

# QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.) SOB CONDIÇÕES DE SECAGEM INTERMITENTE<sup>1</sup>

D.C. AHRENS<sup>2</sup>; A.S.R. BARROS<sup>3</sup>; F.A. VILLELA<sup>4</sup>; D. LIMA<sup>5</sup>

<sup>2</sup>Área de Propagação Vegetal/IAPAR, C.P. 129, CEP: 84001-970 - Ponta Grossa, PR.

<sup>3</sup>Área de Propagação Vegetal/IAPAR, C.P. 481, CEP: 86001-970 - Londrina, PR.

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas, C.P. 354, CEP: 96010-900 - Pelotas, RS.

<sup>5</sup>Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia/EMBRAPA, C.P. 319, CEP: 69048-660 - Manaus, AM.

**RESUMO:** O trabalho avaliou a remoção de água e a qualidade de sementes de milho submetidas a secagem intermitente rápida e lenta, sob temperaturas do ar de 60°C e 70°C, respectivamente. Para tanto, na safra 94/95 sementes básicas da cultivar IAPAR 26, apresentando 22% de água, foram colhidas com automotriz, em Ponta Grossa - PR, e secadas em secadores comerciais, utilizando-se como tratamento referencial a secagem à sombra até 13% de água. No transcurso das secagens a redução do teor de água das sementes foi monitorado, em intervalos de trinta minutos, para o estabelecimento das velocidades e curvas de secagem. A qualidade fisiológica foi avaliada nas sementes amostradas, antes da secagem, no estágio intermediário e ao final das secagens, através dos testes de germinação, tetrazólio (germinação e vigor) e de envelhecimento artificial. As secagens intermitentes rápida e lenta, com velocidades médias de 1,7 e 2,7% /h, respectivamente, nas temperaturas empregadas, foram eficientes na remoção de água de sementes de milho com alto grau de umidade, não afetando imediatamente, a sua qualidade fisiológica ( $P > 0,01$ ). Redução da temperatura do ar pode ser recomendada no final do processo, quando o teor de água das sementes aproxima-se de 14%.

Descritores: *Zea mays* L., secagem, qualidade, sementes, milho

## MAIZE (*Zea mays* L.) SEED QUALITY UNDER INTERMITTENT DRYING CONDITIONS

**ABSTRACT:** The work evaluated water removal and corn seed quality by "fast" and "slow" intermittent drying, under 60°C and 70°C air temperatures. In 1994/95 IAPAR 26 seeds were harvested with a combined harvester (22% water content) in Ponta Grossa, Paraná, Brazil. They were dried in commercial dryers, using the shade drying to 13% as referential. The seed water content was monitored during drying, at intervals of thirty minutes, for the establishment of the drying speeds and curves. The physiologic quality was evaluated in the sampled seeds, before drying, at intermediate times and at the end of drying, through the germination, tetrazolium (germination and vigor) and accelerated aging tests. The drying speed for the "fast" and "slow" dryers were 1.7% and 2.7% /hr, respectively. The dryers were efficient in the removal of corn seed water with high moisture content, not affecting immediately its physiologic quality ( $P > 0.01$ ). Air temperature reduction can be recommended at the end of the process, when the seeds reach 14% water content.

Key Words: *Zea mays* L., seed, drying, quality, corn

## INTRODUÇÃO

As sementes desde sua formação até sua maturação apresentam duas fases distintas quanto à redução do teor de água. A primeira é mais lenta e vai até a maturidade fisiológica, associada à translocação dos fotossintetizados para a semente. Na segunda fase, em que desligadas da planta-mãe, perdem de água mais acentuadamente, sendo muito influenciada pelas condições climáticas reinantes.

Para cada espécie a maturidade fisiológica pode variar quanto ao momento de sua ocorrência, em função da cultivar e das condições ambientais. Para Brooking (1990) e Barros et al. (1991) ocorre quando o teor de água das sementes de milho encontra-se entre 28 e 45%. Trabalhando com híbrido BR 201, Borba et al. (1994) constaram a ocorrência da maturidade fisiológica aos 65 dias após o florescimento, quando as sementes apresentaram 24-26% de água, seguindo da redução

<sup>1</sup>Trabalho apresentado no XXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, em Londrina, 07-12/07/1996.

da qualidade fisiológica. Por essa razão os autores recomendam a antecipação do início da colheita a partir do momento que as sementes atinjam pela primeira vez o grau de umidade inferior a 30%. Em soja, Ahrens & Peske (1994) também observaram reduções na qualidade fisiológica após a maturidade fisiológica, igualmente sugerindo a realização da colheita precoce para assegurar elevada qualidade das sementes.

