

# EFEITOS DO ULTRA-SOM DE BAIXA INTENSIDADE NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA<sup>1</sup>

S.A. HEBLING<sup>2</sup>; W.R. DA SILVA<sup>3</sup>

2. Universidade Federal de São Carlos, CEP13565-905, São Carlos, SP.

3. Dep. Agricultura, ESALQ/USP, C. Postal 9, CEP13418-900, Piracicaba, SP.

**RESUMO** - Foram estudados os efeitos do ultra-som de baixa intensidade (230 e 1750 W/m<sup>2</sup>) sobre o desempenho de sementes de milho (*Zea mays* L.) utilizando situações variáveis quanto à disponibilidade hídrica. A emergência e o desenvolvimento de estruturas embrionárias reagem proporcionalmente à disponibilidade de água, não havendo influência marcante do tratamento com ultra-som nos fenômenos envolvidos na germinação das sementes. Contudo, são detectáveis tendências indicadoras de interferência positiva desse tratamento no desenvolvimento das plântulas em situações de deficiência hídrica.

**Termos para indexação:** milho, sementes, ultra-som, disponibilidade hídrica.

## EFFECTS OF LOW INTENSITY ULTRASOUND ON THE GERMINATION OF CORN SEEDS (*Zea mays* L.) UNDER DIFFERENT WATER AVAILABILITIES

**ABSTRACT** - The effects of low intensity ultrasound on the performance of corn seeds (*Zea mays* L.), were investigated at two intensity levels, 230 and 175 mW/m<sup>2</sup>. This study analysed the ultrasound effects on the germination under different water availabilities. The emergence and development of embryonic structures do react proportionally to the water availability and the treatment with ultrasound has no pronounced influence on the phenomena related to seed germination. However, a tendency of positive interference of this treatment in the seedling development in hidric deficiency situations is detectable.

**Index terms:** corn, seeds, ultrasound, hidric availability.

### INTRODUÇÃO

O ultra-som é uma forma de energia mecânica, vibracional, que pode ter ação deletéria ou indutora do desenvolvimento em tecidos vivos dependendo da intensidade, do tempo de exposição, da frequência de aplicação e da distância do transdutor ao alvo.

Sabe-se que, em tecidos vivos de animais, o ultra-som pode causar a destruição ou a indução do crescimento dependendo, principalmente, da intensidade utilizada (DUARTE, 1983 e ALVES, 1988).

Alguns estudos relativos ao emprego de ultra-som em sementes, especialmente a respeito de seus efeitos sobre a germinação, foram revisados por MILLER (1983) e mostraram resultados

conflitantes e falta de informações detalhadas sobre as condições de exposição adotadas experimentalmente.

Nos trabalhos revistos por MILLER (1983), as frequências ultra-sônicas empregadas variaram de 25KHz a 1MHz, o padrão emitido e o modo de exposição não foram especificados, a intensidade (energia que atravessa uma unidade de área numa unidade de tempo) variou de 4 a 350w/m<sup>2</sup> e o tempo de exposição oscilou de 30 a 6,12\*10<sup>4</sup> segundos. Nesses trabalhos, onde utilizaram-se intensidades altas, os efeitos obtidos foram, geralmente, danosos com decréscimo na germinação e inibição do crescimento de raízes.

Com relação à água, sua presença no meio germinativo determina o estímulo e o controle do processo de germinação. Assim, a deficiência

<sup>1</sup> Parte da dissertação de Mestrado do primeiro autor: (EESC/FMRP/USP, 1992).

hídrica, geralmente, acarreta prejuízos tanto à raiz quanto à parte aérea das plântulas, sendo que, em milho, esta última é mais afetada (SILVA & MARCOS FILHO, 1990-b).

Assim, considerando a importância do tema como contribuição aos estudos referentes aos efeitos de estímulos de natureza física na germinação de sementes, este trabalho objetivou avaliar a relação entre o tratamento com ultra-som de baixa intensidade e o desempenho das sementes, sob diferentes condições de disponibilidade hídrica, e as relações entre água e semente, através da quantificação da absorção, segundo o tratamento ultrasônico aplicado.

