

ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

MODELAMENTO DA PERDA DE QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA, EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES INICIAIS E DA ATMOSFERA NO ARMAZENAMENTO

Paulo César Afonso Júnior¹, Paulo César Corrêa² & Daniel Marçal de Queiroz³

RESUMO

Com o objetivo de se prever o potencial germinativo de sementes de soja durante o armazenamento, foi conduzido um experimento com sementes da variedade Santa Rosa, com umidade inicial 0,333 (base seca), que passaram por um processo de secagem a temperatura de 30 °C e 40 % de umidade relativa, até atingirem os teores de umidade de 0,111, 0,176 e 0,250 base seca. As sementes foram acondicionadas em sacos de papel e mantidas em diferentes temperaturas de armazenagem (5, 10, 20 e 30 °C) e sua viabilidade foi avaliada depois da secagem e a cada 10 dias, durante 60 dias, empregando-se o teste-padrão de germinação. De maneira geral, para a maioria dos testes a temperatura e o teor de umidade afetaram a germinação das sementes de soja, durante o período de armazenamento, porém para as temperaturas de armazenagem de 5 e 10 °C, as sementes mantiveram a viabilidade em níveis satisfatórios, independente do teor de umidade do produto. Os resultados experimentais de germinação foram avaliados ajustando-se os modelos matemáticos: exponencial e probabilístico. Os resultados obtidos neste trabalho permitiram concluir-se que a temperatura e o teor de umidade das sementes afetam a germinação das sementes de soja, durante o período de armazenamento, e que o modelo exponencial foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais.

Palavras-chave: soja, germinação, modelos matemáticos

MODELING OF QUALITY LOSS OF SOYBEAN SEEDS AS A FUNCTION OF INITIAL CONDITIONS AND OF STORAGE ATMOSPHERE

ABSTRACT

In order to predict the germination potential of soybean seeds of the Santa Rosa variety during storage, an experiment was conducted. The seeds with initial moisture content of 0.333 (dry basis) were dried under an air temperature of 30 °C and relative humidity of 40% until the moisture content of 0.111; 0.176 and 0.250 (dry basis) were reached. The seeds were conditioned in paper bags and maintained under different storage temperatures (5, 10, 20 and 30 °C). The seed viability was evaluated just after drying and every 10 days, during 60 days, applying the standard germination test. In general, for the majority of the tests, the temperature and the moisture content affected the seed germination during the storage period. However, for the storage temperatures of 5 and 10 °C the seeds maintained the viability at satisfactory levels, independently of the moisture content of the product. The experimental results of germination were evaluated by adjusting the data to the exponential and probit mathematical models. The results obtained in this work lead to the conclusion that the temperature and the moisture content of the stored soybean seeds affect their germination and that the exponential model better fits the experimental data.

Key words: soybean, germination, mathematical models

Recebido em 24/03/2000, Protocolo 032/00

¹ Eng. Agrícola, M.S., Doutorando, DEA-UFV, CEP 36571-000, Viçosa, MG. Fone: (0xx31) 3891 2270. E-mail: pjunior@alunos.ufv.br

² Eng Agr., D.S., Professor Adjunto, DEA-UFV, Viçosa, MG. Fone: (0xx31) 3891 2270, Fax: (0xx31) 3899 2735. E-mail: copace@mail.ufv.br

³ Eng Agrícola, Ph.D., Professor Adjunto, DEA-UFV, Viçosa, MG. Fone: (0xx31) 3899 1882. E-mail: queiroz@mail.ufv.br

INTRODUÇÃO

Entre as diversas espécies agrícolas produzidas no mundo, a soja ocupa posição de destaque, no tocante à alimentação humana e animal, por se tratar de uma importante fonte de proteína e óleo vegetal. A evolução dos processos de industrialização, criando novos derivados, foi a principal responsável pelo considerável aumento da demanda pelo produto, ressaltando-se que a sua produção mundial atual se encontra em torno de 154 milhões de toneladas por ano e que o Brasil ocupa a segunda posição em quantidade produzida, sendo superado apenas pelos EUA. O crescente aumento da produção de soja se deve principalmente à substancial elevação da produtividade da cultura, cuja média foi, em 1985, de 1.800 kg ha⁻¹, atingindo em torno de 2.400 kg ha⁻¹ no ano agrícola de 1998/99 (CONAB, 1999).

