

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE SANITÁRIA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE FEIJÃO, COM DIFERENTES GRAUS DE UMIDADE, EM
ARMAZENAMENTO HERMÉTICO A TEMPERATURAS CONSTANTES**

**Fabiana Gonçalves Francisco
Engenheira Agrônoma**

**Campinas – SP
Fevereiro 2001**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE SANITÁRIA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE FEIJÃO, COM DIFERENTES GRAUS DE UMIDADE, EM
ARMAZENAMENTO HERMÉTICO A TEMPERATURAS CONSTANTES**

Fabiana Gonçalves Francisco
Orientada

Dr. Roberto Usberti
Orientador

**Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da
Universidade Estadual de Campinas, em cumprimento parcial aos
requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola,
na área de concentração em Tecnologia Pós-Colheita.**

**Campinas - SP
Fevereiro 2001**

DEDICATÓRIA

*Ao meus Pais
pelo apoio, dedicação e incentivo para vencer os desafios.*

*Ao Alexandre,
por todo amor, carinho e compreensão.*

AGRADECIMENTOS

"Nunca poderemos ser suficientemente gratos a Deus, a nossos pais e a nossos mestres"

(Aristóteles)

À Universidade Estadual de Campinas e a Faculdade de Engenharia Agrícola, em especial ao Departamento de Pós-Colheita, pelo treinamento proporcionado;

Ao meu orientador Dr. Roberto Usberti tanto pela orientação e apoio como pela amizade conquistada ao longo deste trabalho;

Aos membros da Banca Examinadora, Prof. Benedito Carlos Benedetti, Prof. José Jorge Tadeu e Dra. Priscila Fratin Medina pela colaboração;

À minha família, meu irmão, sobrinho e cunhada que sempre me apoiaram;

Ao CNPq (Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de mestrado;

Aos funcionários da secretaria de Pós-Graduação pelo suporte e amizade;

A CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) pela disponibilidade de suas instalações no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Sementes e Mudas e Matrizes, e em especial aos funcionários do Laboratório, pela ajuda nos trabalhos, pela simpatia e agradável convivência;

Ao ITAL/CETEA (Instituto de Tecnologia de Alimentos; Centro de Tecnologia de Embalagem) pelas determinações de atividade de água das sementes;

Aos colegas Michelle, João Carlos e João Parisi que colaboraram para a realização deste trabalho;

Aos grandes amigos Brod, Madalena, Jussara, Rosa, Luciana e Cibele pela amizade e ajuda prestada;

Ao Dr. Sérgio A. Carbonell e Dr. Sidney Pompeo por fornecer todo o feijão para a execução deste trabalho;

À todos que direta ou indiretamente contribuem em todas as formas com o meu eterno aprendizado de vida;

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMO.....	x
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Fatores que afetam a qualidade das sementes.....	4
3.2 Grau de umidade.....	6
3.3 Microrganismos associados às sementes de feijão	9
3.4 Teste para avaliar a qualidade fisiológica das sementes	14
3.5 Teste para avaliar a qualidade sanitária das sementes	14
IV. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1 Escolha do cultivar	15
4.2 Acondicionamento e armazenamento	15
4.3 Local de execução	16
4.4 Determinação do grau de umidade	16
4.5 Teste de germinação	17
4.6 Teste de sanidade.....	17
4.7 Delineamento estatístico.....	18
V. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1 GERMINAÇÃO	19
5.2 INCIDÊNCIA DE FUNGOS.....	28

5.2.1	<i>Fungos totais</i>	28
5.2.2	<i>Alternaria spp.</i>	36
5.2.3	<i>Aspergillus spp.</i>	39
5.2.4	<i>Fusarium spp.</i>	43
5.2.5	<i>Penicillium spp.</i>	46
5.2.6	<i>Rhizoctonia spp.</i>	49
5.3	ARMAZENAMENTO ABERTO.....	53
5.3.1	<i>Condições ambientais</i>	53
5.3.2	<i>Incidência de fungos e porcentagens de germinação</i>	53
VI.	CONCLUSÕES	57
	ABSTRACT	59
	BIBLIOGRAFIA	61

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Análise estatística das porcentagens médias de germinação normal e botânica, detectadas em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade. As porcentagens apresentando letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade. 27

Tabela 2. Análise estatística das incidências de fungos em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente a 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade. As incidências apresentando letras iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade. 35

