

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



**TESTES DE VIGOR ALTERNATIVOS EM SEMENTES
DE ARROZ**

MESTRE EM AGRONOMIA

Cátia Fernanda Wrasse

Santa Maria, 2006

TESTES DE VIGOR ALTERNATIVOS EM SEMENTES DE ARROZ

“por”

Cátia Fernanda Wrasse

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia.**

Orientador: Nilson Lemos de Menezes

**Santa Maria – RS, Brasil
2006**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

TESTES DE VIGOR ALTERNATIVOS EM SEMENTES DE ARROZ

Elaborada por
Cátia Fernanda Wrasse

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dr. Nilson Lemos de Menezes
(Presidente / Orientador)

Dr. Ênio Marchezan (UFSM)

Dr. Francisco Amaral Villela (UFPEl)

Santa Maria, 24 de fevereiro de 2006.

Dedico a

Meus pais Sali e Oldemar, e
meus irmãos Gerson, Gilson e Carina.

Agradecimentos

A Deus pela vida, saúde, oportunidades concedidas e força.

À Universidade Federal de Santa Maria por mais uma oportunidade.

Ao professor Dr. Nilson Lemos de Menezes, pela orientação, disponibilidade e incentivo durante a realização do curso.

A Sérgio Biachi pelo apoio.

A(o)s querida(o)s amiga(o)s e colegas, pelos bons momentos, risadas e também pelos difíceis convívios, em especial a Tiago Araújo, Ana Pincolini, Raquel Stefanello, Maquiel Vidal, Edenir Grimm, Rafael Bortolotto, Simone Franzin.

Aos bolsistas e estagiários que estiveram ao meu lado no decorrer do curso.

A(o)s funcionária(o)s Vera Lúcia da Silva, Terezinha Lúcia Denardin da Silveira e Alberto Perez.

A CAPES pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

A todos que de alguma forma me apoiaram, incentivaram, lutaram comigo nos momentos difíceis e nas decisões que tive que tomar.

Muito Obrigada.!

"Um grande prazer na vida é fazer aquilo que as pessoas dizem que você não é capaz de fazer"

Walter Gagehot

SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Figuras.....	xi
Introdução.....	xiii

CAPÍTULO I: Testes de vigor alternativos em sementes de arroz e sua correlação com a emergência de plântulas em campo.

Resumo.....	16
Abstract.....	17
1.0 Introdução.....	18
1.1 Testes de vigor.....	20
1.2 Testes alternativos de vigor.....	22
1.2.1 Strictu Sensu.....	22
1.2.2 Precocidade de emissão da raiz primária.....	22
1.2.3 Envelhecimento acelerado modificado com solução salina.....	23
1.2.4 Curva de hidratação.....	23
2.0 Material e Métodos.....	24
3.0 Resultados e Discussão.....	28
4.0 Conclusões.....	37
5.0 Referências.....	38

CAPÍTULO II: Teste de imersão para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz

Resumo.....	47
Abstract.....	48

1.0 Introdução.....	49
2.0 Material e Métodos.....	50
3.0 Resultados e Discussão.....	53
4.0 Conclusões.....	64
5.0 Referências.....	65

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: Testes de vigor alternativos em sementes de arroz e sua correlação com a emergência de plântulas em campo.

- Tabela 1- Germinação (G - %), primeira contagem (PC - %), comprimento de plântula (CP - cm), velocidade de germinação (VG – dias), teste de frio (TF - %) e envelhecimento acelerado (EA - %) de cinco lotes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria – RS, 2004.....30
- Tabela 2- Strictu sensu (SS): tempo médio de germinação (TMG - h), índice de germinação (IG), precocidade de emissão da raiz primária (PERP - h), envelhecimento acelerado modificado (EAM - h) e emergência (E) de cinco lotes de arroz cv IRGA 417 Santa Maria – RS, 2004.....33
- Tabela 3 – Massa fresca (MF - mg), massa seca (MS - mg), comprimento da parte aérea (CPA - cm) no sistema de cultivo convencional de cinco lotes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria – RS, 2004.....34
- Tabela 4 – Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes Strictu sensu (SS): tempo médio de germinação (TMG), índice de germinação (IG); precocidade de emissão da raiz primária (PERP), envelhecimento acelerado modificado (EAM) e emergência (E) de cinco lotes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria – RS, 2004.....36

CAPÍTULO II: Teste de imersão para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz

Tabela 1- Germinação (G - %), primeira contagem (PC - %), comprimento de plântula (CP - cm), velocidade de germinação (VG – dias), teste de frio (TF - %) e envelhecimento acelerado (EA - %) de cinco lotes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria – RS, 2004.....	54
--	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: Testes de vigor alternativos em sementes de arroz e sua correlação com a emergência de plântulas em campo.

Figura 1- Curva de hidratação de cinco lotes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria – RS, 2004.....35

CAPÍTULO II: Teste de imersão para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz

Figura 1 – Porcentagem de germinação (%) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria - RS. 2005.....56

Figura 2 – Primeira contagem do teste de germinação (%) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão as sementes. Santa Maria - RS. 2005.....57

Figura 3 – Plântulas anormais (%) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria - RS. 2005.....58

Figura 4 – Sementes mortas (%) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria - RS. 2005..59

Figura 5 – Comprimento da parte aérea de plântulas (cm) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, - RS. 2005.....60

- Figura 6 – Comprimento raiz de plântulas (cm) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria - RS. 2005.....61
- Figura 7 – Comprimento total de plântulas (cm) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria - RS. 2005.....62
- Figura 8 – Massa seca de plântulas (mg) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria - RS. 2005.....63

INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) tem expressiva importância tanto econômica como social nos países em que é produzido e em especial no estado do Rio Grande do Sul, onde são cultivados mais de um milhão de hectares alcançando produtividades médias ao redor de $6t.ha^{-1}$, representa ainda aproximadamente 15 a 20% do total de grãos colhidos no Brasil.

Para a obtenção de rendimentos elevados e, ainda, melhorar a formação da lavoura e a qualidade da cultura é necessário o uso correto de sementes de alta qualidade que pode ser expressa com atributos como a pureza física, genética, sanitária e fisiológica. Para conhecimento e uso adequado da qualidade fisiológica, a germinação e o vigor são fatores fundamentais, capazes de garantir a implantação da cultura e o sucesso do empreendimento agrícola. A correta avaliação é imprescindível para se estimar o potencial de desempenho das sementes em campo.

O uso de testes de vigor associado ao teste de germinação para avaliação da qualidade da semente vem aumentando a cada ano, porém a maioria dos testes necessita períodos relativamente longos para a informação dos resultados. Estudos têm buscado alternativas aos produtores e a indústria sementeira no sentido de diminuir o tempo entre a recepção da semente e a obtenção do resultado de sua qualidade fisiológica através de testes que avaliam a qualidade nos períodos que antecedem a formação da plântula.

Neste sentido efetuaram-se dois experimentos, sendo que no primeiro, utilizaram-se os testes de vigor *Strictu sensu* e emissão da raiz primária que avaliam a qualidade fisiológica nas primeiras horas de hidratação até emissão da raiz primária e a curva de hidratação, aqui considerados alternativos, para avaliação do potencial fisiológico das sementes de arroz e estabelecimento de sua correlação com a emergência das plântulas em campo. Uma modificação no teste de envelhecimento acelerado, através da redução da umidade relativa do ar na câmara de envelhecimento, foi testada para o mesmo fim.

O arroz devido a adaptações morfológicas possui a capacidade de sobreviver em condições de hipoxia ou anoxia, diferentemente de diversas culturas que têm sua sobrevivência e produtividade afetada pelo excesso de chuvas em períodos próximos a semeadura tornando o ambiente anaeróbico. O teste de imersão surgiu

como alternativa para avaliação do potencial fisiológico das sementes de espécies cuja produtividade é afetada pela baixa disponibilidade de oxigênio no solo, cuja avaliação do vigor das sementes é baseada na taxa de sobrevivência à falta de oxigênio.

Portanto, os estudos referentes à qualidade fisiológica das sementes, tornam-se fundamentais para a compreensão de eventos importantes ao desenvolvimento das sementes buscando com isso maior conhecimento sobre a cultura e aumento na produção e produtividade sem aumento de custos.

**CAPÍTULO I - TESTES DE VIGOR ALTERNATIVOS
EM SEMENTES DE ARROZ E SUA CORRELAÇÃO
COM A EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS EM CAMPO**

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Universidade Federal de Santa Maria

**TESTES DE VIGOR ALTERNATIVOS EM SEMENTES DE ARROZ E SUA
CORRELAÇÃO COM A EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS EM CAMPO**

AUTOR: CÁTIA FERNANDA WRASSE

ORIENTADOR: NILSON LEMOS DE MENEZES

Santa Maria, fevereiro de 2006

O trabalho teve como objetivo avaliar testes alternativos na função de estratificar lotes de sementes de arroz pelo vigor e estabelecer sua correlação com a emergência de plântulas em campo. Utilizaram-se cinco lotes de sementes de arroz cv. IRGA 417, que foram submetidas aos testes de vigor *Strictu sensu*: onde se avaliou o tempo médio de germinação e o índice de germinação; envelhecimento acelerado modificado; precocidade de emissão da raiz primária, curva de embebição e correlacionados com a emergência em campo, onde foi realizada uma avaliação aos 21 dias após a emergência avaliando-se o comprimento da parte aérea, massa seca e massa fresca. Conclui-se que os testes de índice de germinação determinado pelo teste *Strictu sensu*, o envelhecimento acelerado modificado com solução salina, a precocidade de emissão da raiz primária e a curva de hidratação são capazes de separar lotes de sementes em função de sua qualidade fisiológica e, portanto, promissores para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz, sendo que os dois primeiros apresentam correlação positiva com a emergência em campo.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., potencial fisiológico.

ABSTRACT

Master Science Dissertation
Program of Post Graduation in Agronomy
Federal University of Santa Maria

**ALTERNATIVE TESTS OF VIGOR ON RICE SEEDS AND ITS CORRELATION
WITH THE EMERGENCY OF GROWTH IN FIELD**

AUTHOR: CÁTIA FERNANDA WRASSE
ADVISER: NILSON LEMOS DE MENEZES
Santa Maria, february 2006

The objective of this work was to evaluate alternative tests in the function of stratifying rice seeds lots by vigor, and to determine its correlation with the seedling emergency in field. Five seed lots of cv rice IRGA 417 were used, which were submitted to strictu sensu vigor evaluation tests to evaluate the medium time of germination and the index; the modified accelerated aging process; precocity of emission of primary root and hydration curve and correlated with the emergency in field, where an evaluation was accomplished on the 21 days after the emergency, and by measuring the length of the aerial part, dry mass and fresh mass. The results indicated that the germination index determined by the test of Strictu sensu was capable of stratifying lots of rice seeds, which present a correlation with the emergency, and with the test of accelerated aging process with saline solution in the two analyzed periods. The precocity of emission of primary root and the test of imbibition separate lots in relation to vigor when there is a great difference in physiologic quality.

Key words: *Oryza sativa* (L.), physiological potential.

1.0 INTRODUÇÃO

O arroz é uma das mais importantes culturas anuais, que representa entre 15 a 20% do total de grãos colhidos no Brasil. No Rio Grande do Sul, na safra de 2004/05, foram cultivados mais de um milhão de hectares, tendo sido alcançada uma produtividade média de 6.139 kg.ha⁻¹ (IRGA, 2005).

Com os avanços tecnológicos ocorridos na produção dessa cultura, observa-se uma necessidade crescente na quantidade e qualidade das sementes para semeadura. No entanto, apesar dos avanços, a taxa de utilização de sementes vem caindo, tendo representado cerca de 33% na safra 2004/05 (Silva, 2005).

A boa qualidade das sementes é um fator de extrema importância para o sucesso da cultura, onde se busca uniformidade, proveniente de atributos como, alta qualidade genética, sanitária, física e fisiológica (Marcos Filho et al., 1987).

O uso de sementes com potencial fisiológico elevado é fundamental na obtenção de resultados satisfatórios em culturas de expressão econômica, onde uma das ferramentas essenciais para alcançar esses resultados é a análise das sementes (Miguel et al., 2001).

A rapidez na avaliação da qualidade proporciona inúmeras vantagens, como a possibilidade de descartar lotes de sementes com qualidade inadequada, na recepção, na unidade de beneficiamento de sementes, com conseqüente economia dos custos de um beneficiamento desnecessário (Piana et al., 1992).

O teste de germinação é o mais utilizado para avaliar a qualidade das sementes, por apresentar condições ideais para o pleno desenvolvimento da plântula, ser padronizado e apresentar ampla possibilidade de repetição dos resultados (Marcos Filho, 1999). Esse teste fornece informações importantes sobre o potencial da amostra para germinar em condições ótimas de ambiente, podendo avaliar razoavelmente a qualidade fisiológica de um lote quando esse apresenta alta homogeneidade (Spina & Carvalho, 1986). No entanto, o teste não reflete o comportamento no campo, para lotes heterogêneos, onde se estabelecem mais rápido as plântulas advindas de sementes mais vigorosas, além de requerer de 7 a 28 dias para a obtenção dos resultados. Na análise de sementes de arroz, este teste exige 14 dias (Brasil, 1992), período considerado longo para atender aos interesses

comerciais, havendo a necessidade da utilização de métodos que avaliem de maneira rápida e eficiente a qualidade da semente.