Normalmente a colheita de sementes de milho em espigas é realizada com teores de água entre 27 e 35%, tornando a operação de secagem estacionária imprescindível para reduzir o grau de umidade, em geral 13 a 15%, complementando com uma secagem estacionária ou contínua após a debulha, se necessário.

Realizada em secadores estacionários a secagem em espigas apresenta tempo de secagem cerca de três vezes superior a de sementes debulhadas (Baker et al., 1991), em razão do sabugo apresentar grau de umidade pelo menos 10% superior ao das sementes (Tóth & Suller, 1987; Herter & Burris, 1989; Os'mac et al., 1991)

A velocidade de secagem varia principalmente em função da umidade inicial e final; do tipo de secagem e secador; da temperatura e umidade relativa do ar empregadas; espécie e/ou cultivar considerados (Baker et al., 1993; Ahrens & Lollato, 1997a; Ahrens & Lollato, 1997b).

Em diversos trabalhos vários autores constataram tolerância diferencial de sementes de milho a altas temperaturas de secagem, em função do material genético considerado (Navratil & Burris, 1984; Bdiya & Burris, 1988; Baker et al., 1991). Para Harrison & Wright (1929); Kreyger (1960) e Herter & Burris (1989) a temperatura de 50°C na massa de sementes de milho reduziu a sua qualidade fisiológica.

Embora possam ser empregados secadores estacionários (Misra & Brooker, 1980; Navratil & Burris, 1982; Estrada & Litchfield, 1993) e contínuos com ação intermitente (Pereira, 1991 e Villela & Silva, 1992) para secagem de sementes debulhadas de milho, os primeiros apresentam, geralmente, menor velocidade de secagem em relação aos últimos, como constataram Ahrens & Lollato (1997a) em sementes de feijão.

O presente trabalho teve por objetivo ampliar o conhecimento referente ao emprego da secagem intermitente lenta e rápida, na remoção de água e suas consequências na qualidade fisiológica de sementes de milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

Nos experimentos foram utilizadas sementes básicas de milho do cultivar IAPAR 26, com grãos dente a semi-dente, produzidas na safra 94/95. Foram realizados nas instalações da Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) da Estação Experimental Vila Velha do Instituto Agrônomo do Paraná, em Ponta Grossa - PR.

Após a colheita as sementes (teor de água de 22%) passaram por uma máquina de pré-limpeza, seguindo-se a aplicação das secagens intermitentes até atingirem 13% de água, nos seguintes tipos de secadores:

a) intermitente rápido (IR), de fluxo cruzado, marca Moreira, capacidade estática de 4,0 toneladas e intermitência de 1:12. As sementes permanecem um menor período em contato com o ar aquecido na câmara inferior de secagem (máximo 60°C) e um tempo maior na câmara superior de repouso neste tipo de secador;

b) intermitente lento (IL), de fluxo cruzado, marca Kepler Weber, modelo KW2, com capacidade estática de 2,5 toneladas e intermitência de 2:1. A temperatura do ar de secagem foi regulada a 70°C na câmara superior, sendo que o resfriamento das sementes ocorria na câmara inferior (ar ambiente).

Para determinação do teor de água das sementes e sua temperatura, durante as secagens (IR e IL) a intervalos regulares de trinta minutos, foram retiradas amostras na carga da câmara superior do secador IR e no final da câmara superior do IL, pontos onde as sementes estavam mais aquecidas. Imediatamente após retiradas, parte das amostras foram mantidas em copo de isopor por três minutos para obter-se a temperatura da massa de sementes utilizando-se termômetro de mercúrio. Em seguida, com a outra parte das amostras foi determinado o teor de água das sementes, empregando-se determinador de umidade da marca Universal, previamente aferido com o método da estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ .

