

SECAGEM ESTACIONÁRIA DE SEMENTES DE ARROZ COM AR AMBIENTE¹

MARCO ANTONIO SEDREZ RANGEL², GILBERTO JAIME ZIMMER³ e FRANCISCO AMARAL VILLELA⁴

RESUMO - O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da secagem estacionária com ar ambiente sobre a velocidade da frente de secagem e sobre a qualidade e armazenabilidade de sementes de arroz com diferentes conteúdos de umidade. Foram utilizados 12 protótipos de silos aerados, cada um com 5 m de altura e capacidade de 100 kg. Sementes de arroz com teor de água inicial de 22,9% foram secadas em secador intermitente a 70°C, até 19,7 e 17,8%, e transferidas para os silos, onde foram submetidas à secagem estacionária com ar ambiente utilizando-se vazões específicas do ar de 1; 3 e 5 m³/min/t, com duas repetições. A testemunha consistiu em duas cargas secadas em secador intermitente a 70°C, até atingir 12,7% de teor de água. As avaliações basearam-se em testes de germinação, envelhecimento precoce, emergência em campo, rendimento de engenho (% de grãos inteiros) e teor de água, conduzidos bimestralmente, por 180 dias. Com o uso de fluxos de ar 1, 3 e 5 m³/min/t de sementes, a frente de secagem atingiu a porção superior da camada de sementes após 13, 6 e 4 dias, respectivamente, nos silos com sementes com teor inicial de água de 17,8%; e após 15, 6 e 4 dias, com teor inicial de água de 19,7%. Tais resultados permitiram concluir que a secagem estacionária com ar ambiente não interfere na qualidade de sementes de arroz, que mantém sua viabilidade após 180 dias de armazenamento; que as sementes de arroz secadas em secador estacionário com ar ambiente apresentam maior rendimento de engenho do que as secadas em secador intermitente; e que o fluxo de ar de 1 m³/min/t é suficiente para secar uma camada de até 5 metros de altura de sementes de arroz com até 19,7% de água em secador estacionário com ar ambiente.

Termos para indexação: silos, qualidade de sementes.

DRYING OF RICE SEEDS WITH NATURAL AIR

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the effects of stationary drying with natural air (unheated air) upon drying front speed and upon quality and storability of rice seed. It was used 12 prototypes of aerated bins, 5 meters high and 100 kg capacity. Seeds with 22.9% moisture content were dried in an intermittent drier, to moisture contents of 19.7 and 17.8%, and transferred to bins, calibrated to airflow rates of 1, 3 and 5 m³/min/t, and then dried with natural air until reach 13% moisture content. In an intermittent drier (column seed drier), at 70°C, control seeds were dried to 12.7%. Germination, accelerated ageing, field emergence, whole grain yield and moisture content were evaluated each two months, for 180 days. With airflow rates of 1, 3 and 5 m³/min/t, the drying front reached the superior seed layer after 13, 6 and 4 days, respectively, in bins with 17.8% seed moisture content, and after 15, 6 and 4 days, in bins with 19.7% seed moisture content. Results indicated that stationary drying with natural air is feasible for rice seeds which maintain quality during 180 days of storage. Rice seeds dried in stationary drier with natural air show better whole grain yield than the ones dried in intermittent drier. Airflow rate of 1 m³/min/t is sufficient for drying seed layer of about 5 meters high, with 19.7% moisture content.

Index terms: bins, seed quality.

INTRODUÇÃO

A qualidade fisiológica das sementes decresce à medida que a colheita é retardada a partir da maturidade fisiológica, e o maior ou menor grau de deterioração depende das condições ambientais

¹ Aceito para publicação em 7 de maio de 1997.

² Eng. Agr., M.Sc., Rua Bento Martins nº 1480, Ap. 303, CEP 96010-430 Pelotas, RS.

³ Eng. Agríc., M.Sc., FAEM/Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Caixa Postal 354, CEP 96001-970 Pelotas, RS.

⁴ Eng. Agríc., Dr., Prof. Adj., FAEM-UFPEL.

(Pola, 1979). Para Peske (1992), quando a semente atingir pela primeira vez de 13% a 14% de umidade poderá estar em avançado estado de deterioração, ficando inutilizada para fins de semeadura.

Na prática, inicia-se a colheita de arroz irrigado para sementes com o teor de água em torno de 22% (Mariot, 1983). Este grau de umidade é considerado alto para o armazenamento seguro das sementes, tornando-se necessária a sua secagem, que pode ser feita de forma natural ou artificial (Dalpasquale, 1983; Lasseran, 1981).

O método estacionário é um método artificial que consiste basicamente em se forçar o ar através de uma massa de sementes, que permanece sem se movimentar.

Essa secagem se caracteriza por ocorrer em sucessivas camadas, ou seja: a semente da primeira camada atinge o equilíbrio higroscópico com o ar de secagem; a semente da segunda camada está intercambiando água com o ar da frente de secagem; a semente da terceira camada permanece úmida por estar adiante da frente de secagem (Boyd et al., 1974; Peske, 1992).