Além do período demorado para obtenção dos resultados as sementes de arroz podem apresentar problemas relacionados à germinação, por períodos que podem variar até 120 dias após a colheita. Isto se deve, à presença de dormência pré e pós-colheita das sementes e está relacionada diretamente ao nível de maturação das sementes. Pode variar entre cultivares, lotes, ano de produção, estabelecendo-se durante o período de desenvolvimento da semente e sendo afetada pelas condições de semeadura e colheita, entre outros fatores (Guimarães et al., 2000). Assim, a análise da qualidade fisiológica das sementes pode ser prejudicada por resultados que não indiquem o real potencial das sementes.

No campo, as sementes estão sujeitas às adversidades do clima, ataque de microorganismos patogênicos, barreira física imposta pelo solo, insetos, excesso ou déficit hídrico (Perry, 1981), apresentando então porcentagem de germinação inferior à obtida em condições ideais de laboratório (Johnson & Wax, 1978). Portanto, há necessidade da inclusão de testes, em programas de controle de qualidade, que permitam, pelo menos, identificar diferenças no potencial fisiológico de lotes com alta germinação ou viabilidade, além de detectar possíveis diferenças no potencial de desempenho entre lotes com germinação ou viabilidade semelhantes (Marcos Filho, 1999).

A avaliação do vigor de sementes, como rotina pela indústria sementeira, tem evoluído à medida que os testes disponíveis vêm sendo aperfeiçoados, permitindo a obtenção de resultados consistentes e reproduzíveis, o que é de extrema importância na tomada de decisões durante o manejo das sementes após a maturidade. Esses testes são componentes essenciais de programas de controle de qualidade, para evitar o manuseio e comercialização de sementes de qualidade inadequada (Panobianco & Marcos Filho, 1998).

Para a avaliação do vigor são considerados alguns aspectos relativos à qualidade da semente, tais como a capacidade de resistência a condições adversas, velocidade de germinação, emergência em campo, entre outros, capazes de detectar a capacidade da semente em formar plântulas saudáveis e com boa capacidade de emergência.

De modo geral, a germinação e a emergência das plântulas são reflexos da qualidade fisiológica das sementes. A causa de falhas na emergência ou mesmo na

redução da velocidade de emergência é freqüentemente atribuída ao baixo vigor associado ao processo de deterioração das sementes.

A relação entre os resultados dos testes para avaliação da qualidade de sementes e o desempenho no campo está diretamente relacionada às condições ambientais. A capacidade dos testes conduzidos em laboratório para estimar o potencial de emergência das plântulas no campo, diminui à medida que as condições de ambiente vão se desviando das mais adequadas, tornando-se praticamente nulas sob condições extremamente desfavoráveis (Marcos Filho, 1999).

1.1 Testes de vigor

Um grande número de testes tem sido sugeridos para avaliar o vigor das sementes, porém se tem verificado que alguns testes apresentam maior potencial de uso para certas espécies.

Para sementes de arroz tem sido amplamente utilizado o teste de primeira contagem da germinação, que apresenta facilidade de execução e rápida obtenção de resultados. É conduzido simultaneamente ao teste de germinação e pode ser eficiente na diferenciação da velocidade de germinação das sementes (Nakagawa, 1994) e até na classificação do vigor de lotes, de acordo com a sugestão apresentada por Marchezan et al. (2001). Porém, existem registros (Bhering et al., 2003) de dificuldades apresentadas por esse teste na identificação de pequenas diferenças de vigor entre lotes.

O comprimento de plântulas é, comumente, utilizado na avaliação do vigor em sementes de arroz, ao considerar as plântulas normais formadas, quando postas a germinar sob condições controladas de laboratório (Nakagawa, 1994). Neste teste, são necessários alguns cuidados com as condições oferecidas às sementes, pois pequenas diferenças podem ocasionar mudanças nas avaliações (Perry, 1981), onde sementes vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento, em função de apresentarem maior capacidade de transformação e suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento e da maior incorporação destes pelo eixo embrionário (Dan et al., 1987).

A velocidade de germinação é um dos conceitos mais antigos de vigor de sementes (AOSA, 1983), que tem como finalidade verificar diferenças na velocidade

do processo de germinação e de formação de plântulas. Para que o teste tenha melhor desempenho, este deve ser realizado com temperatura constante e uniformidade do substrato. As avaliações do teste são realizadas diariamente, a partir do dia em que a primeira semente formar plântula considerada normal, onde as plântulas são computadas e retiradas do substrato (Maguirre, 1962). Quanto maior o valor obtido, maior a velocidade de germinação e, conseqüentemente, maior o vigor do lote (Nakagawa, 1994).

O teste de frio, que tem como princípio básico a exposição das sementes à baixa temperatura e alta umidade relativa, também tem sido utilizado como instrumento de grande valor para a seleção prévia de lotes de sementes de arroz, quanto ao seu desempenho, onde a maior aproximação dos valores do teste de germinação e teste de frio indicam alta capacidade do lote em germinar sob uma ampla faixa de condições ambientais (Cícero & Vieira, 1994).

Outro teste utilizado para avaliação do potencial fisiológico de lotes de arroz, é o envelhecimento acelerado, que consiste em avaliar a resposta das sementes, por meio do teste de germinação, após elas terem sido submetidas à temperatura elevada e umidade relativa do ar próxima a 100%, por determinado período de exposição (Rosseto & Marcos Filho, 1995). Baseia-se no fato de que a taxa de deterioração das sementes aumenta consideravelmente quando expostas a tais condições (Nakagawa, 1999), assim verifica-se que amostras com baixo vigor apresentam maior queda de sua viabilidade depois de expostas a situação de estresse pelo envelhecimento (Marcos Filho, 1999), de modo que há a possibilidade de serem estabelecidas diferenças no potencial fisiológico das amostras avaliadas (Panobianco & Marcos Filho, 1998).

Lotes de sementes com alto vigor manterão sua viabilidade quando submetidos ao estresse, enquanto os de baixo vigor terão sua viabilidade reduzida (AOSA, 1983; Krzyzanowski et al., 1991).

Esse teste é um dos mais estudados e recomendados para avaliação da qualidade fisiológica de diferentes espécies e está incluído em programas de controle de qualidade de empresas, pois pode fornecer informações relativamente seguras sobre o potencial de armazenamento dos lotes processados e, dependendo do histórico do lote, do potencial de emergência das plântulas em campo (Santos et al., 2002).

Diversos testes já foram pesquisados para a cultura do arroz, mas nenhum deles é usado sem restrição, não só pela dificuldade de padronização, mas, essencialmente, porque os objetivos dificilmente são atingidos em face da grande variabilidade das condições ambientais observados na época e no local onde ocorrem os cultivos (Barros et al., 2003).

1.2 Testes alternativos de vigor

1.2.1 Strictu sensu

O teste *Strictu sensu* tem como objetivo determinar as diferenças na qualidade dos lotes de sementes através da velocidade de emissão da raiz primária, que podem influir decisivamente no desenvolvimento das plântulas no campo, no ciclo total das plantas e na produtividade (Menezes et al., 1986).

A germinação *Strictu sensu* é definida como o momento em que a semente, após ter passado por uma fase de embebição, rompe a cobertura protetora e emite a raiz primária (Come, 1975). A partir deste momento são realizadas avaliações para determinar a velocidade de emissão da raiz primária.

Esse procedimento permitiu resultados que apontaram o teste *Strictu sensu* promissor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de colza e girassol (Menezes et al., 1986).

1.2.2 Precocidade de emissão da raiz primária

A precocidade de emissão da raiz primária não é um teste tradicional que permite a avaliação das plântulas de acordo com os critérios estabelecidos na tecnologia de sementes, mas mostra-se viável para estimar o vigor destas, fazendo a associação da quantidade de sementes que emitem a raiz primária com a velocidade com que este processo ocorre (Toledo et al., 1999), baseando-se no princípio de que as sementes mais vigorosas emitem a raiz primária numa velocidade mais alta quando comparadas com as de qualidade fisiológica inferior.

As diferenças de vigor observadas podem ser explicadas pelo fato de que as primeiras alterações nos processos bioquímicos, associados à deterioração,

geralmente ocorrem antes que o declínio da capacidade germinativa seja verificada (Delouche & Baskin, 1973).

1.2.3 Envelhecimento acelerado modificado com solução salina

A condução do teste de envelhecimento acelerado com a substituição da água colocada no interior da caixa plástica, do tipo gerbox, por solução salina tem sido aplicada com sucesso em sementes de olerícolas. Essa alteração dos níveis de umidade relativa no interior da caixa permite a obtenção de umidade relativa de, aproximadamente 76% quando é utilizado o NaCl (Jianhua & McDonald., 1996). Esta umidade adequa a taxa de absorção de água, a velocidade e a intensidade de deterioração das sementes (Panobianco & Marcos Filho, 1998), sem diminuir a sensibilidade do teste (Marcos Filho, 2005).

A redução da velocidade de absorção de água e da intensidade de deterioração provoca efeitos menos drásticos sobre as sementes e resultados menos variáveis (Jianhua & McDonald, 1996; Panobianco & Marcos Filho, 2001).

As sementes submetidas a esse tipo de envelhecimento, geralmente, atingem grau de umidade em torno de 11 a 14%, semelhantes ao verificado durante o armazenamento das sementes da maioria das espécies cultivadas. Isso faz com que o envelhecimento seja mais natural do que os efeitos provocados durante o teste tradicional de envelhecimento acelerado (Marcos Filho, 2005), no entanto, não há registros de uso dessa metodologia alternativa em sementes de arroz.

1.2.4 Curva de Hidratação

Sob condições não restritivas de suprimento a absorção de água segue um padrão trifásico (Bewley & Black, 1994), onde na primeira fase ocorre uma rápida absorção de água, devido à diferença de potencial hídrico entre a semente e o substrato. Na segunda fase há uma redução da velocidade de absorção, com o estabelecimento de atividades do processo bioquímico preparatório (Marcos Filho, 2005). Na terceira fase há novamente o aumento da velocidade de absorção de água, associado ao início do crescimento embrionário, com a protrusão da raiz primária (Castro & Hilhorst, 2004).

A embebição sofre interferências da composição química das sementes, da permeabilidade do tegumento, da disponibilidade de água nos estados líquido ou gasoso, temperatura (Bewley & Black, 1994; Carvalho & Nakagawa, 2000), da área de contato entre a semente e o substrato (Calero et al., 1981) e do teor de água das sementes.

Pesquisas têm sido conduzidas com o objetivo de associar a velocidade de absorção de água com a qualidade fisiológica das sementes, onde a hidratação pode ter a velocidade afetada e, portanto, atuar como fenômeno indicativo da qualidade da semente (Souza et al., 1996; Beckert, 2000; Motta, 2002).

Em soja, Rocha et al. (1984) verificaram que as sementes de colheita retardada tiveram elevação na velocidade de embebição, em relação às obtidas de colheita em época adequada, sugerindo que sementes mais deterioradas embebem mais rapidamente. Entretanto, McDonald et al. (1988) não confirmaram estas observações, pois verificaram que a hidratação em sementes de soja ocorreu de forma similar, independentemente do estágio de deterioração.

Baseando-se na importância da avaliação da qualidade fisiológica das sementes de arroz principalmente nos momentos iniciais de formação da plântula o objetivo do trabalho foi o de avaliar testes alternativos na função de estratificar lotes de sementes de arroz pelo vigor e estabelecer sua correlação com a emergência de plântulas em campo.

2.0 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS) e na área experimental de várzea, ambas do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria – RS.

Foram utilizados cinco lotes de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), cultivar IRGA 417, com qualidade fisiológica distinta, sendo um dos lotes proveniente da safra 2002/03 e os demais, da safra 2003/04. Os lotes foram obtidos da Cooperativa Sepeense LTDA. do município de São Sepé, RS. Inicialmente foi realizada a superação da dormência através da pré-secagem para os quatro lotes da safra 2003/04, avaliou-se posteriormente a qualidade fisiológica através dos testes descritos a seguir:

Teor de água: determinado pelo método de estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas com circulação forçada de ar, utilizando-se duas repetições para cada lote, conforme as Regras para Análise de Sementes-RAS (Brasil, 1992).

Germinação: utilizaram-se quatro repetições de 100 sementes para cada lote, semeadas em rolos de papel e mantidos em germinador regulado a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. As avaliações foram realizadas aos cinco e aos 14 dias, após o início do teste conforme as RAS (Brasil, 1992) sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Primeira contagem do teste de germinação: realizado conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as porcentagens médias de plântulas normais, após cinco dias da instalação do teste. Os resultados estão expressos em porcentagem de plântulas normais.