Para avaliar os efeitos na qualidade fisiológica das sementes, as amostras obtidas antes das secagens, ou seja, o tratamento referencial (0,0 horas), e nos tempos intermediários (3,0 horas de secagem intermitente rápida e 2,0 horas de secagem intermitente lenta) foram mantidas esparramadas à sombra em local ventilado, até atingirem 13% de água (cerca de cinco dias). As amostras de 2,0 kg e

em número de seis (repetições estatísticas) antes das secagens foram coletadas na carga dos secadores, as coletas intermediárias e finais foram obtidas na descarga inferior das calhas vibratórias dos secadores. Ao estarem secas as amostras foram embaladas, assim como as amostras obtidas no final das secagens (grau de umidade de 13%), em embalagens de tecido de algodão, para as análises laboratoriais.

No Laboratório de Análise de Sementes do IAPAR em Londrina, foram realizados testes de germinação, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), tetrazólio (germinação e vigor) e de envelhecimento artificial, conforme as metodologias propostas por Dias & Barros (1995).

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, com seis repetições. Os efeitos das secagens intermitentes e do tratamento referente a secagem à sombra (testemunha) foram avaliados por análise de regressão polinomial ( $P \leq 0,01$ ). Não houve necessidade da transformação dos dados, pois os erros experimentais distribuíram-se normalmente (Demétrio, 1978).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Velocidade de secagem:** A relação entre o teor de água das sementes e o tempo de secagem foi expressa por funções quadráticas, representativas de 96 e 99% da variação, para as secagens intermitente rápida e lenta, respectivamente (Figura 1), aproximando-se da curva típica de secagem de produtos biológicos. Assim, em ambos os métodos a velocidade de secagem foi reduzida na medida em que foi ampliado o tempo de secagem, confirmando a exigência do gasto de energia para remoção da água das sementes, referida por Nellist & Hughes (1973).

Com o secador intermitente rápido obteve-se uma velocidade média de secagem de  $1,7\%H_2O/h$  para os grau de umidade entre 22,0% a 12,7%, sendo que entre 16,6% (2,0 horas) a 12,7% (5,5 horas) a velocidade média reduziu para  $1,1\%H_2O/h$  (TABELA 1). Estes resultados foram bem superiores aos  $0,6\%H_2O/h$ , entre os teores de 16,0% e 13,2%, verificados por Villela & Silva (1992) em milho AG 162, que todavia utilizaram um secador contínuo adaptado como intermitente com temperatura do ar de  $70^\circ C$ .

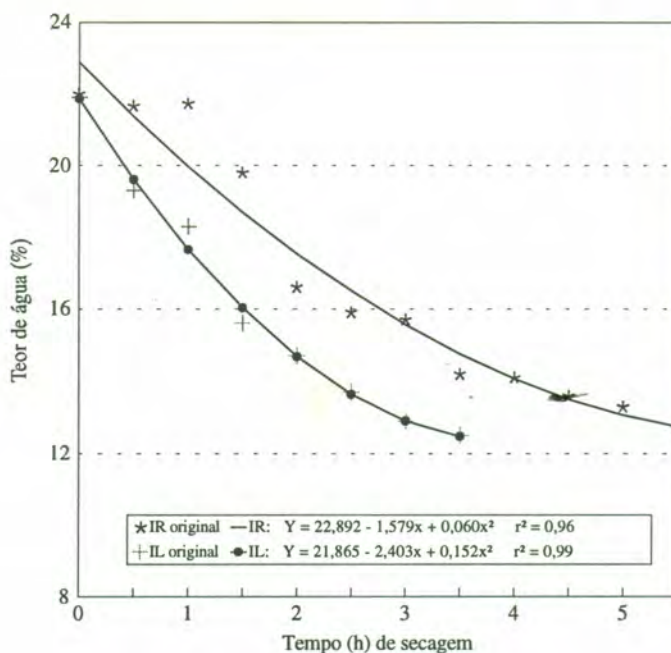


Figura 1 - Curvas de secagem de sementes de milho IAPAR 26, em secagens intermitentes rápida (IR) e lenta (IL). Ponta Grossa - PR, 1995.

