

Teste de imersão em água para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz

Cátia Fernanda Wrasse¹, Nilson Lemos De Menezes², Rafael Pivotto Bortolotto³

Resumo - O presente trabalho teve por objetivo determinar as condições para a condução do teste de imersão em água como teste de vigor em sementes de arroz. Utilizaram-se cinco lotes de sementes de arroz cv. IRGA 417, caracterizados quanto à qualidade fisiológica inicial e 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, comprimento da raiz, parte aérea e total e massa seca das plântulas. O teste de imersão em água na condição de 24 horas a 25 °C, seguido da avaliação da formação de plântulas normais, é viável para avaliar o potencial fisiológico de sementes de arroz.

Palavras-chave - *Oryza sativa* L., vigor, qualidade de sementes.

WATER IMMERSION TEST FOR EVALUATION OF PHYSIOLOGIC POTENTIAL OF RICE SEEDS

Abstract - *The objective of this work was to determine the best conditions for the water 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 treatments, germination test, partial and total length of seedlings and seedlings dry matter were accomplished. Water immersion test in the condition of 24 hours of immersion of the seeds at 25 °C, with evaluation of normal seedlings developed, is viable to evaluate vigor on rice seeds.*

Key-words - *Oryza sativa* L., vigor, quality seeds.

INTRODUÇÃO

A embebição das sementes constitui o início do processo de germinação. Inicialmente, ocorre a entrada de água nas sementes, devido a processos físico-químicos, que estabelecem uma diferença de potencial hídrico entre a semente e o substrato, seguindo-se pela mobilização e translocação das reservas para o eixo embrionário. Nessa fase o processo de absorção de água é mais lento e o metabolismo reduzido. Na etapa seguinte ocorre a protrusão da raiz primária, considerada a germinação visível, quando, novamente, aumenta a velocidade de absorção de água e o metabolismo se acelera.

A absorção ocorre mais rapidamente quando as sementes secas são expostas a maior disponibilidade de água, tal situação promove danos nas membranas celulares, ocasionando a perda de solutos importantes à germinação da semente (CASTRO e HILHORST, 2004).

As sementes podem apresentar respostas variadas a diversos níveis de hidratação, sendo possível ocorrer tanto a germinação, quanto a deterioração ou até mesmo, em níveis mais críticos, a morte das sementes (MOTTA e SILVA, 1999).

A hidratação promove várias mudanças fisiológicas e bioquímicas na semente, principalmente, quando a semente é colocada em uma condição anaeróbica. A sobrevivência das sementes e o estabelecimento das plântulas em condições de aerobiose ou anaerobiose variam de acordo com um complexo conjunto de fatores bióticos e abióticos (YAMAUCHI e WINN, 1996), onde se pode destacar a temperatura da água, a disponibilidade de oxigênio e a capacidade de degradação e de síntese de biomoléculas de cada genótipo (WIELEWICKI e BARROS, 2002).

Quando há excesso de água, a disponibilidade de oxigênio para o embrião diminui, reduzindo ou atrasando a germinação em várias espécies (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1997). A imersão leva à rápida embebição e à baixa concentração de oxigênio dissolvido na água, o que pode induzir o desvio do metabolismo aeróbico para o fermentativo (CRAWFORD, 1978). Neste caso, a semente já danificada tem menor energia disponível para o desencadeamento do processo germinativo (RICARD et al., 1991). No entanto, sementes de algumas espécies podem suportar imersão temporária (SOUZA et al., 1999) e respondem favoravelmente à baixa oxigenação com

¹ Eng. Agrônomo, M.sc. em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.

² Eng. Agrônomo, Dr. Professor do Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS. CEP: 97105-280. E-mail: nlmenezes@smail.ufsm.br.

³ Eng. Agrônomo, M.sc. em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.

a formação de plântulas com aerênquimas (JUSTIN e ARMSTRONG, 1987), podendo também existir diferenças varietais na taxa de sobrevivência das sementes após a imersão (SAKA e ISAWA, 1999).

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

O teste de imersão em água surgiu como alternativa para avaliação do potencial fisiológico das sementes de espécies afetadas pela baixa disponibilidade de oxigênio no solo, onde a avaliação do vigor das sementes é baseada na taxa de sobrevivência à falta de oxigênio. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi o de determinar as melhores condições para o teste de imersão em água como teste de vigor para aplicação em sementes de arroz.

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 2003/04 e os demais, da safra 2004/05. Os lotes foram obtidos da Cooperativa Sepeense Ltda. do município de São Sepé, RS. Os lotes da safra 2004/05 sofreram tratamento de pré-secagem (BRASIL, 1992) para superação da dormência, em seguida, aplicou-se o conjunto de testes descritos a seguir, para caracterização inicial do potencial fisiológico dos lotes.