Teste de frio sem solo: foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes de cada lote, distribuídas em rolos de papel umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco. Os rolos foram então, colocados no interior de sacos plásticos e vedados com fita adesiva, e mantidos em câmara regulada a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante sete dias. Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador à temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante sete dias, de acordo com a descrição de Cícero & Vieira (1994). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Velocidade de germinação: foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes onde foram efetuadas contagens diárias, com intervalos de 24 horas a partir da constatação da primeira plântula normal. Para cada repetição, foi calculada a velocidade de germinação (VG), somando-se o número de plântulas emergidas a cada dia, multiplicada pelo respectivo número de dias transcorridos da data de semeadura, conforme Maguirre (1962). Esse procedimento foi adotado até que se obteve um número constante de plântulas. Os resultados foram expressos em dias.

Comprimento de plântula: utilizou-se o comprimento médio de dez plântulas normais tomadas ao acaso, obtidas a partir da semeadura de quatro repetições de 15 sementes, em substrato rolo de papel. Os rolos contendo as sementes permaneceram a temperatura constante de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ por sete dias, quando, foi avaliado o comprimento das plântulas com o auxílio de régua milimetrada. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número das plântulas mensuradas, com resultados

expressos em cm.

Teste de envelhecimento acelerado: as sementes foram acondicionadas em caixas plásticas (mini-câmaras) de 11 x 11 x 3 cm, tipo gerbox com bandeja telada. Foram distribuídas uniformemente 500 sementes de cada um dos lotes sobre a tela e adicionados 40 mL de água destilada, as caixas gerbox foram então fechadas e levadas a estufa a 42 °C durante 96 horas (AOSA, 1983). Após este período as sementes foram distribuídas sobre papel germitest umedecidos com água destilada, em quatro repetições de 100 sementes e levadas ao germinador à temperatura de 25 °C. A avaliação foi realizada no quinto dia, após a instalação do teste. Os resultados estão expressos em porcentagem de plântulas normais.

Abaixo se encontram descritos os testes alternativos de vigor. Os lotes foram considerados como tratamentos e correlacionados com a emergência em campo:

Strictu Sensu: foi avaliada a emissão de raiz primária em cada lote, num período de aproximadamente 42 horas. A partir de 20 horas de embebição, as sementes foram avaliadas de duas em duas horas, conforme metodologia proposta por Menezes et al. (1986). Foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes distribuídas sobre papel umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do papel substrato seco. Os rolos foram mantidos a 25 °C, durante o período do teste. Com os dados coletados, foram determinados o tempo médio de germinação, expresso em horas e o índice de germinação.

Tempo médio de germinação:

$$TMG = \frac{\sum_{i=1} T_i N_i}{\sum_{i=1} N_i}$$

Índice de Germinação

$$IG = \sum_{i=1} \frac{N_i}{T_i}$$

onde:

T_i= número de horas, a partir da colocação das sementes no substrato;

N_i= número de sementes germinadas no tempo compreendido entre duas leituras (T_i e T_i - 1)

Precocidade de emissão da raiz primária: foram utilizados quatro

repetições de 100 sementes de cada lote, distribuídas entre cinco folhas de papel germitest, em forma de rolos de papel umedecido com quantidade de água equivalente a 3,0 vezes a massa do substrato seco. Os rolos foram colocados em germinador regulado a 25 °C. A cada 12 horas o material foi examinado de tal maneira que as sementes cujo desenvolvimento da raiz primária fosse visível, foram contadas e removidas, de acordo com a metodologia descrita por Toledo et al. (1999). Após esta etapa, calculou-se o índice de precocidade de emissão de raiz primária adotando-se o critério sugerido por Maguirre,(1962).

Teste de envelhecimento acelerado modificado: as sementes foram acondicionadas em caixas plásticas (mini-câmaras) de 11 x 11 x 3 cm, tipo gerbox com bandeja telada, onde foram distribuídas uniformemente 500 sementes de cada lote sobre a tela. A solução aquosa utilizada foi a proposta por Jianhua & McDonald. (1996), na quantidade de 40mL de solução saturada de NaCl (40g do sal/100mL de água), levada à estufa a 41 °C durante 96 horas. Após este período as sementes foram distribuídas sobre papel germitest umedecidos com água destilada, em quatro repetições de 100 sementes e levadas ao germinador à temperatura de 25 °C. A avaliação foi realizada aos cinco dias como descrito nas RAS (Brasil, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Emergência das plântulas em campo: conduzido com quatro repetições de 100 sementes em linhas de 2,0 m de comprimento com espaçamento de 0,20 m, onde a semeadura foi feita a uma profundidade média de 0,03 m e cobertas com 0,02 m de solo. A avaliação da porcentagem de emergência das plântulas foi efetuada aos 21 dias após a semeadura. Juntamente com a avaliação da emergência foram realizadas as determinações descritas a seguir:

a) comprimento da parte aérea: foram tomadas quatro repetições de 10 plântulas ao acaso para cada lote e repetição, onde a parte aérea destas plântulas foi mensurada com o auxílio de régua milimetrada. Os resultados estão expressos em cm por plântula.

b) massa fresca: determinou-se com a pesagem da parte aérea das plântulas empregadas na determinação do comprimento da parte aérea. Os resultados estão expressos em miligramas por plântula.

c) massa seca: foi realizada após a mensuração da fitomassa fresca. As repetições de cada lote foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa com circulação forçada de ar e mantidas durante 48 horas a temperatura 60 °C, a

pesagem foi realizada em balança com precisão de 0,001g. Os resultados foram expressos em miligramas por plântula.

Curva de hidratação: uma amostra de aproximadamente 100 g de cada lote foi colocada em papel umedecido e mantidas a 25 °C. Duas repetições de aproximadamente 5 g foram retiradas dos rolos a cada três horas, durante 24 horas para determinação da curva de embebição. Para tal determinou-se a umidade de cada amostra em estufa com circulação forçada de ar a 105 °C ± 3 °C, conforme RAS (Brasil, 1992).

Análise estatística: o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise da variância onde as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, onde utilizou-se o programa estatístico SANEST (Zonta et al., 1986). Foi efetuada correlação simples entre os testes de vigor e a emergência das plântulas em campo. As variáveis de germinação e suas derivações usadas foram transformadas em arc seno $(x/100)^{1/2}$.

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os dados referentes aos testes de germinação e vigor aplicados às sementes de arroz, para caracterização da qualidade inicial dos lotes. O teste de germinação apontou diferenças significativas entre os lotes, onde o lote 1 mostrou menor germinação que os demais, sendo que o lote 4 apresentou o maior valor de plântulas normais formadas aos 14 dias, não diferindo, no entanto, dos lotes 3 e 5. Além disso, os lotes 2 a 5 também apresentaram resultados de germinação superiores a 90%. Este teste é altamente padronizado e possui alta repetibilidade, contudo, não indica com precisão a emergência das plântulas em campo, o que o torna, muitas vezes, incompleto para determinar a qualidade das sementes, porém em lotes homogêneos pode avaliar razoavelmente a qualidade fisiológica (Spina & Carvalho., 1986), o que parece ter ocorrido no estudo em discussão.

No teste de primeira contagem os lotes 3, 4 e 5 não diferiram entre si, sendo que o menor valor foi obtido pelo lote 1, enquanto que o lote 5 obteve a maior porcentagem de plântulas normais formadas aos cinco dias. Este teste mostrou-se pouco sensível para diferenciar os lotes em diferentes níveis de vigor. A primeira

contagem apesar de ser indicado como eficiente para avaliar o vigor de sementes (AOSA,1983; Marchezan et al., 2001), é conduzido em condições totalmente favoráveis podendo beneficiar lotes de vigor médio a alto.

Embora o teste de primeira contagem seja considerado um indicativo do vigor, o processo de deterioração das sementes e redução da velocidade de germinação não é um dos primeiros eventos que ocorrem internamente nas sementes com o passar do tempo (Delouche & Baskin, 1973), sendo assim, pode não detectar os eventos iniciais da redução da qualidade.

Estudos conduzidos com algodão (Torres, 1998) também indicaram baixa sensibilidade do teste em estratificar lotes de sementes, principalmente quando as diferenças de vigor são pequenas.

O uso do teste de comprimento de plântulas não mostrou diferenças entre os lotes em relação ao vigor. Estudos conduzidos com feijão vigna (Bias et al., 1999) e arroz (Pasqualli, 2005), também indicaram dificuldades para estratificação de lotes de sementes através do teste de comprimento de plântulas, principalmente, quando os lotes avaliados apresentam potencial fisiológico elevado.

A velocidade de germinação apresentou o lote 1 como o de menor velocidade em formar plântulas normais em relação aos demais, que não diferiram entre si. A menor velocidade de germinação deve-se ao fato de que uma semente de menor vigor, antes de dar início ao crescimento do eixo embrionário, durante o processo de germinação, promove a restauração das organelas e tecidos danificados, de maneira que o tempo consumido nesse processo acaba por ampliar o período de tempo total para que a germinação e posterior emergência ocorram (Villiers, 1973).

Os resultados indicaram dificuldade na aplicação do teste em lotes quando o vigor destes é elevado. Observações semelhantes foram obtidas por Motta (2002) trabalhando com sementes de teosinto. Estes resultados, no entanto podem não significar ineficiência do teste, mas sim semelhança entre lotes.

O teste de frio indicou o lote 1, como de menor potencial fisiológico e apresentou a mesma ordem de estratificação dos lotes como a apresentada pelo teste de velocidade de germinação. Este teste é recomendado para diversas gramíneas, sendo utilizado para avaliar o vigor das sementes, considerando que sementes resistentes a condições desfavoráveis são as mais vigorosas (Cícero & Vieira, 1994).

Tabela 1- Germinação (G - %), primeira contagem (PC - %), comprimento de plântula (CP - cm), velocidade de germinação (VG – dias), teste de frio (TF - %) e envelhecimento acelerado (EA - %) de cinco lotes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria – RS, 2004.

LOTES	G	PC	CP	VG	TF	EA
L 1	75c*	58b	23,8 ^{ns}	1,3b	61b	55c
L 2	91b	67ab	23,7	1,5a	86a	85ab
L 3	95ab	71a	24,1	1,5a	84a	90a
L 4	97a	75a	22,3	1,5a	87a	88ab
L 5	95ab	76a	22,8	1,5a	85a	80b
CV (%)	3,74	5,54	4,44	3,39	6,27	4,80

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Lotes de boa qualidade fisiológica devem ter um mínimo de 70 a 85% de plântulas normais após o teste de frio (Grabe, 1976), os dados obtidos mostram médias superiores a 80% de plântulas normais após a realização do teste, indicando que os lotes 2 a 5 possuíam elevada qualidade fisiológica.

Os resultados não confirmaram as recomendações feitas para cebola (Piana et al., 1995), milho (Torres, 1998), milho-doce (Santos et al., 2002), e arroz (Barros et al., 2003), os quais indicam que este teste é adequado para avaliação da qualidade das sementes. No entanto, vale aqui também ressaltar que a não separação dos lotes pelo teste, pode ter sido pela similaridade de qualidade entre os lotes estudados.

No teste de envelhecimento acelerado, os resultados indicaram a estratificação semelhante à obtida no teste de germinação, mostrando semelhanças entre os lotes 2 a 5. Os resultados mostraram diferenças importantes na qualidade dos lotes, principalmente porque estas pareciam ser muito pequenas e de difícil distinção pelos testes anteriores.

Os resultados aqui obtidos concordam com estudos realizados em outras espécies, indicando que o teste de envelhecimento acelerado é eficiente para separar lotes em relação ao vigor de sementes de soja (Vieira et al., 2004), sorgo (Vanzolini et al., 2002) e milho (Torres, 1998).

Os resultados apontados na Tabela 1 indicam o lote 1 como o de menor qualidade fisiológica, e os demais lotes com qualidade elevada e com pequena diferença entre eles. Os testes que estratificaram os lotes foram o de germinação e envelhecimento acelerado, que são testes tradicionais na análise de sementes e recomendados para várias espécies, possuindo alta reprodutibilidade, confiabilidade e padronização.

Na Tabela 2 observam-se os resultados referentes aos testes alternativos de vigor e a emergência em campo. No teste *Strictu sensu* que foi utilizado para determinar as diferenças na qualidade dos lotes através da emissão da raiz primária (Menezes et al., 1986), onde o tempo médio necessário para alcançar 50% de sementes germinadas, não apontou diferenças entre os lotes, mostrando baixa sensibilidade em detectar pequenas diferenças de vigor nos estádios iniciais de formação da raiz primária.

O índice de germinação, utilizado para representar o número médio de sementes germinadas nos intervalos de avaliação, detectou diferenças entre os lotes, como observado por Menezes et al. (1986), em sementes de girassol e colza. O lote 4 apresentou maior vigor sem diferir dos lotes 2 e 3, porém, houve semelhanças entre os lotes 1, 2, 3 e 5. Tais resultados não estratificaram de modo claro os lotes, embora o lote 4 tenha apresentado os valores absolutos mais elevados, nas duas avaliações, assim como no teste de germinação.