Tabela 3. Valores médios de temperatura e de umidade relativa do ar registrados em armazenamento aberto no Laboratório de Sementes da FEAGRI, UNICAMP, Campinas, SP, no período de fevereiro a novembro de 2000. T = temperatura (°C), UR = umidade relativa (%), T max; T min = temperaturas máxima e mínima. 54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Germinação normal de sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade (A, B, C, D, respectivamente).	21
Figura 2. Germinação normal de sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2; 18,5% de umidade e à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).	22
Figura 3. Germinação botânica de sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade (A, B, C, D, respectivamente).	23
Figura 4. Germinação botânica de sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade e à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).	24
Figura 5. Incidência de fungos em sementes de feijão, com 10,2% de umidade e armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C e D, respectivamente).	28
Figura 6. Incidência de fungos em sementes de feijão, com 13,1% de umidade e armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C e D, respectivamente).	30
Figura 7. Incidência de fungos em sementes de feijão, com 16,2% de umidade e armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C A, B, C e D, respectivamente.	31
Figura 8. Incidência de fungos em sementes de feijão, com 18,5% de umidade e armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C e D, respectivamente).	32
Figura 9. Incidência de <i>Alternaria</i> spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade (A, B, BC, D, respectivamente).	37
Figura 10. Incidência de <i>Alternaria</i> spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade e à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).	38
Figura 11. Incidência de <i>Aspergillus</i> spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade (A, B, C, D, respectivamente).	41
Figura 12. Incidência de <i>Alternaria</i> spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade e à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).	42
Figura 13. Incidência de <i>Fusarium</i> spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade (A, B, C, D, respectivamente).	44
Figura 14. Incidência de <i>Fusarium</i> spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade e à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).	45

- Figura 15. Incidência de *Penicillium* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade (A, B, C, D, respectivamente). 47
- Figura 16. Incidência de *Penicillium* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade e à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente). 48
- Figura 17. Incidência de *Rhizoctonia* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade (A, B, C, D, respectivamente). 51
- Figura 18. Incidência de *Rhizoctonia* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade e à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente). 52
- Figura 19. Porcentagens de incidência de fungos e de germinação de sementes de feijão (A e B, respectivamente), armazenadas em condições ambientais na região de Campinas, SP. 55

RESUMO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE SANITÁRIA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO, COM DIFERENTES GRAUS DE UMIDADE, EM ARMAZENAMENTO HERMÉTICO A TEMPERATURAS CONSTANTES

Autora: Fabiana Gonçalves Francisco

Orientador: Roberto Usberti

Neste experimento foi avaliada a qualidade fisiológica e os fungos presentes em sementes de feijão do cultivar IAC Carioca ETÉ, armazenadas hermeticamente em embalagens de alumínio e à quatro graus de umidade (10,2; 13,1; 16,2; 18,5%) e a quatro temperaturas (25, 30, 35, 40°C). O grau de umidade das sementes foi determinado a 105°C±3/24h e 130°C±3/2h. A atividade de água foi obtida em aparelho DECAGON, à 25°C±0,3. O teste de germinação foi realizado usando-se 4x50 sementes. A condição sanitária foi avaliada através do método de papel de filtro, com 20x10 sementes à 20°C±2. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6x4x4 com parcela subdividida no tempo (época de amostragem, graus de umidade e temperaturas). Os valores de AW para 10,2 e 18,5% de umidade foram de 0,448 e 0,700. O aumento da umidade das sementes acarretou uma redução na sua longevidade, mais pronunciada nas umidades de 16,2 e 18,5%. As temperaturas tiveram um efeito adicional nessa redução. Os fungos *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. foram predominantes em armazenamento hermético a partir de 35°C, quando as incidências foram superiores às dos demais fungos. Com o aumento da umidade das sementes, as maiores incidências de fungos foram registradas em períodos mais curtos de armazenamento. O aumento da temperatura teve efeito adicional no processo. As