Dentre os vários insumos que contribuíram para este aumento da produtividade da cultura da soja, observa-se à importância das sementes, por seu excelente papel como insumo portador de tecnologia.

Na produção de sementes de alta qualidade, além das normas da condução das lavouras deve-se destacar a magnitude dos cuidados nas fases de colheita, processamento e armazenamento. O controle eficiente durante a produção, colheita e processamento, permitem a obtenção de sementes de melhor qualidade, enquanto o armazenamento adequado favorecerá a manutenção desta qualidade.

O processo de deterioração e a conseqüente redução da qualidade em sementes de soja resultam da complexa interação de alterações físicas, fisiológicas e sanitárias e as condições de armazenamento são determinantes para garantia da qualidade fisiológica das sementes; embora a sua qualidade não possa ser melhorada, boas condições durante esse período contribuirão para a manutenção da viabilidade por tempo mais longo, retardando o processo de deterioração (Sediyama et al., 1981) o que faz com que os produtores de sementes se preocupem com a utilização de técnicas que propiciem uma minimização dos fatores de deterioração que possam comprometer sua qualidade.

Os mecanismos envolvidos na deterioração das sementes ainda são pouco conhecidos. Delouche & Baskin (1973) sugerem uma seqüência de mudanças durante a deterioração, a qual se inicia com a degradação de membranas, passando por etapas onde ocorrem a redução do potencial de armazenamento, o decréscimo na velocidade de germinação e na emergência de plântulas e o aumento da ocorrência da plântulas anormais, sendo que neste processo a perda da germinação é o último acontecimento que precede a morte das sementes.

Segundo Neergaard (1977) a longevidade das sementes de soja durante o armazenamento, dependerá da umidade relativa do local e da própria umidade das sementes, devido à sua característica de higroscopicidade; já Carvalho & Nakagawa (1988) relatam que a umidade do ar intergranular e a temperatura, são fatores determinantes da qualidade fisiológica da semente durante o período de armazenamento, e que a umidade relativa do ar, estritamente relacionada ao teor de umidade da semente, influenciará nos diferentes processos metabólicos que podem ocorrer na semente.

A ação combinada da temperatura com o teor de umidade das sementes exerce profundo efeito sobre a manutenção da qualidade do produto; diversos estudos têm mostrado que sementes com elevado teor de umidade podem ser armazenadas por longos períodos, quando submetidas a baixas temperaturas, enquanto sementes com baixo teor de umidade exposto a temperaturas de armazenagem mais elevadas, apresentam substancial perda de viabilidade (Bunn et al., 1984; Popinigis, 1985). Torna-se importante, então, ressaltar que o desenvolvimento de insetos e fungos que contribuem para a redução da qualidade da semente, está fortemente relacionado à ação dos fatores temperatura e teor de umidade da massa de sementes (Dhingra, 1985).

Diversas equações têm sido desenvolvidas para prever o potencial de qualidade de produtos agrícolas durante o armazenamento, dentre as quais as mais utilizadas são: os modelos exponencial e probabilístico (Brooker et al., 1992; Sokhansanj, 1997). O objetivo deste trabalho foi avaliar, experimentalmente, durante o período de 60 dias, as alterações na viabilidade de sementes de soja armazenadas sob diversas combinações de temperatura e teor de umidade da semente e ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição dos modelos

Modelo exponencial: Sokhansanj (1997) cita que as alterações na qualidade de produtos agrícolas podem ser preditas utilizando-se um modelo cinético:

$$-\frac{\partial q}{\partial t} = k \cdot q^m \quad (1)$$

em que :

- q - característica de qualidade
- t - tempo
- k - parâmetro que depende das características do produto
- m - parâmetro que depende da natureza do produto.