No teste em que se avaliou a precocidade de emissão da raiz primária, o lote 1 apresentou os menores valores, diferindo dos demais, que não diferiram entre si. Este teste mostrou-se semelhante aos testes que caracterizavam a qualidade inicial das sementes, indicando que os lotes 2, 3, 4 e 5 foram fisiologicamente semelhantes, e que o lote 1 apresentou menor vigor em relação aos demais. Esse teste detectou diferenças entre os lotes, como observaram Toledo et al. (1999) em sementes de milho e Santos et al. (2003), em sementes de feijão, os quais apontaram esse teste como capaz de avaliar o vigor de sementes, quando existem diferenças na qualidade fisiológica das sementes estudadas. No entanto, a diferença observada no estudo em discussão foi aquela entre o lote 1 e o grupo dos demais lotes, como já havia sido observado no teste de velocidade de germinação e de frio. Os lotes 2 a 5 foram considerados, inicialmente, de qualidades muito próximas, porém o lote 4 apresentou os maiores valores absolutos nos resultados.

O teste de envelhecimento acelerado modificado com solução salina, mostrou diferenças entre os lotes 1, 2 e 3. O lote 2 foi o mais vigoroso sem diferir do 4 e 5, enquanto que o lote 1 foi o menos vigoroso. Esse teste mesmo conduzido com umidade relativa mais baixa, onde a absorção de vapor de água e a deterioração foram mais lentas, parece não ter diminuído a sensibilidade do teste, como verificaram Jianhua & McDonald (1996), Panobianco & Marcos Filho (1998) e Marcos Filho et al.(2000). O teste com metodologia convencional não havia detectado diferenças entre os lotes 2 e 3, porém havia apontado o lote 5 como de qualidade menor do que os lotes 3 e 4, sem diferir do lote 2.

A emergência das plântulas em campo (Tabela 2) mostrou diferenças entre os lotes de sementes de arroz IRGA 417 estudados. O lote 1 exibiu acentuada redução da emergência em campo, tal fato indicou efeito do vigor, que foi traduzido em menor população de plantas. Esses resultados confirmam indicações de vários autores (Schuch et al., 1999; Schuch et al., 2000; Machado, 2002) em que sementes de baixa qualidade reproduzem o baixo desempenho do laboratório, no campo. Os demais lotes apresentaram comportamento variável, tendo sido influenciados pelas condições de ambiente.

A massa fresca e seca (Tabela 3) não estratificaram os lotes, indicando o lote 1 como semelhante aos demais. Esses resultados diferem das observações feitas por Schuch & Lin. (1982), Durães et al. (1995), Schuch et al. (2000) e Höfs et al. (2004) que concluíram que o vigor das sementes afeta o crescimento inicial das plântulas e a capacidade dessas em acumular biomassa, devido ao fato de que sementes com maior vigor originam plântulas com maior taxa de crescimento. Schuch et al. (2000) observaram que diferenças no vigor das sementes de aveia preta causaram diferenças na taxa de crescimento nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta.

Tabela 2- Strictu sensu (SS): tempo médio de germinação (TMG - h), índice de germinação (IG), precocidade de emissão da raiz primária (PERP - h), envelhecimento acelerado modificado 96 e 288 (EAM - h) e emergência (E) de cinco lotes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria – RS, 2004.

LOTES	SS		PERP	EAM	E
	TMG	IG			
L 1	33,5 ^{ns}	1,8b	1,34b	63c	63d
L 2	35,4	2,5ab	1,48a	91a	75c
L 3	36,1	2,5ab	1,57a	86b	80a
L 4	36,0	2,8a	1,47a	89ab	75c
L 5	35,7	2,4b	1,56a	89ab	78b
CV (%)	3,95	14,14	3,73	4,53	5,37

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Quanto ao comprimento da parte aérea das plântulas, onde observou-se que os 5 lotes estudados não diferiram entre si. O teste não foi capaz de identificar a menor qualidade inicial das sementes do lote 1. Resultados obtidos por Vanzolinii (2002) indicaram que já aos 18 dias após a semeadura não haviam diferenças entre lotes com níveis de vigor alto e médio. No entanto, sementes de baixo vigor indicaram que o efeito do vigor do lote da semente é importante, pelo menos na fase inicial de desenvolvimento das plântulas.

A Figura 1 mostra a curva de hidratação de cinco lotes de sementes de arroz cultivar IRGA 417. Pode-se observar que os lotes 2 a 5 tiveram comportamentos semelhantes, absorvendo aproximadamente quantidade de água equivalente a 13 pontos percentuais superiores em relação ao lote 1, onde as sementes desse lote atingiram aproximadamente a umidade de 27% após 24 horas de embebição, enquanto que as sementes dos demais lotes atingiram aproximadamente 40%, de umidade no mesmo período.

Tabela 3 – Massa fresca (MF - g), massa seca (MS - g), comprimento da parte aérea (CPA - cm) de cinco lotes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria – RS, 2004.

Lotes	MF	MS	CPA
L1	10,0 ^{ns}	3,5 ^{ns}	13,8 ^{ns}
L2	9,0	3,3	14,3
L3	9,0	3,0	13,8
L4	10,9	3,5	14,4
L5	8,7	3,0	13,6
CV(%)	18,17	17,96	3,25

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A curva de hidratação mostrou o comportamento dos lotes semelhante ao observado em vários testes anteriormente aplicados, ou seja, diferença entre o lote 1, que apresentou menor qualidade e os demais, que mostraram maior qualidade sem diferirem entre si.

Esses resultados diferem daqueles obtidos em outras culturas, tais como soja (Beckert et al., 2000) e teosinto (Motta, 2002), onde as sementes mais deterioradas absorveram maior quantidade de água, sugerindo que sementes deterioradas, em função das membranas celulares apresentarem-se mais permeáveis à entrada de água nas primeiras horas de hidratação, hidratam-se mais rapidamente (Rocha et al., 1984). No entanto, McDonald et al. (1988) observaram que a hidratação de sementes de soja ocorreu independentemente do estágio de deterioração, pois estas sementes não apresentam barreira à entrada de água.

Nas sementes de arroz, os resultados sugerem que as glumelas têm influência marcante na velocidade de hidratação. A água e o oxigênio que ultrapassam a barreira da casca são aproveitados pelo metabolismo mais eficiente das sementes vigorosas, acreditando-se que esse metabolismo exige quantidade cada vez maior de água dando maior velocidade à hidratação e teores mais elevados nas primeiras horas. Assim, também é possível associar a velocidade de hidratação com a qualidade fisiológica das sementes de arroz, de modo que o lote de menor qualidade absorve água mais lentamente.

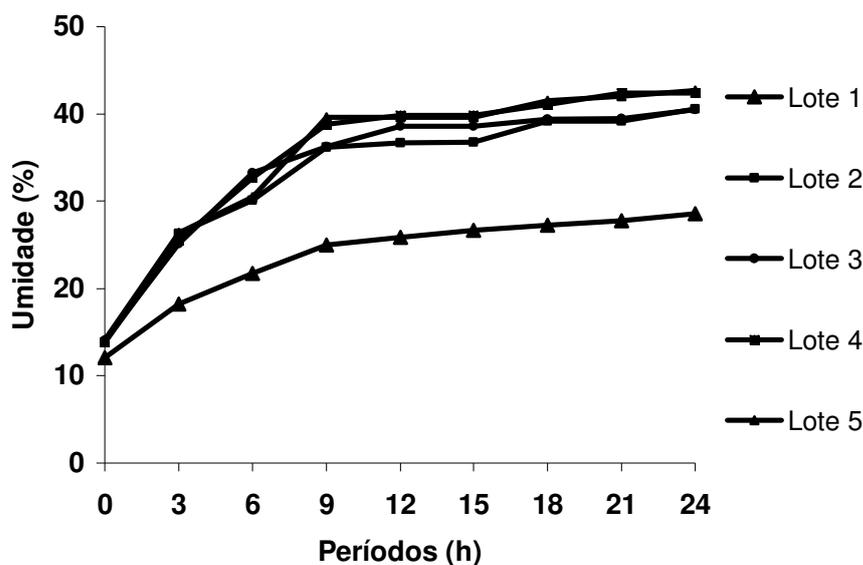


Figura 1- Curva de hidratação de cinco lotes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria – RS, 2004.

A Tabela 4 apresenta os coeficientes de correlação simples entre os testes de vigor alternativos e a emergência em campo aplicados aos lotes de sementes de arroz, expressando o grau de associação linear entre as variáveis. O teste de envelhecimento acelerado modificado com período de exposição de 96 horas apresentou correlação positiva com o teste de envelhecimento acelerado modificado com 288 horas de exposição ($r=0,96$), com a emergência em campo ($r=0,82$) e com o índice de germinação, determinado pelo teste *Strictu sensu* ($r=0,64$). O envelhecimento acelerado modificado 288 horas correlacionou-se com a emergência em campo ($r=0,90$) e com o índice de germinação ($r=0,65$).

O teste de envelhecimento acelerado com solução salina estratificou os lotes de sementes e ao se correlacionar com a emergência mostrou ser afetado por fatores extrínsecos e em comuns, que se considerou a qualidade dos lotes.

Tabela 4 – Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes Strictu sensu (SS): tempo médio de germinação (TMG), índice de germinação (IG); precocidade de emissão da raiz primária (PERP), envelhecimento acelerado modificado (EA 96h) e emergência (E) de cinco lotes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria – RS, 2004.

	SSTMG	SSIG	PERP	EAM 96h
SSIG	-0,34ns			
PERP	0,00ns	0,11ns		
EAM 96h	-0,38ns	0,64*	-0,02ns	
E	-0,20ns	0,56*	-0,24ns	0,82*

*= significativo a 5% de probabilidade de erro ns= não significativo

Na variável tempo médio de germinação determinado pelo teste Strictu sensu e precocidade de emissão da raiz primária não houve correlação com os demais testes, indicando sua dependência de resultados, possivelmente, gerada pela baixa padronização do teste.

4.0 CONCLUSÕES

O índice de germinação determinado pelo teste de *Strictu sensu*, o envelhecimento acelerado modificado com solução salina, a precocidade de emissão da raiz primária e a curva de hidratação são capazes de separar lotes de sementes em função de sua qualidade fisiológica e, portanto, promissores para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz.

5.0 REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing, 88p, 1983.

BARROS, A.C.S.A.; JACOBSEN, F.L.L., SCHUCH, L.O.B. Testes de vigor em sementes de arroz. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, **Anais**, Camboriu, Brasil, p.574, 2003.

BECKERT, O.P.; MIGUEL, M.H.; MARCOS FILHO, J. Absorção de água e potencial fisiológico em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.671-675, out/dez, 2000.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2 ed. New York, Plenum Press. 1994. 445p.

BHERING, M.C. et al. Avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrullus lunatus* Schrad.) pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.25, n.2, p.1-6, 2003.

BIAS, A.L.F. et al., Métodos para avaliação da qualidade fisiológica de feijão vigna. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.3, p.651-660, julho, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DND/CLAV, 1992, 365p.

CALERO, E.; WEST, S.H.; HINSON, K. Water absorption of seeds and associated causal factors. **Crop Science**, Madison, v.21, n.6, p.926-933, 1981.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes** - ciência, tecnologia e produção. 4 ed., Jaboticabal, FCA/FUEP, 2000, 588p.

CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo, p.149-162. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. São Paulo, 2004.

CÍCERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.151-164, 1994.

CÔME, D. "Quelques Problèmes de Terminologie Concernant les Semences et leur Germination". In: - CHAUSSAT, R. LE DEUNFF, Y. **La Germination des Semences**. Paris, Bordas, 1975, 232p.

DAN, E.L. et al. Transferência de matéria seca como modo de avaliação do vigor em sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 9, n. 3, p.45-55, 1987.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, p.427-452, 1973.

HÖFS, A. et al. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.1, p.92-97, 2004.

IRGA - INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. Dados de safra, 2005. Disponível em www.irga.rs.gov.br, acessado dia 27/09/2005

DURÃES, E.L. et al. Índices de vigor de sementes de milho (*Zea mays* L.): associação com emergência de campo, crescimento e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.17, n.1, p.13-18, 1995.

GUIMARÃES, I.F.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. Métodos de superação de dormência para determinar o potencial germinativo de sementes de arroz. **Científica Rural**, Bagé, v.5, n.1. p.77-88, 2000b.

GRABE, D.F. Measurement of seed vigor. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.1, n.2, p.18-31, 1976.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M.B. The saturated salt accelerated aging test for small seeded crops. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, p.123-131, 1996.

JOHNSON, R.R.; WAX, L.M. Relationship of soybean germination and vigor tests to field performance. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.2, p.273-278, 1978.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, v.1, n.2, março, p.15-50, 1991.

MACHADO, R.F. **Desempenho de aveia branca (*Avena sativa* L.) em função do vigor de sementes e população de plantas**. Pelotas, 2002, 46f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2002.