Germinação: utilizaram-se quatro repetições de 100 sementes para cada lote, semeadas em rolos de papel toalha umedecidos com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato seco, sendo as repetições

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.

Comprimento de plântula: as sementes foram semeadas em papel toalha 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 graduada em milímetros. Utilizou-se o comprimento médio de dez plântulas normais tomadas ao acaso. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas das plântulas e de suas partes aérea e de raízes e dividindo-se pelo número das plântulas mensuradas, por repetição, com resultados expressos em centímetros (cm).

Teste de frio sem terra: foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes de cada lote, distribuídas em rolos de papel toalha 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 a 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 e Vieira (1994). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Teste de envelhecimento acelerado: as sementes foram acondicionadas em caixas plásticas (mini-câmaras) de 11 x 11 x 3 cm, 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 foram fechadas e levadas à estufa a 41 °C, durante 96 horas (AOSA, 1983). Após este período, instalou-se o teste de germinação, conforme descrito anteriormente, sendo a avaliação realizada no sétimo dia após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

As condições para execução do Teste de imersão

em água foram avaliadas através de 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 à 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). Os períodos do teste de imersão descritos foram considerados como tratamentos.

Após terem sido expostas aos respectivos períodos de imersão, as sementes foram submetidas aos testes de germinação e vigor descritos a seguir: teste de germinação, (BRASIL, 1992), comprimento de plântula e de suas partes e massa seca de plântulas. A massa seca de plântulas foi determinada com quatro repetições de 10 plântulas, provenientes do teste de comprimento de plântula, mantida 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 experimental utilizado foi o inteiramente casualizado para os testes de laboratório, com quatro repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise da variância e as médias entre lotes foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa estatístico SANEST (ZONTA et al., 1986). A variável germinação e suas derivações usadas foram transformadas em arco seno. Para análise dos tratamentos de imersão efetuou-se análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os dados referentes aos testes de germinação e de vigor aplicados para caracterização da qualidade inicial dos cinco lotes de sementes de arroz.

O teste de germinação apontou diferenças significativas entre eles, sendo que o lote 1 teve menor germinação do que os demais. Este teste é altamente padronizado e possui alta repetibilidade, contudo não indica a emergência em campo, o que o torna, muitas

vezes, incompleto para determinar o potencial fisiológico das sementes, porém em lotes homogêneos pode avaliar razoavelmente a qualidade das sementes (SPINA e CARVALHO, 1986).

O teste de comprimento de plântulas 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 (PASQUALLI, 2005), também encontraram dificuldades para estratificar lotes de sementes através do comprimento das plântulas, principalmente quando os lotes avaliados apresentaram potencial fisiológico elevado.

No teste de frio sem terra, os resultados indicaram o lote 1 como aquele de menor potencial fisiológico, diferindo dos demais, os quais não diferiram entre si. Este teste é recomendado para diversas espécies da família Poaceae, considerando que sementes resistentes às condições desfavoráveis são as mais vigorosas (CICERO e VIEIRA, 1994).

No teste de envelhecimento acelerado, o lote 1 mostrou menor qualidade, diferindo dos demais, como já havia sido observado nos testes anteriores. No entanto, mostrou que o lote 3 apresentou menor vigor do que os lotes 2, 4 e 5. Isto mostra a eficácia do teste de envelhecimento acelerado para diferenciar lotes de sementes de arroz com semelhante germinação, o que não foi possível por nenhum outro teste.

Os dados apresentados na Figura 1 mostram os efeitos dos períodos de imersão sobre a porcentagem de germinação das sementes. Verificou-se que, nas primeiras 24 horas, houve estratificação dos lotes em três níveis de vigor. Este mesmo período confirmou o lote 1 como aquele de menor vigor, como já havia sido apontado nos testes convencionais. Além disto, foi possível identificar o lote 3 como de vigor intermediário e os lotes 2, 4 e 5 como os mais vigorosos, o que só havia sido possível pelo teste de envelhecimento acelerado. Os períodos compreendidos de 48 e 72 horas de imersão promoveram maior germinação nos lotes avaliados do que o período

TABELA 1 - Germinação (G), comprimento de plântula (CP), teste de frio sem terra (TF) e envelhecimento acelerado (EA) de cinco lotes de sementes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria - RS, 2005

LOTES	G (%)	CP (cm)	TF (%)	EA (%)
L1	70b*	16,2b	59b	43c
L2	90a	18,4ab	83a	80a
L3	92a	19,5a	84a	65b
L4	95a	18,1ab	82a	77a
L5	93a	18,3ab	85a	78a
C.V. (%)	5,74	8,31	2,69	3,66

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

anterior. 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 potencial fisiológico 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 substituído pelo fermentativo (DANTAS, 2002), onde as sementes já danificadas têm menor energia disponível para o processo germinativo, refletindo em menor vigor das plântulas formadas (RICARD et al., 1991), além da liberação de solutos necessários à germinação das sementes (CASTRO e HILHORST, 2004).