Segundo Nellist & Hughes (1973), o aquecimento excessivo de sementes durante a secagem pode provocar danos como redução na percentagem e velocidade de germinação, produção de plântulas anormais, trincamentos internos, rompimento do tegumento e alteração da coloração. Os mesmos autores mencionam que a extensão dos danos depende da interação entre temperatura, tempo de exposição e teor de água da semente.

A secagem estacionária com ar ambiente depende principalmente do equilíbrio higroscópico que, por sua vez, depende da umidade relativa e temperatura do ar ambiente. Outro fator importante citado por Nellist & Hughes (1973) é o fluxo de ar utilizado, que irá determinar o tempo de secagem. Quando se aumenta o fluxo de ar, uma maior quantidade de água é retirada da massa de grãos. Portanto, a velocidade da frente de secagem é proporcional ao fluxo de ar (Queiroz & Pereira, 1982). O sistema utilizado para esse tipo de secagem, segundo Rossi & Roa (1980), consiste basicamente num silo, onde o produto permanece estático, fazendo-se passar o ar, insuflado por um ventilador, através da massa de sementes. Quando a umidade relativa do ar for, em média, 70% ou menor, fluxos de ar

ambiente adequadamente escolhidos, sem qualquer aquecimento, apesar de um possível aquecimento ao passar pelo ventilador, são suficientes para secar o produto (Rossi & Roa, 1980; Queiroz & Pereira, 1982).

Roa & Villa (1977) relatam que a secagem com ar ambiente pode ser realizada em silos completamente cheios (altura da camada de até 5 m), sendo possível obter uma eficiência térmica elevada, isto é, o ar sai praticamente sem capacidade de secagem pela sua alta umidade relativa e baixa temperatura. Além disso, permite um baixo manuseio das sementes, contribuindo para a obtenção de uma alta qualidade fisiológica.

Para Teter (1987), outras vantagens seriam a minimização dos riscos de sobre-secagem, assim como a utilização do próprio silo secador como unidade de armazenamento, reduzindo custos estruturais e operacionais.

O presente trabalho objetivou verificar os efeitos da secagem estacionária com ar ambiente sobre a velocidade da frente de secagem e sobre a qualidade e armazenabilidade de sementes de arroz com diferentes teores de água.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho foram utilizadas sementes de arroz irrigado da cultivar EMBRAPA-7-TAIM, provenientes de um campo para produção de sementes básicas do Serviço de Produção de Sementes Básicas (SPSB), da Embrapa, localizado em Capão do Leão, RS.

Em uma primeira etapa (recebimento, pré-limpeza e secagem), foram utilizadas as instalações da unidade de secagem do próprio SPSB.

Para a realização da segunda etapa, secagem estacionária com ar ambiente, foram utilizadas as instalações da Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) do Departamento de Fitotecnia (D.Ft.) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), RS, onde encontra-se um conjunto composto por 12 silos protótipos de PVC com 0,20 m de diâmetro por 5 m de altura e capacidade para armazenamento de 100 kg de sementes de arroz, dispostos em duas linhas de seis silos. Desde a base até o topo todos possuem, a cada 0,20 m, três pontos equidistantes para amostragem. Na base, os protótipos são dotados de uma estrutura que funciona como aerodutos principais e câmaras plenum individuais, que distribuem o ar insuflado por dois ventiladores centrífugos.

As etapas de armazenamento e análises foram realizadas nas instalações do Laboratório Didático de Análise de Sementes do D.Ft., FAEM/UFPEL.

As sementes foram recebidas em uma moega da unidade de secagem do SPSB, sendo imediatamente amostradas e determinado o seu teor de água (22,9%).

Após a operação de pré-limpeza, as sementes foram colocadas em um secador intermitente KW-8, com ar à temperatura de 70°C, para estabelecimento dos diferentes teores de água. Quando o teor de água chegou a 19,7%, foram retirados 12 sacos de sementes, e quando chegou a 17,8%, foram retirados mais 12 sacos. O material remanescente sofreu secagem intermitente até atingir o teor de água de 12,7%.

As sementes (24 sacos) foram levadas para a UBS do D.Ft./FAEM/UFPEL e colocadas nos 12 silos protótipos; seis contendo sementes com teor de água de 19,7% e seis com 17,8%. Em seguida, foi iniciada a secagem estacionária com ar ambiente. Os fluxos de ar utilizados foram de 1, 3 e 5 m³/min/t, aplicados de forma individual para cada conjunto de quatro silos.

Para determinação da qualidade inicial das sementes, coletaram-se amostras na moega de recebimento e nas porções retiradas do secador estacionário. O material que sofreu secagem intermitente também foi amostrado, constituindo-se a testemunha. As amostras representativas do material úmido, camada superior de sementes não atingida pela frente de secagem, tiveram sua secagem complementada até 13% de teor de água em uma estufa com circulação de ar à temperatura de 35°C ± 2°C e permaneceram em uma câmara com temperatura de 10°C e umidade relativa de 55% até o encerramento da secagem nos protótipos, quando teve início o período de armazenamento em condições ambientais de Pelotas, RS.

