

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

**TEOR DE PROTEÍNA E CURVA DE HIDRATAÇÃO EM
AUXÍLIO À DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ARROZ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RAFAEL PIVOTTO BORTOLOTTO

Santa Maria, RS, Brasil

2007

**TEOR DE PROTEÍNA E CURVA DE HIDRATAÇÃO EM
AUXÍLIO À DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ARROZ**

por

Rafael Pivotto Bortolotto

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em 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

2007

**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

**TEOR DE PROTEÍNA E CURVA DE HIDRATAÇÃO EM
AUXÍLIO À DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ARROZ**

elaborada por
Rafael Pivotto Bortolotto

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dr. Nilson Lemos de Menezes
(Presidente/Orientador)

Dr. Lia Rejane Silveira Reiniger (UFSM)

Dr. Simone Medianeira Franzin (UNIJUÍ)

Santa Maria, 16 de fevereiro de 2007.

Dedico a

Meus pais
Lourdes Pivotto Bortolotto e
Edito Vicente Bortolotto.

Agradecimentos

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

A minha família, que é à base da minha vida.

A 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.

Ao professor Dr. Danton Camacho Garcia, pelo auxílio, disponibilidade e incentivo.

Aos queridos amigos e colegas, pelos bons e maus momentos que passamos juntos, principalmente pelos momentos de descontração e apoio, em especial a Sylvio Henrique Bidel Dornelles.

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

Aos funcionários Terezinha Lúcia Denardin da Silveira e Alberto Perez.

A CAPES pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

A todos que me apoiaram, incentivaram, acreditaram em meu potencial e lutaram comigo, nas decisões importantes a que fui submetido ao longo da vida.

Muito obrigado!

“Um semeador saiu a semear e, semeando, parte da semente caiu ao longo do caminho; os pássaros vieram e a comeram. Outra parte caiu em solo pedregoso, onde não havia muita terra, e nasceu logo porque a terra era pouco profunda. Logo, porém que o sol nasceu, queimou-se por falta de raízes. Outras sementes caíram entre os espinhos: os espinhos cresceram e a sufocaram. Outras, enfim, caíram em terra boa: deram frutos, cem por um, sessenta por um, trinta por um”.

(Mateus 13, 4-8)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	08
LISTA DE FIGURAS	11
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Testes de vigor	16
2.2 Proteína bruta	19
2.3 Avaliação das plantas em campo	21
2.4 Curva de hidratação	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Germinação	24
3.2 Primeira contagem do teste de germinação	24
3.3 Teste de envelhecimento acelerado	24
3.4 Teste de frio sem solo	24
3.5 Condutividade elétrica	25
3.6 Comprimento de plântula	25
3.7 Massa seca de plântula	25
3.8 Proteína bruta	26
3.9 Avaliação das plântulas em campo	26
3.10 Curva de hidratação	26
3.11 Análise estatística	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÕES	44
6. REFERÊNCIAS	45

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (TF) e condutividade elétrica (CE) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 e cv IRGA 422 CL. Santa Maria – RS, 2006.....29
- Tabela 2 - Comprimento de plântula – parte aérea (CP_{PA}), comprimento de plântula - raiz (CP_R), comprimento de plântula - total (CP_T) e massa seca (MS) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 e cv IRGA 422 CL. Santa Maria – RS, 2006.....30
- Tabela 3 - Teor de proteína bruta de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 e cv IRGA 422 CL. Santa Maria – RS, 2006.....31
- Tabela 4 - Tempo de emergência 50% (TE 50%), emergência de plântulas (%) em dias após emergência (DAE), plantas estabelecidas (%) em dias após emergência (DAE) e massa seca de planta – parte aérea (MS_{PA}) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 e cv IRGA 422 CL na primeira época de semeadura (25/09/2006). Santa Maria – RS, 2006.....33
- Tabela 5 - Tempo de emergência 50% (TE 50%), emergência de plântulas (%) em dias após emergência (DAE), plantas estabelecidas (%) em dias após emergência (DAE) e massa seca de planta – parte aérea (MS_{PA}) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 e cv IRGA 422 CL na segunda época de semeadura (04/10/2006). Santa Maria – RS, 2006.....34

Tabela 6 - Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), frio (TF), condutividade elétrica, (CE), comprimento de plântula – parte aérea (CP_{PA}), comprimento de plântula – raiz (CP_R), comprimento de plântula – total (CP_T), massa seca de plântulas (MS), teor de proteína (PR), tempo de emergência 50% (TE50), emergência de plântulas em campo aos 14 dias após semeadura (EM14), plantas estabelecidas aos 21 dias após semeadura (PE21) e massa seca da parte aérea de planta (MS_{PA}) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 na primeira época de semeadura (25/09/2006). Santa Maria – RS, 2006.....35

Tabela 7 - Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), frio (TF), condutividade elétrica, (CE), comprimento de plântula – parte aérea (CP_{PA}), comprimento de plântula – raiz (CP_R), comprimento de plântula – total (CP_T), massa seca de plântulas (MS), teor de proteína (PR), tempo de emergência 50% (TE50), emergência de plântulas em campo aos 14 dias após semeadura (EM14), plantas estabelecidas aos 21 dias após semeadura (PE21) e massa seca da parte aérea de planta (MS_{PA}) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 na segunda época de semeadura (04/10/2006). Santa Maria – RS, 2006.....37

Tabela 8 - Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), frio (TF), condutividade elétrica, (CE), comprimento de plântula – parte aérea (CP_{PA}), comprimento de plântula – raiz (CP_R), comprimento de plântula – total (CP_T), massa seca de plântulas (MS), teor de proteína (PR), tempo de emergência 50% (TE50), emergência de plântulas em campo aos 14 dias após semeadura (EM14), plantas estabelecidas aos 21 dias após semeadura (PE21) e massa seca da parte aérea de planta (MS_{PA}) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 422 CL na primeira época de semeadura (25/09/2006). Santa Maria – RS, 2006.....38

Tabela 9 - Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), frio (TF), condutividade elétrica, (CE), comprimento de plântula – parte aérea (CP_{PA}), comprimento de plântula – raiz (CP_R), comprimento de plântula – total (CP_T), massa seca de plântulas (MS), teor de proteína (PR), tempo de emergência 50% (TE50), emergência de plântulas em campo aos 14 dias após semeadura (EM14), plantas estabelecidas aos 21 dias após semeadura (PE21) e massa seca da parte aérea de planta (MS_{PA}) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 422 CL na segunda época de semeadura (04/10/2006). Santa Maria – RS, 2006.....40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de hidratação de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 no período de 24 horas. Santa Maria – RS, 2006.....41

Figura 2 - Curva de hidratação de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 422 CL no período de 24 horas. Santa Maria – RS, 2006.....42

RESUMO

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

TEOR DE PROTEÍNA E CURVA DE HIDRATAÇÃO EM AUXÍLIO À DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ARROZ

AUTOR: RAFAEL PIVOTTO BORTOLOTTO
ORIENTADOR: NILSON LEMOS DE MENEZES
Santa Maria, fevereiro de 2007

O trabalho teve como objetivo avaliar o teor de proteína e a curva de hidratação como elementos auxiliares na determinação da qualidade fisiológica de sementes de arroz, além de correlacioná-los com a emergência em campo. Foram utilizados seis lotes de sementes de arroz, sendo três lotes da cultivar IRGA 417 e três lotes da cultivar IRGA 422 CL, que foram submetidas ao conjunto de testes, para caracterizar o potencial fisiológico dos lotes: germinação, primeira contagem do teste de germinação, frio sem solo, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento de plântula, massa seca de plântula. Após a determinação da qualidade inicial dos lotes foi aplicado novo conjunto de testes, compostos pelo teor de proteína bruta, avaliações das plântulas e plantas em campo e pela curva de hidratação. Conclui-se que o teor de proteína bruta é capaz de identificar diferenças entre lotes de arroz, em função da qualidade das sementes, portanto, trata-se de uma determinação promissora para associação aos testes convencionais para avaliação do potencial fisiológico das sementes de arroz. A qualidade fisiológica afeta o teor de água alcançado pelas sementes de arroz durante a hidratação, sendo que as sementes de menor vigor apresentam menor velocidade e teor de água até 24 horas, quando comparadas com sementes de maior vigor. O teor de proteína não se correlaciona com a germinação e a emergência das plântulas em campo, exceto quando a emergência ocorre em condições desfavoráveis. Os testes de vigor de primeira contagem da germinação e envelhecimento acelerado aplicados em sementes de arroz correlacionam-se com a emergência em campo e o estabelecimento de plantas aos 21 dias após a semeadura.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, testes de vigor, germinação.

ABSTRACT

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

PROTEIN CONTENT AND HYDRATION CURVE AIDING IN THE DETERMINATION OF THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF RICE SEEDS

AUTHOR: RAFAEL PIVOTTO BORTOLOTTO
ADVISER: NILSON LEMOS DE MENEZES
Santa Maria, february 2007

This work aimed to evaluate the protein content and hydration curve as aiding tools in the determination of the physiological quality of rice seeds, as well as correlate them with emergency in field. Six lots of rice seeds were used, being that, three lots were of cultivar IRGA 417 and three lots of cultivar IRGA 422 CL, which were submitted to a set of tests in order to measure the following physiological potential of the lots: germination, first counting of the germination test, cold test (without soil), accelerated aging, electrical conductivity, length and dry mass of seedlings. After determining the initial quality of the lots, a new set of tests such as crude protein content, evaluations of the seedlings and plants in the field and hydration curve were carried out. We can conclude that crude protein content is able to identify differences between the lots of rice due to the quality of the seeds. Therefore, it is a promising determination that comes to aid conventional tests in the evaluation of the physiological potential of the rice seeds. The physiological quality affects the water content reached by the rice seeds during hydration, being that, seeds with lower vigor present lower speed and water content up to 24 h, when compared to seeds with higher vigor. The protein content is not correlated to the germination and emergency of the seedlings in the field, except when the emergency occurs in unusual conditions. The vigor tests of the first counting of the germination, accelerated aging and applied to rice seeds are correlated to the emergency in field and the establishment of the plants at 21 days after sowing.

Key words: *Oryza sativa*, vigor test, germination.