Schreiber et al. apud Sokhansanj (1997) com base em dados experimentais verificaram não ser significativa a contribuição do parâmetro m, por representar um valor muito pequeno reduzindo, portanto, a Eq. 1 à seguinte expressão:

$$-\frac{\partial q}{\partial t} = k (T, U) \quad (2)$$

em que:

- T - temperatura do produto, °C
- U - teor de umidade do produto, base seca, decimal.

A característica de qualidade q pode representar, entre outros, o potencial de germinação de um lote de sementes e o parâmetro k obtido experimentalmente em função das variáveis temperatura e teor de umidade para cada produto. Supondo-se

o parâmetro q como sendo o potencial de germinação de um lote de sementes e se admitindo que as variáveis temperaturas e teor de umidade permanecem constantes ao longo do período de tempo, tem-se que:

$$-\int_{G_0}^G \partial G = k(T, U) \int_{t_0}^t \partial t \Rightarrow G = G_0 - [k(T, U) \cdot (t - t_0)] \quad (3)$$

em que:

- G - germinação das sementes, %
- G₀ - germinação das sementes no início do período de armazenamento, %
- t - tempo de armazenamento, dias
- t₀ - tempo do início do armazenamento do produto, dias

Modelo probabilístico: Diversos autores observaram que a frequência de indivíduos mortos em um lote de sementes segue uma distribuição normal ao longo do tempo, quando estas se encontram em ambiente com condições controladas (Ellis & Roberts, 1980a; Lescano & Tyrrell, 1987; Nellist & Bruce, 1987; Tang & Sokhansanj, 1993); entretanto, a probabilidade acumulada de sementes mortas aumenta com o aumento do tempo de exposição, podendo ser esta relação expressa por:

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-(t-t')^2/2\sigma^2} dt \quad (4)$$

em que:

- F(t) - função de probabilidade acumulada
- σ - desvio-padrão da distribuição de sementes mortas
- t' - período médio de viabilidade, dias.

O período médio de viabilidade (t') é definido como o tempo médio para que um lote de sementes atinja 50 % de mortalidade (Roberts, 1960; Nellist, 1981).

A expectativa de germinação de um lote de sementes, em porcentagem, pode ser representada da seguinte forma:

$$G = 100 \cdot [1 - F(t)] = \frac{100}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} e^{-(t-t')^2/2\sigma^2} dt \quad (5)$$

Sendo a germinação uma variável aleatória com distribuição normal, a expectativa de germinação de um lote de sementes armazenadas em condições de ambiente controlado pode ser transformada por uma variável Z (média 0 e desvio-padrão 1) em uma distribuição normal reduzida, cujas probabilidades associadas se encontram tabeladas (Beyer, 1974), ou seja:

$$G = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z e^{-Z^2/2} dZ \quad (6)$$

em que:

$$Z = \frac{(t'-t)}{\sigma} \quad (7)$$

A variável Z pode ser, ainda, representada como:

$$Z = Z_0 - \frac{t}{\sigma} \quad (8)$$

em que Z₀ expressa o valor da variável Z correspondente à expectativa de germinação no início do período de armazenamento (t = 0); portanto, Z varia linearmente com o tempo de armazenagem e com inclinação de -1/σ.

Ellis & Roberts (1980b) determinaram o valor de σ da Eq. 8 como função da temperatura e do teor de umidade das sementes sugerindo, para aproximação do valor de σ, a seguinte expressão:

$$\ln(\sigma) = C_1 - C_2 \cdot \ln(U) - C_3 \cdot T - C_4 \cdot T^2 \quad (9)$$

em que:

C₁...C₄ - constantes que dependem do produto.

Experimentação

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Pré-Processamento e Armazenagem de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, localizado em Viçosa, MG, no período de janeiro a julho de 1999.