TABELA 1 - Graus de umidade de sementes de milho, cultivar IAPAR 26, temperaturas do ar e das sementes durante as secagens intermitentes rápida (IR) e lenta (IL). Ponta Grossa - PR, 1995.

| Tempo de secagem (horas) | Grau de umidade média das sementes (%) |      | Temperatura média (°C) |    |          |    |
|--------------------------|----------------------------------------|------|------------------------|----|----------|----|
|                          | IR                                     | IL   | Ar de secagem          |    | Sementes |    |
|                          |                                        |      | IR                     | IL | IR       | IL |
| 0.0                      | 22.0                                   | 21.9 | 14                     | 40 | 14       | 20 |
| 0.5                      | 21.7                                   | 19.3 | 45                     | 50 | 29       | 30 |
| 1.0                      | 21.1                                   | 18.3 | 58                     | 60 | 32       | 30 |
| 1.5                      | 19.8                                   | 15.6 | 59                     | 70 | 36       | 38 |
| 2.0                      | 16.6                                   | 14.7 | 62                     | 70 | 42       | 38 |
| 2.5                      | 15.9                                   | 13.7 | 58                     | 70 | 42       | 42 |
| 3.0                      | 15.7                                   | 12.9 | 60                     | 60 | 42       | 42 |
| 3.5                      | 14.5                                   | 12.5 | 60                     | 60 | 44       | 41 |
| 4.0                      | 14.1                                   | -    | 62                     | -  | 48       | -  |
| 4.5                      | 13.6                                   | -    | 50                     | -  | 44       | -  |
| 5.0                      | 13.3                                   | -    | 40                     | -  | 40       | -  |
| 5.5                      | 12.7                                   | -    | 40                     | -  | 37       | -  |

Com o secador intermitente lento as reduções do teor de água das sementes de milho foram mais acentuadas, sendo que a velocidade média de secagem foi de 2,7% $H_2O/h$ , para teores de água entre 22,0% e 12,5% e de 2,3% $H_2O/h$  no intervalo entre 18,3% (1,0 hora) e 12,5% (3,5 horas). Estes dados superam em muito a redução horária de 1,6% de água, no intervalo entre 18,5% a 12,7%, obtidos por Pereira (1991) com sementes de híbridos de milho AG 28 e Cargill 511, empregando o mesmo modelo de secador utilizado no presente trabalho.

Deste modo, os resultados obtidos corroboram as indicações de Fortes et al. (1982) de que genótipos de milho apresentam diferentes velocidades de secagem. Adicionalmente, depende do método e/ou equipamento empregado, tendo em vista que a secagem intermitente rápida demandou tempo de secagem de 60% superior ao da secagem intermitente lenta (TABELA 1), sendo confirmado por Ahrens et al. (1997).

Do mesmo modo, os resultados do presente trabalho, com velocidade média de secagem de 2,3%/h, para graus de umidade entre 18,3% e 12,5% endossam a posição de Weber (1995) quando afirma que a velocidade de secagem do milho é superior à do arroz, com velocidade de secagem de 1,8% $H_2O/h$ , com teores de água variando entre 19,5% e 12,3%, obtidos por Luz & Peske (1988) com o mesmo modelo de secador empregado no presente trabalho.

Quando as sementes atingiram grau de umidade próximo a 14,0%, em ambos secadores observou-se elevação da temperatura das sementes, sendo maior no intermitente rápido. Por esse motivo alterou-se o procedimento inicial previsto reduzindo-se a temperatura do ar de secagem para 50 e 40°C nas últimas 1,5 horas de operação. Possivelmente a elevação da temperatura das sementes foi em decorrência do deslocamento insuficiente da água do interior para a sua superfície, com conseqüente desequilíbrio nas trocas de calor e da massa (Kreyger, 1973). Também tais resultados confirmam que 14,0% de água é o limite abaixo do qual verifica-se elevação da demanda de energia para evaporar água de sementes de milho, conforme comentaram Nellist & Hughes (1973). É possível, portanto, recomendar-se a redução da temperatura do ar de secagem no final do processo, quando o teor de água das sementes aproxima-se de 14,0%.

**Qualidade fisiológica:** Os dados relativos à avaliação da qualidade fisiológica das sementes estão na TABELA 2, bem como os resultados da análise da variância (teste de F).

Os resultados dos testes empregados demonstraram ausência de efeitos imediatos decorrentes das secagens, exceção observada com o teste de envelhecimento artificial.