umidades mais baixas controlaram a incidência de *Alternaria* spp. à 25 e 30°C; entretanto, nas umidades mais altas, a incidência destes fungos ocorreu mais rapidamente, sempre associadas com as temperaturas mais elevadas. As maiores incidências de *Aspergillus* spp. (20 a 30%) ocorreram a 16,2% e 25°C, 13,1 e 18,5% a 35°C e 10,2% a 40°C. O aumento da umidade acelerou a sua incidência. O fungo *Fusarium* spp. ocorreu principalmente à 35 e 40°C (16,2%). À 10,2% de umidade não ocorreu a incidência do fungo, que se manifestou a partir de 13,1%, com valor máximo (7,5%) à 16,2% e 35 e 40°C. *Penicillium* spp. apresentou as maiores incidências em todas as temperaturas e os maiores valores (80 a 100%) ocorreram à 30 e 35°C, sempre associados com a umidade mais elevada (18,5%). O aumento da temperatura acelerou a sua incidência, enquanto que a redução de umidade nas sementes reduziu-a para 25%. A melhor temperatura para a incidência do fungo situou-se na faixa de 30-35°C. As maiores incidências (8-10%) de *Rhizoctonia* spp. ocorreram à 16,2 e 18,5% de umidade e à 30, 35 e 40°C. A ocorrência do fungo foi restringida à 25°C, mas o aumento na temperatura acelerou sua incidência. As porcentagens de germinação botânica em armazenamento aberto mantiveram-se praticamente inalteradas durante todo o experimento, enquanto que as de germinação normal mostraram alterações no período. Em armazenamento aberto, houve também uma predominância na incidência de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp.

I. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), que dentre as leguminosas comercializadas no mercado interno e externo, ocupa um lugar de destaque.

No entanto a cultura apresenta baixa produtividade no Brasil devido entre outros fatores à utilização de grãos, ao invés de sementes, para o plantio. A taxa de utilização de sementes certificadas ou fiscalizadas de feijão é muito baixa, em torno de 10% (TROMBETA, 1994). Isto significa que a grande maioria dos produtores de feijão raramente adquire sementes, utilizando-se de grãos, nem sempre de boa qualidade, para a semeadura de seus campos de produção. O uso de sementes certificadas ou fiscalizadas de boa qualidade poderia contribuir com acréscimos de até 40% na produtividade, devido à melhor qualidade fisiológica da semente e também à utilização de cultivares melhorados geneticamente, mais resistentes às doenças que incidem no feijoeiro (EMBRAPA, 1985).

A comercialização dessas sementes tem exigido, das empresas produtoras, alta tecnologia para manutenção de alto grau de pureza, de germinação e de sanidade.

Segundo TANAKA & CORRÊA (1981), a necessidade de se manter anualmente estoques de sementes de feijão de boa qualidade, à disposição dos agricultores, faz com que o seu armazenamento assuma enorme importância. Se a semente não estiver armazenada adequadamente, podem ocorrer enormes perdas na sua qualidade.

Para NOVEMBRE & MARCOS-FILHO (1991), o armazenamento de sementes constitui-se numa etapa praticamente obrigatória de um programa de melhoramento, devido à defasagem natural entre a colheita e a semeadura. A principal preocupação durante este período é a preservação da qualidade das sementes, procurando-se reduzir ao máximo a velocidade e a intensidade do processo de deterioração, sendo que a umidade relativa e a temperatura durante o armazenamento são os fatores considerados essenciais.

As sementes, por serem constituídas de material altamente higroscópico, possuem a propriedade de realizar a troca de umidade com o ar ambiente. A semente absorve umidade quando a sua pressão de vapor de água é menor do que a do ambiente (adsorção) e cede umidade quando essa pressão é maior (dessorção). Este fenômeno tende ao ponto de equilíbrio higroscópico, quando a pressão de vapor da água no ambiente e na semente se equilibram (NELLIST & HUGUES, 1973).

Conhecer o comportamento de lotes de sementes durante o armazenamento tem sido meta constante entre os pesquisadores, tecnologistas e produtores de sementes, visando subsidiar o manejo racional dessas sementes em bancos de germoplasma na comercialização e para o estabelecimento de uma nova cultura.

Existem muitos trabalhos que analisaram a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de feijão armazenadas em condições ambientais, mas não foi encontrado nenhum realizado em condições controladas de graus de umidade e de temperaturas.

II. OBJETIVOS

- Observar a qualidade fisiológica e o comportamento de fungos associados a sementes de feijão, armazenadas hermeticamente em quatro diferentes graus de umidade e a quatro temperaturas constantes.
- Definir os graus de umidade, os períodos de armazenamento e as temperaturas ideais para manter as qualidades fisiológica e sanitária de sementes de feijão.

III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Fatores que afetam a qualidade das sementes

Vários são os fatores que afetam a conservação das sementes de feijão, dentre eles a qualidade fisiológica e sanitária inicial da semente e o grau de umidade. Outras características, referentes às condições de armazenamento, são fundamentais, tais como: tipos de embalagens, umidade relativa e temperatura do ar e, conseqüentemente, a ação de fungos e insetos.