Foram utilizadas sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill) cultivar Santa Rosa, que foram colhidas e debulhadas manualmente, com teor inicial de umidade de 0,333 (base seca). Durante o processo de debulha manual, as sementes imaturas, deterioradas ou danificadas, foram eliminadas para se obter um material mais homogêneo e de melhor qualidade.

O teor de umidade inicial das sementes foi determinado pelo método padrão da estufa, 105 ± 3 °C, durante 24 h, com três repetições, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992); já o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, num esquema fatorial 4 x 3 x 7, com quatro níveis de temperatura de armazenagem (5, 10, 20 e 30 °C), três níveis de teor de umidade da semente (0, 111, 0,176 e 0,250 b.s.) e sete níveis de períodos de armazenagem (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) em triplicata.

A secagem das sementes, a temperatura de 30 °C por não causar danos ao produto (Popinigis, 1985; Carvalho & Nakagawa, 1988) foi realizada utilizando-se uma condicionadora de atmosfera "Aminco-Aire", dotada de dispositivos para controle da temperatura e da umidade relativa, 40%, do ar de secagem, enquanto o fluxo de ar foi monitorado com auxílio de anemômetro de lâminas rotativas e mantido constante em aproximadamente 10 m³ min⁻¹ m⁻². A umidade relativa do ar de secagem utilizada foi selecionada por não promover uma taxa de secagem capaz de alterar as características físicas e fisiológicas das sementes, prejudicando seu potencial germinativo (Delouche & Baskin, 1973; Brooker et al., 1992).

Durante a operação de secagem realizaram-se pesagens periódicas das amostras, até se atingir os teores de umidade final preestabelecidos; após a secagem, cada lote de sementes foi mantido em dessecador, até atingir a temperatura ambiente, quando então era dividido em sete subamostras e acondicionadas em sacos de papel multifoliados, sendo uma subamostra destinada ao teste de germinação e as demais armazenadas em incubadoras (B.O.D.) com temperatura controlada de 5, 10, 20 e 30 °C.

Em períodos decendiais, durante dois meses, amostras de sementes eram retiradas para realização do teste de germinação, com o objetivo de se quantificar a viabilidade dos lotes de sementes de soja.

Os testes de germinação foram realizados conforme os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). Para cada repetição dos tratamentos foram utilizadas quatro lotes de 50 sementes, enquanto para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais obtidos, realizou-se análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, utilizando-se o programa computacional STATISTICA 5.0. Estimaram-se os valores dos parâmetros dos modelos, em função das variáveis independentes temperatura e teor de umidade do produto.

O grau de ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, baseou-se na magnitude do coeficiente de determinação ajustado (variância explicada) na significância dos coeficientes de regressão, na magnitude do erro médio relativo e na análise do comportamento da distribuição dos resíduos.

O erro médio relativo (ER) para cada modelo, foi calculado conforme descrito a seguir:

$$ER = \frac{100}{n} \cdot \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (10)$$

em que:

- ER - erro médio relativo, %
- n - número de observações
- Y - valor observado experimentalmente
- \hat{Y} - valor calculado pelo modelo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste-padrão de germinação foi sensível em detectar diferenças entre as temperaturas de armazenamento de sementes de soja com teores de umidade de 0,111, 0,176 e 0,250 b.s., durante o período de armazenagem.

Tabela 2. Parâmetros dos modelos ajustados para se calcular a germinação (G) de sementes de soja em função do tempo de armazenamento (t), temperatura (T) e teor de umidade (U) com os respectivos coeficientes de determinação ajustados (R²), porcentagem de erro médio relativo (ER) e comportamento da distribuição do resíduo

Modelo e Parâmetro	R ²	ER	Distribuição do Resíduo
Exponencial $G = 93,73 - \{t \cdot [\exp(-8,6175 + 0,1532 T + 16,8488 U)]\}$	0,9874	1,8543	aleatória
Probabilístico $\ln(\sigma) = 4,1054 - 1,2673 \cdot \ln(U) - 0,0164 \cdot T - 0,0020 \cdot T^2$	0,7879	5,2979	tendenciosa

Na Tabela 1 é apresentado o resumo da análise de variância da germinação de sementes de soja armazenadas; aqui, nota-se que houve efeito significativo da temperatura de armazenagem, teor de umidade da semente e período de armazenagem, concordando com as afirmações feitas por Neergaard (1977) e Bunn et al. (1984); observa-se, também, que houve interação significativa de todos os fatores estudados.