TEOR DE PROTEÍNA E CURVA DE HIDRATAÇÃO EM AUXÍLIO À DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ARROZ

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é cultivado em todo o mundo e desempenha papel importante como alimento básico da população mundial, ocupando posição de destaque do ponto de vista alimentício, econômico e social.

O Brasil é o maior produtor de arroz fora do continente asiático, com uma produção de, aproximadamente, 12 milhões de toneladas. O Rio Grande do Sul produz cerca de 50% da produção nacional, com produtividade média acima de 5.000 kg ha⁻¹ e uma produção superior a 5,5 milhões de toneladas.

Com os avanços tecnológicos aplicados à produção de arroz, verifica-se uma demanda crescente na quantidade e na qualidade das sementes para semeadura. No entanto, atualmente no Rio Grande do Sul, a taxa de utilização de sementes certificadas é menor do que 50%, sendo utilizada parte da colheita de grãos para semeadura no ano seguinte. Para manter e/ou elevar a produção e o rendimento são necessárias sementes de alta qualidade, associadas a práticas agronômicas corretas.

A qualidade de sementes é caracterizada pelos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários. A germinação e o vigor são os principais indicadores utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de sementes, sendo a germinação determinada em primeiro lugar, em teste padronizado para tal. Este teste informa sobre o potencial máximo das sementes originarem plântulas normais sob condições favoráveis, que garantam a expressão de seu potencial. Por esse teste ser realizado em laboratório sob condições ideais, nem sempre é capaz de estimar a emergência das plântulas em campo. O teste de germinação não informa sobre os vários aspectos da qualidade fisiológica das sementes, as quais podem germinar e não emergir ou não se tornarem plantas normais. O vigor de sementes é o conjunto de atributos que permite a semente germinar, emergir e, rapidamente, tornar-se plântula normal sob ampla diversidade ambiental.

O uso de sementes de baixa qualidade ou o manejo inadequado pode afetar negativamente a germinação, dificultar a emergência das plântulas, produzir falhas

no estande, variação no perfilhamento, desuniformidade de maturação e, por consequência, redução na quantidade e qualidade da produção. A deterioração das sementes é o primeiro componente a afetar o vigor das mesmas, seguido pela redução na formação de plântulas normais e, por último, na morte das sementes.

A determinação da qualidade fisiológica das sementes deve ser realizada através do exame detalhado das amostras, em laboratórios de análises de sementes, mediante testes padronizados, que permitam maior segurança na comparação dos resultados entre lotes. Assim, para determinar o potencial fisiológico de sementes de arroz podem ser utilizados os testes de primeira contagem da germinação, envelhecimento acelerado, frio sem solo, condutividade elétrica, comprimento de plântulas e a massa seca de plântulas, que permitem melhores decisões sobre o destino dos lotes.

Além dos testes convencionais de vigor, outras avaliações podem ser feitas para estimar o potencial fisiológico das sementes, tais como, o teor de proteína bruta existente no endosperma das sementes de arroz e a curva de hidratação, que é baseada no teor de água absorvido pelas sementes.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de proteína e a curva de hidratação como elementos auxiliares na determinação da qualidade fisiológica de sementes de arroz, além de correlacioná-los com a emergência em campo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes deve ser feita através de um conjunto de testes. No entanto, nem todos estão padronizados a ponto de serem aplicados a todas as culturas. Isto requer novos estudos e associações, além dos testes convencionais como o teste de primeira contagem da germinação, teste de envelhecimento acelerado, teste de frio sem solo, condutividade elétrica, comprimento de plântulas e massa seca de plântulas.

2.1 Testes de vigor

Inúmeros testes são realizados para estimar a qualidade fisiológica de sementes. Para sementes de arroz tem sido utilizado o teste de primeira contagem da germinação, que apresenta facilidade de execução e rápida obtenção de resultados, pois é conduzido simultaneamente ao teste de germinação e pode ser eficiente na diferenciação com base na velocidade de germinação das sementes (Nakagawa, 1994). Estudos evidenciam que este teste foi eficiente na estratificação de lotes de sementes de arroz (Menezes & Silveira, 1995; Marchezan et al., 2001; Wrasse, 2006) e cenoura (Spinola et al., 1998), tendo sido inclusive utilizado para determinação de diferentes níveis de vigor, em lotes de sementes de arroz (Marchezan et al., 2001). No entanto, para Bhering et al. (2003), esse teste apresenta dificuldades na identificação de pequenas diferenças no vigor entre lotes.

Outro teste bastante utilizado para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de arroz é o teste de envelhecimento acelerado, que consiste em avaliar a formação de plântulas normais, após as sementes terem sido submetidas à temperatura elevada, entre 40-45°C, e umidade relativa do ar próxima a 100%, por determinado período de exposição. Esse teste é um dos mais estudados e recomendados para avaliação do potencial fisiológico de diferentes espécies e está incluído em programas de controle de qualidade de empresas, pois pode fornecer informações 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). Baseia-se no fato de que a taxa de deterioração das sementes aumenta, consideravelmente, quando expostas a tais condições (Nakagawa, 1999). Assim observa-se que amostras com baixo vigor apresentam

maior redução de sua viabilidade depois de expostas ao estresse pelo envelhecimento (Marcos Filho, 1999), de modo que há possibilidade de serem estabelecidas diferenças na qualidade fisiológica das amostras avaliadas (Panobianco & Marcos Filho, 1998). Várias culturas têm respondido à estratificação de lotes pelo teste de envelhecimento acelerado, entre elas pode-se citar o arroz (Menezes & Silveira, 1995; Höfs et al., 2004, Wrasse, 2006), soja (Rosseto & Marcos Filho, 1995), milho-doce (Santos et al., 2002), brócolos (Mello et al., 1999) e melancia (Bhering et al., 2003). Em outras culturas, como tomate (Barros et al., 2002) a sua utilização não surtiu efeito na diferenciação de lotes.

O teste de frio é mais um teste utilizado para avaliar a qualidade de lotes de sementes de arroz. Nesse teste, a dificuldade de sua padronização com terra, determinou o surgimento da metodologia alternativa do rolo de papel, a qual mostrou diferenças de vigor entre sementes de arroz provenientes de diferentes frações no beneficiamento, além de boa correlação com a emergência em campo (Peters, 1992). Esse teste, que tem como princípio básico a exposição das sementes à baixa temperatura e alta umidade relativa, também é usado como instrumento de grande valor para a seleção antecipada 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). O teste de frio, de acordo com Miguel & Cícero (1999), é um dos testes de vigor mais utilizados em diversas regiões de clima temperado, onde a época de semeadura pode coincidir com períodos chuvosos e de baixa temperatura. Portanto, é considerado um teste de resistência, ou seja, o lote de sementes que apresentar melhor desempenho após o estresse é considerado mais vigoroso (Miguel et al., 2001). O teste de frio tem sido eficiente na estratificação de lotes de sementes de arroz irrigado segundo vários pesquisadores (Menezes & Silveira, 1995; Höfs et al., 2004; Pasqualli, 2005; Wrasse, 2006).

O processo de deterioração das sementes é bastante complexo e, ainda, não totalmente conhecido no que se refere aos fundamentos bioquímicos e fisiológicos (Sampaio et al., 1995). Temperatura e umidade elevada podem causar danos nas sementes e, conseqüentemente, nos seus tecidos, como a degradação do sistema de membranas das células. As alterações nos processos bioquímicos são, geralmente, as primeiras mudanças detectáveis que ocorrem durante a deterioração de um lote de sementes. Os solutos citoplasmáticos, liberados durante a embebição

de sementes, das membranas danificadas, possuem propriedades eletrolíticas, conduzindo cargas elétricas que podem ser medidas em um condutivímetro. Por este motivo, o teste de condutividade elétrica é considerado um bom teste de vigor, pois permite estimar o nível de integridade das membranas celulares (Ferguson, 1995; Marchi & Cícero, 2002). A qualidade é avaliada indiretamente através da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes (Vieira et al., 2002). Os valores de condutividade são correlacionados com desestruturação das membranas, os quais, por sua vez, são correlacionados com o vigor das sementes. A avaliação do vigor das sementes de soja tem sido realizada por intermédio da medida da condutividade elétrica na solução de embebição das sementes, mostrando boa correlação com a emergência de plântulas em campo (Vieira et al., 2004). Entretanto, em estudo realizado por Pasqualli (2005), não foi observada distinção da qualidade fisiológica de sementes de arroz por esse teste, provavelmente pela existência da pálea e lema nessas sementes, que dificultam a seleção da mesma para condução do teste e interferem na lixiviação dos elementos celulares. Nesse sentido, Franzin et al. (2004) citam que o teste pode ter dificuldades na estratificação dos lotes de alface, que pode ser devido a fatores como a condição de execução e a dificuldade de separação visual de sementes não danificadas.

A estimativa do vigor das sementes, também pode ser realizada, através do crescimento de suas plântulas, utilizando o comprimento total ou de suas partes ou, ainda, através da massa seca das plântulas, pois a uniformidade, a rapidez e a emergência de plântulas são importantes componentes dentro da conceituação de vigor de sementes, assim sendo, a avaliação do crescimento das plântulas é considerado um teste de vigor (AOSA, 1983). As variações na temperatura e na umidade do substrato ou outra condição ambiental são mais críticas neste teste do que no teste de germinação, pois pequenas mudanças ocasionarão mudanças nas plântulas a serem avaliadas (Perry, 1981). Sementes vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento, por 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). As plantas originadas de sementes de alto vigor apresentam desempenho superior em relação às originadas de sementes de baixo vigor para os parâmetros massa seca de plantas (Melo et al., 2006). Diferenças no vigor de sementes e na população de plantas de acordo com Schuch et al. (2000), causam variação na produção de massa seca,

especialmente, no início do período vegetativo, devido a diferenças na taxa de crescimento da cultura.

No Brasil, vários pesquisadores utilizam métodos baseados no crescimento de plântulas como o comprimento e a massa seca de plântulas em diversas culturas, como no trigo (Irigon & Rossini, 1992), aveia preta (Schuch et al., 1999), alface (Santos & Menezes, 2000), couve-flor (Galli et al., 2001), soja (Vanzoline & Carvalho, 2002), entre outros.