Na secagem intermitente rápida e na lenta os resultados verificados confirmam parcialmente os obtidos em milho por Pereira (1991), Villela

TABELA 2 - Dados médios de germinação (G%), de tetrazólio-germinação (TZG%), tetrazólio-vigor (TZV%) e de envelhecimento artificial (EA%) de sementes de milho, cultivar IAPAR 26, submetidas a secagens à sombra (referencial), intermitentes rápida (IR) e lenta (IL). Ponta Grossa - PR, 1995.

| Amostragem                 | G (%)           |    | TZG (%) |    | TZV (%) |    | EA (%) |                   |
|----------------------------|-----------------|----|---------|----|---------|----|--------|-------------------|
|                            | IR              | IL | IR      | IL | IR      | IL | IR     | IL                |
| referencial                | 78              | 76 | 86      | 84 | 57      | 44 | 52     | 52                |
| intermediária <sup>1</sup> | 77              | 82 | 84      | 89 | 60      | 47 | 48     | 47                |
| final                      | 76              | 72 | 81      | 85 | 52      | 44 | 43     | 44                |
| CV (%)                     | 05              | 05 | 05      | 06 | 10      | 10 | 17     | 13                |
| F                          | ns <sup>2</sup> | ns | ns      | ns | ns      | ns | ns     | (**) <sup>3</sup> |

<sup>1</sup>Intermediária (3,0 horas de secagem intermitente rápida e 2,0 horas de secagem intermitente lenta).

<sup>2</sup>ns: não significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

<sup>3</sup>(\*\*): significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F, sendo  $Y_{II} = 53,82 - 1,52x$   $r^2 = 0,47$ .

(1991) e Ahrens et al. (1997), e em arroz por Luz & Peske (1988), que também não constataram redução significativa na qualidade das sementes após secagem no mesmo modelo de secador empregado no presente trabalho.

Mas o teste de envelhecimento artificial apresentou um decréscimo no vigor de 9,0% (52,0% para 43,0%) nas sementes secas no secador intermitente rápido, embora esta diferença não tenha sido estatisticamente significativa. Por outro lado, as sementes secas no secador intermitente lento tiveram no vigor uma diferença significativa de 8,0% entre o início (52,0%) e o final do período operacional (44,0%). Em ambos secadores evidencia-se que efeitos latentes negativos possam acentuar-se em condições de armazenamento desfavoráveis, fatos não observados por Ahrens et al. (1997).

### CONCLUSÃO

As secagens intermitentes rápida e lenta, empregando temperatura do ar de secagem de até 60°C e 70°C, respectivamente, mostram-se eficientes na remoção de água de milho com elevados teores de água, não afetando a qualidade fisiológica imediata das sementes.

### AGRADECIMENTOS

Cabe ressaltar a colaboração prestada pelo técnico agrícola Aldo L. Figueiredo no auxílio da condução do experimento e aos analistas do IAPAR, pela execução das determinações laboratoriais.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, D.C.; PESKE, S.T. Flutuações de umidade e qualidade de semente de soja após a maturação fisiológica: II. Avaliação da qualidade fisiológica. *Revista Brasileira de Sementes*, v.16, n.2, p.111-115, 1994.
- AHRENS, D.C.; LOLLATO, M.A. Eficiência de secadores comerciais e seus efeitos na qualidade de sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, v.19, n.1, 1997a.
- AHRENS, D.C.; LOLLATO, M.A. Qualidade de semente de feijão e velocidade de secagem ao sol e em secador intermitente. *Revista Brasileira de Sementes*, v.19, n.1, 1997b.
- AHRENS, D.C.; EL TASSA, S.O.M.; BARROS, A.S.R.; DONI FILHO, L. Secagem intermitente em sementes de milho (*Zea mays* L.). *Informativo ABRATES*, v.7, n.1/2, 1997.
- BAKER, K.D.; PAULSEN, M.R.; ZWEDEN, J. van; Hybrid and drying rate effects on seed corn viability. *American Society of Agricultural Engineers*, v.34, n.2, p.499-506, 1991.
- BAKER, K.D.; PAULSEN, M.R.; ZWEDEN, J. van; Temperature effects on seed corn dryer performance. *Applied Engineer in Agriculture*, v.9, n.1, p.79-83, 1993.
- BARROS, A.S.R.; GERAGE, C.A.; BIANCO, R. Colheita, processamento e armazenamento. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina, PR. *A Cultura do milho no Paraná*. Londrina, IAPAR, 1991, p.251-270, (Circular, 68).