Mesmo com características peculiares de sobrevivência em condições com baixas concentrações de oxigênio, 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. Tal observação corrobora as indicações de Crawford (1977), que verificou correlação entre a excreção de etanol no meio de alagamento e o período de imersão, até a protrusão da radícula em sementes de milho, alfafa e arroz, embora Martin et al. (1991) tenha colocado em dúvida tal afirmação. Trabalhos conduzidos com arroz, milho e feijão indicaram que curtos períodos de imersão foram suficientes para reduzir drasticamente a germinação das sementes (SAKA e ISAWA, 1999; DANTAS et al., 2000; CUSTÓDIO et al., 2002).

A Figura 2 mostra a porcentagem de plântulas anormais formadas após diferentes períodos de imersão, indicando que períodos elevados 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 provocados pela imersão, em maior proporção do que a concentração de oxigênio na água, diferentemente do período de 120 horas de imersão que promove a desestruturação das membranas celulares associada

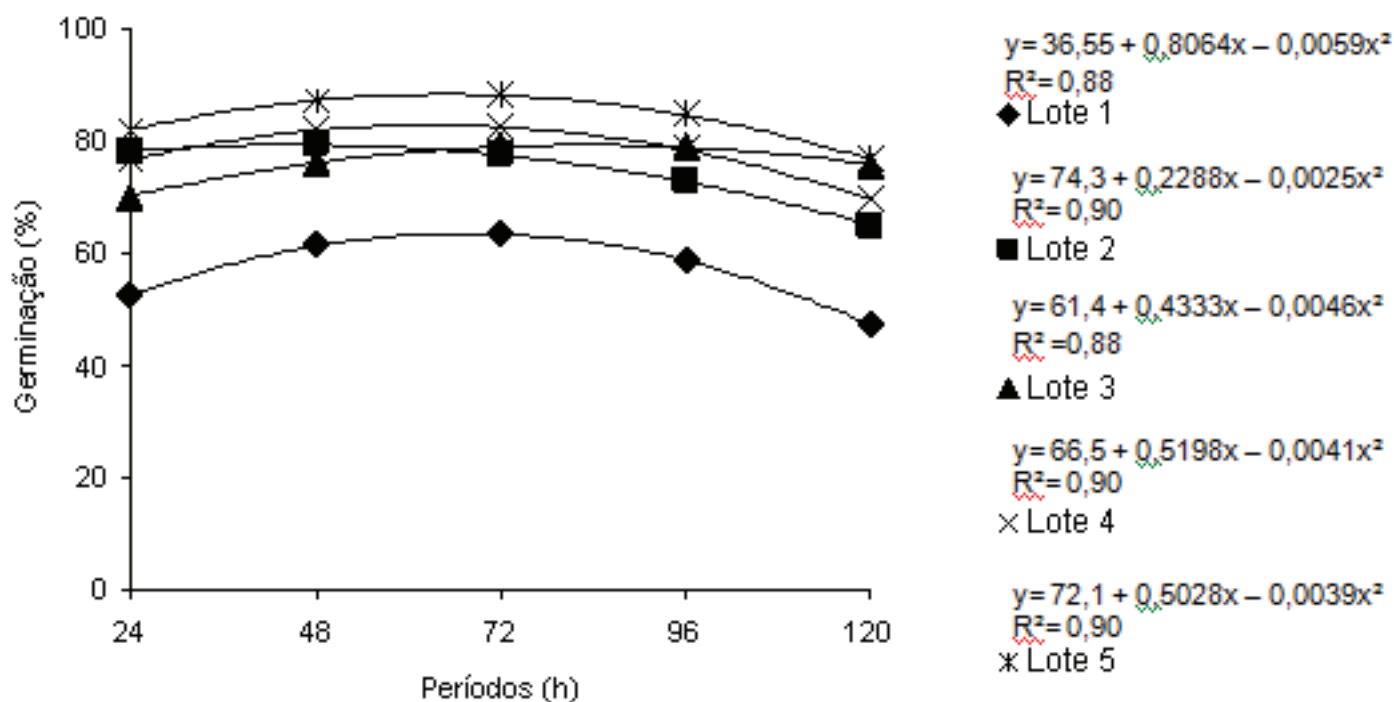


Figura 1 - Germinação (%) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS, 2005.