## MATERIAL E MÉTODO

Um lote de sementes de milho híbrido simples (IAC Hs 7777) foi dividido em 120 amostras de 10 sementes e submetido à aplicação de ultra-som. Os aparelhos de emissão do ultra-som continham transdutores de cerâmica piezoelétrica do tipo PZT-4, com superfície plana (discos) e as seguintes denominações e características operacionais:

a) Aparelho Unidade Experimental: ondas pulsadas, largura de pulso de 200 ms, frequência de onda ultra-sônica de 1,5MHz e intensidade acústica de 230w/m<sup>2</sup>.

b) Aparelho "Thorton" tipo GS modelo 82 (Inpec Eletrônica S.A.): onda contínua, frequência de 18,7KHz e intensidade de 1750w/m<sup>2</sup>.

Os tratamentos realizados foram os seguintes:

CT: amostras de sementes utilizadas para controle e que não receberam qualquer "irradiação" (40 amostras de 10 sementes). Para tanto, as sementes foram mantidas submersas em água destilada por 6\*10<sup>2</sup> segundos, em um béquer de 0,05 litros e, embora o transdutor ultra-sônico tenha sido colocado em contato com a água, o mesmo não foi ligado (placebo).

UE: exposição de 6\*10<sup>2</sup> segundos a ultra-som emitido pelo aparelho Unidade Experimental (40 amostras de 10 sementes). Neste caso, as sementes foram colocadas, com a região do eixo embrionário voltada para cima, no fundo de um tubo de vidro preenchido com, aproximadamente, 0,18 litros de água destilada. O tubo, com 4cm de diâmetro e 15cm de altura, teve o fundo recoberto com borracha.

TH: exposição de 6\*10<sup>2</sup> segundos a ultra-som emitido pelo aparelho Thorton (40 amostras de 10 sementes). Foi utilizada uma bacia de plástico, com capacidade volumétrica de 3 litros; que foi preenchida com 2,6 litros de água destilada, quantidade calculada de acordo com a fórmula:

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

onde:

$\Delta Q$  = quantidade de calor que o ultra-som libera para o meio (cal);

$c$  = calor específico da água (1 cal/g °C);

$\Delta t$  = variação de temperatura produzida pelo  $\Delta Q$  (°C);

$m$  = massa de água utilizada (g).

A seguir, as sementes com as regiões do eixo embrionário voltadas para cima, foram colocadas no fundo da bacia, no centro de um alvo feito de borracha, onde receberam o ultra-som.

Para os tratamentos UE e TH, as distâncias dos transdutores às sementes foram de, respectivamente, 122,5 mm e 3,38 mm. Essas distâncias correspondiam ao último local de máxima intensidade do feixe ultra-sônico (no campo distante) e foram calculadas segundo a equação:

$$x_{\text{máx}} = a^2 / \lambda$$

onde:

$x_{\text{máx}}$  = distância do último local de máxima intensidade do campo distante;

$a$  = raio do transdutor;

$\lambda$  = comprimento de onda emitida pelo aparelho de ultra-som.

Imediatamente após cada uma das irradiações, foi avaliada a embebição das sementes por intermédio da determinação do teor de água (105 ± 3° C) prescrita pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

Posteriormente à realização dos tratamentos, as sementes foram submetidas à hidratação em várias soluções aquosas de polietileno glicol (PEG 6000) que, por sua vez, forneceram potenciais hídricos de 0, -0,3, -0,6 e -0,9 MPa. O cálculo das quantidades de soluto foi efetuado com base na fórmula proposta por MICHEL & KAUFMAN (1973):

$$\varphi = -(1,18 \cdot 10^{-3})C - (1,18 \cdot 10^{-4})C^2 + (2,67 \cdot 10^{-4})CT + (8,39 \cdot 10^{-7})C^2T$$

onde:

$$\begin{aligned} \varphi &= \text{potencial hídrico da solução (atm),} \\ C &= \text{g de PEG 6000/Kg H}_2\text{O,} \\ T &= \text{temperatura em } ^\circ\text{C.} \end{aligned}$$

As soluções obtidas foram aplicadas sobre o papel substrato em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa deste último.

As sementes, em número de 10 por repetição, foram distribuídas de forma equidistante, com as radículas dirigidas para a linha de comprimento do substrato, sobre duas folhas de papel superpostas e recobertas por uma terceira folha. Em seguida, os papéis foram enrolados no sentido de seu comprimento, embalados em sacos plásticos e levados para germinador regulado à temperatura constante de 27 °C, em ausência de luz, de maneira que todas as radículas ficassem voltadas para baixo. Todas as sementes foram mantidas em contato com as soluções por um período de 15 dias.