- BDLIYA, P.M.; BURRIS, J.S. Diallel analysis of tolerance of drying injury in seed corn. *Crop Science*, v.28, p.935-938, 1988.
- BORBA, C.S.; ANDRADE, R.V. de; AZEVEDO, J.T de; OLIVEIRA, J.C. de. Maturidade fisiológica de sementes do híbrido simples BR 201 de milho (*Zea Mays L.*). *Revista Brasileira de Sementes*, v.16, n.1, p.63-67, 1994.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BROOKING, I.R. Maize ear moisture during grain-filling, and its relation to physiological quality and grain-drying. *Field Crop Research*, v.23, n.1, p.55-68, 1990.
- DEMÉTRIO, C.G.B. Transformação de dados: efeitos sobre sua análise da variância. Piracicaba, 1978. 113p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: IAPAR, 1995. 43p. (IAPAR. Circular, 88).
- ESTRADA, J.A.; LITCHFIELD, J.B. High humidity drying of corn: effect on drying rate and product quality. *Drying Technology*, v.11, n.1, p.65-84, 1993.
- FORTES, M.; PINHEIRO FILHO, J.B.; OKOS, M.R. Estudo de secagem de duas variedades de milho em camadas finas. *Revista Brasileira de Armazenamento*, v.7, n.1, p.27-32, 1982.
- HARRISON, C.M.; WRIGHT, A.H. Seed corn drying experiments. *Journal of the American Society of Agronomy*, v.21, n.10, p.994-1000, 1929.
- HERTER, U.; BURRIS, J.S. Effect of drying rate and temperature on drying injury of corn seed. *Canadian Journal of Plant Science*, v.69, n.3, p.763-774, 1989.
- KREYGER, J. Drying of seeds. *Proceedings of International Seed Testing Association*, v.25, n.1, p.590-601, 1960.
- KREYGER, J. Practical observations on the drying of seed. *Seed Science and Technology*, v.1., n.3, p.645-670, 1973.
- LUZ, C.A.S.; PESKE, S.T. Secagem de arroz em secador intermitente lento. *Revista Brasileira de Sementes*, v.10, n.2, p.103-114, 1988.
- MISRA, M.K.; BROOKER, R.B. Thin-layer drying and rewetting equation for shelled yellow corn. *American Society of Agricultural Engineers*, v.23, n.5, p.1254-1260, 1980
- NAVRATIL, R.J.; BURRIS, J.S. Small-scale dryer design. *Agronomy Journal*, v.74, p.159-161, 1982.
- NAVRATIL, R.J.; BURRIS, J.S. The effect of drying temperature of corn seed quality. *Canadian Journal of Plant Science*, v.64, p.487-496, 1984.
- NELLIST, M.E.; HUGHES, M. Physical and biological processes in the drying of seed. *Seed Science and Technology*, v.1., n.3, p.613-643, 1973.
- OS'MAC, V.Y.; KACHAN, I.K.; REZNIK, E.I. A crusher for maize cobs and seed of increased moisture content. *Mekhanizatsiya i Elektrifikatsiya Sel'skogo Khozyaistva*, n.7, p.11-12, 1991.
- PEREIRA, F.T.F. Efeito da secagem intermitente na qualidade de semente de milho. Pelotas, 1991. 75p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.
- TÓTH, Á.; SULLER, A. Examination of maize-seed drying process. *International Agrophysics*, v.3, n.4, p.343-352, 1987.
- VILLELA, F.A. Efeitos da Secagem Intermitente sobre a Qualidade de Sementes de Milho. Piracicaba. 1991. 104p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Faculdade Universidade de São Paulo.
- VILLELA, F.A.; SILVA, W.R. da. Curvas de secagem de milho utilizando o método intermitente. *Scientia Agricola*, v.49, n.1, p.145-153, 1992.
- WEBER, E.A. **Armazenagem Agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995. 400p.

Recebido para publicação em 25.04.97

Aceito para publicação em 26.03.98