Tabela 1. Resumo da análise de variância da germinação (%) de sementes de soja

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios
Temperatura de armazenagem (T)	3	3.318,8700 **
Teor de umidade (U)	2	1.999,4310 **
Período de armazenagem (P)	6	646,5003 **
T x U	6	1.263,3810 **
T x P	18	356,2709 **
P x U	12	233,4677 **
T x U x P	36	139,0307 **
Resíduo	168	0,4545
Média Geral		88,34
Coefficiente de Variação (%)		0,76

** Significativo a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

O resumo dos modelos ajustados por meio de regressão não linear aos dados experimentais de germinação de sementes de soja, considerando-se a temperatura e o teor de umidade do produto como variáveis independentes, é apresentado na Tabela 2, observa-se que o modelo exponencial foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais de germinação das sementes de soja, com um elevado coeficiente de determinação ajustado (98,74%), baixa porcentagem média de erro relativo (1,8543) e distribuição aleatória dos resíduos, apresentando melhor comportamento para representar a viabilidade de sementes de soja durante o período de armazenamento. Na Figura 1 (A e B) são apresentados os gráficos de correspondência para os dois modelos estudados, para representar a viabilidade das sementes de soja durante o armazenamento; esses gráficos indicam o ajustamento dos modelos, ou seja, a dispersão dos dados experimentais em relação aos dados estimados, considerando-se todos os dados obtidos durante o experimento.

Verifica-se que, para o modelo probabilístico, houve tendência mais acentuada de dispersão dos valores calculados e, de modo geral, de superestimar os valores experimentais para representação da perda de viabilidade das sementes de soja porém, considerando-se a natureza aleatória da mortalidade das sementes, o baixo coeficiente de determinação para a expressão do desvio-padrão (σ) e a magnitude da porcentagem média de erro relativo (5,2979) pode-se considerar, como satisfatórios,