Inúmeros testes já foram pesquisados para a cultura do arroz irrigado, mas nenhum deles é usado sem restrição, não apenas pela dificuldade de padronização, mas, porque também, os objetivos dificilmente são atingidos devido a grande variabilidade das condições ambientais observadas na época e no local onde ocorrem os cultivos desta cultura (Barros et al., 2003).

2.2 Proteína bruta

As proteínas são os componentes básicos de toda a célula viva. São polímeros de aminoácidos sintetizados biologicamente na célula e funcionam como enzimas, componentes estruturais e materiais de reserva. As sementes caracterizam-se por apresentarem uma parte das proteínas metabolicamente ativas, como as enzimas e as núcleo-proteínas, e outra, metabolicamente inativa. A segunda parte representa as proteínas de reserva, cuja composição varia de acordo com a espécie. As sementes dos cereais apresentam, em geral, menor teor de proteína quando comparado às leguminosas e às sementes ricas em óleo (Carvalho & Nakagawa, 2000).

As proteínas exercem duas funções principais nas sementes, atuando como substância de reservas e catalisando reações químicas. Podem ser destacados os seguintes eventos relacionados às alterações de proteínas durante a deterioração: decréscimo do teor de proteínas; decréscimo da síntese de proteínas; acréscimo do teor de aminoácidos; decréscimo do conteúdo de proteínas solúveis; desnaturação provocada por temperaturas elevadas, determinando a perda da habilidade de desempenhar suas funções (Marcos Filho, 2005).

As proteínas metabolicamente inativas são usadas para a formação de novos tecidos nos pontos de crescimento do embrião, durante a germinação. São armazenadas em partículas protéicas ou grãos de aleurona e podem ser de quatro

classes: albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas. Em geral, as glutelinas e prolaminas constituem os principais componentes das proteínas metabolicamente inativas das sementes e se associam à estrutura dos tecidos (Marcos Filho, 2005). Segundo Bewley & Black (1985), a composição percentual média das proteínas presentes em sementes de arroz é de 0,5% de albuminas, 10% de globulinas, 0,5% de prolaminas e 80% de glutelinas.

Nas sementes de cereais, maiores concentrações de proteínas são encontradas no embrião e na camada de aleurona do que no restante do endosperma, pericarpo e tegumento (Nellist & Hughes, 1973), mas como o endosperma representa a maior porcentagem em peso da semente, aí é encontrada a maior quantidade de proteína (Carvalho & Nakagawa, 2000).

O arroz é um dos cereais que apresenta menor teor protéico, entretanto, suas sementes possuem uma proteína de melhor qualidade, a glutelina (Araújo et al., 2003). O aumento do teor de proteína bruta em arroz é acompanhado por um aumento na fração glutelina, ou seja, aumentos no teor de proteína são acompanhados por aumentos na qualidade nutricional do grão (Souza et al., 1993). A degradação protéica tem sido estudada, principalmente, nas sementes em germinação, pela ocorrência de intensa degradação de proteínas de reserva e rápida síntese de proteína pelo embrião (Heidrich Sobrinho, 1974).

Diferenças no vigor associadas com as características das sementes são geralmente atribuídas à composição química, principalmente com relação à quantidade de reservas ou a eficiência no metabolismo (Hampton, 1973). Assim, quanto maior o teor de reservas das sementes, maior será o vigor das plântulas originadas, bem como, o suprimento de água durante o período de desenvolvimento da semente pode influenciar indiretamente seu vigor pelo efeito que exerce sobre a sua composição química (Carvalho & Nakagawa, 1980). Pesquisas têm sido realizadas na tentativa de associar teor de proteína com o vigor de sementes (Abdul-Baki, 1980; Schuch et al., 1999).

A composição química das sementes é definida geneticamente, mas influenciada pelas condições do ambiente a que foram submetidos às plantas que as originaram. Desta forma, podem ocorrer variações dentro das espécies e também dentro das próprias cultivares. O teor e composição das proteínas variam em função das condições do ambiente e das técnicas de cultivo que afetam o estado nutricional das plantas, salientando-se a boa correlação existente entre adubação nitrogenada

e o teor de proteínas (Carvalho & Nakagawa, 2000). Nas gramíneas, o vigor das sementes está associado ao conteúdo de proteínas do embrião, o qual pode ser incrementado por meio de altas dosagens de nitrogênio no solo (Delouche, 1992). Os maiores acúmulos de proteína bruta ocorrem em variedades de arroz, que apresentam as menores relações comprimento/largura da semente (Araújo et al., 2003).

2.3 Avaliação das plantas em campo

O teste de emergência de plântulas e estabelecimento de plantas, completa informações sobre o potencial fisiológico das sementes, além de constituir um parâmetro indicador da eficiência de outros testes de vigor.

As vantagens da utilização de sementes de alto vigor são, freqüentemente, associadas ao aumento do nível de emergência e estabelecimento do estande. A utilização de sementes de baixo vigor produz uma população que é menor do que as populações para maximizar o rendimento (TeKrony & Egli, 1991). Lotes de sementes com germinação total similar, variam a taxa de emergência e crescimento de plântulas (Maguire, 1962). Em sementes de arroz, Höfs et al. (2004) constataram que a emergência em campo foi menor com o uso de sementes de menor qualidade fisiológica, provocando retardamento e aumento na desuniformidade de emergência. O mesmo foi constatado para milho (Durães et al., 1995) e soja (Vanzolini & Carvalho, 2002).

A emergência das plântulas no campo, de acordo com Menezes & Silveira (1995), segue a tendência estabelecida pelos testes de germinação e de vigor, caso as condições do ambiente sejam favoráveis. Segundo Vanzolini & Carvalho (2002), o maior efeito do vigor de sementes é no desenvolvimento inicial da cultura: lotes de menor vigor apresentaram menor emergência total e menor velocidade de emergência, o que se refletiu em redução da população de plantas. Além disso, plantas originadas de sementes de maior qualidade fisiológica apresentam maior produção de biomassa seca (Höfs et al., 2004; Melo et al., 2006), nos estádios iniciais de desenvolvimento (Durães et al., 1995).

É difícil desenvolver um teste ou um conjunto de testes que antecipem o que acontecerá no campo. Vários autores têm correlacionado testes de laboratório com a emergência em campo em diferentes culturas, entre elas, arroz (Menezes & Silveira,

1995; Wrasse, 2006), feijão (Alizaga et al., 1990), algodão (Torres, 1998b; Freitas et al., 2000), cebola (Piana et al., 1995), alface (Franzin et al., 2004), canola (Ávila et al., 2005), maxixe (Torres et al., 1999), cenoura (Spinola, 1998), milho (Torres, 1998a). Trabalhando com arroz, Menezes & Silveira (1995) encontraram correlação positiva e altamente significativa entre os dados de germinação, primeira contagem, teste de frio e envelhecimento acelerado com a emergência em campo. Para Torres (1998a), trabalhando como milho, os testes de condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, frio e comprimento de plântulas se correlacionaram com a emergência em campo. Segundo Johnson & Wax (1978), os testes de vigor correlacionam-se com a emergência em campo quando as condições de semeadura foram favoráveis, comparado com condições adversas, porém, de acordo com Freitas et al. (2000), em condições de campo mais próximas das ideais, os resultados da emergência das plântulas em campo apresentaram maior correlação com o teste de germinação e, em condições adversas correlacionaram-se mais com o vigor, obtido por meio da germinação a baixa temperatura.

2.4 Curva de hidratação

O processo de hidratação das sementes segue um padrão trifásico proposto por Bewley & Black (1978), no qual a primeira fase é bastante rápida, ocorrendo como consequência do potencial matricial de vários tecidos (Floss, 2004), caracterizada pelo início da degradação das substâncias de reserva (Carvalho & Nakagawa, 2000). Na segunda fase a semente absorve água muito lentamente, fase em que, aparentemente, está ocorrendo o transporte ativo de substâncias desdobradas na fase anterior, do tecido de reserva para o tecido meristemático (Carvalho & Nakagawa, 2000). Na terceira fase, torna-se visível a retomada do crescimento do embrião, identificada pela protrusão da raiz primária, etapa alcançada apenas por sementes vivas e não dormentes (Marcos Filho, 2005).

A hidratação das sementes depende da composição química da mesma, da permeabilidade do tegumento (Beckert & Silva, 2002), espécie, disponibilidade de água, área de contato, temperatura (Carvalho & Nakagawa, 2000), além do tamanho e forma dos poros das sementes e quantidade de cera na epiderme (Calero et al., 1981). Segundo Hegarty (1978), a hidratação da semente ocorre em taxas diferentes

para cada indivíduo de um lote; quanto às sementes mortas, estas podem hidratar-se mais rapidamente do que aquelas capazes de germinar.

Algumas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de associar a velocidade de hidratação da semente com a qualidade fisiológica, em que a velocidade de absorção pode ser afetada pela qualidade das sementes, podendo atuar como um indicativo da qualidade da mesma (Souza et al., 1996; Beckert & Silva, 2002; Motta, 2002; Wrasse, 2006).

Estudando as características físicas e fisiológicas associadas à absorção de água, em sementes de *Calopogonium mucunoides*, Souza et al. (1996) enfatizam que quanto maior a porcentagem de sementes intumescidas, menor é a qualidade do respectivo lote de sementes.

Em soja, Beckert & Silva (2002), estudando a relação entre qualidade fisiológica e frequência de espessura de sementes hidratadas, verificaram que as sementes que atingiram maior espessura, absorveram uma maior quantidade de água no mesmo espaço de tempo, sugerindo que sementes mais deterioradas embebem mais rapidamente. Por outro lado, Wrasse (2006) verificou na cultura do arroz irrigado que as sementes com menor qualidade fisiológica têm sua velocidade de hidratação menor do que sementes de maior qualidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

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

Foram utilizados seis lotes de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), sendo três lotes da cultivar IRGA 417 e três lotes da cultivar IRGA 422 CL. O trabalho foi constituído de dois experimentos, um para cada cultivar, com três tratamentos cada, constituído pelos lotes. A cultivar IRGA 417 foi a primeira do tipo moderno obtida do cruzamento de genitores das subespécies índica x japônica. Esta cultivar destaca-se pela precocidade, ótima qualidade de grãos, alto vigor inicial das plântulas e boa adaptabilidade a todas as regiões orizícolas do RS. A cultivar IRGA 422 CL, apesar de ter sido derivada da cultivar IRGA 417, diferencia-se dessa por apresentar um ciclo mais longo e maior massa de sementes (IV Congresso Brasileiro de Arroz

Irrigado & XXVI Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 2005). Os lotes de ambas cultivares possuíam qualidade fisiológica distinta, sendo todos provenientes da safra 2005/06. Os lotes foram obtidos da empresa Sementes Cauduro do município de São Vicente do Sul, RS. Inicialmente, foi realizada a superação da dormência através da pré-secagem (Brasil, 1992) e após, aplicou-se o conjunto de testes descritos a seguir, para caracterizar o potencial fisiológico dos lotes.