Para CARNEIRO & AGUIAR (1993), a longevidade da semente está relacionada com o período de tempo em que se mantém viável, sendo uma característica da espécie, pois as sementes de algumas espécies se deterioram rapidamente, enquanto que as de outras mantêm sua viabilidade por longo período de tempo.

A longevidade das sementes é definida como o período em que a semente se mantém viva, isto é, capaz de germinar quando colocada em condições favoráveis, quando não houver dormência (TOLEDO & MARCOS-FILHO, 1977).

Para a maioria das espécies vegetais, o período de viabilidade aumenta à medida que decrescem a temperatura e a umidade relativa do ambiente de armazenamento (ROBERTS, 1973). Segundo HARRINGTON (1963), a cada redução de 1% no grau de umidade e a cada queda de 5,6°C na temperatura, pode ocorrer um aumento de duas vezes no período de viabilidade. ROBERTS (1973) denominou esse tipo de comportamento como ortodoxo, pois ocorre na maioria das espécies vegetais. Segundo ROBERTS & KING (1980), as sementes de todas as espécies agrícolas e hortícolas anuais e bianuais são ortodoxas, e o "International Board for Plant Genetic Resources - IBPGR" - formulou recomendações gerais para o armazenamento a longo prazo, indicando recipientes herméticos a -18°C e grau de

umidade de 5% a 7%. De acordo com ROBERTS & ELLIS (1977), nestas condições espera-se que a maioria das espécies ortodoxas não mostre declínio significativo na viabilidade por um século ou talvez mais.

As sementes, potencialmente capazes de germinação rápida e uniforme, mostram-se mais resistentes às condições adversas do meio ambiente, principalmente por ocasião da semeadura (BRACCINI *et al.*, 1997).

As condições climáticas ocorridas durante a maturação das sementes e o grau de maturação durante a colheita são os principais fatores que afetam o nível de sua qualidade inicial (DELOUCHE, 1980; ELLIS & ROBERTS, 1980). A semente atinge sua maturidade fisiológica (máximo vigor e máxima germinação) quando alcança o máximo teor de matéria seca. A partir daí, iniciam-se os processos de deterioração, cujo progresso depende das adversidades que atuam sobre ela (POPINIGIS, 1985). A semente de feijão completa a sua formação e atinge a maturidade fisiológica quando a umidade ainda está muito alta, acima de 25% e, desse ponto em diante, está exposta a mudanças bruscas de temperatura e de umidade no campo (BRAGANTINI, 1996) SANHEWE & ELLIS (1996), trabalhando com sementes de feijão, relataram que durante o desenvolvimento e maturação, a qualidade da semente foi maior no regime de temperatura mais fria, por causa de um aumento na duração da sua qualidade.

Segundo LAZZARI (1993), no momento da colheita já se nota elevada quantidade de grãos avariados, principalmente devido à incidência de doenças ainda no ciclo vegetativo.

O controle da qualidade das sementes tem o objetivo de identificar problemas e suas prováveis causas. A importância do manejo na pós-colheita é um dos principais fatores que permite controlar a qualidade das sementes entre a colheita e o armazenamento (VIEIRA *et al.*, 1993).

A qualidade da semente é expressa pela interação de quatro componentes: genético, fisiológico, físico e sanitário (POPINIGIS, 1985).

O componente genético refere-se às características intrínsecas do cultivar, no que diz respeito à produtividade, resistência a pragas e doenças, etc.

O componente fisiológico refere-se ao potencial de longevidade da semente e à sua capacidade para gerar uma planta perfeita e vigorosa.

O componente físico diz respeito à pureza física do lote e à condição física da semente. A pureza física do lote é prejudicada pela presença de sementes que não pertencem à espécie ou ao cultivar em questão e por substâncias inertes. A condição física da semente engloba grau de umidade, tamanho, cor, densidade e uniformidade dessas características.

O componente sanitário refere-se ao efeito prejudicial provocado pelos insetos e microrganismos associados às sementes, desde o campo até o armazenamento. Também é influenciado pelo ambiente em que as sementes se formaram e pelas condições de colheita, de secagem, de beneficiamento e de armazenamento.

HERNANDEZ *et al.* (1994) verificaram que em sementes de feijão, *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. foram os principais fungos detectados. A incidência mais alta de *Aspergillus* spp. (77%) aconteceu nas sementes armazenadas por 24 meses em frascos de vidro na temperatura ambiente, com uma umidade relativa de 85-95%.