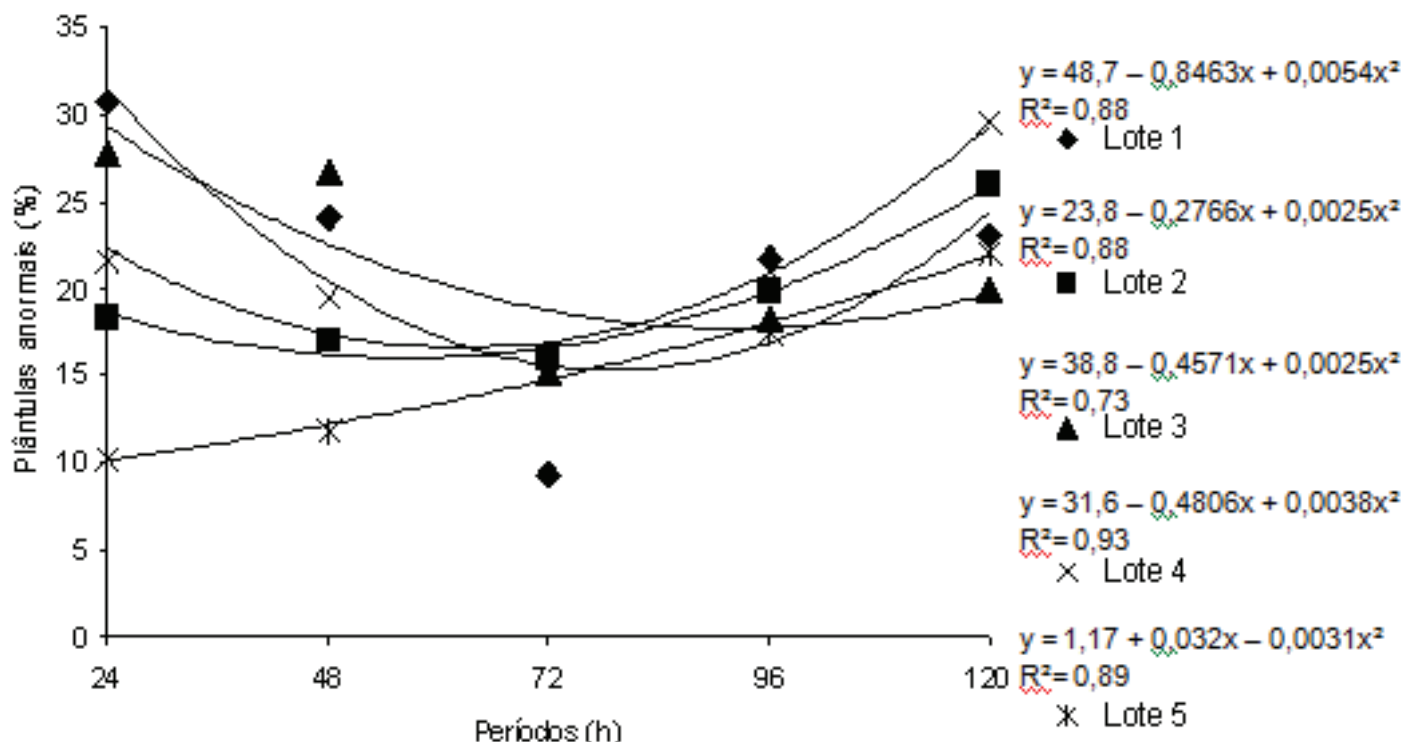


Figura 2 – Plântulas anormais (%) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005

ao processo de deterioração das sementes (DELOUCHE e BASKIN, 1973). Nos períodos de 48 e 72 horas o dano provocado pelo estresse foi parcialmente recuperado pela ocorrência de alguma reorganização e seletividade das membranas celulares. Os períodos excessivamente longos prejudicaram o desenvolvimento, devido à excessiva liberação de lixiviados na água e diminuição dos teores de oxigênio livre, com isso, aumentando a

formação de plântulas anormais ou pouco vigorosas, como também observaram Franco et al. (1995). Sob as condições de elevado estresse, ocorrem dificuldades no restabelecimento das organelas celulares, como tonoplastos e plasmodesmos e membranas celulares, que uma vez comprometidas, permitem a lixiviação de produtos intracelulares, tais como açúcares, ácidos orgânicos aminoácidos e íons (MARCOS FILHO, 2005),