3.1 Germinação: utilizaram-se quatro repetições de 100 sementes para cada lote, semeadas em rolos de papel germitest umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato seco e mantidas em germinador regulado a 25°C. As avaliações foram realizadas aos cinco e aos 14 dias, após o início do teste, conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 1992), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.2 Primeira contagem do teste de germinação: realizado conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as plântulas normais, após cinco dias da instalação do teste (Brasil, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.3 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. Após a adição de 40 mL de água destilada nas caixas, foram distribuídas, uniformemente, 600 sementes de cada um dos lotes sobre a tela e, então, as caixas gerbox foram fechadas e levadas a estufa à 41°C, durante 96 horas (AOSA, 1983). Após este período, as sementes foram distribuídas sobre papel germitest umedecido com água destilada, em quatro repetições de 100 sementes e levadas ao germinador à temperatura de 25°C. A avaliação foi realizada no sétimo dia após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.4 Teste de frio sem solo: foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes de cada lote, distribuídas em rolos de papel germitest umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco. Os rolos foram colocados no interior de sacos plásticos, vedados com fita adesiva e mantidos em câmara

regulada à 10°C, durante sete dias. Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador à temperatura de 25°C, onde permaneceram por mais sete dias, de acordo com a descrição de Cícero & Vieira (1994). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.5 Condutividade elétrica: conduzido pelo método massal, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes intactas, selecionadas visualmente. Estas foram pesadas em balança analítica de precisão (0,001g) e imersas em 75 mL de água destilada, em copos plásticos mantidos à 25°C, por 24 horas. Após a embebição das sementes, fez-se a leitura com o condutímetro, marca Digimed CD-21 e os resultados foram obtidos a partir do valor da condutividade elétrica dividido pela massa úmida das sementes e expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$.

3.6 Comprimento de plântula: utilizou-se o comprimento médio de 10 plântulas normais e de suas partes (parte aérea e raiz) tomadas ao acaso. As sementes foram semeadas em papel germitest umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato, em quatro repetições de 20 sementes e levadas ao germinador à temperatura de 25°C. As sementes foram semeadas sobre uma linha traçada no terço superior do papel substrato no sentido longitudinal, conforme metodologia proposta por Nakagawa (1994). As avaliações foram realizadas aos sete dias após semeadura com auxílio de uma 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 centímetros (cm).

3.7 Massa seca de plântula: conduzido com quatro repetições de 10 plântulas, provenientes do teste de comprimento de plântula, mantido em sacos de papel, em estufa à 60°C, por 48h. Em seguida, as plântulas foram pesadas em balança de precisão (0,001g) e o valor obtido pela soma de cada repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas. Os resultados foram expressos em mg plântula^{-1} .

Após a determinação da qualidade inicial dos lotes foi aplicado novo conjunto de testes, compostos pelo teor de proteína bruta, avaliações das plantas em campo e pela curva de hidratação.

3.8 Proteína bruta: foram analisadas no Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), amostras de sementes dos seis lotes, totalizando quatro repetições por lote. Todas as amostras foram descascadas, em engenho previamente regulado para cada cultivar. Após este processo, as sementes de arroz foram moídas a fim de se obter tamanho de partículas apropriado para as análises de proteína bruta (PB) pelo método de Kjeldahl ($N \times 5,95$), realizado de acordo com a técnica descrita pela AOAC (1995). Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.9 Avaliação das plantas em campo: conduzida com quatro repetições de 100 sementes em linhas de 1,0 m de comprimento com espaçamento de 0,20 m, em que a semeadura foi feita a uma profundidade média de 0,03 m em duas épocas. A primeira semeadura foi realizada no dia 25 de setembro de 2006 e a segunda, no dia 4 de outubro de 2006. Foram realizadas as avaliações do tempo transcorrido para emergência de 50% das plântulas (TE 50%), da porcentagem de plântulas emergidas aos 14 dias e das plantas estabelecidas 21 dias após a semeadura. Juntamente com a avaliação da emergência foi realizada a determinação da massa seca da parte aérea, descrita a seguir, aos 21 dias após semeadura. Para tanto, as repetições de 10 plantas para cada lote foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar e mantidas durante 48 horas à temperatura de 60°C, a pesagem foi realizada em balança de precisão (0,001g). Os resultados foram expressos em mg planta^{-1} .

3.10 Curva de hidratação: uma amostra de aproximadamente 100 g de sementes de cada lote foi colocada em papel umedecido e mantida à 25°C. A cada três horas, duas repetições de aproximadamente 5 g foram retiradas dos rolos, durante 24 horas para determinação da curva de hidratação. Posteriormente determinou-se o teor de água de cada amostra em estufa a 105°C \pm 3°C, conforme RAS (Brasil, 1992).

3.11 Análise estatística: O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado para os testes de laboratório e o delineamento blocos ao acaso para o teste de campo, ambos com quatro repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise da variância e, após as médias foram comparadas pelo teste

de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa estatístico SANEST (Zonta et al., 1986). Foi efetuada correlação simples entre os testes de vigor e as avaliações das plantas em campo. A variável germinação e suas derivações usadas foram transformadas em arco seno.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes aos testes de germinação e vigor, aplicados às sementes de arroz, para caracterização inicial da qualidade fisiológica dos lotes estão apresentados na Tabela 1.

O teste de germinação indicou diferenças significativas entre os lotes da cultivar IRGA 417, no qual o lote 2 apresentou menor poder germinativo em relação aos lotes 1 e 3, que apresentaram as maiores porcentagens de plântulas normais ao final de 14 dias. Os lotes 1 e 3 apresentaram germinação superior a 94%. Para a cultivar IRGA 422 CL, não ocorreu diferença entre os lotes para esta variável, sendo que a germinação dos três lotes ficou entre 86 e 88%. Sabe-se que, o teste de germinação é útil e padronizado, mas sozinho, não informa sobre os vários aspectos da qualidade fisiológica da semente, pois a semente pode germinar e não ter potencial para emergir e tornar-se uma planta normal no campo.

No teste de primeira contagem da germinação, os lotes 1 e 3 em cada cultivar, não diferiram significativamente entre si, sendo que em ambas cultivares, o lote de menor vigor que esse teste indicou foi o lote 2, com uma menor porcentagem de plântulas normais formadas aos cinco dias. Os lotes 1 e 3 da cultivar IRGA 417 obtiveram mais de 90% de plântulas normais e na cultivar IRGA 422 CL mais de 80% de plântulas normais aos cinco dias. Esse teste mostrou-se sensível para estratificar lotes da cultivar IRGA 422 CL, o que não foi observado no teste de germinação. Estes resultados confirmam a eficiência do teste anunciada pela AOSA (1983) e Marchezan et al. (2001). Entretanto, outros autores advertem sobre a limitação do uso do teste de primeira contagem, pois a redução da velocidade de germinação não é o primeiro evento que ocorre na semente, sendo assim, é conveniente não usar este teste isoladamente, pois o mesmo poderá não estratificar lotes, principalmente quando as diferenças de vigor forem pequenas (Delouche & Baskin, 1973; Torres, 1998a).

No teste de envelhecimento acelerado, os resultados indicaram estratificação semelhante à ocorrida no teste de primeira contagem, mostrando semelhanças entre os lotes 1 e 3, nas duas cultivares e que as amostras com menor qualidade apresentaram maior redução de seu vigor depois de expostas à condição de estresse provocada pelo envelhecimento (Marcos Filho, 1999), indicando que o teste foi eficiente na estratificação dos lotes, como é para o milho (Torres, 1998a) e para soja (Vieira et al., 2004).

O teste de frio indicou o lote 2 de ambas cultivares, como o de menor vigor e apresentou a mesma estratificação que o teste de primeira contagem e o teste de envelhecimento acelerado. O teste é indicado para várias espécies da família Poaceae e avalia o vigor deixando as sementes por um período em condições desfavoráveis para posterior germinação (Cícero & Vieira, 1994). A literatura cita que lotes de boa qualidade, no teste de frio devem ter no mínimo 70% de plântulas normais (Grabe, 1976), e os dados obtidos nesse teste, para ambas cultivares, foram acima de 70% de plântulas normais. Os resultados obtidos confirmam a eficiência do teste anunciada em arroz (Barros et al., 2003) bem como para outras culturas como o milho (Torres, 1998a) e milho-doce (Santos et al., 2002).

No teste de condutividade elétrica, aplicado às sementes da cultivar IRGA 417, não foi possível constatar diferenças significativas entre lotes. A não distinção entre os lotes, observada neste trabalho, também foi constatada por Lima (1997). No entanto, para a cultivar IRGA 422 CL o teste foi eficiente na estratificação dos lotes, apontando o lote 2 como o de menor vigor, assim concordando com Mello (1996). Esta diferença nos resultados pode ser justificada pela dificuldade de execução do teste em sementes que apresentam coberturas protetoras. Em sementes de arroz, a lema e a pálea, além de não permitirem a observação da integridade das sementes, podem influenciar na absorção de água e liberação de lixiviados, deste modo interferindo nos resultados (Franzin et al., 2004; Pasqualli, 2005). Levando-se em consideração as pesquisas realizadas até o momento, percebe-se que as variáveis envolvidas no teste de condutividade elétrica ainda não estão totalmente padronizadas (Marchi & Cícero, 2002). Existe a necessidade de estudos mais detalhados para minimizar ou eliminar os fatores que interferem na precisão dos resultados, fazendo com que esse teste torne-se rotineiro na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de arroz.

Tabela 1 - Germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (TF) e condutividade elétrica (CE) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 e cv IRGA 422 CL. Santa Maria – RS, 2006.