A partir dos fluxos de ar pré-estabelecidos de 1, 3 e 5 m³/min/t e após conhecidos o diâmetro do silo (0,20 m) e a altura da camada de sementes (5 m), calcularam-se as pressões estáticas de acordo com Brooker et al. (1974), adaptado por Zimmer (1989). As leituras da pressão estática foram feitas por meio de manômetro em "U", acoplado a um metro da base de cada silo. A regulagem dos fluxos foi feita por meio de uma comporta existente em cada câmara plenum.

Para o acompanhamento da frente de secagem, extraíram-se diariamente de cada silo amostras de pelo menos três alturas distintas e determinaram-se os teores de água. Esse procedimento foi realizado até que a camada superior das sementes atingiu 13% de teor de água.

Encerrada a etapa de secagem, foram retiradas amostras de 5 kg de cada metro de altura do silo (0, 1, 2, 3 e 4 m), exceto para a altura de 5 m, que não continha mais sementes por causa das amostragens. Cada amostra de 5 kg foi

homogeneizada e subdividida em 5 porções de 1 kg. As quatro primeiras porções foram acondicionadas em saquinhos de papel e armazenadas em condições ambientais nas dependências do Laboratório Didático de Análise de Sementes do D.Ft./FAEM/UFPEL. As porções restantes de 1 kg das cinco alturas do silo foram misturadas e homogeneizadas formando uma amostra composta representativa do total de cada silo. Posteriormente, adotando o mesmo procedimento, subdividiu-se as amostras compostas em outras quatro de 1 kg cada, que foram acondicionadas em saquinhos de papel e colocadas junto às demais. Cada uma das quatro amostras foi armazenada por período de 180 dias e avaliada a cada 60 dias, com o objetivo de verificar os possíveis efeitos latentes da secagem.

Para a determinação do teor de água no decorrer da secagem intermitente, foi utilizado o determinador modelo Universal. As demais determinações foram feitas pelo método da estufa a 105 ± 3°C, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992a). A percentagem foi expressa em base úmida.

O teste de germinação foi conduzido de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992b), com a exceção do uso de 200 sementes, distribuídas em quatro repetições de 50, quando o indicado são 400 sementes. Como substrato utilizou-se papel toalha, umedecido à razão de 2,5:1 (duas partes e meia em peso de água destilada para uma de papel), conforme teste preliminar. Pelo teste preliminar, verificou-se que as sementes não possuíam dormência. Foi utilizado um germinador marca Biomatic, regulado à temperatura constante de 25°C. As contagens foram realizadas no 7º e 14º dias após a semeadura, e os resultados expressos em percentagem média de plântulas normais.

O teste de envelhecimento precoce foi conduzido conforme o método proposto pela Association of Official Seed Analysts (1983), que consiste na utilização de caixas "gerbox" adaptadas contendo no interior uma tela de arame. Colocou-se no fundo da caixa 40 mL de água destilada. As caixas foram postas, por sua vez, no interior de uma estufa à temperatura de 42°C ± 1°C por 72 horas. Findo o período de envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação.

O rendimento de engenho foi realizado em um engenho de provas marca Kepler-Weber. Foram utilizadas quatro repetições de 100 g de sementes para cada tratamento, e os resultados expressos em percentagem de grãos inteiros.

O teste de emergência em campo foi realizado no campo didático do D.Ft./FAEM, com duas repetições de 50 sementes para cada tratamento. As sementes foram semeadas manualmente, na profundidade de 3 cm e espaçamento uniforme entre si, e a contagem realizada aos 21 dias.

O esquema experimental utilizado foi fatorial, em delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a qualidade física e fisiológica inicial das sementes na recepção, quando foram secadas até 19,7%, 17,8% e 12,7% em secador intermitente lento.

Observa-se que a qualidade fisiológica das sementes foi mantida, não havendo diferença significativa entre os tratamentos com relação à germinação, envelhecimento precoce e emergência a campo, concordando com resultados de vários autores (Luz, 1986; Zimmer, 1989; Vega, 1989).

Quanto ao rendimento de engenho, observa-se que este vai diminuindo à medida que as sementes vão sendo secadas. Quando o teor de água estava em 19,7%, o rendimento de engenho era de 63,9%, e quando o teor baixou para 17,9%, o rendimento passou para 61,6%, ou seja, para uma variação de 1,8 pontos percentuais no teor de água, houve uma diminuição de 2,3 pontos percentuais no rendimento de engenho. Luz (1986) observou que o percentual de fissuras aumentou com o aumento da temperatura e do tempo de exposição das sementes ao ar aquecido. Segundo Vega (1989), o percentual de fissuras está diretamente relacionado com o rendimento de engenho. No final da secagem o rendimento de engenho era de 47,5%, ou seja, 15,3 pontos percentuais menor do que a média dos outros três tratamentos, demonstrando o efeito da secagem intermitente e concordando com os resultados obtidos por Zimmer (1989).