3.2 Grau de umidade

As sementes de feijão recém-colhidas podem, muitas vezes, apresentar um conteúdo de água inadequado para serem armazenadas com segurança.

A umidade e a temperatura durante o armazenamento são os fatores considerados essenciais para a manutenção da qualidade das sementes (DELOUCHE & BASKIN, 1973).

O grau de umidade ideal da semente constitui-se num fator muito importante para o armazenamento, o qual depende da espécie, das condições ambientais, do período e do tipo de embalagem utilizada (HARRINGTON, 1973).

As sementes são higroscópicas, ou seja, o seu conteúdo de água está sempre em equilíbrio com a umidade relativa do ar. Altas temperaturas aceleram os processos de degeneração dos sistemas biológicos, onde ocorre respiração intensa, consumindo seu material de reserva, de maneira que, sob essas condições, as sementes perdem o vigor e a capacidade de germinar (DELOUCHE & POTTS, 1974).

O feijão armazenado em condições ambientais apresenta aumento no grau de dureza (especialmente do tegumento), mudanças no sabor e escurecimento do tegumento, que tende a aumentar com o grau de umidade, alta temperatura e período de armazenagem (SARTORI, 1988).

Durante o armazenamento ocorre uma deterioração gradual, irreversível e acumulativa na semente, cuja progressividade depende do ambiente, do produto em si e de sua condição no início do armazenamento. A temperatura de armazenamento e a atividade de água no feijão são fatores-chave na velocidade e intensidade da perda de qualidade (SARTORI, 1996).

Na semente existem pelo menos três tipos de água ligada a macromoléculas, tipos esses definidos pela força com que a água se encontra ligada a superfície de macromoléculas. LEOPOLD & VERTUCCI (1989) mostraram, em sementes de soja, que a água está no estado “água ligada” até um nível de aproximadamente 35%. Acima desse valor, as moléculas de água, em função da união com as partículas coloidais, adquirem uma configuração estrutural (espacial) diferente daquela de seu estado livre.

HUNT & PIXTON (1974), estudando a secagem e armazenamento de sementes, concluíram que a água que realmente interessa é a adsorvida, ou seja, aquela que resultará em graus de umidade na faixa de 0 a 25%.

O conteúdo de água de equilíbrio é definido como a quantidade de massa de água que o produto contém quando é submetido à determinada condição controlada de temperatura e umidade relativa do ar. Portanto, para determinadas condições de secagem, dadas pela temperatura e umidade relativa do ar, existe uma umidade de equilíbrio do produto. De acordo com CAVALCANTI-MATA (1997), o diferencial entre a umidade inicial do produto a ser seco e a umidade de equilíbrio ($U_o - U_e$) é definido como potencial de secagem. De outra forma, o produto só poderá ser seco até a umidade de equilíbrio para as condições de temperatura e umidade relativa preestabelecidas.

As sementes ricas em óleo apresentam graus de umidade de equilíbrio mais baixos em relação às sementes amiláceas, quando armazenadas em condições semelhantes. As sementes com alta taxa de óleo não absorvem, ou absorvem menos água, pois os óleos são hidrófobos. Por exemplo, à uma temperatura de 25°C e 70% de umidade relativa, a soja tem o conteúdo de água de equilíbrio de 11,5% e o trigo de 13,9%. Segundo BROOKER *et al.* (1992), para um armazenamento seguro, a soja deveria ser armazenada com um conteúdo de água mais baixo que o trigo e outros grãos amiláceos.

O mesmo resultado foi obtido por BENEDETTI & JORGE (1987) para o amendoim (alto teor de lipídeos), que apresentou uma menor umidade de equilíbrio que o arroz, feijão, milho, soja e trigo a uma mesma temperatura.

Segundo ROA & ROSSI (1977), o conhecimento de isotermas de umidade de equilíbrio higroscópico de sementes é de essencial importância, por estarem diretamente ligadas aos problemas de operações de manuseio, armazenamento, secagem e comercialização das matérias primas.

O grau de umidade em que as sementes são armazenadas é um dos mais importantes fatores que determinam o tempo de armazenamento. XIAORONG *et al.* (1998) compararam a eficiência de dois métodos comumente usados nos bancos de germoplasma de sementes: secagem por congelamento à vácuo e secagem usando a sílica gel como dessecante. A eficiência foi avaliada em termos do grau de umidade que pode ser obtido, a velocidade em que as sementes puderam ser secas, a incidência de danos às sementes durante a secagem e o custo. A secagem para baixos graus de umidade não mostrou efeitos deletérios à porcentagem de germinação. Taxas de secagem utilizando sílica gel ou secador/congelador foram semelhantes, mas graus de umidade mais baixos puderam ser obtidos mais economicamente com a sílica gel.