Lote	G (%)	PC (%)	EA (%)	TF (%)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)
IRGA 417					
L1	95a*	94a	87a	88a	35,677a
L2	85b	65b	69b	80b	34,955a
L3	94a	92a	89a	90a	33,607a
C.V. (%)	5,81	6,33	3,44	3,81	3,77
IRGA 422 CL					
L1	88a	81a	79a	83a	22,219a
L2	86a	63b	69b	72b	26,038b
L3	88a	86a	86a	82a	21,692a
C.V. (%)	4,71	6,14	5,08	5,88	6,05

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

Na Tabela 2 estão os resultados obtidos nos testes de vigor, com base no crescimento das plântulas, aplicados às sementes de arroz, para caracterização inicial da qualidade fisiológica dos lotes.

Os resultados referentes ao comprimento de plântulas, obtidos para as duas cultivares permitiram observar diferenças apenas no comprimento da parte aérea, onde as plântulas dos lotes 1 e 3 de ambas cultivares foram significativamente maiores do que as plântulas dos lotes 2. No entanto, a análise estatística dos dados, não evidenciou diferenças no vigor dos lotes através do comprimento da raiz e do comprimento total de plântulas, dificultando a interpretação dos resultados. Certamente o que influenciou no resultado do comprimento total de plântulas foi o comprimento da raiz que somado ao comprimento da parte aérea, acabou mascarando o resultado da análise. O crescimento das plântulas é um parâmetro variável e fortemente influenciado por fatores genéticos (Popinigis, 1985) e ambientais (Perry, 1981). No entanto, os resultados observados contrariam os encontrados por Schuch et al. (1999) que citam em seu trabalho que sementes com alto vigor tiveram seus processos metabólicos acelerados, propiciando emissão mais

rápida e uniforme das raízes primárias, o que resultou em maior tamanho inicial de plântulas. Segundo estes autores, o comprimento das raízes demonstrou ser um parâmetro mais adequado do que o comprimento da parte aérea, para avaliações de diferenças em vigor entre lotes de sementes de aveia-preta.

A massa seca de plântulas foi eficiente na estratificação dos lotes, indicando os lotes 1 e 3 como os mais vigorosos em cada cultivar. Esses resultados concordam com os encontrados por Vazolini & Carvalho (2002) 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. No entanto, existem autores que descartam o uso da massa seca como parâmetro para diferenciar vigor entre os lotes, porque as plântulas para o teste são obtidas a partir das plântulas normais provenientes do teste de comprimento (Franzin et al., 2004), e quando eliminam as plântulas anormais e as sementes não germinadas, o teste pode não estratificar lotes de sementes de arroz, em função do vigor (Menezes & Silveira, 1995).

Tabela 2 - Comprimento de plântula - parte aérea (CP_{PA}), comprimento de plântula - raiz (CP_R), comprimento de plântula - total (CP_T) e massa seca (MS) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 e cv IRGA 422 CL. Santa Maria – RS, 2006.

Lote	CP_{PA} (cm)	CP_R (cm)	CP_T (cm)	MS (mg)
IRGA 417				
L1	4,99a*	13,42a	18,41a	5,70a
L2	4,37b	14,98a	19,35a	4,75b
L3	4,97a	14,11a	19,08a	5,52a
C.V. (%)	6,01	8,47	6,75	4,84
IRGA 422 CL				
L1	4,75a	13,23a	17,98a	5,17a
L2	4,03b	13,98a	18,02a	4,42b
L3	4,89a	13,68a	18,57a	5,30a
C.V. (%)	6,18	11,82	9,15	6,69

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

A caracterização inicial dos lotes identificou o lote 2, como aquele de menor qualidade fisiológica e não apontou diferenças significativas entre os lotes 1 e 3, nas duas cultivares estudadas.

A Tabela 3 mostra os teores de proteína bruta encontradas nos lotes das cultivares IRGA 417 e IRGA 422 CL. Embora na cultivar IRGA 417 não tenham ocorrido diferenças significativas, observa-se que o lote 2, classificado como de menor vigor, nos testes de germinação, primeira contagem, envelhecimento acelerado, teste de frio, comprimento da parte aérea de plântula e massa seca de plântula, apresentou menor valor absoluto na porcentagem de proteína bruta. Porém, a cultivar IRGA 422 CL apresentou diferença significativa entre os lotes, mostrando que os lotes de maior qualidade fisiológica, apresentaram maiores teores de proteína bruta, concordando com Carvalho & Nakagawa (2000), os quais indicam que quanto maior o teor de reservas das sementes, maior será o vigor das plântulas resultantes. Segundo Abdul-Baki (1980), o vigor das sementes está muito mais relacionado à integridade do sistema de síntese durante o processo de germinação do que o teor de proteínas das sementes. O autor cita que os primeiros eventos bioquímicos verificados quando as sementes são expostas a condições desfavoráveis de ambiente é o dano à síntese de proteínas durante as primeiras horas da embebição para ativar o processo da germinação.

Tabela 3 - Teor de proteína bruta de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 e cv IRGA 422 CL. Santa Maria – RS, 2006.

Lote	Proteína Bruta (%)	
	IRGA 417	IRGA 422 CL
L1	7,66a*	8,46a
L2	7,48a	8,09c
L3	7,54a	8,21b
C.V. (%)	0,96	0,36

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

A determinação do teor de proteína não é considerada um teste de vigor, porém os resultados obtidos mostraram a possibilidade de associá-la à avaliação do potencial fisiológico das sementes, pois, sabe-se que as proteínas catalisam reações

químicas ou servem para formar novos tecidos nos pontos de crescimento do embrião (Marcos Filho, 2005) e isto está relacionado à eficiência do metabolismo e à velocidade de formação e vigor das plântulas.

A emergência das plantas em campo (Tabelas 4 e 5) mostrou diferenças significativas entre os lotes nas duas cultivares e nas épocas de semeadura. O lote 2 das duas cultivares tiveram uma menor emergência, confirmando seu baixo vigor. Esse comportamento foi verificado no teste do tempo de emergência 50%, na emergência aos 14 dias e no estabelecimento de plantas aos 21 dias após semeadura. Estes resultados ratificam as inúmeras pesquisas realizadas até o momento (Menezes & Silveira, 1995; Machado, 2002; Höfs et al., 2004; Franzin et al., 2004; Wrasse, 2006), que observaram a reprodução do comportamento das sementes obtido em testes de laboratório e emergência em campo, indicando que lotes de sementes com alto vigor apresentam emergência mais rápida e estande final mais uniforme, comparado com sementes de menor vigor.

As semeaduras foram no início da época recomendada para a cultura do arroz, não apresentando dificuldades climáticas, porém na primeira época as temperaturas médias foram menores, por isto as porcentagens observadas foram menores. No entanto, os resultados obtidos ratificaram a qualidade fisiológica obtida nos outros testes, pois o lote 2, de ambas cultivares, apresentou menor qualidade.

A massa seca de plantas não diferenciou os lotes dentro de cada cultivar, indicando o lote 2 como semelhante aos demais. Esses resultados concordam com os encontrados por Wrasse (2006), no entanto, outros autores afirmam que a qualidade fisiológica afeta o crescimento inicial das plantas e a capacidade destas em acumular biomassa, porque sementes com um maior vigor originam plântulas com maior taxa de crescimento (Schuch & Lin, 1982; Durães et al., 1995; Höfs et al., 2004) e a capacidade das plantas em acumular matéria seca nos estádios iniciais do crescimento (Durães et al, 1995). Segundo Melo et al. (2006), as plantas originadas de sementes de alto vigor apresentam desempenho superior em relação às originadas de sementes de baixo vigor para o parâmetro massa seca de plantas.

A relação consistente entre vigor de sementes e rendimento de grão nem sempre é observada, isto porque, segundo Durães et al. (1995), em cultivo normal, o crescimento vegetativo requerido para maximizar rendimento deve ser superior a um mínimo considerado crítico, onde o uso de sementes de alto vigor procura assegurar uma adequada população de plantas, em várias condições de campo durante a

emergência. Nesse sentido, a pesquisa procurou correlacionar os testes aplicados com a emergência em campo, na busca de uma confirmação daquilo que foi obtido no teste de germinação.

Tabela 4 – Tempo de emergência 50% (TE 50%), emergência de plântulas (%) em dias após emergência (DAE), plantas estabelecidas (%) em dias após emergência (DAE) e massa seca de planta – parte aérea (MS_{PA}) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 e cv IRGA 422 CL na primeira época de semeadura (25/09/2006). Santa Maria – RS, 2006.

Lote	TE 50%	Emergência (%)		MS _{PA} (mg)
	(dias)	14 DAE	21 DAE	
IRGA 417				
L1	11,75a*	67,50a	73,75a	18,18a
L2	15,75b	41,50b	56,50b	17,92a
L3	12,00a	63,50a	69,00a	18,30a
C.V. (%)	5,84	8,23	4,25	9,01
IRGA 422 CL				
L1	12,75a	52,00a	62,25a	20,22a
L2	16,75b	35,75b	50,75b	18,62a
L3	13,00a	53,50a	68,25a	20,65a
C.V. (%)	10,72	9,77	5,38	9,88

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

Os coeficientes de correlação simples entre os testes de germinação, vigor, proteína bruta e avaliações em campo, aplicados aos lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 na primeira época de semeadura (25/09/2006), expressando o grau de associação linear entre as variáveis, estão apresentados na Tabela 6.

A germinação apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) com a primeira contagem ($r = 0,92$), envelhecimento acelerado ($r = 0,74$), com o tempo de emergência 50% de plântulas ($r = -0,76$) sendo esta negativa, com a emergência de plântulas aos 14 dias ($r = 0,79$) e com o estabelecimento de plantas aos 21 dias após semeadura ($r = 0,68$).

Tabela 5 – Tempo de emergência 50% (TE 50%), emergência de plântulas (%) em dias após emergência (DAE), plantas estabelecidas (%) em dias após emergência (DAE) e massa seca de planta – parte aérea (MS_{PA}) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 e cv IRGA 422 CL na segunda época de semeadura (04/10/2006). Santa Maria – RS, 2006.