TABELA 1. Qualidade física e fisiológica de sementes de arroz com diferentes teores de água, estabelecidos através de secagem em secador intermitente.

Teores de água	Atributos (%) ¹			
	Rendimento de engenho	Germinação	Envelhecimento precoce	Emergência a campo
22,9	63,0a	88a	82a	70a
19,7	63,9a	89a	88a	64a
17,9	61,6a	90a	87a	69a
12,7	47,5b	90a	88a	64a

¹ Dentro de uma mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Avanço da frente de secagem durante a secagem estacionária

A Fig. 1 mostra o comportamento da frente de secagem para os fluxos de ar de 1, 3 e 5 m³/min/t. Observa-se que quando o teor de água inicial foi de 19,8%, a frente de secagem levou 15, 6 e 4 dias, respectivamente, para alcançar a altura de 4,4 m, correspondente à porção superior da massa de sementes. Quando o teor de água inicial foi de 17,9%, esse tempo foi de 13, 6 e 4 dias. A altura final da camada de sementes sofreu redução em relação à inicial em virtude da diminuição do volume de sementes pela retirada de amostras, assim como pela diminuição do conteúdo de água. Oelke et al., citados por Quiroga (1978) verificaram aumento do peso hectolítrico de sementes de arroz à medida que a umidade diminuiu, o que permite inferir que há uma acomodação das sementes pela diminuição de seu volume.

Pode-se observar, também, que para os fluxos mais altos (3 e 5 m³/min/t), os teores iniciais de água (17,8 e 19,7%) não influíram no tempo de secagem. Já no menor fluxo (1 m³/min/t), houve diferenças entre os teores iniciais de água.

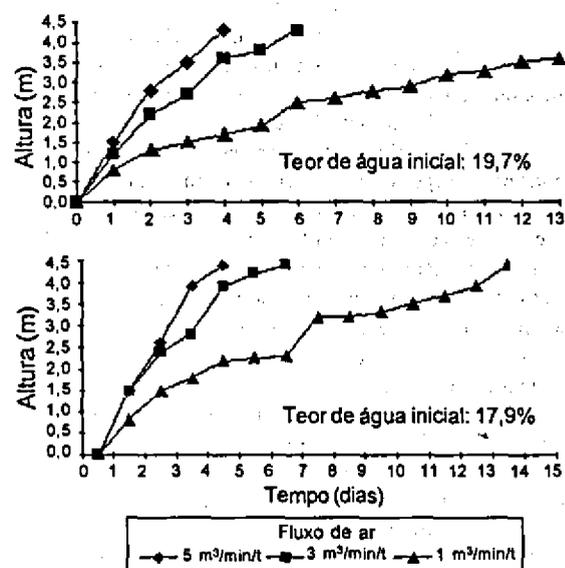


FIG. 1. Avanço da frente de secagem em sementes de arroz com dois diferentes teores iniciais de água.

As velocidades médias de avanço da frente de secagem para os fluxos de ar de 3 e 5 m³/min/t foram de 0,73 e 1,1 m/dia, respectivamente, independentemente do teor de água inicial das sementes. No fluxo mais baixo (1 m³/min/t), a velocidade média de avanço da frente de secagem apresentou variação conforme o teor de água inicial das sementes. Com teor de 19,7%, a frente de secagem avançou a uma velocidade média de 0,27 m/dia, enquanto que com 17,8%, foi de 0,31 m/dia.

Cabe destacar que com teor de 19,7%, nos primeiros 5 dias o avanço da frente de secagem foi em média, 0,40 m/dia; nos últimos 10 dias de secagem, foi de 0,24 m/dia, apesar de a umidade relativa média do ar ter-se mantido em níveis elevados (Fig. 2). No teor de água de 17%, o avanço da frente de secagem alcançou, 0,5 m/dia nos primeiros 4 dias, e 0,27 m/dia do quarto ao décimo terceiro dia. Essas diferenças podem ser explicadas pelo fato de as camadas inferiores, sendo as primeiras a receber o ar e tendo atingido teores de água inferiores a 13%, continuarem retirando calor do ar, fazendo com que este atingisse as camadas superiores com menor entalpia e, conseqüentemente, diminuindo sua capacidade de secagem e a velocidade de avanço da frente de secagem.