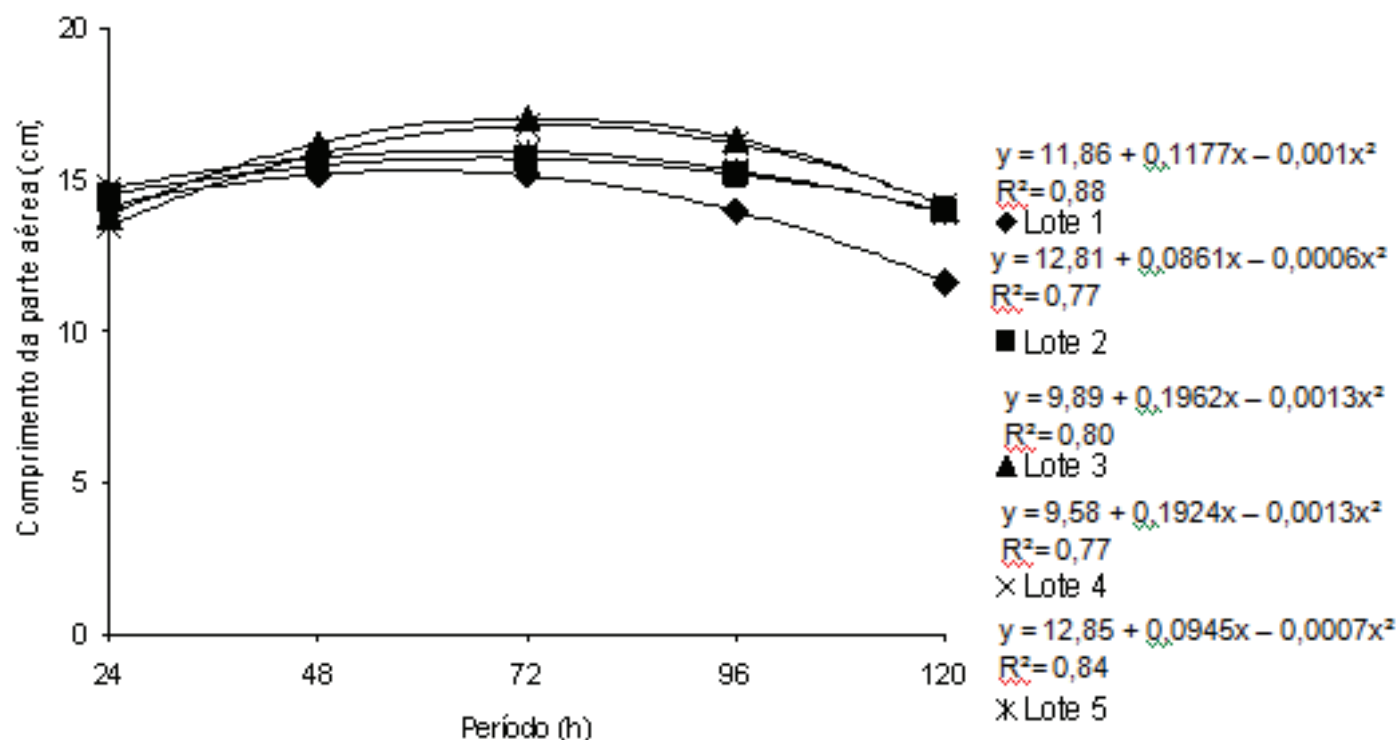


Figura 3 – Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005

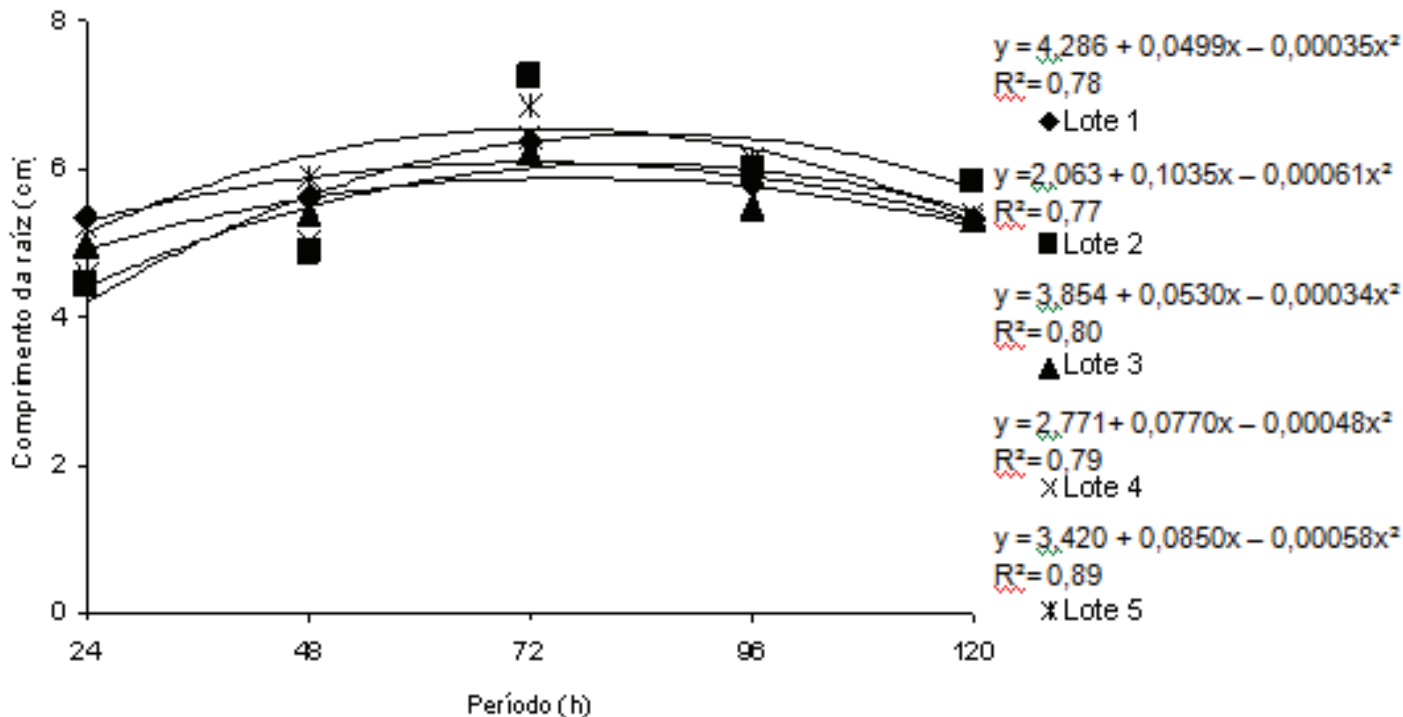


Figura 4 – Comprimento da parte raiz (cm) de plântulas de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

entre eles P e K (WOODSTOCK, 1988), essenciais para a germinação e manutenção do vigor. Os dados de comprimento da parte aérea das plântulas encontram-se na Figura 3. Observou-se que houve efeito dos períodos de imersão sobre a variável considerada. O período de 72 horas proporcionou maior desenvolvimento de plântulas para os lotes, sendo o lote 1 com menor percentual de plântulas normais. 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 (MARCOS FILHO, 2005) e o desdobramento e translocação de substâncias pode favorecer o crescimento das plântulas. Esse teste estratificou os lotes de sementes, ratificando os resultados obtidos pelo teste de germinação.