MAGUIRRE, J. A Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n.2, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987, 230p.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização, p.1-21. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Tamanho da semente e o teste de envelhecimento acelerado para soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.473-482, 2000.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005, 495p.

MARCHEZAN, E.; MENEZES, N.L.; SIQUEIRA, C.A. Controle da qualidade das sementes de arroz irrigado utilizadas em Santa Maria/RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, mai/jun, 2001.

McDONALD, M.B.; VERTUCCI, C.W.; ROOS, E.E. Soybean seed imbibition: water absorption by seeds parts. **Crop Science**, Madison, v.28, n.6, p.993-997, 1988.

MENEZES, N.L.; MINUSSI, E.O.; BELLÉ, R.A. "Strictu sensu", um teste de vigor. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.16, n.4, p 325-327, 1986.

MIGUEL, M.H. et al. Teste de frio para avaliação do potencial fisiológico de sementes de algodão. **Scientia Agricola**. Piracicaba, vol.58, n.4, p.741-746, out/dez, 2001.

MOTTA, W.A. **Hidratação, condutividade elétrica e avaliação da qualidade fisiológica de sementes de teosinto**. 2002. 49f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2002.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. p.49-86. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. p.2-1/2-24. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: Conceitos e Testes**. Londrina, 1999.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p.306-310, 1998.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.525-531, 2001.

PASQUALLI, L.L. **Qualidade de sementes de arroz irrigado submetidas a diferentes temperaturas na secagem estacionária**. 2005. 37f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

PERRY, D.A. Report of vigour of committe 1979-1980. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.9, n.1, p.115-126, 1981.

PIANNA, Z.; TILLMANN, M.A.A.; SILVA, W.R.da. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes através de testes rápidos. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 3, n. 1, p.37-45, 1992.

PIANA, Z.; TILLMANN, M.A.A.; MINAMI, K. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cebola e sua relação com a produção de mudas vigorosas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, vol. 17, n. 2, p.149-153, 1995.

ROCHA, V.S. et al. Embebição de água e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.6, n.2, p.51-66, 1984.

ROSSETO, C.A.V.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre os métodos de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.2, p.123-131, 1995.

SANTOS, M.R. et al. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Anais Informativo ABRATES**, Londrina, v. 13, n. 3, p.265, 2003.

SANTOS, P.M. et al., Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-doce pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, vol. 24, n. 1, p.91-96, 2002.

SCHUCH, L.O.B; et al., Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, vol. 21, n.1, p.229-234, 1999.

SCHUCH, L.O.B. et al., Emergência no campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.2, p.97-101, mai/ago, 2000.

SCHUCH, L.O.B.; LIN, S.S. Atraso na colheita sobre emergência no campo e desempenho de plantas de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.11, p.1585-1589, 1982.

SILVA, A.E.L. **Complexar ou Complexibilizar**. Informativo Fundação Pró-Sementes & Apassul, Passo Fundo, ano.03, n.15, agosto, p.3, 2005.

SOUZA, F.H.D.; MARCOS FILHO, J.; NOGUEIRA, M.C.S. Características físicas das sementes de *Calopogonium mucunoides* Desv. associadas à qualidade fisiológica e ao padrão de absorção de água. I. Tamanho. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.18, n.1, p.33-40, 1996.

SPINA, I.A.T.; CARVALHO, N.M. Testes de vigor para selecionar lotes de amendoim antes do beneficiamento. **Ciência Agrônômica**, Jaboticabal, v.1, n.1, p.10-15, 1986.

TOLEDO, F.F. et al. Vigor de sementes de milho (*Zea mays* L.) avaliado pela precocidade de emissão da raiz primária. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, 1999.

TORRES, S.B. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, vol.20, n.1, p.55-59, 1998.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N.M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.1, p.33-41, 2002.

VIEIRA, R.D. et al. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.2, p.164-168, mar/apr, 2004.

VILLIERS, T.A.; Ageing and longevity of seeds in field conditions. In: HEYDECKER, W. (Ed.). **Seed ecology**. Olndon: The Pennsylvania State University Press, p.265-288, 1973.

ZONTA, E.P.; SILVEIRA, P.S.; ALMEIDA, A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores – SANEST**. Pelotas: Instituto de Física e Matemática, UFPel, 1986, 150p.

**CAPÍTULO II - TESTE DE IMERSÃO PARA
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE
SEMENTES DE ARROZ**

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

TESTE DE IMERSÃO PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ARROZ

AUTOR: CÁTIA FERNANDA WRASSE
ORIENTADOR: NILSON LEMOS DE MENEZES
Santa Maria, fevereiro de 2006

O presente trabalho teve por objetivo determinar as melhores condições para a condução do teste de imersão e avaliar a sua eficiência para aplicação em sementes de arroz. Utilizaram-se cinco lotes de sementes de arroz cv. IRGA 417, submetidos aos tratamentos de imersão em água por períodos de 24, 48, 72, 96 e 120 horas a 25 °C. Após os tratamentos foram realizadas as avaliações de germinação, primeira contagem, comprimento da raiz, comprimento da parte aérea e comprimento total, e massa seca das plântulas. O teste de imersão na condição de 96 horas de imersão a 25 °C é viável para avaliar o vigor em sementes de arroz. O teste de germinação, primeira contagem da germinação, comprimento parte aérea e raiz das plântulas servem de complemento ao estresse por imersão na determinação do potencial fisiológico das sementes de arroz.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., hidratação, vigor.

ABSTRACT

Master Science Dissertation
Program of Post Graduation in Agronomy
Federal University of Santa Maria

**IMMERSION TEST FOR EVALUATION OF THE PHYSIOLOGIC POTENTIAL
OF RICE SEEDS**

AUTHOR: CÁTIA FERNANDA WRASSE
ADVISER: NILSON LEMOS DE MENEZES
Santa Maria february, 2006

The objective of this work was to determine the best conditions for the immersion test and to evaluate its efficiency for application on rice seeds. Five seed lots of cv. rice IRGA 417 were used, which were submitted to immersion treatments tests for periods of 24, 48, 72, 96 and 120 hours at 25 °C. After the treatments the germination test, first counting, partial and total length of the seedlings and seedlings dry matter were accomplished. The immersion test in the condition of 96 hours of immersion of the seeds at 25 °C is viable to evaluate the vigor on rice seeds. The germination test, the first counting test and aerial part and root length can serve as a complement to the stress by immersion to determine the physiologic potential of the rice seeds. The germination test, the first counting test and aerial part and root length can serve as a complement to the stress by immersion to determine the physiologic potential of the rice seeds.

Key-words: *Oryza sativa* L., imbibition, vigor.

1.0 INTRODUÇÃO

A embebição das sementes constitui o início do processo de germinação. Inicialmente, ocorre a entrada de água nas sementes, devido a processos físicos, onde se estabelece uma diferença de potencial hídrico entre a semente e o substrato, seguindo-se pela mobilização e translocação das reservas do eixo embrionário para o embrião. Nesta fase o processo de absorção de água é mais lento e culmina na protrusão da raiz primária, considerada a germinação visível.

A absorção ocorre mais rapidamente quando as sementes secas são expostas a grandes quantidades de água, tal situação promove danos nas membranas celulares, o que favorece a liberação de solutos importantes à germinação da semente (Powel & Matthews, 1978; Castro & Hilhorst, 2004).

As sementes podem apresentar respostas variadas aos diversos níveis de hidratação, sendo possível ocorrer tanto a germinação, como a sua deterioração ou em níveis mais críticos, a morte da semente (Motta & Silva, 1999).

A hidratação promove várias mudanças fisiológicas e bioquímicas na semente, principalmente quando a semente é colocada em ambiente alagado, numa condição anaeróbica (Yamauchi et al., 1993), onde a capacidade das plântulas emergirem da água e entrarem em contato com o oxigênio é determinante para o estabelecimento do estande, sendo que o vigor inicial das sementes e o crescimento das plantas em anaerobiose são fundamentais para o seu pleno desenvolvimento (Wielewicki et al., 2002).

A sobrevivência e o estabelecimento das sementes em condições de aerobiose ou anaerobiose variam de acordo com um complexo conjunto de fatores bióticos e abióticos (Yamauchi & Winn, 1996), onde se pode descrever a temperatura da água, a disponibilidade de oxigênio e a capacidade de degradação e de síntese de biomoléculas de cada genótipo (Wielewicki et al., 2002).

Quando há um excesso de água, a disponibilidade de oxigênio para o embrião diminui, reduzindo ou atrasando a germinação em várias espécies (Kozlowski & Pallardy, 1997), onde o alagamento leva a uma rápida embebição, que causa danos ao tegumento das sementes (Hou & Thseng, 1991) e uma baixa concentração de oxigênio dissolvido na água (Ponnamperuma, 1972), que podem induzir a um desvio do metabolismo aeróbico para o fermentativo (Crawford, 1978), onde a semente já danificada tem menor energia disponível para o

desencadeamento do processo germinativo (Richard et al., 1991). No entanto, algumas sementes podem suportar inundações temporárias (Souza et al., 1999), que respondem favoravelmente a uma baixa oxigenação com a formação de aerênquimas (Justin & Armstrong, 1987), podendo também existir diferenças varietais na taxa de sobrevivência das sementes após a imersão (Saka & Isawa, 1999).

A germinação de sementes e o subsequente crescimento de plântulas, não parecem ser limitados pelo suprimento de oxigênio quando semeados em solos alagados (Chapman & Peterson, 1962), pelo fato de que há oxigênio dissolvido na água, apesar de ser pouco se comparado com um ambiente anaeróbico, e de adaptações que as sementes de arroz possuem para sobreviver em condições de baixa disponibilidade de oxigênio (Bewley & Black, 1994). No entanto, suspeita-se que possam haver respostas variáveis, em função da cultivar e qualidade dos lotes.

O arroz germina em ambientes totalmente desprovido de oxigênio, no entanto, apenas o coleóptilo alonga e o crescimento radicular é inibido (Bewley & Black, 1994). Estudos conduzidos por Saka & Isawa (1999) demonstraram que ocorre uma diminuição da germinação em sementes de arroz, quando submetidas ao alagamento. Resultados semelhantes foram obtidos com feijão (Custódio et al., 2002) e milho (Dantas et al., 2000), demonstrando que ocorre diminuição da capacidade germinativa.

Diversas culturas tem sua sobrevivência e produtividade afetada pela condição de hipoxia ou anoxia que ocorrem no solo após longas chuvas. O teste de imersão surgiu como alternativa para avaliação do potencial fisiológico das sementes de espécies cuja produtividade é afetada pela baixa disponibilidade de oxigênio no solo, cuja avaliação do vigor das sementes é baseada na taxa de sobrevivência à falta de oxigênio.

O objetivo do trabalho foi determinar a metodologia para o teste de imersão e avaliar sua eficiência como teste de vigor para aplicação em sementes de arroz.

2.0 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS), do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria – RS.

Foram utilizados cinco lotes de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), cultivar IRGA 417, com qualidade fisiológica distinta, sendo um dos lotes proveniente da safra 2002/03 e os demais, da safra 2003/04. Os lotes foram obtidos da Cooperativa Sepeense LTDA. do município de São Sepé, RS.

A qualidade fisiológica dos lotes foi determinada através dos seguintes testes:

Teor de água: determinado pelo método de estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas com circulação forçada de ar, utilizando-se duas repetições para cada lote, conforme as Regras para Análise de Sementes-RAS (Brasil, 1992).

Germinação: utilizaram-se quatro repetições de 100 sementes para cada lote, semeadas em rolos de papel e mantidos em germinador regulado a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. As avaliações foram realizadas aos cinco e aos 14 dias, após o início do teste conforme as RAS (Brasil, 1992) sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Primeira contagem do teste de germinação: realizado conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as porcentagens médias de plântulas normais, após cinco dias da instalação do teste. Os resultados estão expressos em porcentagem de plântulas normais.

Teste de frio sem solo: foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes de cada lote, distribuídas em rolos de papel umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco. Os rolos foram então, colocados no interior de sacos plásticos e vedados com fita adesiva, mantidos em câmara regulada a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante sete dias. Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador à temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante sete dias, de acordo com a descrição de Cícero & Vieira (1994). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Velocidade de germinação: utilizaram-se quatro repetições de 100 sementes, nas quais efetuaram-se contagens diárias, com intervalos de 24 horas a partir da constatação da primeira plântula normal. Para cada repetição, foi calculada

a velocidade de germinação (VG), somando-se o número de plântulas formadas a cada dia, multiplicada pelo respectivo número de dias transcorridos da data de semeadura, conforme Maguirre (1962). Esse procedimento foi adotado até que se obteve um número constante de plântulas. Os resultados foram expressos em dias.

Comprimento de plântula: utilizou-se o comprimento médio de dez plântulas normais tomadas ao acaso, obtidas a partir da semeadura de quatro repetições de 15 sementes, em substrato rolo de papel. Os rolos contendo as sementes permaneceram a temperatura constante de 25 °C por sete dias, quando, foi avaliado o comprimento das plântulas com o auxílio de régua milimetrada. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número das plântulas mensuradas, com resultados expressos em cm.