Esses resultados são condizentes com os obtidos por vários autores (Boyd et al., 1974; Zimmer, 1989; Paula, 1992), para os quais a velocidade de

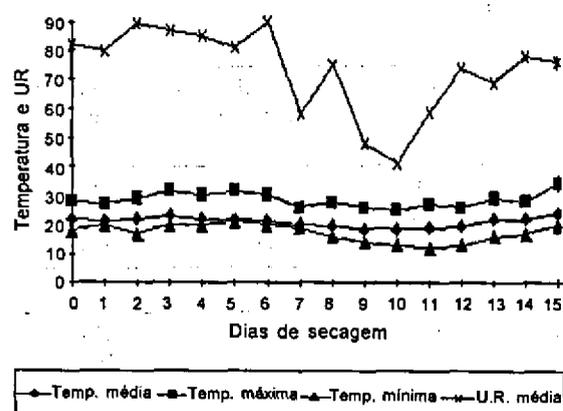


FIG. 2. Temperatura máxima, média e mínima (°C) e umidade relativa (UR) do ar (%) durante o período de secagem estacionária de arroz com ar ambiente.

avanço da frente de secagem apresentaram uma relação direta com os fluxos e, conseqüentemente, com o período de secagem.

A Tabela 2 ilustra o perfil do teor de água das sementes, conforme a altura da camada de sementes nos protótipos de silos após o término da secagem estacionária com ar ambiente.

Verifica-se, primeiramente, que o teor de água da camada superior é de aproximadamente 12% para todos os fluxos e teores de água iniciais utilizados, com os gradientes de umidade no interior dos protótipos variando de 2,0 a 2,5 pontos percentuais.

Observa-se, também, que os teores de água da camada inferior situam-se em torno de 9,7%, o que corresponde ao teor de água em equilíbrio com uma umidade relativa do ar de secagem em torno de 40%, contrapondo-se com os dados observados durante o período de secagem. Tal acontecimento pode ser explicado pelo aumento da temperatura do ar de secagem entre 3°C e 5°C ao passar pelo ventilador, o que teria proporcionado o abaixamento de sua umidade relativa. Outros autores (Zimmer, 1989; Paula, 1992) também verificaram tal aumento na temperatura do ar de secagem, concordando com o que afirmou Lasseran (1981) sobre a possibilidade de ocorrência desse aquecimento.

Qualidade física e fisiológica das sementes imediatamente após a secagem estacionária com ar ambiente

A Tabela 3 mostra os dados das variáveis teor de água final, rendimento de engenho, germinação, envelhecimento precoce e emergência a campo, correspondentes às amostras médias retiradas de cada protótipo.

Com relação ao rendimento de engenho, não se verifica, dentro de cada teor inicial de água, diferenças significativas entre os fluxos de ar estudados; porém, quando se compararam as médias dos teores de água iniciais (19,7% e 17,8%), observa-se uma diferença significativa entre elas de 4,1 pontos percentuais, valor um pouco superior ao verificado na Tabela 1 para os mesmos teores iniciais de água, que foi de 2,3 pontos percentuais. Acredita-se que esse aumento seja devido ao fato de as sementes terem sido retiradas do secador e colocadas nos silos protótipos com temperatura um

pouco acima da temperatura ambiente, quando foi iniciada a secagem com ar ambiente. Naquele momento, ainda havia fluxo de umidade do centro para a superfície e a umidade relativa do ar estava em torno de 80%. A combinação desses fatores pode ter causado esforços de compressão na superfície enquanto no interior desenvolviam-se esforços de tração provocando fissuramento das sementes.

Segundo Nguyen & Kunze (1984), esse fato é possível e poderia ser minimizado pela prevenção do desenvolvimento de umidade na superfície das sementes, pelo armazenamento em ambiente com

baixa umidade relativa do ar, ou por um período de repouso ou aeração das sementes com ar de baixa umidade relativa. Como as sementes que sofreram secagem intermitente até 17,8% de umidade receberam mais calor, os danos neste caso foram maiores, aumentando a diferença no rendimento de engenho. Essa diferença torna-se ainda mais expressiva se comparada ao resultado do rendimento de engenho quando as sementes foram secadas até 12,7% em secador intermitente lento, que foi de 47,5%, ou seja, 16,4% pontos percentuais em relação aos 63,9%, quando a semente tinha um teor de

TABELA 2. Teor de água (%) das sementes de arroz no interior dos silos após secagem com ar ambiente sob três diferentes fluxos de ar.

Fluxos ar (m ³ /min/t)	Teor de água inicial (%)	Alturas (m)					Média
		0	1	2	3	4	
1	19,7	10,1	10,8	11,2	11,7	12,2	11,1
	17,8	9,7	10,4	10,9	11,2	12,2	10,9
3	19,7	9,6	10,4	11,0	11,1	11,9	10,8
	17,8	9,3	9,6	10,4	11,0	11,7	10,4
5	19,7	9,8	9,5	10,1	10,8	11,8	10,4
	17,8	9,7	9,5	10,5	10,9	12,0	10,5

TABELA 3. Teor de água final, rendimento de engenho e qualidade fisiológica de sementes de arroz imediatamente após a secagem estacionária com ar ambiente¹.