O comprimento das raízes (Figura 4) teve

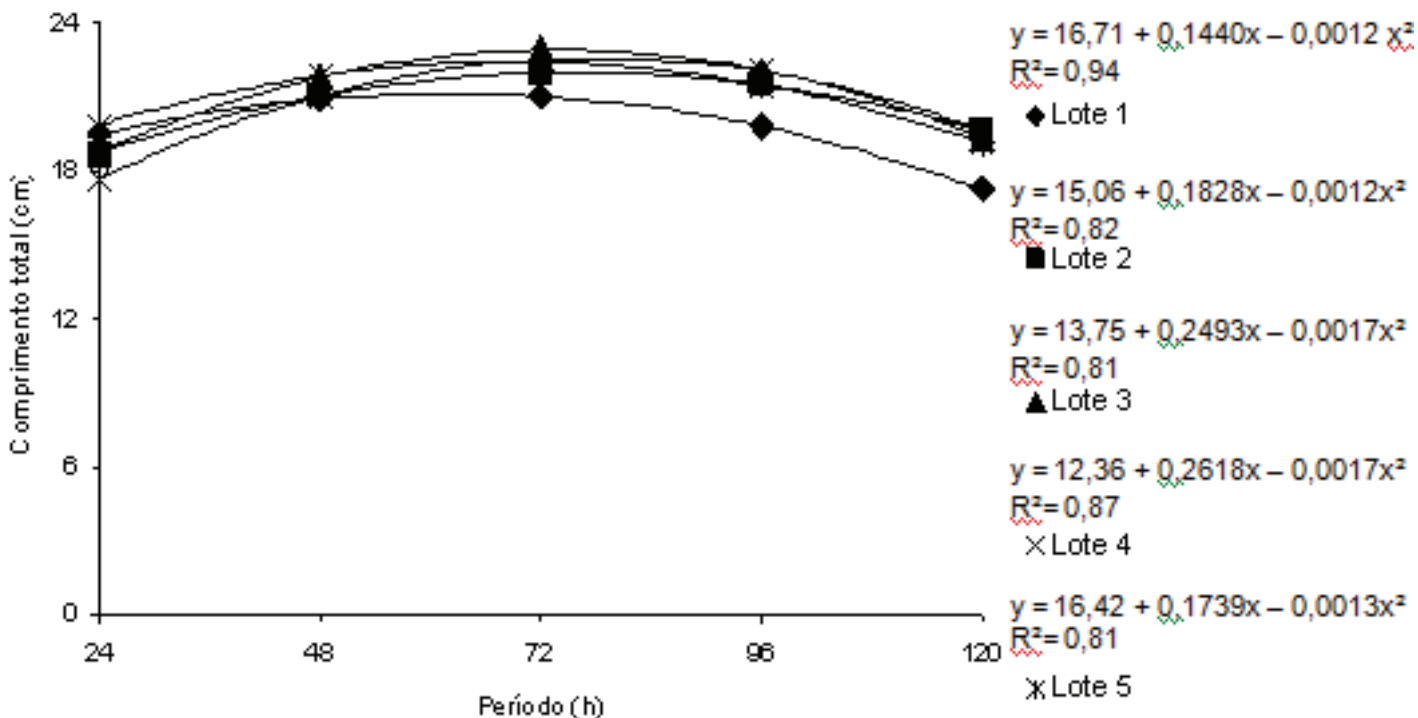


Figura 5 – Comprimento total (cm) de plântulas de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

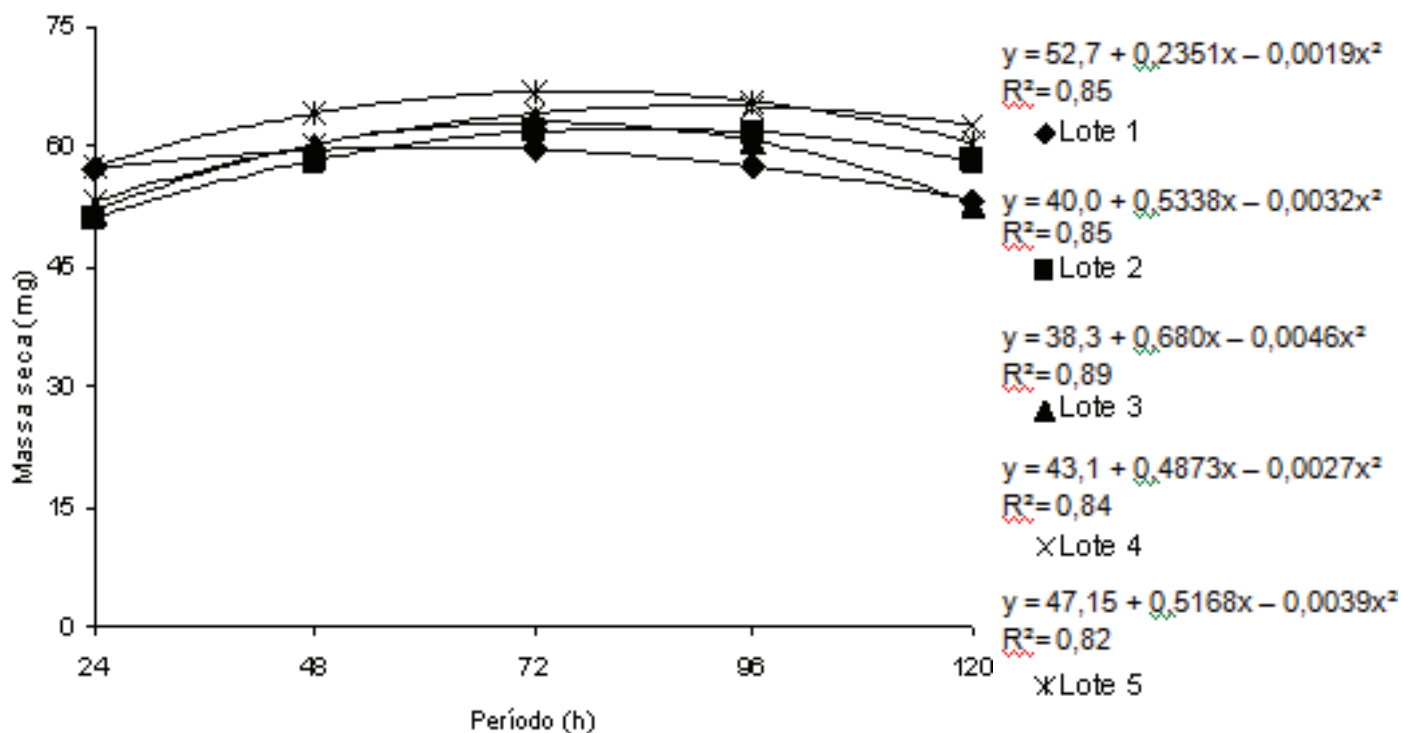


Figura 6 – Massa seca (mg) de plântulas de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

comportamento semelhante ao comprimento da parte aérea. Os resultados obtidos não mostraram inibição do sistema radicular como indicado por Bewley e Black (1994), mesmo em condições bastante limitantes para o desenvolvimento das plântulas, diferindo de Dantas et al. (2000). A imersão das sementes em água provoca a rápida embebição e a ruptura das membranas celulares, que associada aos longos períodos de imersão causa a deterioração das sementes (DELOUCHE e 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 e FERL, 1999).

