754	0.716	4.593
Resíduo	15	120.685	-	-	-

ANEXO K
Análise da variância da regressão polinomial para teores de fósforo
na folha bandeira

Fontes	GL	SQ	F	p	R2
DOSES_P	5	0.0029708333	-	-	-
Linear	1	0.0028289286	881.744	0.009549	95.22
Quadrática	1	1,46E+02	0.04545455	0.834	95.71
Desvio	3	0.00012732143	0.396846	0.7572	4.286
Resíduo	15	0.0048125	-	-	-

ANEXO L

Análise de correlação entre os teores de macronutrientes na folha bandeira

	Correlação	Coef.Det	T	Valor_p	Sig	Extr.Inf	Extr.Sup
K_folha	0.2973	0.088385	1.460.475	0.15829	NS	-0.12057	0.62566
Ca_folha	0.028344	0.00080341	0.1330009	0.8954	NS	-0.3794	0.42687
Ca_folha	0.56149	0.31528	3.182.728	0.0043036	1%	0.20439	0.7867
Mg_folha	0.31581	0.099738	1.561.196	0.13275	NS	-0.10038	0.63794
Mg_folha	0.51774	0.26806	2.838.502	0.0095602	1%	0.14453	0.762
Mg_folha	0.67109	0.45036	4.245.695	0.00033109	1%	0.36705	0.84558

ANEXO M

Análise de correlação entre rendimento de sementes e os componentes da produção de sementes

	Correlação	Coef.Det	T	Valor_p	Sig	Extr.Inf	Extr.Sup
Pan.m ²	0.3239	0.10491	160.577	0.12258	NS	-0.091457	0.64325
Esp/Pan	0.21151	0.044737	1.015.038	0.32112	NS	-0.20979	0.56657
Esp/Pan	0.29866	0.089199	1.467.847	0.1563	NS	-0.11909	0.62658
PMS	0.37041	0.1372	1.870.407	0.074791	NS	-0.038793	0.67322
PMS	-0.015074	0.00022724	-0.0707136	0.94426	NS	-0.41595	0.3907
PMS	0.08382	0.0070259	0.3945413	0.69698	NS	-0.33077	0.47129

ANEXO N

Análise de correlação entre os teores de macronutrientes na folha bandeira e a percentagem de plântulas normais no segundo teste de germinação (%Germ 2TG)

	Correlação	Coef.Det	T	Valor_p	Sig	Extr.Inf	Extr.Sup
P_folha	0.45123	0.20361	2.371.611	0.026885	5%	0.058467	0.72302
K_folha	0.38938	0.15162	1.982.834	0.060009	NS	-0.016639	0.68516
Ca_folha	0.16178	0.026171	0.7689207	0.45012	NS	-0.2585	0.53055
Mg_folha	0.42511	0.18072	2.202.928	0.038373	5%	0.026204	0.70723