Teste de envelhecimento acelerado: as sementes foram acondicionadas em caixas plásticas (mini-câmaras) de 11 x 11 x 3 cm, tipo gerbox com bandeja telada. Foram distribuídas uniformemente 500 sementes de cada um dos lotes sobre a tela e adicionados 40 mL de água destilada, as caixas gerbox foram então fechadas e levadas a estufa a 42 °C durante 96 horas (AOSA, 1983). Após este período as sementes foram semeadas em rolos de papel germitest umedecidos com água destilada, em quatro repetições de 100 sementes e levadas ao germinador a 25 °C. A avaliação foi realizada aos cinco dias, após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Os períodos do teste de imersão descrito a seguir foram considerados como tratamentos.

Teste de imersão: utilizaram-se quatro repetições de 100 sementes de cada lote, que ficaram submersas durante 24, 48, 72, 96 e 120 horas em 60 mL de água destilada, mantidas a temperatura de 25 °C. As sementes submetidas ao teste de imersão foram então incubadas em germinadores, no escuro, por mais 24 horas a 25 °C, de acordo com a metodologia descrita por Martin et al. (1991).

Após as sementes terem sido expostas aos respectivos períodos de imersão, estas foram submetidas aos testes de germinação e vigor descritos a seguir:

Teste de Germinação, primeira contagem da germinação e comprimento de plântula: realizados conforme metodologia descrita anteriormente.

Massa seca: conduzida com quatro repetições de 10 plântulas, provenientes do teste de comprimento de plântula, mantidas em sacos de papel, em estufa a 60

°C, por 48 h. Em seguida, as plântulas, foram pesadas em balança de precisão 0,001 g e o valor obtido pela soma de cada repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas. Os resultados foram expressos em mg/plântula.

Análise estatística: o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise da variância onde as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, onde utilizou-se o programa estatístico SANEST (Zonta et al., 1986), onde nas variáveis de germinação e suas derivações usadas foram transformadas em arc seno $(x/100)^{1/2}$. Para análise dos tratamentos efetuou-se análise de regressão polinomial.

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os resultados referentes aos testes de germinação e vigor aplicados aos lotes de sementes de arroz, para caracterização de sua qualidade fisiológica inicial. Os dados do teste de germinação apontaram diferenças entre os lotes analisados, onde se verificou semelhanças entre os lotes 2, 3, 4 e 5 com porcentagens de plântulas normais formadas maior que 90%, o lote 1 diferiu dos demais.

O teste de primeira contagem, que tem sido utilizado com frequência em sementes de arroz, foi capaz de detectar diferenças significativas entre os lotes, indicando os lotes 3, 4 e 5 como os de maior vigor e o lote 1 como de menor potencial para formar plântulas, indicando a eficiência do teste para avaliar o vigor em sementes como haviam observado Marchezan et al. (2001), além de ser de fácil execução e rápida obtenção de resultados.

O teste de comprimento de plântulas também apresentado na Tabela 1, indicou semelhanças entre os lotes avaliados, apresentando maior comprimento para o lote 3, que diferiu apenas do lote 1, no entanto, ambos não diferiram dos demais. Normalmente, plântulas com maiores valores médios de comprimento são consideradas mais vigorosas, por resultarem de sementes com maior quantidade de reservas (Dan et al., 1987).

Estudos conduzidos com arroz por Pasqualli (2005), também indicaram dificuldades para estratificação de lotes de sementes através do teste de

comprimento de plântulas, principalmente, quando os lotes avaliados apresentam potencial fisiológico elevado.

A velocidade de germinação apresentou os lotes 3 e 5 como os de maior velocidade para formar plântulas normais em relação aos demais, que não diferiram entre si. A dificuldade na estratificação dos lotes ocorre, muitas vezes, devido à semelhança na qualidade fisiológica das sementes utilizadas nas avaliações, que tornam o teste com baixa capacidade de estratificar lotes. Essas também devem ter sido as causas da dificuldade para estratificar os lotes estudados.

O teste de frio indicou o lote 1 como de menor potencial em formar plântulas normais, apresentando a mesma ordem de estratificação dos lotes obtida através do teste de germinação. Esses resultados não confirmam recomendações feitas por Peters (1992) e Tamanini et al. (2004), que apontaram este teste como eficiente na avaliação da qualidade das sementes de arroz e Torres (1998) que o recomendou para sementes de milho, pois em lotes cuja qualidade fisiológica é semelhante o teste não apontou diferenças significativas. O teste de frio é considerado pela International Seed Testing Association – ISTA (1995) e pela Association of Official Seed Analysts - AOSA (1983) como um dos mais importantes na avaliação da qualidade das sementes.

Tabela 1- Comparação de médias dos testes de germinação (G - %), primeira contagem (PC - %), comprimento de plântula (CP - cm), velocidade de germinação (VG – dias), teste de frio (TF - %) e envelhecimento acelerado (EA - %) de cinco lotes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria – RS, 2004.

LOTES	G	PC	CP	VG	TF	EA
L 1	70b	55c	16,2b	1,4b	59b	43c
L 2	90a	65b	18,1ab	1,4b	83a	80a
L 3	92a	70ab	19,5a	1,6a	84a	65b
L 4	95a	73a	18,1ab	1,4b	82a	77a
L 5	93a	75a	18,1ab	1,5ab	85a	78a
CV (%)	5,74	3,49	8,31	3,34	2,69	3,66

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teste de envelhecimento acelerado detectou diferenças já destacadas pelos

demais testes, indicando os lotes 2, 4 e 5 como de maior vigor. Os resultados obtidos concordam com relatos de Mello (1996), Lima (1997), Torres (1998) e Pasqualli (2005) que apontaram este teste como eficiente na avaliação do potencial fisiológico das sementes de arroz. Seus resultados podem ser comparados aos do teste de germinação, sendo que lotes de sementes com porcentagem de envelhecimento maior do que 80% são classificados como de alto vigor; entre 60 e 80% médio vigor e menor do que 60% de baixo vigor (Tekrony, 1995). Os dados da tabela 1 mostram que apenas o lote 2 situa-se na faixa de alto vigor, enquanto que os demais lotes situam-se na faixa de baixo vigor.

A análise dos dados expostos na tabela 1 indicam que nem todos os testes de vigor permitiram separar os lotes. No entanto, pode-se considerar que os testes de vigor salientaram diferentes aspectos do comportamento das sementes. Diante disso, pode-se inferir que um lote pode apresentar reações variáveis diante de diversos parâmetros avaliados, por isso, Marcos Filho (1994) já havia destacado a importância de se utilizar mais de um teste para avaliar o vigor das sementes.

Os dados apresentados na figura 1 mostram os efeitos dos períodos de imersão sobre a porcentagem de germinação das sementes. Os períodos compreendidos entre 57 (lote 2) e 72 horas (lote 3) de imersão promoveram maior germinação nos lotes avaliados. A partir de aproximadamente 65 horas houve redução na porcentagem de plântulas normais, nos lotes 2 a 5 sendo observada distinção entre eles. Os efeitos negativos da hidratação por longos períodos podem, ser observados nos testes que avaliam o vigor das sementes, já que estes são sensíveis para detectar as perdas devido à hidratação (Woodstock, 1988).

Quando o período de imersão é longo e há baixa disponibilidade de oxigênio o metabolismo aeróbico é induzido ao fermentativo (Dantas, 2002), onde as sementes já danificadas têm menor energia disponível para o processo germinativo, refletindo em menor vigor das plântulas formadas (Richard et al., 1991), além da liberação de solutos necessários à germinação das sementes (Castro & Hilhorst, 2004).

Mesmo com características peculiares de sobrevivência em condições com baixas concentrações de oxigênio (Bewley & Black, 1994), o desempenho dos cinco lotes foi prejudicado quando o período de hipoxia se estendeu por 120 horas diminuindo a porcentagem de formação de plântulas normais. Crawford (1977)

verificou correlação entre a excreção de etanol no meio de alagamento entre a embebição e a protrusão da radícula em sementes de milho, alfafa e arroz, porém Martin et al. (1991) refutaram tal afirmação. Já trabalhos conduzidos com feijão indicaram que curtos períodos de imersão foram suficientes para reduzir drasticamente a germinação das sementes (Custódio et al., 2002), como também verificaram Dantas et al. (2000), Saka & Isawa (1999) e Neumann et al. (1999).

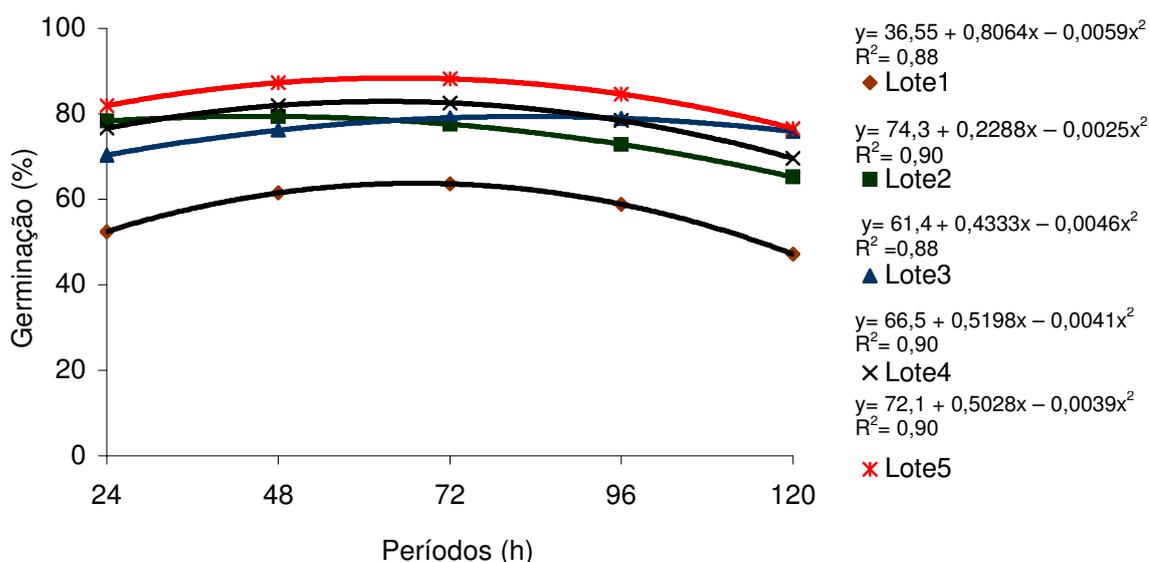


Figura 1 – Porcentagem de germinação (%) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

Os dados da figura 2 apontam os resultados obtidos quando se avaliou a porcentagem de plântulas normais após o teste de primeira contagem onde se observou que os períodos próximos a 60 horas de imersão promoveram o maior número de plântulas após a avaliação. De acordo Vertucci (1989), o período de hidratação pode promover elevação na porcentagem de germinação, bem como sua redução, devido aos estresses provocados nas organelas celulares durante o processo de hidratação. O período de 120 horas mostrou-se novamente prejudicial ao desenvolvimento das plântulas, pois limitou a quantidade de oxigênio disponível necessária para o metabolismo da semente e posteriormente da plântula.

A figura 3 mostra a porcentagem de plântulas anormais formadas após

diferentes períodos de imersão, indicando que períodos elevados de hidratação promovem aumento do número de plântulas anormais. O efeito do período de 24 horas de imersão, sobre a formação das plântulas anormais, parece ser devido aos danos celulares do que a concentração de oxigênio na água, diferentemente do período de 120 horas de imersão que promove a desestruturação das membranas celulares associada ao processo de deterioração das sementes (Delouche & Baskin, 1973) prejudicando o seu desenvolvimento, devido à excessiva liberação de lixiviados na água e, diminuição dos teores de oxigênio livre, podendo haver com isso, formação de plântulas anormais ou pouco vigorosas (Franco et al., 1995).