Para caracterizar qualitativamente e quantitativamente os efeitos do ultra-som, nos ambientes com diferentes potenciais hídricos, efetuou-se o teste de germinação (BRASIL, 1992) e, com o material obtido, foram realizadas as seguintes determinações:

a) Número de raízes emersas: constou da contagem, no 4º e no 7º dias após a instalação do teste, das raízes que haviam rompido o pericarpo da cariopse.

b) Velocidade de emergência da raiz (V.E.R.): foi calculada a partir dos dados indicadores do número de raízes emersas no 4º e no 7º dias após a instalação da germinação, de acordo com a seguinte fórmula:

$$V.E.R. = a/4 + b/7$$

onde:

a = número de sementes com raízes emersas no 4º dia;

b = número de sementes com raízes emersas no 7º dia.

c) Número de plântulas normais: considerando as conceituações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), foi feita a contagem das plântulas normais existentes no 7º dia após a instalação da germinação.

d) Crescimento de estruturas embrionárias: avaliado pelos comprimentos da raiz, da parte aérea e da plântula no 4º e no 7º dia após a instalação. As medidas foram realizadas com o auxílio de um paquímetro e o crescimento representado pelas médias dos comprimentos obtidos, em todos os indivíduos.

e) Determinação do volume das raízes: forneceu o volume das raízes após 15 dias da instalação do teste de germinação. As raízes, cortadas e reunidas em feixes, foram mergulhadas em uma proveta, com capacidade de 10 ml, preenchida com água destilada. O volume de água deslocado, que correspondia ao volume das raízes, foi lido com o auxílio de um microscópio composto, dotado de uma escala micrométrica na ocular.

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. A comparação entre as médias foi realizada pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia adotada pretendeu comparar os comportamentos das sementes tratadas (irradiadas), em ambientes de disponibilidade hídrica variada, através do acompanhamento do desenvolvimento das estruturas embrionárias.

As determinações, relacionadas com a absorção de água, consistiram na avaliação do teor de água das sementes e do cálculo de seu acréscimo após a irradiação com ultra-som (TABELA 1). Os resultados obtidos não mostraram diferença significativa entre os tratamentos indicando que, com os parâmetros utilizados, o ultra-som não influenciou o processo de absorção de água pelas sementes, ao contrário das observações de BUSNEL & BOLENSKY (1954, 1955) que, evidenciando aceleração na germinação de sementes de cevada tratadas com ultra-som (960KHz), atribuíram o efeito à elevação da taxa de absorção de água, durante o tratamento, como decorrência de ruptura do pericarpo pela cavitação.

Considerando a emergência da raiz primária como o primeiro sinal do desencadeamento da germinação propriamente dita, foi determinado o número de sementes que emitiram essa estrutura no 4º e 7º dias (TABELA 2). Os retardamentos na germinação mostraram-se diretamente dependentes da disponibilidade hídrica, conforme o relatado por HUNTER & ERICKSON (1952), PHILLIPS (1968), LABORIAU (1983), CARVALHO &

NAKAGAWA (1983) e SILVA & MARCOS FILHO (1990-a) e não revelaram influência, estatisticamente significativa, da irradiação ultrassônica no processo. Segundo HADAS (1976), a atividade enzimática é retardada quando o potencial de água externo decresce. Naturalmente, espera-se que a atividade enzimática reduzida seja refletida pelo atraso do desenvolvimento meristemático e emergência de radícula. Ainda, de acordo com o mesmo autor, quanto mais baixo for o potencial externo de água, menor será o conteúdo de água no tegumento da semente e, conseqüentemente, menor será sua permeabilidade à água, retardando a absorção pelas sementes.

A TABELA 3 fornece os dados da velocidade de emergência da raiz primária nos diferentes tratamentos. A velocidade decresceu com a diminuição do potencial hídrico, nos três tratamentos considerados; pode ser verificada, ainda, em valores absolutos, uma tendência do tratamento TH desacelerar a velocidade nos ambientes com déficit hídrico (-0,3, -0,6 e -0,9 MPa) e de UE superar CT sob -0,3 MPa.