Lote	TE 50%	Emergência (%)		MS _{PA} (mg)
	(dias)	14 DAE	21 DAE	
IRGA 417				
L1	11,50a*	73,25ab	80,50a	20,15a
L2	12,50b	67,25b	72,00b	17,07a
L3	11,25a	75,50a	82,25a	20,02a
C.V. (%)	2,46	3,61	3,48	10,03
IRGA 422 CL				
L1	12,00a	64,25ab	75,50a	19,60a
L2	13,75b	58,25b	64,50b	18,95a
L3	11,25a	72,25a	80,25a	20,92a
C.V. (%)	6,19	4,52	4,53	7,87

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

Os testes de primeira contagem, envelhecimento acelerado, de frio, a massa seca de plântulas e teor de proteína bruta correlacionaram-se com os testes de emergência e estabelecimento em campo. De acordo com Piana et al. (1995), o teste de envelhecimento acelerado e o teste de frio, são os que melhor se correlacionam com os testes de emergência de plântulas em campo e com a obtenção de mudas vigorosas, além de identificar lotes com diferentes níveis de vigor. A proteína bruta teve correlação significativa com os testes de emergência e estabelecimento em campo, mas não teve correlação com o teste de germinação e com os testes de vigor.

Na Tabela 7, são apresentados os coeficientes de correlação simples entre os testes de germinação, vigor, proteína bruta e avaliações em campo, aplicados aos lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 na segunda época de semeadura (04/10/2006), expressando o grau de associação linear entre as variáveis. A germinação apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) com a primeira contagem

Tabela 6 – Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), frio (TF), condutividade elétrica, (CE), comprimento de plântula – parte aérea (CP_{PA}), comprimento de plântula – raiz (CP_R), comprimento de plântula – total (CP_T), massa seca de plântulas (MS), teor de proteína (PR), tempo de emergência 50% (TE50), emergência de plântulas em campo aos 14 dias após semeadura (EM14), plantas estabelecidas aos 21 dias após semeadura (PE21) e massa seca da parte aérea de planta (MS_{PA}) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 na primeira época de semeadura (25/09/2006). Santa Maria – RS, 2006.

Testes	MS _{PA}	PE21	EM14	TE50	PR	MS	CP _T	CP _R	CP _{PA}	CE	TF	EA	PC
G	0,09ns	0,68*	0,79*	-0,76*	0,28ns	0,57ns	-0,23ns	-0,43ns	0,44ns	-0,00ns	0,38ns	0,74*	0,92*
PC	0,13ns	0,72*	0,85*	-0,83*	0,35ns	0,81*	-0,18ns	-0,49ns	0,68*	-0,08ns	0,63*	0,91*	
EA	-0,08ns	0,63*	0,75*	-0,81*	0,30ns	0,87*	-0,09ns	-0,43ns	0,79*	-0,30ns	0,76*		
TF	0,12ns	0,63*	0,67*	-0,72*	0,41ns	0,73*	0,03ns	-0,25ns	0,74*	-0,20ns			
CE	0,01ns	-0,01ns	-0,05ns	0,04ns	0,14ns	-0,31ns	-0,02ns	0,17ns	-0,32ns				
CP_{PA}	-0,06ns	0,40ns	0,60*	-0,61*	0,24ns	0,91*	0,18ns	-0,27ns					
CP_R	0,08ns	-0,52ns	-0,37ns	0,37ns	-0,03ns	-0,50ns	0,89*						
CP_T	0,08ns	-0,36ns	-0,09ns	0,10ns	0,08ns	-0,08ns							
MS	0,09ns	0,62*	0,73*	-0,71*	0,40ns								
PR	0,44ns	0,76*	0,72*	-0,64*									
TE50	-0,13ns	-0,89*	-0,93*										
EM14	0,32ns	0,91*											
PE21	0,32ns												

* = significativo a 5% de probabilidade de erro

ns = não significativo

($r = 0,92$), com o teste de envelhecimento acelerado ($r = 0,74$) e com o tempo de emergência 50% ($r = 0,60$). O envelhecimento acelerado e a primeira contagem tiveram correlação significativa com o estabelecimento de plantas aos 21 dias, resultados estes de acordo com Alizaga et al. (1990). Esses testes, juntamente com o teste de frio obtiveram correlação significativa negativa com o tempo de emergência 50%. A proteína bruta não se correlacionou com nenhum outro teste.

Para a cultivar IRGA 417, independentemente da época de semeadura, os teste que se correlacionaram com a germinação foram o teste de primeira contagem da germinação e o envelhecimento acelerado; o tempo de emergência 50% correlacionou-se com os testes de germinação, primeira contagem, envelhecimento acelerado e teste de frio; a porcentagem de plantas estabelecidas aos 21 dias após semeadura correlacionou-se com a primeira contagem e com o envelhecimento acelerado, porém, o teor de proteína bruta e a massa seca de plântulas correlacionaram-se apenas na primeira época de semeadura com os teste de emergência e estabelecimento em campo. Estes testes mostraram-se afetados por um fator em comum que se considerou ser a qualidade fisiológica dos lotes.

Os coeficientes de correlação simples entre os testes de germinação, vigor, proteína bruta e avaliações em campo, aplicados aos lotes de sementes de arroz cv IRGA 422 CL, na primeira época de semeadura (25/09/2006), expressando o grau de associação linear entre as variáveis, encontram-se na Tabela 8. O teste de germinação apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) com a primeira contagem ($r = 0,64$), com o comprimento de raiz e comprimento total de plântulas. A primeira contagem e o envelhecimento acelerado correlacionaram-se com os testes de emergência e estabelecimento em campo, mesmo resultado obtido por Freitas et al. (2000) com o teste de envelhecimento acelerado. O teste de frio correlacionou-se com a emergência de plântulas em campo aos 14 dias ($r = 0,62$) e também com o tempo de emergência 50%, sendo esta, de forma negativa. A condutividade elétrica correlacionou-se negativamente, mas significativamente com a emergência de plântulas em campo aos 14 dias ($r = -0,58$), com a porcentagem de plantas estabelecidas aos 21 dias após semeadura ($r = -0,73$), e positivamente com o tempo de emergência 50%. O teor de proteína bruta correlacionou-se com o teste de frio ($r = 0,61$), com o tempo de emergência 50% ($r = -0,69$) e com a emergência de plântulas em campo aos 14 dias após semeadura ($r = 0,60$).

Tabela 7 – Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), frio (TF), condutividade elétrica, (CE), comprimento de plântula – parte aérea (CP_{PA}), comprimento de plântula – raiz (CP_R), comprimento de plântula – total (CP_T), massa seca de plântulas (MS), teor de proteína (PR), tempo de emergência 50% (TE50), emergência de plântulas em campo aos 14 dias após semeadura (EM14), plantas estabelecidas aos 21 dias após semeadura (PE21) e massa seca da parte aérea de planta (MS_{PA}) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 na segunda época de semeadura (04/10/2006). Santa Maria – RS, 2006.

Testes	MS _{PA}	PE21	EM14	TE50	PR	MS	CP _T	CP _R	CP _{PA}	CE	TF	EA	PC
G	0,28ns	0,39ns	0,38ns	-0,60*	0,28ns	0,57ns	-0,31ns	-0,44ns	0,44ns	0,00ns	0,38ns	0,74*	0,92*
PC	0,53ns	0,59*	0,48ns	-0,71*	0,35ns	0,81*	-0,29ns	-0,49ns	0,68*	-0,08ns	0,63*	0,91*	
EA	0,68*	0,58*	0,37ns	-0,64*	0,31ns	0,87*	-0,19ns	-0,43ns	0,79*	-0,29ns	0,76*		
TF	0,74*	0,42ns	0,27ns	-0,59*	0,41ns	0,73*	-0,02ns	-0,25ns	0,74*	-0,20ns			
CE	-0,01ns	-0,16ns	-0,10ns	0,11ns	0,14ns	-0,31ns	0,07ns	0,16ns	-0,32ns				
CP_{PA}	0,72*	0,55ns	0,25ns	-0,41ns	0,24ns	0,91*	0,04ns	-0,27ns					
CP_R	-0,01ns	-0,35ns	-0,31ns	0,60*	-0,02ns	-0,50ns	0,95*						
CP_T	0,22ns	-0,18ns	-0,24ns	0,49ns	0,04ns	-0,22ns							
MS	0,68*	0,60*	0,37ns	-0,54ns	0,40ns								
PR	0,24ns	-0,16ns	0,01ns	-11ns									
TE50	-0,53ns	-0,77*	-0,83*										
EM14	0,48ns	0,86*											
PE21	0,69*												

* = significativo a 5% de probabilidade de erro

ns = não significativo

Tabela 8 – Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), frio (TF), condutividade elétrica, (CE), comprimento de plântula – parte aérea (CP_{PA}), comprimento de plântula – raiz (CP_R), comprimento de plântula – total (CP_T), massa seca de plântulas (MS), teor de proteína (PR), tempo de emergência 50% (TE50), emergência de plântulas em campo aos 14 dias após semeadura (EM14), plantas estabelecidas aos 21 dias após semeadura (PE21) e massa seca da parte aérea de planta (MS_{PA}) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 422 CL na primeira época de semeadura (25/09/2006). Santa Maria – RS, 2006.