Teor de água inicial (%)	Fluxo de ar (m ³ /min/t)	Teor de água final (%)	Rendimento engenho (%)	Germinação (%)	Envelhecimento precoce (%)	Emergência a campo (%)
19,7	1	11,5	63,8a	90a	91a	64a
	3	11,4	64,8a	91a	88a	66a
	5	10,8	63,0a	91a	89a	64a
Média		11,2A	63,9A	91A	89A	65A
17,8	1	11,6	59,4a	90a	93a	61a
	3	11,2	59,5a	89a	91a	70a
	5	10,8	60,5a	90a	92a	71a
Média		11,2A	59,8B	90A	92A	67A
Secagem intermitente		12,7	47,5	90	88	64

¹ Dentro das colunas e de cada teor de água inicial, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade e, numa mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente pelo mesmo teste.

água de 19,7%. Além disso, a maior movimentação das sementes pelo maior número de passagens pelo elevador, poderia ter contribuído para o aumento de danos mecânicos, conforme argumentado por Zimmer (1989). Luz (1986) observou que à medida que aumenta a velocidade de secagem e o fissuramento inicial, cresce o fissuramento durante a secagem intermitente de sementes de arroz.

Quanto aos resultados de teor de água final mostrados na Tabela 3, observa-se que foram muito próximos, não revelando diferença significativa com relação aos teores iniciais de água das sementes. Com relação aos fluxos de ar utilizados, não é possível estabelecer essa comparação, uma vez que a secagem não teve encerramento simultâneo para ambos.

Observa-se que a qualidade fisiológica das sementes imediatamente após a conclusão da secagem nos silos não evidenciou diferenças significativas entre os tratamentos. Embora não tenha havido diferenças, observa-se que o teste de emergência no campo apresentou valores bastante baixos comparados aos testes de germinação e envelhecimento precoce. Entretanto, apesar de baixos, os resultados são bastante homogêneos entre si, apresentando uma diferença em torno de 23,5 pontos percentuais em relação aos resultados obtidos no teste de germinação. Rodriguez (1988) também verificou diferenças entre os resultados dos dois testes em seu trabalho com sementes de arroz.

Beliz (1948), em estudo sobre a germinação de sementes de algumas cultivares de arroz, em laboratório e no campo, verificou que valores de 90% ou mais de germinação não significam a obtenção, no campo, de mais que 60% a 70% de plantas em condições de chegarem à fase final de desenvolvimento, mesmo em condições favoráveis.

De uma maneira geral, para a qualidade fisiológica, os resultados médios foram muito semelhantes aos obtidos em sementes submetidas à secagem intermitente.

Qualidade das sementes durante o armazenamento

Não foram verificados efeitos significativos para a maioria dos fatores estudados, tendo o fator período mostrado efeito significativo para as vari-

áveis teor de água, germinação e envelhecimento precoce.

Com relação à variável teor de água, a ausência de significância verificada pelo teste F indica que a variação dessa durante o período de armazenamento não sofreu influência do teor inicial de água, dos fluxos de ar utilizados na secagem ou da interação desses fatores. A Fig. 3 apresenta o teor de água médio das sementes durante o período de armazenamento. Ao final dos 60 dias de armazenamento, o teor de água das sementes alcançou 13,7%. Com relação ao teor médio inicial, verifica-se que houve o reumedecimento de 2,5 pontos percentuais, ocorrido pelo fato de a semente ter atingido o equilíbrio higroscópico com o ar do ambiente (Fig. 4).

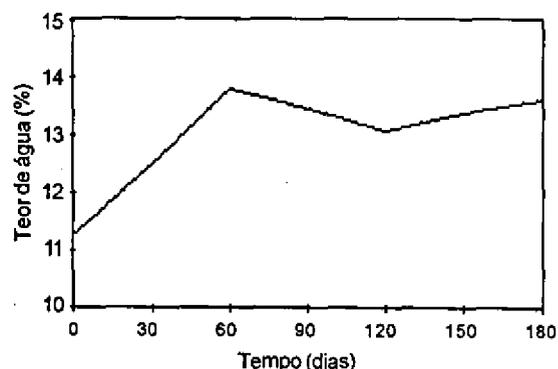


FIG. 3. Teor de água de sementes de arroz secadas com ar ambiente, durante o período de armazenamento.

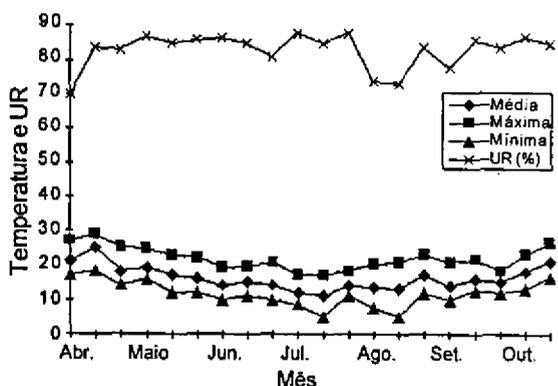


FIG. 4. Temperatura máxima, média e mínima (°C) e umidade relativa média (UR) registradas durante o período de armazenamento das sementes de arroz.