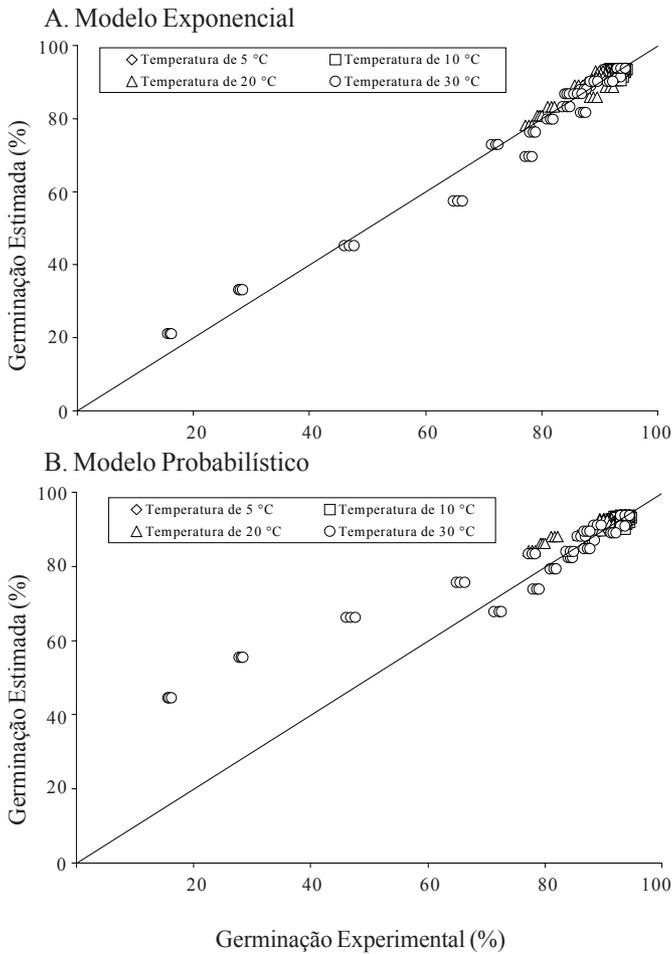


Figura 1. Relação entre valores experimentais e calculados para germinação de sementes de soja, com o emprego dos modelos Exponencial (A) e Probabilístico (B)

os valores estimados pelo modelo, uma vez que esses valores refletem a tendência geral de que as variáveis temperatura e teor de umidade afetam a germinação de sementes de soja durante o armazenamento.

Na Figura 2 (A, B e C) tem-se os gráficos de superfície de resposta dos valores estimados pelo modelo exponencial, por representarem melhor a viabilidade das sementes de soja durante o armazenamento, e os valores médios dos dados obtidos experimentalmente; assim, observa-se, nestas figuras, que o potencial de germinação das sementes de soja diminui com o aumento da temperatura de armazenagem e do teor de umidade das sementes, para as condições em que o trabalho foi realizado, concordando com afirmações descritas por alguns autores (Delouche et al., 1973; Carvalho & Nakagawa, 1988).

Os resultados evidenciam a tendência natural de redução do potencial de germinação das sementes ao longo do armazenamento, sendo esta redução menos intensa nas sementes armazenadas com teores de umidade e temperaturas menores. Os melhores resultados foram obtidos para sementes com umidade de 0,111 b.s. armazenadas a temperatura de até 20 °C.

Observa-se, ainda na Figura 2 (A, B e C), que sementes com teores de umidade mais elevados (0,176 e 0,250 b.s.) foram mais afetadas por temperaturas de armazenagem mais elevadas (20 e

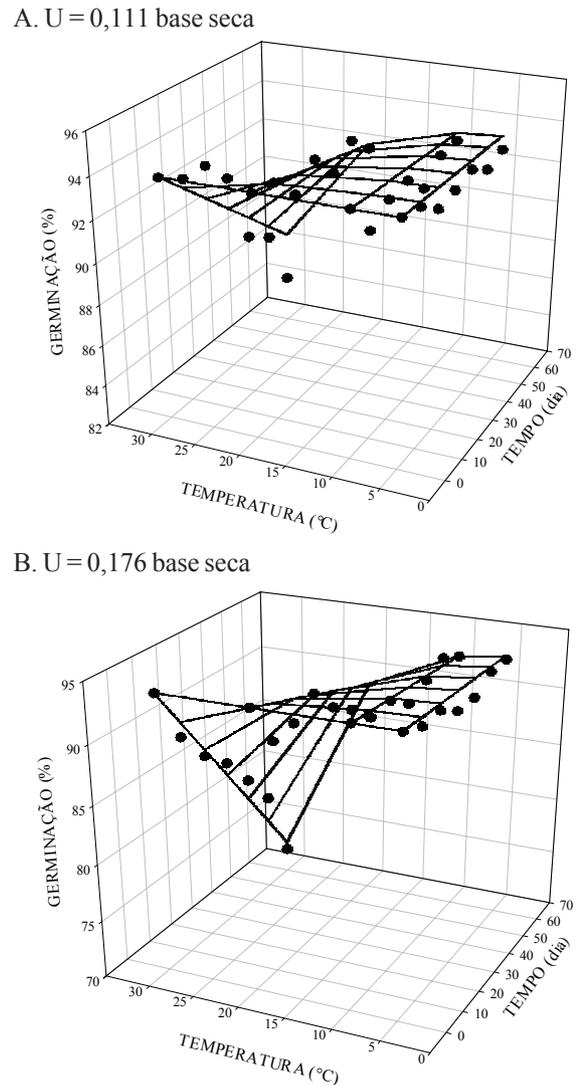


Figura 2. Superfícies de resposta de valores experimentais e estimados pelo modelo exponencial, para germinação de sementes de soja, em função da temperatura e do tempo de armazenagem, para diferentes teores de umidade (A) 0,111, (B) 0,176 e (C) 0,250