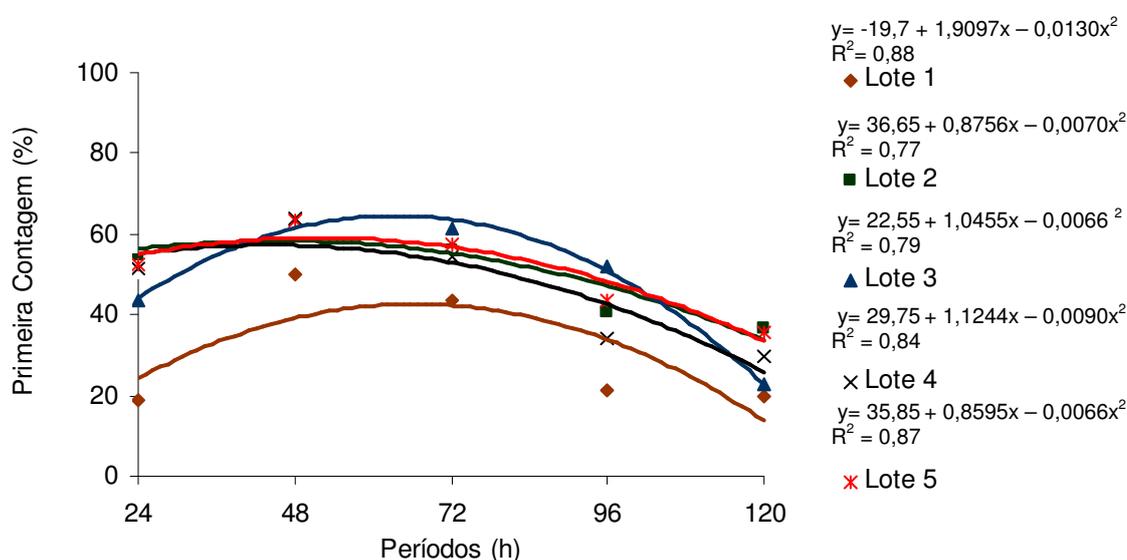


Figura 2 – Primeira contagem do teste de germinação (%) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

A exposição das sementes por períodos longos pode, ainda acarretar danos às mesmas (Castro & Hilhorst, 2004). O restabelecimento das organelas celulares, como tonoplastos e plasmodesmos (Bevilaqua, 1997) e membranas celulares dificultando a capacidade de seletividade à entrada e saída de água e nutrientes que pode ser comprometida, favorecendo a lixiviação de produtos intracelulares, tais como açúcares, ácidos orgânicos aminoácidos e íons (Marcos Filho, 2005), entre eles P e K (Woodstock et al., 1988; Marchezan et al., 2004), essenciais para a germinação e manutenção do vigor.

A figura 4 apresenta os dados referentes à porcentagem de sementes mortas, onde se percebeu uma tendência de aumento linear do número de sementes mortas com o aumento dos períodos de imersão, o lote que apresentou os valores mais elevados foi o lote 1. Esse resultado pode estar associado a produtos tóxicos, como acetaldeído e etanol, que podem ser produzidos durante o metabolismo anaeróbico (Crawford, 1978), podendo contribuir com o aumento da condutividade elétrica e morte das sementes (Dantas et al., 2000). Todavia, segundo Martin et al. (1991), poucas são as situações em que ocorre inibição da germinação devido ao acúmulo destas substâncias, que se acumulam em concentrações insuficientes para causar fitotoxicidade. Entretanto, cabe salientar, em acréscimo às informações desses autores, que os períodos de imersão estudados têm sido menores do que os aqui aplicados nas sementes de arroz, uma vez que poucas espécies resistem a longos períodos, sem a perda total da viabilidade.

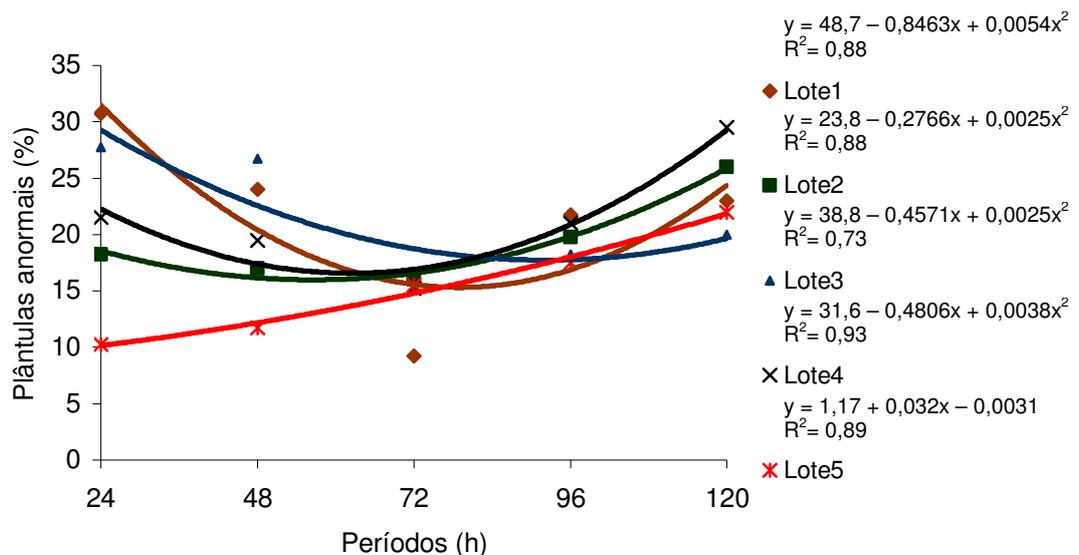


Figura 3 – Plântulas anormais (%) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

Na discussão em questão não foram realizados estudos no sentido de avaliar produtos tóxicos liberados pelas sementes durante os períodos em que estas permaneceram imersas, porém os períodos longos de exposição das sementes, provavelmente, aumentaram a concentração de produtos provindos do metabolismo da semente à medida que as concentrações de oxigênio foram diminuindo. Foi observado no estudo que períodos prolongados de exposição das sementes aos

tratamentos aumentavam o odor característico de putrefação, principalmente do lote 1 caracterizado inicialmente como de menor qualidade fisiológica.

Trabalhos conduzidos com feijão indicaram que a imersão por 8 horas foi suficientemente drástica a ponto de aumentar a incidência de sementes mortas, além disso, com períodos de 32 horas a percentagem destas foi de 100%. No entanto, Dantas et al. (2000) relataram que ocorreu decréscimo na germinação de 40% após três dias, em trabalho conduzido com milho, e germinação nula após sete dias de imersão.

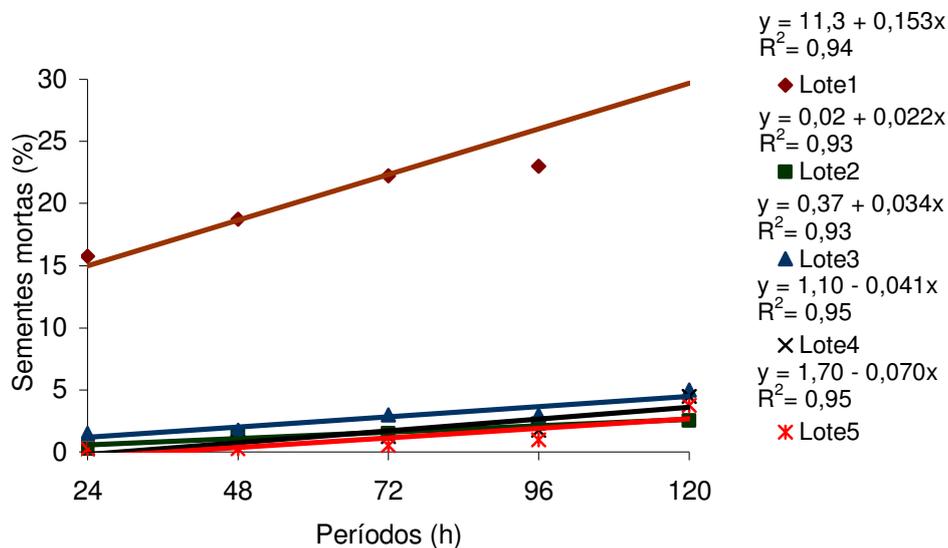


Figura 4 – Sementes mortas (%) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

Os dados de comprimento de plântula encontram-se na figura 5. Observou-se que, em relação aos períodos de imersão houve efeito dos períodos sobre a variável considerada. Os períodos de 88 e 98 horas proporcionaram maior desenvolvimento de plântulas para os lotes 1, 3 e 4. Isso sugere que, as sementes de arroz irrigado podem suportar períodos prolongados nas condições de hipoxia ou anoxia sem sofrer danos imediatos com a hidratação prolongada. É possível a ocorrência de reestruturação de membranas, evitando a lixiviação de solutos (Roberts, 1973, Khan, 1994; Marcos filho, 2005) e o desdobramento e translocação de substâncias pode favorecer o crescimento das plântulas.

O comprimento das raízes (Figura 6) teve comportamento semelhante ao

comprimento da parte aérea. Os resultados obtidos não indicaram a inibição do sistema radicular como indicado por Bewley & Black (1994), mesmo em condições bastante limitantes para o desenvolvimento das plântulas, diferindo de Dantas et al. (2000).

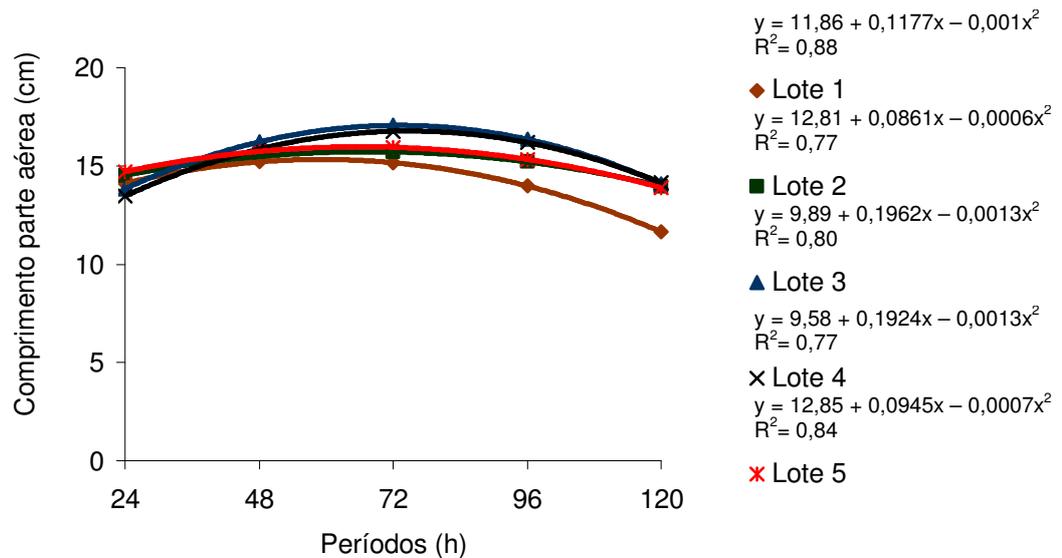


Figura 5 – Comprimento parte aérea (cm) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

A imersão das sementes em água provoca a rápida embebição e a ruptura das membranas celulares (Hou & Thseng, 1991), resultando na lixiviação de eletrólitos, açúcares, ácidos orgânicos, íons e aminoácidos (Powel & Matthews, 1978; Marcos Filho, 2005), determinando a desorganização do sistema de membranas, que associada aos longos períodos de imersão causa a deterioração das sementes (Delouche & Baskin, 1973) podendo diminuir o comprimento das raízes.

Os maiores períodos de imersão podem, também, ter afetado a atividade enzimática nas sementes, pois algumas enzimas, sabidamente, estão associadas com a inibição da germinação e/ou crescimento das raízes em situações de hipoxia e anoxia como a invertase e sucrose sintase (Zeng et al., 1999) e álcool desidrogenase (Chung & Ferl, 1999).

Nos resultados de comprimento total de plântulas (Figura 7), verificou-se comportamento representado por equação quadrática, com máximo ocorrendo entre 87 (lote 5) e 120 horas (lote 3). A imersão das sementes por 24 horas promoveu a formação de plântulas com tamanho menor que aquelas provenientes do período de 72 horas, esse período, no entanto, foi necessário para que ocorressem todos os processos metabólicos nas sementes, oferecendo condições para que o processo de germinação fosse concluído, dificultando a interpretação dos dados obtidos para o período em questão.

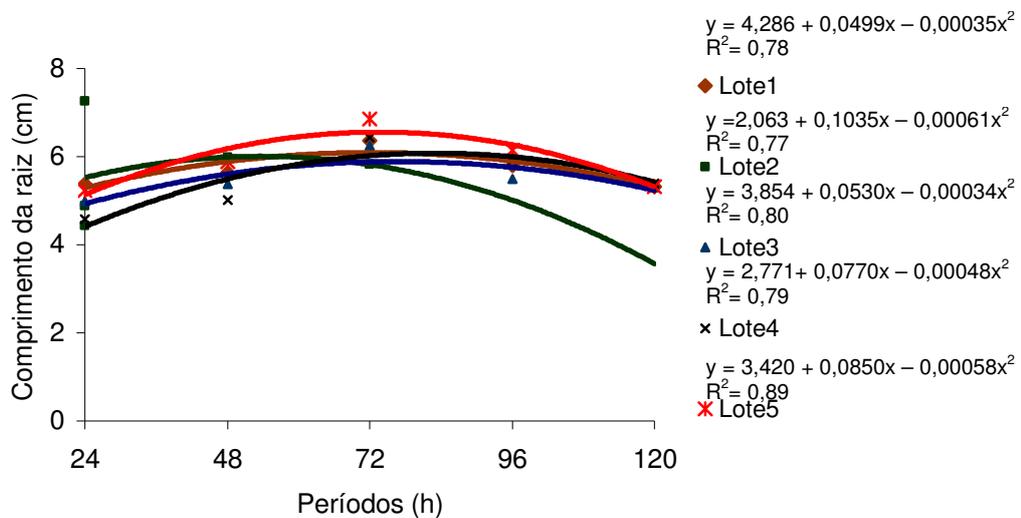


Figura 6 – Comprimento raiz (cm) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

A imersão por 120 horas demonstrou ser inadequado para o crescimento das plântulas, devido ao longo período em que as sementes ficaram expostas à deficiência de oxigênio no meio além de aumentar o odor característico de putrefação, devido à diminuição da concentração de oxigênio presente na água.