Após esse período e até os 120 dias de armazenamento, observa-se tendência de queda do teor de água (até 13,0%), também demonstrada pela umidade relativa média do ar, principalmente a partir do final do mês de julho. Dos 120 até os 180 dias, as sementes voltaram a ganhar umidade chegando a atingir 13,6%; à medida que a umidade relativa do ar também apresentou uma tendência de aumento durante o período. Cabe ressaltar que a amplitude total da oscilação do teor de água das sementes entre os 60 e 180 dias de armazenamento foi de apenas 0,7 pontos percentuais e que a umidade relativa do ar nesse período variou entre 70% e 85%.

Com relação ao comportamento da qualidade fisiológica em função da altura da camada de sementes, observa-se nos testes de germinação, de envelhecimento precoce e de emergência em campo, resultados condizentes com os já apresentados nas amostras representativas de todo o silo (Tabela 2). Não foram observadas diferenças significativas entre os fluxos de ar ou entre as alturas das camadas de sementes quando comparados à secagem intermitente, nem evidenciados efeitos prejudiciais resultantes da demora na secagem. Quanto a germinação e ao envelhecimento precoce, observou-se a significância do efeito do período de armazenamento.

Na Fig. 5 são mostrados os gráficos representativos das curvas de regressão, onde observa-se uma tendência de queda à medida que aumenta o período de armazenamento. Todavia, ao final as médias da germinação mantiveram-se acima de 80%, dentro dos padrões para comercialização segundo as normas de produção (Brasil, 1992b). Numa análise conjunta com os resultados dos testes de envelhecimento precoce e de emergência em campo (Tabela 3), verifica-se que a qualidade fisiológica manteve-se dentro de níveis aceitáveis durante o armazenamento.

Como se pode observar no desenvolvimento deste trabalho, o período de secagem variou de quatro a 15 dias, sendo esta variação uma função do fluxo de ar utilizado e do teor de água inicial das sementes. Porém, independente do tempo que as sementes levaram para chegar aos 13% de água e, de acordo com os testes a que foram submetidas para

acompanhamento da qualidade fisiológica ao longo do período de 180 dias de armazenamento, verificou-se que esta foi mantida. Rodriguez (1988) verificou redução na qualidade fisiológica, após 120 dias de armazenamento, em sementes de arroz secadas com fluxos de ar inferiores a 0,6 m³/min/t.

Como não se verificaram prejuízos significativos na qualidade fisiológica entre os tratamentos utilizados (combinações dos teores de água de 17,8 e 19,7% com os fluxos de ar de 1; 3 e 5 m³/min/t), pode-se considerar o fluxo de ar de 1 m³/min/t como o mais viável, tanto técnica como economicamente, apesar de o período de secagem ter sido de 15 dias. Há de se considerar que um fluxo de ar mais baixo demanda menores pressão estática e potência do ventilador. Zimmer (1989) também verificou que o fluxo de ar 0,9 m³/min/t, embora tenha levado 33 dias para baixar o teor de água das sementes de 16% para 13%, foi suficiente para a manutenção da qualidade fisiológica.

Pode-se observar, ainda, que a umidade relativa média do ar ambiente manteve-se em torno de 80% (Fig. 2) e, embora tenha oscilado durante o dia para

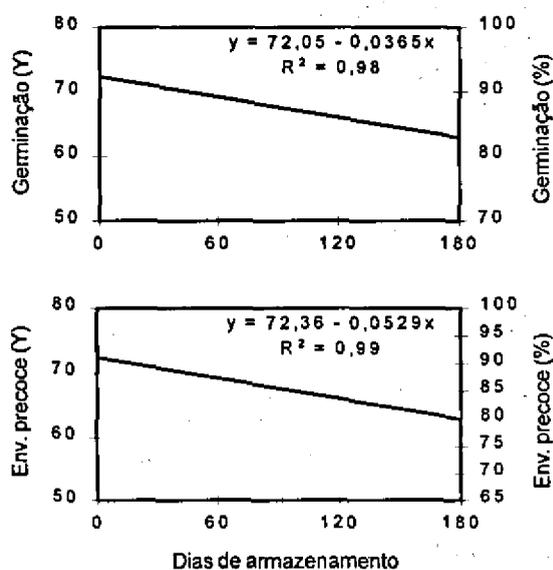


FIG. 5. Comportamento na germinação e no envelhecimento precoce de sementes de arroz secadas com ar ambiente durante o período de armazenamento ($Y = \text{arc sen } \sqrt{x/100}$).

valores superiores e inferiores à média, a secagem teve prosseguimento em virtude do aquecimento do ar de secagem em 2°C a 5°C, provocado pelo atrito deste com as pás dos ventiladores.

Ao se comparar os métodos de secagem utilizados, verifica-se que, com relação à qualidade fisiológica, não houve diferenças significativas; porém, quanto à qualidade física, o rendimento de engenho acusou diferenças de até 16% em favor da secagem estacionária quando comparada à secagem intermitente. Embora não tenha relação com a qualidade fisiológica das sementes, há de se considerar que os lotes não comercializados como sementes certamente o serão como grãos e, nesse momento, o rendimento de engenho passa a definir o seu valor comercial (Zimmer, 1989; Vega, 1989).