30 °C); entretanto, pode-se verificar que os valores de germinação para sementes de soja armazenadas a temperatura de 30 °C foram decrescentes e expressivamente menores para todos os níveis de teores de umidade estudados, ao longo do período de armazenagem, quando comparados aos valores de germinação obtidos para as demais temperaturas.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

1. A temperatura, o teor de umidade das sementes e suas interações, afetaram a germinação das sementes de soja, durante o período de armazenamento.
2. O armazenamento potencializou a redução da viabilidade das sementes submetidas a temperaturas mais elevadas (20 e 30 °C) principalmente para os teores de umidade de 0,176 e 0,250 b.s.
3. Sementes com elevado teor de umidade (0,250 b.s.) mostraram-se mais suscetíveis à perda da viabilidade durante o período de armazenamento, exceto para as temperaturas de 5 e 10°C.
4. O modelo exponencial foi o que melhor representou os dados experimentais, quando comparado com o modelo probabilístico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP/RECOPE, pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEYER, W.H. Handbook of tables for probability and statistics. Cleveland: The Chemical Rubber Company, 1974. 642p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds. New York: AVI Publishing, 1992. 450p.
- BUNN, J.M.; SPRAY, R.A.; KINGSLAND, G.C. Viability of soybeans in storage. Clemson: American Society of Agricultural Engineers, 1984. 11p. Paper, 84-3570.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: Ciência, tecnologia e produção. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Indicadores da agropecuária, Brasília. ano VIII, n.11, p.5-6, 1999.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. Seed Science and Technology, Zurich. v.1, n.2, p.427-452. 1973.
- DELOUCHE, J.C.; MATTHES, R.K.; DOUGHERTY, G.M. Storage of seed in sub-tropical and tropical regions. Seed Science and Technology, Zurich. v.1, n.3, p.671-700. 1973.
- DHINGRA, O.D. Prejuízos causados por microrganismos durante o armazenamento de sementes. Revista Brasileira de Sementes, Brasília. v.7, n.1, p.139-145. 1985.
- ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. Annals of Botany, London. v.45, n.1, p.13-30. 1980a.
- ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. The influence of temperature and moisture on seed viability period in barley (*Hordeum distichum* L.). Annals of Botany, London. v.45, n.1, p.31-37. 1980b.
- LESCANO, C.L.; TYRRELL, D.E. Change in viability of maize during high-temperature drying. Drying Technology, New York, v.5, n.4, p.497-510. 1987.
- NEERGAARD, P. Seed Pathology. London: MacMillan, 1977. 838p.
- NELLIST, M.E. Predicting the viability of seeds dried with heated air. Seed Science and Technology, Zurich. v.9, n.2, p.439-455. 1981.
- NELLIST, M.E.; BRUCE, D.M. Drying and cereal quality. Aspects of Applied Biology, Wellsbourne. v.15, p.439-456. 1987.
- POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.
- ROBERTS, E.H. The viability of cereal seed in relation to temperature and moisture. Annals of Botany, London. v.24, n.93, p.12-31. 1960.
- SEDIYAMA, T.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, T. Produção de sementes de soja em Minas Gerais: Considerações técnicas. Viçosa: UFV, 1981. 61p.
- SOKHANSANJ, S. Through-flow dryers for agricultural crops. In: BAKER, C.G.J. (ed.) Industrial Drying of Foods. London: Blackie Academic & Professional, 1997. 309p.
- TANG, J.; SOKHANSANJ, S. Drying parameter effects on lentil seed viability. Transaction of the ASAE, St. Joseph. v.36, n.3, p.855-861. 1993.