Diante da dificuldade de qualificação das plântulas como normais ou anormais, no 4º dia de germinação, optou-se pela avaliação do número de plântulas normais, exclusivamente, no 7º dia. Os dados relativos à qualificação das plântulas (TABELA 4) não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Através desses dados, verifica-se que o tipo de irradiação empregada não interferiu no desenvolvimento normal das plântulas. Por outro lado, o número de plântulas normais, se

desconsiderado o aspecto estatístico, destacou, como superiores ao controle, os valores numéricos absolutos obtidos pelos tratamentos UE e TH no ambiente -0,3 MPa. Paralelamente, o tratamento UE apresentou o maior número de plântulas normais sob -0,3 MPa, do que em ambiente com plena disponibilidade hídrica; o tratamento TH, embora não tenha produzido o mesmo efeito, manteve, no ambiente -0,3 MPa, o mesmo número de plântulas normais obtido no ambiente 0 MPa.

Os dados do crescimento de estruturas embrionárias, avaliado pelos comprimentos da raiz, parte aérea e plântula no 4º e no 7º dias após a instalação do teste, estão indicados nas TABELAS 5, 6 e 7. Essas avaliações foram realizadas em todos os indivíduos, independentemente de serem classificados como normais, anormais ou mortos, evitando-se que a interpretação, baseada exclusivamente em plântulas normais, pudesse não estimar o desempenho relativo dos tratamentos.

Os comprimentos da raiz, parte aérea e plântula apresentaram, tanto nas amostras que sofreram as irradiações como no controle, redução

TABELA 1 - Teor de água das sementes em função dos tratamentos.

Tratamentos	Teor de água(%)
CT	13,0 A
UE	13,5 A
TH	13,3 A
Média	13,3

Comparação de médias: Tukey 5%.

TABELA 2 - Número de sementes com raiz emitida no 4º e 7º dias após a instalação do teste de germinação, em função dos ambientes (disponibilidade hídrica) e dos tratamentos (irradiação).

Dias após a instalação	Ambientes (MPa)	Tratamentos			Médias
		CT	UE	TH	
4	0	9,4 Aa	9,2 Aa	9,4 Aa	9,3
	-0,3	7,9 Aab	8,9 Aa	7,2 Bb	8,0
	-0,6	2,1 Ba	2,1 Ba	1,2 Ca	1,8
	-0,9	1,1 Ba	0,5 Ca	0,5 Ca	0,7
	Médias	5,1	5,2	4,6	4,0
7	0	9,4 Aa	9,4 Aa	9,5 Aa	9,4
	-0,3	9,0 Aa	9,2 Aa	9,2 Aa	9,2
	-0,6	8,2 Aa	7,5 Ba	6,7 Ba	7,5
	-0,9	3,6 Ba	3,2 Ca	2,5 Ca	3,1
	Médias	7,6	7,3	7,0	7,3

Comparação de médias (Tukey 5%): letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha.

de valores acompanhando a diminuição do potencial hídrico ambiental. Esses resultados concordam, genericamente, com as afirmações de MAGALHÃES & CARELLI (1972), EL-SHARKAWI & SPRINGEL (1977) e SILVA (1989).

A determinação do volume das raízes consistiu na avaliação do desenvolvimento do

sistema radicular após 15 dias da instalação da germinação (TABELA 8). As indicações obtidas sugeriram desempenhos inversamente dependentes da disponibilidade hídrica e independentes da interferência do ultra-som.

Assim, embora a análise estatística não tenha detectado efeitos evidentes das irradiações

TABELA 3 - Velocidade de emergência da raiz em função dos ambientes (disponibilidade hídrica) e dos tratamentos (irradiação).

Ambientes (MPa)	Tratamentos			Médias
	CT	UE	TH	
0	18,75 Aa	18,64 Aa	18,89 Aa	18,76
-0,3	17,03 Ba	18,17 Aa	15,03 Aa	16,74
-0,6	11,25 Ba	10,39 Ba	8,78 Ba	10,14
-0,9	5,10 Ba	6,50 Ca	3,71 Ca	5,10
Médias	13,03	13,42	11,60	12,68

Comparação de médias (Tukey 5%): letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha.

TABELA 4 - Número de plântulas normais no 7º dia após a instalação do teste de germinação, em função dos ambientes (disponibilidade hídrica) e dos tratamentos (irradiação).