A secagem estacionária de sementes de arroz com ar ambiente parece ser um método de secagem bastante promissor, uma vez que permite secar sementes de arroz com alto grau de umidade em camadas de até 5 m de altura, em silos que passariam a ser estruturas de dupla utilização, ou seja, para secagem e armazenamento.

CONCLUSÕES

1. A secagem estacionária com ar ambiente é um processo viável para a secagem de sementes de arroz.

2. As sementes de arroz secadas em secador estacionário com ar ambiente mantêm sua qualidade fisiológica por 180 dias de armazenamento.

3. As sementes de arroz secadas em secador estacionário com ar ambiente apresentam rendimento de engenho maior do que as secadas em secador intermitente.

4. O fluxo de ar de 1 m³/min/t é suficiente para secar uma camada de até 5 m de altura de sementes de arroz com até 19,7% de teor de água, em secador estacionário com ar ambiente.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. *Seed vigour testing handbook*. [S.l.], 1983. 88p. (Contribution, 32).
- BELIZ, J.V. Ensaio laboratoriais de germinação de sementes de arroz, em confronto com resultados de campo. *Agros, Pelotas*, v.31, n.1, p.17-26, 1948.
- BOYD, A.H.; MATTHES, R.K.; WELCH, G.B. *Heated air drying of soybean seed*. Mississippi: Mississippi State University, Seed Technology Laboratory, 1974. 17p. (ASAE Paper, 74-3001).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Divisão de Sementes e Mudanças. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, 1992a. 365p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Diretoria Federal no Rio Grande do Sul. *Normas para a produção de semente fiscalizada CESM/RS*. Porto Alegre, 1992b. 74p.
- DALPASQUALE, V.A. Secagem de grãos com ar natural: uma opção pouco utilizada no Brasil. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.9, n.99, p.6-7, mar. 1983.
- LASSERAN, J.C. Experiências práticas sobre secagem-aeração. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, v.6, n.1, p.17-23, 1981.
- LUZ, C.A.S da. *Secagem de sementes de arroz em secador intermitente lento*. Pelotas: UFPel, 1986. 103p. Tese de Mestrado.
- MARIOT, C. Produção de semente genética, pré-básica e básica de arroz irrigado. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v.36, n.346, p.29-36, nov./dez. 1983.
- NELLIST, M.E.; HUGHES, M. Physical and biological processes in the drying of seed. *Seed Science and Technology*, v.1, p.613-643, 1973.
- NGUYEN, C.N.; KUNZE, O.R. Fissure related to post-drying treatments in rough rice. *Cereal Chemistry*, v.61, n.1, p.63-68, 1984.
- PAULA, P.R.T. de. *Secagem de sementes de soja a baixas temperaturas e pequenos fluxos de ar*. Pelotas: UFPel, 1992. 67p. Tese de Mestrado.
- PESKE, S.T. Secagem de sementes. In: CURSO DE CONTROLE DE QUALIDADE NA RECEPÇÃO E BENEFICIAMENTO DE SEMENTES. Pelotas: UFPel, FAEM, Dep. Fitotec., 1992. p.41-77.
- POLA, J.N. *Efeito do retardamento de colheita sobre a germinação, vigor e sanidade de sementes de soja*. Pelotas: UFPel, 1979. 144p. Tese de Mestrado.

- QUEIROZ, D.M.; PEREIRA, J.A.M. Secagem à baixa temperatura. Viçosa: UFV, 1982. 30p. Apostila do CETREINAR.
- QUIROGA, E.G. Maturação fisiológica das sementes de arroz (*Oryza sativa*, L.) cultivar IAC-435 e sua deterioração durante o armazenamento. Piracicaba: USP-ESALQ, 1978. 92p. Tese de Mestrado.
- ROA, G.; VILLA, L.C. Secagem e armazenamento de grãos e sementes em silos mediante à utilização do ar ambiente com auxílio de coletores solares. Campinas: Grupo de Energia da UNICAMP, 1977. 51p.
- RODRIGUEZ, G.G. Efeitos da seca-aeração no armazenamento de sementes de arroz em condições ambientais. Pelotas: UFPel, 1988. Tese de Mestrado.
- ROSSI, S.J.; ROA, G. Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural. [S.l.]: ACIESP, 1980. 295p. (Publicação ACIESP, 22).
- TETER, N. Paddy drying manual. Rome: FAO, 1987. 124p. (FAO, Agricultural Services Bulletin).
- VEGA, C.R. Efeito do método de secagem sobre a qualidade da semente de arroz (*Oryza sativa*, L.). Pelotas: UFPel, 1989. 123p. Tese de Mestrado.
- ZIMMER, G.J. Seca-aeração para sementes de arroz. Pelotas: UFPel, 1989. 703p. Tese de Mestrado.