A imersão em água das sementes pelo período de 24 horas promoveu a formação de plântulas (Figura 5) com tamanho menor do 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. A imersão por 120 horas demonstrou ser inadequado para o

PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, V.15, N.2, P.171-179, 2009.

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.

Para a massa seca (Figura 6) das plântulas observou-se o comportamento representado por uma equação quadrática com máximo ocorrendo entre 59 horas para o lote 1 e 89 horas para o lote 2, verificou-se estratificação dos lotes a partir desses períodos. Esses dados mostram que períodos elevados de imersão permitem aumentos de massa nas plântulas, devido ao estímulo da atividade metabólica 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 até determinados períodos 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 (NAKAGAWA, 1994).

Para a formação das plântulas (crescimento e massa seca) observou-se a mesma tendência de resposta aos tratamentos, ou seja, um estímulo com os tratamentos

de aproximadamente 72 horas, com pequenas variações de acordo com o lote. Os resultados observados para os lotes 2, 4 e 5, nos testes convencionais repetiram-se após os tratamentos de imersão, o que parece indicar que os lotes apresentavam qualidade fisiológica muito próxima. O tratamento de 24 horas de imersão causou redução do potencial fisiológico de todos os lotes, detectado através da formação de plântulas normais e anormais após o estresse.

CONCLUSÕES

O teste de imersão em água na condição de 24 horas a 25 °C, seguido da avaliação da formação de plântulas normais, é viável para avaliar o vigor de lotes de sementes de arroz.

Referências Bibliográficas

- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. Seed vigour testing handbook. Lincoln : East Lansing, 1983. 88p. (Contribution 32).
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Seeds – physiology of development and germination. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DND/CLAV, 1992. 365p.
- CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e Reativação do Metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. São Paulo: Artmed, 2004. 324p., p.149-162.
- 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, 1994. p.151-164.
- 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. In: HOOK, D.D.; CRAWFORD, R.M.M. Plant life in anaerobic environments. Oklahoma: Annual Arbor Science, 1978. p.119-136.
- CUSTÓDIO, C.C. ; MACHADO NETO, N.B. ; ITO, H.M. ; VIVIAN, M.R. 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.; 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.
- DANTAS, B.F.; ARAGÃO, C.A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J.; RODRIGUES, J.D. 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. Botucatu: UNESP, 2002. 67f. Tese (Doutorado em Agricultura) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- 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, D.F.; PETRINI, J.A.; RODO, A.B.; OLIVEIRA, A.A. Métodos para superação da dormência em sementes de arroz. *Informativo ABRATES*, Londrina, v.5, n.2, p.92, 1995.
- 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.
- KOSLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. Growth control in woody plants. San Diego: American Press, 1997, 254p.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- 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.
- PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.15, n.2, p.171-179, 2009.

- MOTTA, C.A.; SILVA, W.R. Desempenho fisiológico e sanidade de sementes de trigo submetidas a tratamentos de hidratação/desidratação. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.56, n.3, p.398-406, 1999.
- 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.
- PASQUALLI, L.L. Qualidade de sementes de arroz irrigado submetidas a diferentes temperaturas na secagem estacionária. Santa Maria: UFSM, 2005. 48f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria.
- RICARD, B.; RIVOAL, J.; SPITERI, A.; PRADET, A. Anaerobic stress induces the transcription and translation of sucrose synthase in rice. *Plant Physiology*, Rockville, v.95, n.3, p.669-674, 1991.
- 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.; ANDRADE, A.C.S.; RAMOS, F.N.; LOUREIRO, M.B. Ecophysiology and morphology of seed germination of the neotropical lowland tree *Genipa Americana* (Rubiaceae). *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge, v.15, n.5, p.667-680, 1999.
- 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.
- 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.; BARROS, A.C.A. 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.; WU, Y.; AVIGNE, W.T.; KOCH, K.E. 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.
- ZONTA, E.P.; SILVEIRA, P.S.; ALMEIDA, A. Sistema de análise estatística para microcomputadores – SANEST. Pelotas: Instituto de Física e Matemática, UFPel, 1986. 150p.