Ambientes (MPa)	Tratamentos			Médias
	CT	UE	TH	
0	8,6 Aa	8,1 Aa	8,0 Aa	8,2
-0,3	7,5 Ba	8,5 Aa	8,0 Aa	8,0
-0,6	0,0 Ca	0,0 Ba	0,0 Ba	0,0
-0,9	0,0 Ca	0,0 Ba	0,0 Ba	0,0
Médias	4,0	4,1	4,0	4,0

Comparação de médias (Tukey 5%): letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha.

TABELA 5- Comprimento de raiz (mm) no 4º e 7º dias após a instalação do teste de germinação, em função dos ambientes (disponibilidade hídrica) e dos tratamentos (irradiação).

Dias após a instalação	Ambientes (MPa)	Tratamentos			Médias
		CT	UE	TH	
4	0	81,5 Aa	88,7 Aa	88,1 Aa	86,1
	-0,3	28,1 Bab	32,5 Ba	24,2 Bb	28,3
	-0,6	4,8 Ca	2,7 Ca	2,7 Ba	3,4
	-0,9	2,4 Ca	2,0 Ca	2,5 Ba	2,3
	Médias	29,2	31,5	29,4	30,3
7	0	183,2 Aa	186,1 Aa	188,4 Aa	185,9
	-0,3	129,7 Ba	144,1 Ba	123,1 Ba	132,3
	-0,6	46,3 Ca	42,8 Ca	37,8 Ca	42,3
	-0,9	13,4 Ca	11,3 Ca	9,1 Da	11,3
	Médias	93,1	96,1	89,6	92,9

Comparação de médias (Tukey 5%): letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha.

empregadas, a observação das tendências dos valores absolutos permite verificar prejuízos de TH, sobre a emergência radicular, e de estímulos de UE ao crescimento da plântula em ambientes

hidricamente deficitários. O fato sugere a existência de variabilidade nos efeitos da irradiação ultrassônica segundo a qualidade, a frequência e a intensidade empregadas.

TABELA 6 - Comprimento de epicótilo (mm) no 4º e 7º dias após a instalação do teste de germinação, em função dos ambientes (disponibilidade hídrica) e dos tratamentos (irradiação).

Dias após a instalação	Ambientes (MPa)	Tratamentos			Médias
		CT	UE	TH	
4	0	33,7 Aa	37,2 Aa	38,3 Aa	36,4
	-0,3	2,5 Ba	3,3 Ba	2,6 Ba	2,8
	-0,6	0,7 Ba	0,6 Ba	0,8 Ba	0,7
	-0,9	1,1 Ba	1,0 Ba	0,9 Ba	1,0
	Médias	9,5	10,5	10,6	10,2
7	0	137,5 Aa	137,8 Aa	138,2 Aa	137,8
	-0,3	36,0 Ba	41,6 Ba	35,0 Ba	37,5
	-0,6	4,7 Ca	3,9 Ca	3,7 Ca	4,1
	-0,9	3,3 Ca	3,0 Ca	3,5 Ca	3,2
	Médias	45,4	46,6	45,1	45,7

Comparação de médias (Tukey 5%): letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha.

TABELA 7 - Comprimentos de plântulas (mm) no 4º e 7º dias após a instalação do teste de germinação, em função dos ambientes (disponibilidade hídrica) e dos tratamentos (irradiação).

Dias após a instalação	Ambientes (MPa)	Tratamentos			Médias
		CT	UE	TH	
4	0	115,2 Aa	126,0 Aa	126,4 Aa	122,5
	-0,3	30,6 Bab	35,8 Ba	26,8 Bb	31,1
	-0,6	5,6 Ba	3,4 Ca	3,5 Ba	4,1
	-0,9	3,5 Ba	3,0 Ca	3,3 Ba	3,3
	Médias	38,7	42,0	40,0	40,2
7	0	320,7 Aa	323,8 Aa	326,4 Aa	323,6
	-0,3	165,7 Ba	185,6 Ba	158,1 Ba	169,8
	-0,6	51,0 Ca	46,7 Ca	41,4 Ca	46,4
	-0,9	16,3 Ca	14,3 Ca	12,6 Ca	14,4
	Médias	138,4	142,6	134,6	138,5

Comparação de médias (Tukey 5%): letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha.