Testes	MS _{PA}	PE21	EM14	TE50	PR	MS	CP _T	CP _R	CP _{PA}	CE	TF	EA	PC
G	0,14ns	0,31ns	0,20ns	-0,41ns	0,26ns	0,01ns	-0,60*	-0,65*	0,11ns	-0,38ns	0,08ns	0,05ns	0,64*
PC	0,49ns	0,81*	0,68*	-0,77*	0,48ns	0,61*	-0,13ns	-0,36ns	0,72*	-0,84*	0,60*	0,61*	
EA	0,52ns	0,65*	0,60*	-0,59*	0,31ns	0,82*	0,21ns	0,01ns	0,70*	-0,58*	0,72*		
TF	0,17ns	0,56ns	0,62*	-0,71*	0,61*	0,60*	0,05ns	-0,14ns	0,63*	-0,51ns			
CE	-0,36ns	-0,73*	-0,58*	0,68*	-0,51ns	-0,65*	-0,21ns	0,01ns	-0,69*				
CP_{PA}	0,53ns	0,47ns	0,45ns	-0,47ns	0,41ns	0,83*	0,23ns	-0,07ns					
CP_R	-0,20ns	-0,25ns	-0,08ns	0,24ns	-0,31ns	0,19ns	0,95*						
CP_T	-0,03ns	-0,11ns	0,05ns	0,09ns	-0,17ns	0,44ns							
MS	0,61*	0,45ns	0,49ns	-0,50ns	0,36ns								
PR	0,20ns	0,48ns	0,60*	-0,69*									
TE50	-0,21*	-0,78*	-0,92*										
EM14	0,33ns	0,82*											
PE21	0,49ns												

* = significativo a 5% de probabilidade de erro

ns = não significativo

A Tabela 9 apresenta os coeficientes de correlação simples entre os testes de germinação, vigor, proteína bruta e avaliações em campo, aplicados aos lotes de sementes de arroz cv IRGA 422 CL, na segunda época de semeadura (04/10/2006), expressando o grau de associação linear entre as variáveis. O teste de germinação apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) com a primeira contagem ($r = 0,64$), com o comprimento de raiz e comprimento total de plântulas. O tempo de emergência 50% correlacionou-se negativamente com a primeira contagem, envelhecimento acelerado, com o comprimento da parte aérea de plântulas e positivamente com a condutividade elétrica. O teste de envelhecimento acelerado também se correlacionou com a emergência em campo de plântulas aos 14 dias ($r = 0,70$) e porcentagem de plantas estabelecidas aos 21 dias ($r = 0,82$) após semeadura e este, com a primeira contagem. A condutividade elétrica correlacionou-se negativamente com o estabelecimento da cultura aos 21 dias ($r = -0,72$) após a semeadura. Segundo Freitas et al. (2000), os resultados obtidos com o teste de condutividade elétrica evidenciam correlação negativa e significativa, sendo que os maiores valores estão relacionados à baixa germinação das sementes e, conseqüentemente à menor emergência em campo. O teor de proteína bruta correlacionou-se com o teste de frio ($r = 0,60$) e não se correlacionou com os outros testes.

Para essa cultivar, nas duas épocas de semeadura, a germinação correlacionou-se com a primeira contagem, com o comprimento de raiz de plântula e com o comprimento de plântula; as avaliações de emergência e estabelecimento em campo correlacionaram-se com o envelhecimento acelerado e os testes de primeira contagem e condutividade elétrica correlacionaram-se com o tempo de emergência 50% e com a porcentagem de plantas estabelecidas aos 21 dias após semeadura, mostrando que esses testes são correlacionados por um fator comum, ou seja, a qualidade fisiológica dos lotes de sementes.

Independentemente da época de semeadura e da cultivar, o teste que mostrou correlação com a germinação foi o de primeira contagem da germinação. Este teste, juntamente com o teste de envelhecimento acelerado correlacionou-se com o tempo de emergência 50% e com a porcentagem de plantas aos 21 dias após semeadura. As correlações entre o teor de proteína bruta e emergência em campo, só ocorreu na primeira época de semeadura quando ocorreram temperaturas baixas, que estabeleceram condições desfavoráveis à emergência, exigindo melhor

Tabela 9 – Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), frio (TF), condutividade elétrica, (CE), comprimento de plântula – parte aérea (CP_{PA}), comprimento de plântula – raiz (CP_R), comprimento de plântula – total (CP_T), massa seca de plântulas (MS), teor de proteína (PR), tempo de emergência 50% (TE50), emergência de plântulas em campo aos 14 dias após semeadura (EM14), plantas estabelecidas aos 21 dias após semeadura (PE21) e massa seca da parte aérea de planta (MS_{PA}) de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 422 CL na segunda época de semeadura (04/10/2006). Santa Maria – RS, 2006.

Testes	MS _{PA}	PE21	EM14	TE50	PR	MS	CP _T	CP _R	CP _{PA}	CE	TF	EA	PC
G	0,22ns	0,13ns	-0,11ns	-0,21ns	0,26ns	0,01ns	-0,60*	-0,64*	0,11ns	-0,38ns	0,08ns	-0,05ns	0,64*
PC	0,22ns	0,70*	0,39ns	-0,59*	0,48ns	0,61*	-0,13ns	-0,36ns	0,72*	-0,84*	0,60*	0,61*	
EA	0,11ns	0,82*	0,70*	-0,66*	0,31ns	0,81*	0,21ns	0,01ns	0,70*	-0,58*	0,72*		
TF	0,18ns	0,55ns	0,37ns	-0,41ns	0,60*	0,61*	0,05ns	-0,14ns	0,63*	-0,51ns			
CE	-0,01ns	-0,72*	-0,52ns	0,66*	-0,51ns	-0,65*	-0,21ns	0,01ns	-0,69*				
CP_{PA}	0,41ns	0,65*	0,41ns	-0,58*	0,41ns	0,82*	0,23ns	-0,07ns					
CP_R	-0,01ns	0,19ns	0,48ns	-0,23ns	-0,31ns	0,19ns	0,95*						
CP_T	0,11ns	0,39ns	0,60*	-0,40ns	-0,17ns	0,44ns							
MS	0,22ns	0,87*	0,65*	-0,74*	0,35ns								
PR	-0,02ns	0,35ns	0,09ns	-0,24ns									
TE50	-0,36ns	-0,83*	-0,89*										
EM14	0,25ns	0,82*											
PE21	0,24ns												

* = significativo a 5% de probabilidade de erro

ns = não significativo

aproveitamento das reservas e determinando correlações positiva entre as variáveis avaliadas.

As Figuras 1 e 2 mostram as curvas de hidratação dos três lotes de sementes das cultivares IRGA 417 e IRGA 422 CL, respectivamente. Observou-se que, para a cultivar IRGA 417, os lotes 1 e 3 tiveram comportamento semelhante, absorvendo quantidade de água equivalente a 14 pontos percentuais a mais, em relação ao lote 2, onde as sementes deste lote atingiram aproximadamente 28% de teor de água, enquanto as sementes dos lotes 1 e 3 atingiram ao redor de 42% de teor de água no mesmo período. O comportamento da curva de hidratação dos lotes da cultivar IRGA 422 CL (Figura 2), foi semelhante ao ocorrido com os lotes da cultivar IRGA 417, porém, com diferença no percentual final de teor de água após o período de 24 horas. O lote 2 atingiu um percentual de teor de água 10% menor, comparado com os demais. Os lotes 1 e 3 atingiram aproximadamente 38%, enquanto que o lote 2 apenas 28% de teor de água aproximadamente no mesmo intervalo de tempo.

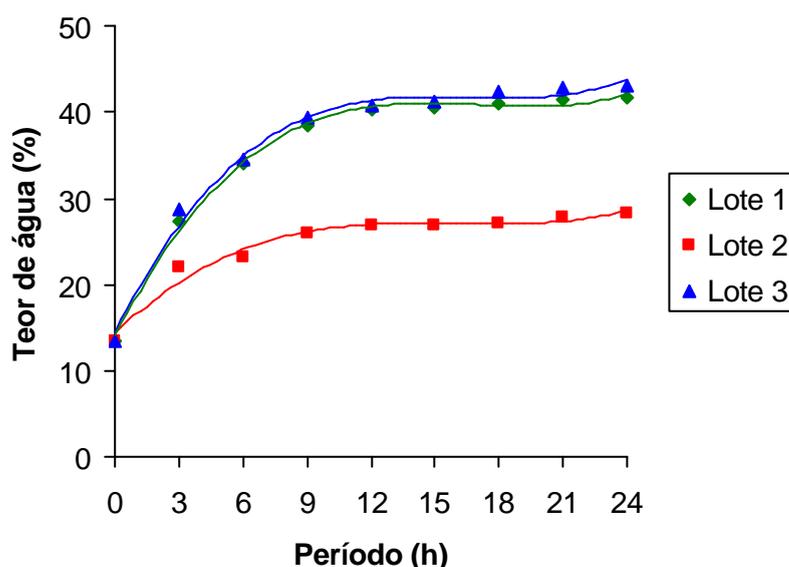


Figura 1 - Curva de hidratação de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 417 no período de 24 horas. Santa Maria – RS, 2006.

A curva de hidratação em ambas cultivares, mostrou diferença na absorção de água entre o lote 2 e os demais lotes. Comparando o comportamento da curva de hidratação com os testes anteriormente realizados, verifica-se que os lotes 1 e 3 de ambas cultivares apresentam maior vigor e maiores teores de água.

Esses resultados diferem daqueles encontrados em outras culturas como a soja (Rocha et al., 1984; Rossetto et al., 1995; Beckert & Silva, 2002), teosinto (Motta, 2002) *Calopogonium mucunoides* (Souza & Marcos Filho, 1993), cujos autores indicam que as sementes mais deterioradas absorvem um maior percentual de água nas primeiras horas de hidratação, porque as membranas celulares deterioradas são mais permeáveis a entrada de água. Por outro lado, Wrasse (2006) afirmou que na cultura do arroz irrigado, as sementes com menor qualidade fisiológica têm menor velocidade de hidratação do que sementes de melhor qualidade.

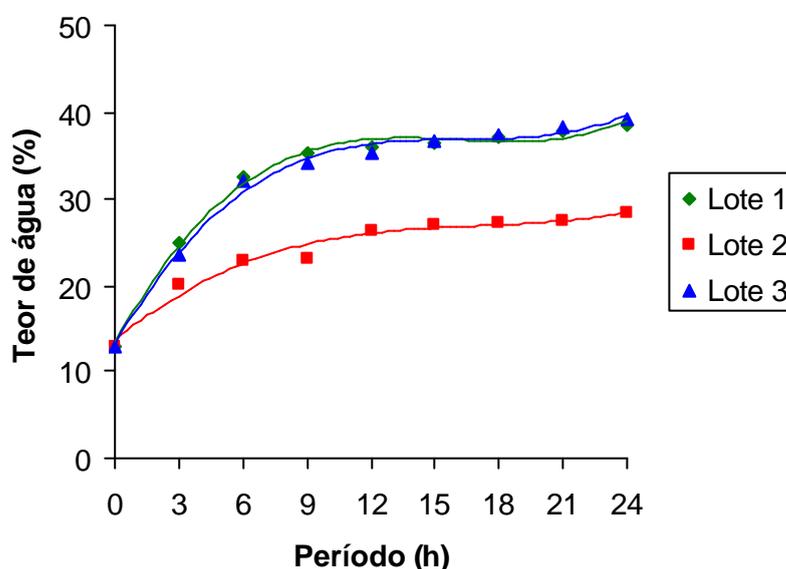


Figura 2 - Curva de hidratação de três lotes de sementes de arroz cv IRGA 422 CL no período de 24 horas. Santa Maria – RS, 2006.