A massa seca (Figura 8) das plântulas apresentou comportamento representado por equação quadrática com máximo ocorrendo entre 59 horas para o lote 1 e 89 horas para o lote 2, pode-se observar estratificação dos lotes a partir desse período. Esses dados mostram que a utilização de períodos elevados de imersão podem promover o aumento de massa pelas sementes, devido a sua maior atividade inicial, como ativação enzimática, translocação de nutrientes, entre outros fatores (Marcos Filho, 2005).

Resultados semelhantes foram obtidos por Dantas et al. (2002), indicando aumento dos valores de massa nos períodos iniciais de imersão, decrescendo posteriormente. Os maiores valores médios de massa seca obtida de plântulas normais indicaram estas como as mais vigorosas, pois proporcionam maior transferência de matéria seca de seus tecidos de reserva para o eixo embrionário na fase de germinação, originando plântulas com maior acúmulo de massa seca (Nakagawa, 1994).

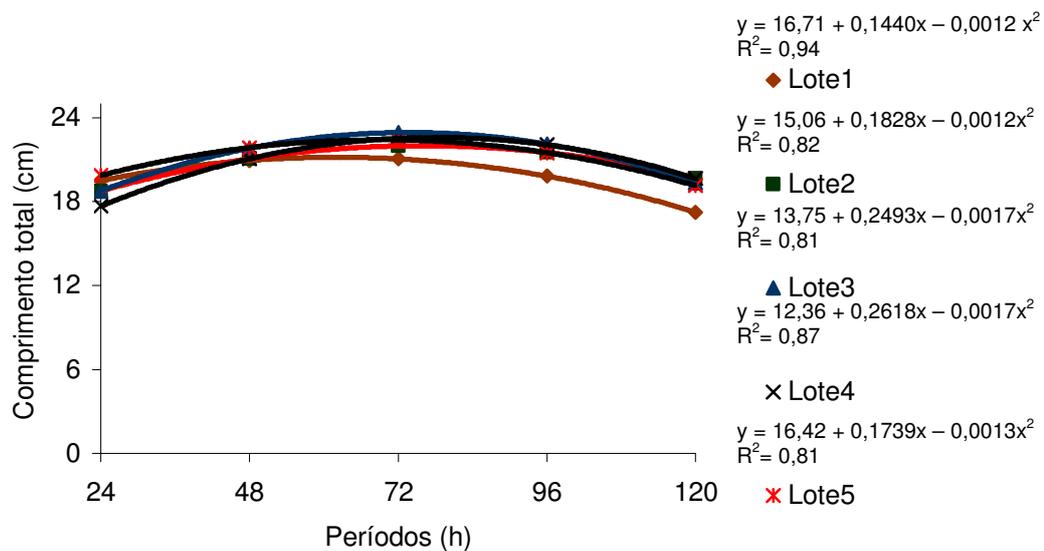


Figura 7 – Comprimento total (cm) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

O tratamento de 96 horas de imersão causou estresse em todos os lotes, detectado através dos testes aplicados, fato que permitiu a estratificação dos lotes, parecendo ser o melhor período para o teste de imersão, pois em condições desfavoráveis os lotes mais afetados são os menos vigorosos. Assim, a classificação nessa condição de estresse parece ser mais fiel à qualidade dos lotes.

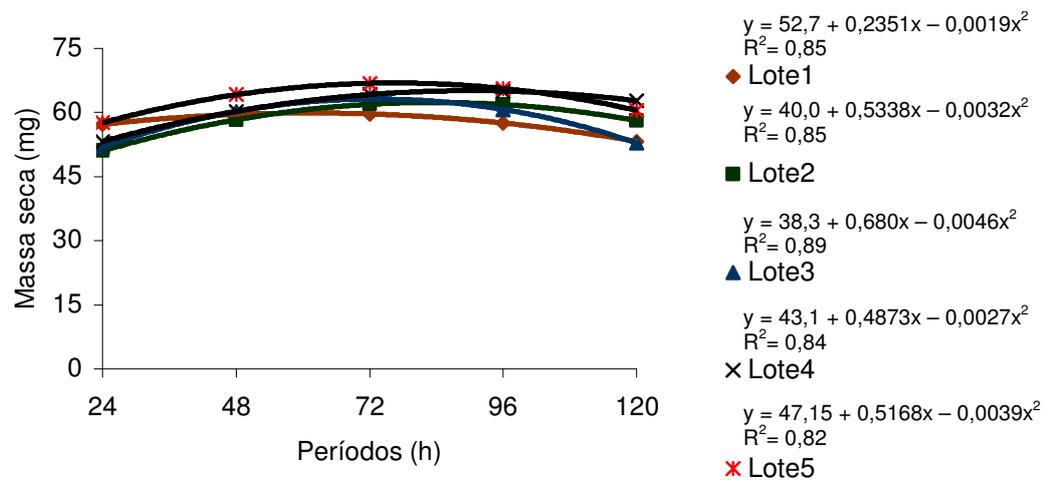


Figura 8 – Massa seca (mg) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidas a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

4.0 CONCLUSÕES

O teste de imersão é viável para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz sob as condições de 96 horas de imersão a 25 °C, com repetições de 100 sementes em 60 mL de água.

O teste de germinação, primeira contagem da germinação, comprimento parte aérea e raiz das plântulas servem de complemento ao estresse por imersão na determinação do potencial fisiológico das sementes de arroz.

5.0 REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing, 88p, 1983.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds** – physiology of development and germination. 2ed. New York: Plenum, 1994, 445p.

BEVILAQUA, G.A.P; PESKE, S.T.; BENEDITO FILHO, G.S.; SANTOS, D.S.B. Efeito da embebição-secagem de sementes de cenoura no vigor e potencial de armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas. v.3, n.3, p. 131-138, set/dez. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e Reativação do Metabolismo, p.149-162. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. São Paulo, 2004, 323p.

CHAPMAN, A.L.; PETERSON, M.L. The seedling establishment of rice under water in relation temperature and dissolved oxygen. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.391-395, 1962.

CHUNG, H.; FERL, R.J. Arabidopsis álcool dehydrogenase expression in both shoots and roots is conditioned by root growth environment. **Plant Physiology**, Rockville, v.121, n.2, p.429-436, 1999.

CÍCERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.151-164, 1994.

CRAWFORD, R.M.M. Tolerance of anoxia and ethanol metabolism in germinating seeds. **New Phytologist**, Oxford, v.79, n.3, p.511-517, 1977.

CRAWFORD, R.M.M. Metabolic adaptations to anoxia. P.119-136. In: HOOK, D.D.; CRAWFORD, R.M.M. (ed). **Plant life in anaerobic environments**. Annual Arbor Science, Oklahoma, 1978, p.350.

CUSTÓDIO, C.C. et al. Efeito da submersão em água de sementes de feijão na germinação e no vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.2, p.49-54, 2002.

DAN, E.L. et al. Transferência de matéria seca como modo de avaliação do vigor em sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.9, n.3, p.45-55, 1987.

DANTAS, B.F. et al. Efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.22, n.1, p.88-96, 2000.

DANTAS, B.F. **Atividade amilolítica e qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.) submetidas ao alagamento**. 2002. 67f. Tese (Doutorado em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, p.427-452, 1973.

FRANCO, et al. Métodos para superação da dormência em sementes de arroz. Informativo **ABRATES**, Londrina, v.5, n.2, p.92, 1995.

HOU, F.F.; THSENG, F.S. Studies on the flooding tolerance of soybean seed: varietal differences. **Euphytica**, Basel, v.57, n.3, p.169-173, 1991.

International Seed Testing Association - **ISTA**. Handbook of vigour methods, ed. Zürich, 1995, 177p.

JUSTIN, S.H.F.; ARMSTRONG, W. The anatomical characteristics of root and plant response to soil flooding. **New Phytologist**, Oxford, v.106, n.2, p.465-485, 1987.

KHAN, A.A. ACC-derived ethylene production, a sensitive test for seed vigor. **Journal American Society of Horticulturae Science**, v.119, n.5, p.1083-1090, 1994.

KOSLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. **Growth control in woody plants**. American Press: San Diego, 1997, 254p.

LIMA, D. **Influência da alta temperatura de secagem em sementes de arroz**. 1997. 92f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1997.

MAGUIRRE. J. A Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MARCHEZAN, E.; CAMARGO E.R.; LOPES, S.I.G.; SANTOS, F.M.; MICHELON, S. Desempenho de genótipos de arroz irrigado cultivados no sistema pré-germinado com inundação contínua. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1349-1354, set/out, 2004.

MARCHEZAN, E.; MENEZES, N.L.; SIQUEIRA, C.A. Controle da qualidade das sementes de arroz irrigado utilizadas em Santa Maria/RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, mai/jun, 2001.

MARCOS FILHO, J. Utilização de testes de vigor em programas de controle de qualidade de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.4, n.2, p.33-35, 1994.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005, 495p.

MARCUS, A.; FEELEY, J. **Activation of protein synthesis in the imbibition phase of seed germination**. Communicated by Sterling B. Hendricks April, 1964.

MARTIN, B.A.; CERWICK, S.F.; REDING, L.D. Physiological basis for inhibition of maize seed germination by flooding. **Crop Science**, Madison, v.31, n.2, p.1052-1057, 1991.

MELLO, V.D.C. **Qualidade fisiológica de sementes de arroz sob condições de secagem estacionária e contínua**. 1996. 98f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1996.

MOTTA, C.A.; SILVA, W.R. Desempenho fisiológico e sanidade de sementes de trigo submetidas a tratamentos de hidratação/desidratação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.3, p. 398-406, 1999.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-86.

NEUMANN, G. et al. Thiamine (Vitamin B1) deficiency in germinating seeds of *Phaseolus vulgaris* L. exposed to soaking injury. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v.162, n.3, p.295-300, 1999.

PASQUALLI, L.L. **Qualidade de sementes de arroz irrigado submetidas a diferentes temperaturas na secagem estacionária**. 2005. 37f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

PETERS, A.C. **Avaliação de testes de vigor em sementes de arroz (cv. BR IRGA 417) e suas relações com a emergência a campo**. 1992. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1992.

PONNAMPERUMA, F.N. Chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, London, v.24, n.1, p.29-95, 1972.

POWEL, A.A.; MATTHEWS, S. The deterioration of pea embryos during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.29, p.1215-1229, 1978.

RICHARD, B. et al. Anaerobic stress induces the transcription and translation of sucrose synthase in rice. **Plant Physiology**, Rockville, v.95, n.3, p.669-674, 1991.

ROBERTS, E.H. Loss of viability: ultrastructural and physiological aspects. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n.2, p.529-545, 1973.

SAKA, N.; ISAWA, T. Varietal differences in the survival rate of sprouting rice seed (*Oryza sativa* L.) under highly reduced soil conditions. **Plant Production Science**, Tokio, v.2, n.2, p.136-137, 1999.

SOUZA, A.F. et al. Ecophysiology and morphology of seed germination of the neotropical lowland tree *Genipa Americana* (Rubiaceae). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.15, n.2, p.667-680, 1999.

TAMANINI, et al. Avaliação de metodologias para testes de vigor em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista Científica Rural**, Bagé, v.9, n.1, p.57-62, 2004.

TEKRONY, M.A.S. Accelerated ageing. In: HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. (Ed.) **Handbook of vigour test methods**. 1995. p.35-50.

TORRES, S.B. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, vol.20, n.1, p.55-59, 1998.

VERTUCCI, C.W. The kinetics of seed imbibition: controlling factors and relevance to seedling vigor. In: Stanwood, P.C.; McDonald, M.B. (ed). **Seed Moisture**. Madison, Crop Science society of America.p.93-115, 1989. (CSSA Special Publication, 14).

YAMAUCHI, M. et al. Rice (*Oryza sativa* L.) germoplasm suitable for direct sowing under flooded soil surface. **Euphytica**, Dordrecht, v.67, n.1, p.177-184, 1993.

YAMAUCHI, M.; WINN, T. Rice seed vigor and seedling establishment in anaerobic soil. **Crop Science**, Madison, v.36, n.1, p.680-686, 1996.

WIELEWICKI, A.P. et al. Temperatura e disponibilidade de oxigênio no crescimento de plântulas de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.2, p.55-61, 2002.

WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.12, n.1, p.1-15, 1988.

ZENG, Y. et al. Rapid repression of maize invertases by low oxygen: invertase/sucrose synthase balance, sugar signaling potential, and seedling survival.

Plant Physiology, Rockville, v.121, n.2, p.599-608, 1999.