TABELA 8- Volume das raízes (ml) no 15º dia após a instalação do teste de germinação, em função dos ambientes (disponibilidade hídrica) e dos tratamentos (irradiação).

Ambientes (MPa)	Tratamentos			Médias
	CT	UE	TH	
0	1,3 Aa	1,4 Aa	1,7 Aa	1,4
-0,3	1,3 Aa	1,3 Aa	1,3 Aa	1,3
-0,6	0,6 Ba	0,7 Ba	0,7 Ba	0,7
-0,9	0,4 Ba	0,3 Ca	0,3 Da	0,3
Médias	0,9	0,9	1,0	0,9

Comparação de médias (Tukey 5%): letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha.

### CONCLUSÕES

1. O tratamento com ultra-som, em baixas intensidades, não influencia, marcadamente, os fenômenos envolvidos na germinação de sementes de milho.
2. A taxa de absorção de água pelas sementes, durante o tratamento com ultra-som de baixa intensidade, não é alterada.

### AGRADECIMENTOS

Aos Professores Drs. Luiz Romariz Duarte e Ruth de Gouvêa Duarte, da EESC/USP, pela cessão dos aparelhos de ultra-som utilizados, orientação e apoio durante o desenvolvimento do trabalho e, ao Dr. Luiz Alberto Rocha Batista, da EMBRAPA/UEPAE SÃO CARLOS, pela realização das análises estatísticas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. M. Efeitos da energia ultra-sônica na regeneração de pele animal com queimadura por calor. São Carlos, 1988. 79p. Dissertação (Mestrado)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Regras para análise de sementes, Brasília, SMDA/DNFV/CLV, 1992. 365p.
- BUSNEL, R.; OBOLENSKY, G. Action des ultrasons sur la vitesse de germination et la croissance de l'orge. *Comptes Rendus de L'Academie de Sciences*, v.239, p.777, 1954.
- BUSNEL, R.; OBOLENSKY, G. Etude microcalorimetrique de l'acceleration de la germination des graines traitees aux ultrason. *Comptes Rendus de L'Academie de Sciences*, v.240, p.1358, 1955.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 429p.
- DUARTE, L.R. The stimulation of bone growth by ultrasound. *Archives of Orthopaedic and Traumatic Surgery*, v. 101, p. 153-9, 1983.
- EL-SHARKAWI, H. M.; SPRINGEL, I. Germination of some crop seeds under reduced water potencial. *Seed Science and Technology*, v.5, p.677-88, 1977.
- HADAS, A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solutions. *Journal of Experimental Botany*, v. 27, p. 480-9, 1976.
- HASKEL, G.; SELMAN, G. G. Studies with sweet corn: III. The primary effects of treating seeds with ultrasonics. *Plant and Soil II*, p.359-73, 1950.
- HUNTER, J. R.; ERICKSON, A. E. Relation of seed germination to soil moisture tension. *Agronomy Journal*, v.44, p.107-9, 1952.
- LABOURIAU, L. G. A germinação de sementes. Washington: OEA, 1983.174p.
- MAGALHÃES, A. C.; CARELLI, M. L. Germinação de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) sob condições variadas de pressão osmótica. *Bragantia*, v.31, p.XIX-XXVI, 1972.
- MICHEL, B. E.; KAUFMAN, M. E. The osmotic potencial of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, v.51, p.914-6, 1973.
- MILLER, D. L. The botanical effects of ultrasound: a review. *Environmental and Experimental Botany*, v.23, p.1-27, 1983.
- PHILLIPS, R. E. Water diffusivity of germinating soybean, corn and cotton seed. *Agronomy Journal*, v.60, p.568-70, 1968.
- SILVA, W. R. Relações entre disponibilidade de água, tratamento fungicida e germinação de sementes de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1989. 113p. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SILVA, W. R.; MARCOS FILHO, J. Avaliação da embebição e do desenvolvimento inicial das estruturas embrionárias de sementes de milho submetidas a diferentes potenciais hídricos. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Quiros"*, v.47, parte 2, p.335-359, 1990a.
- SILVA, W. R.; MARCOS FILHO, J. Estudo comparativo entre o desenvolvimento de plântulas de milho após período de exposição a vários potenciais hídricos. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Quiros"*, v.47, parte 2, p.361-387, 1990-b.

---

Recebido para publicação em 28.05.95  
Aceito para publicação em 28.07.95