Os resultados obtidos para as sementes de arroz irrigado sugerem que a pálea e a lema atuam como barreira contra a entrada de água e oxigênio, assim influenciando na atividade metabólica inicial. A água e o oxigênio que conseguem passar por essa barreira, são aproveitados de modo mais eficiente para o metabolismo das sementes mais vigorosas. De acordo com Wrasse (2006), esse metabolismo exige quantidade cada vez maior de água dando maior velocidade a hidratação e teores mais elevados nas primeiras horas. Com base nesses resultados é possível relacionar velocidade de hidratação com qualidade fisiológica de sementes de arroz irrigado, pois os lotes de menor qualidade absorveram água de

maneira mais lenta e em menor quantidade do que lotes de maior qualidade fisiológica.

5. CONCLUSÕES

O teor de proteína bruta é capaz de identificar diferenças entre lotes de arroz, em função da qualidade das sementes, portanto, trata-se de uma determinação promissora para associação aos testes convencionais para avaliação do potencial fisiológico das sementes de arroz.

A qualidade fisiológica afeta o teor de água alcançado pelas sementes de arroz durante a hidratação, sendo que as sementes de menor vigor apresentam menor velocidade e teor de água até 24 horas, quando comparadas com sementes de maior vigor.

O teor de proteína não se correlaciona com a germinação e a emergência das plântulas em campo, exceto quando a emergência ocorre em condições desfavoráveis.

Os testes de vigor de primeira contagem da germinação e envelhecimento acelerado e aplicados em sementes de arroz correlacionam-se com a emergência em campo e o estabelecimento de plantas aos 21 dias após a semeadura.

6. REFERÊNCIAS

ABDUL-BAKI, A.A. Biochemical aspects of seed vigor. **HortScience**, Alexandria, v.15, n.6, p.765-771, 1980.

AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16. ed. Washington: DC, 1995. cap.32, p.25-28.

ALIZAGA, R.; MELLO, V.D.C.; SANTOS, D.S.B.; IRIGON, D.I. Avaliação de testes de vigor em sementes de feijão e suas relações com a emergência em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.12, n.2, p.44-58, 1990.

ARAÚJO, E.S.; SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Características morfológicas e moleculares e acúmulo de proteína em grãos de variedades de arroz do Maranhão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.11, p.1281-1288, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigour testing handbook**. Lincoln: East Lansing, 1983. 88p. (Contribution 32).

ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; MARTORELLI, D.T.; ALBRECHT, L.P. Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência das plântulas no campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.27, n.1, p.62-70, 2005.

BARROS, A.C.S.A.; JACOBSEN, F.L.L.; SCHUCH, L.O.B. Testes de vigor em sementes de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú: EPAGRI, 2003. p.574.

BARROS, D.I.; NUNES, H.V.; DIAS, D.C.F.; BHERING, M.C. Comparação entre testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.2, p.12-16, 2002.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination**. New York: Springer-Verlag, v.1, 1978, 306p.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds** – Physiology o development and germination. New York: Plenum Press, 1985, 367p.

BECKERT, O.P.; SILVA, W.R. O uso da hidratação para estimar o desempenho de sementes de soja. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.1, p.61-69, 2002.

BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F.S.; BARROS, D.I.; DIAS, S.A.S.; TOKUHISA, D. 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.

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**. Campinas: Fundação Cargill, 1980. 326p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

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

CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., REUNIÃO DA CULTURA O ARROZ IRRIGADO, 26., 2003, Santa Maria. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: SOSBAI, 2005. 159p.

DAN, E.L.; MELLO V.D.C.; WETZEL, C.T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E.P. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.9, n.3, p.45-55, 1987.

DELOUCHE, J.C. Estratégias para realizar la calidad de lãs semillas: memórias – painel sobre avanços em tecnologia de semillas. In: SEMINÁRIO PANAMERICANDO DE SEMILLAS, Santa Cruz de la Sierra, 1992. **Anais...** Santa Cruz de la Sierra, 1992. 381p.

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.

DURÃES, E.L.; CHAMMA, H.M.C.P.; COSTA, J.D.; MAGALHÃES, P.C.; BORBA, C.S. 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.

FERGUSON, J.N. A introduction to seed vigour testing. In: SEED VIGOUR TESTING SEMINAR, 1995, Copenhagen. **Proceedings...** Zürich: International Seed Testing Association, 1995. p.1-9.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo que está por trás do que se vê. 2.ed. Passo Fundo: UPF, 2004. 536p.

FRANZIN, S.M.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C.; WRASSE, C.F. Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.2, p.63-69, 2004.

FREITAS, R.A.; DIAS, D.C.F.S.; REIS, M.S.; CECON, P.R. Correlação entre testes para avaliação da qualidade de sementes de algodão e a emergência das plântulas no campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.22, n.1, p.97-103, 2000.

GALLI, J.A.; PANIZZI, R.C.; SABER, R. Efeito de *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* nas qualidades físicas e fisiológicas de sementes de couve-flor. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.2, p.56-63, 2001.

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

HAMPTON, J.G. Vigour testing within laboratories of the international seed testing association: a survey. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.20, n.1, p.427-452, 1973.

HEGARTY, T.W. The Physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and the control of germination: a review. **Plant, Cell and Environment**, Oxford v.1, n.2, p.101-119, 1978.

HEIDRICH SOBRINHO, E. **Diversidade enzimática em *Zea mays* L. e sua correlação com a heterose**. 1974. 95f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1974.

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

IRIGON, D.L.; ROSSINI, M.C. Aferição de testes de vigor para sementes de trigo. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.3, n.1, p.7-23, 1992.

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

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

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

MAGUIRE, J.D. 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, M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

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

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, p.375-379, 2001.

MARCHI, J.L.; CÍCERO, S.M. Procedimentos para a condução do teste de condutividade elétrica em sementes. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.12, n.1,2,3, p.20-27, 2002.

MELLO, S.C.; SPINOLA, M.C.M.; MINAMI, K. Métodos de avaliação da qualidade fisiológica de sementes de brócolos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.1151-1155, 1999.

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) - Universidade Federal de Pelotas, 1996.

MELO, P.T.B.S.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N.; CONCENÇO, G. Comportamento individual de plantas originadas de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica em populações de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.2, p.84-94, 2006.

MENEZES, N.L.; SILVEIRA, T.L.D. Métodos para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.2, p.350-359, 1995.

MIGUEL, M.H.; CÍCERO S.M. Teste de frio na avaliação do vigor de sementes de feijão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.1233-1243, 1999.

MIGUEL, M.H.; CARVALHO, M.V.; BECKERT, O.P.; MARCOS FILHO, J. Teste de frio para avaliação do potencial fisiológico de sementes de algodão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.4, p.741-746, 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) - Universidade Federal de Pelotas, 2002.

NAKAGAWA, J. Teste de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.

NAKAGAWA, J. Teste de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceito e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2-1 – 2-24.

NELLIST, M.E.; HUGHES, M. Physical and biological processes in the drying of seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.61, p.613-643, 1973.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.20, n.2, p.68-72, 1998.

PASQUALLI, L.L. **Qualidade de sementes de arroz irrigado submetidas a diferentes temperaturas na secagem estacionária**. 2005. 48f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

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**, Londrina, v.17, n.2, p.149-153, 1995.

PETERS, A.C. **Avaliação de testes de vigor em sementes de arroz (cv BR IRGA 414) e suas relações com a emergência em campo**. 1992. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas, 1992.

PERRY, D.A. Report of the vigour test committee 1977-1980. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.9, n.1, p.115-126, 1981.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

ROCHA, V.S.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R.F.; SEDIYAMA, C.S.; THIÉBAUT, J.T.L. Embebição de água e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.06, n.2, p.51-66, 1984.

ROSSETO, C.A.V.; FERNANDEZ, E.M.; MASCOS FILHO, J. Metodologias de ajuste do grau de umidade e comportamento das sementes de soja no teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.17, n.2, p.171-178, 1995.

ROSSETO, C.A.V.; MARCOS FILHO, F. 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.1, p.123-131, 1995.

SAMPAIO, N.V.; SAMPAIO, T.G.; DURÁN, J.M. Avaliação da qualidade de sementes através da condutividade elétrica dos exsudatos de embebição. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.5, n.3, p.39-52, 1995.

SANTOS, C.M.R.; MENEZES, N.L. Tratamentos pré-germinativo em sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.22, n.1, p.253-258, 2000.

SANTOS, P.M.; GONDIM, T.C.O.; ARAÚJO, E.F.; DIAS, D.C.F.S. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-doce pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.1, p.91-96, 2002.

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.

SCHUCH, L.O.B; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.21, n.1, p.229-234, 1999.

SCHUCH, L.O.B; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.2, p.305-312, 2000.

SOUZA, F.H.D.; MARCOS FILHO, J. Physiological characteristics associated with water imbibition by *Calopogonium mucunoides* Desv. seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.21, n.3, p.561-572, 1993.

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

SOUZA, S.R.; STARK, E.M. L.; FERNANDES, M.L. Effects of supplemental N on the quality of rice proteins. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.9, p.40-49, 1993.

SPINOLA, M.C.M.; CALIARI, M.F.; MARTINS, L.; TESSARIOL-FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação do vigor de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.20, n.2, p.63-67, 1998.

TeKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, Madison, v.31, n.3, p.816-821, 1991.

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

TORRES, S.B. Comparação entre testes de vigor para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.20, n.2, p.11-15, 1998b.

TORRES, S.B.; SILVA, M.A.S.; CARVALHO, I.M.S.; QUEIRÓS, M.A. Correlação entre testes de vigor em sementes de maxixe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.6, p.1075-1080, 1999.

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

VIEIRA, R.D.; PENARIOL, A.L.; PERECIN, D.; PANABIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.9, p.1333-1338, 2002.

VIEIRA, R.D.; SCAPPA NETO, A.; BITTENCOURT, S.R.M.; PANABIANCO, M. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.2, p.164-168, 2004.

WRASSE, C.F. **Testes de vigor alternativos em sementes de arroz**. 2006. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

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