A atividade de água é o quociente da pressão de vapor do produto analisado sobre a pressão de vapor de água pura, na mesma temperatura (Carvalho, 1997).

ELLIS *et al.* (1990a), armazenando hermeticamente sementes de *P. vulgaris* à 65°C e 11 graus de umidade (de 3,3 a 13,6%) por até 80 dias, verificaram uma relação logarítmica negativa entre o grau de umidade da semente e a sua longevidade.

AGUIRRE & PESKE (1991) armazenaram hermeticamente sementes de feijão a sete graus diferentes de umidade (10.3 a 14.2%) e à 30°C durante 32 semanas. Os resultados indicaram que sementes com alta germinação inicial e grau de umidade máximo de 11,5% podem ser armazenadas por até oito meses a 30°C sem sofrerem perdas significativas na germinação e na emergência.

3.3 Microrganismos associados às sementes de feijão

A qualidade das sementes, para fins comerciais, tem sido caracterizada apenas através dos atributos físicos e da capacidade germinativa. No entanto, um dos principais fatores de

risco para a exploração agrícola é a sua qualidade sanitária, que tem sido relegada a um plano secundário.

A semente é um dos mais eficientes veículos de disseminação e transmissão de microrganismos que, freqüentemente, introduzem novos patógenos em áreas isentas; o inóculo inicial de epidemias pode depender da transmissão do patógeno pela semente; patógenos também podem reduzir a qualidade fisiológica (germinação e vigor) das sementes. Por esse motivo recomenda-se que haja uma integração entre testes de sanidade e análise fisiológica de sementes (NEERGAARD, 1977; MORAES & MENTEN, 1987).

A importância dos patógenos transmitidos através das sementes de feijão tem sido evidenciada em diversos trabalhos, tais como ZAUMEYER & THOMAS, 1957; SINGH & MATHUR, 1974; BOLKAN *et al.*, 1976; LASCA, 1978; MOHAN & MENEZES, 1980; TANAKA & DESLANDES, 1978.

Segundo MENEZES *et al.* (1981), faltam informações específicas sobre a qualidade sanitária das sementes utilizadas pelos agricultores.

As sementes de feijão podem ser infectadas por grande número de patógenos, incluindo-se agentes causadores de doenças responsáveis por grandes perdas no campo ou no armazenamento, sendo que os de maior impacto na produtividade são: *Alternaria* spp. (ABAWI *et al.*, 1977); *Ascochyta* spp. Sacc. (SCHWARTZ, 1989); *Aspergillus* spp. (TANAKA & CORRÊA, 1981); *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magn. Scribner (CHAVES, 1980; SARTORATO *et al.*, 1996); *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* Snyd. & Hans, (PIECZARKA & ABAWI, 1978; CARDOSO & COSTA, 1988); *Isariopsis griseola* Sacc. (SARTORATO & RAVA, 1992; SARTORATO *et al.*, 1996); *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. (DHINGRA & SINCLAIR, 1978; CARDOSO, 1991); *Penicillium* spp. (TANAKA & CORRÊA, 1981); *Rhizoctonia solani* Kühn (ABAWI & CROGAN, 1975; PIECZARKA & ABAWI, 1978; CARDOSO & COSTA, 1988); *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (ABAWI & CROGAN,

1975; PURDY, 1979; CARDOSO *et al.*, 1996); *Xanthomonas campestris* p.v. *phaseoli* (Smith) Dye (VIEIRA, 1983; SARTORATO *et al.*, 1996). Devido às suas características, podem ser separados em fungos fitopatogênicos e fungos de armazenamento ou não fitopatogênicos (HENNING, 1984).

Segundo MENTEN (1995), a rapidez no desenvolvimento e a alta agressividade de patógenos latentes na semente, que retornam à atividade assim que encontram condições favoráveis (solo), matam a semente pela ação de poderosas enzimas e toxinas, antes que esta evidencie os primeiros indícios de ter iniciado a germinação; isto ocorre devido aos patógenos de campo, associados externa ou internamente às sementes, que podem causar sua morte após o plantio.

LAZZARI (1993) afirma que os fungos de campo requerem um grau de umidade da semente em equilíbrio com uma umidade relativa do ar de 90% ou mais para crescerem. Os mais comuns são: *Alternaria* spp. e *Fusarium* spp. Outros fungos também invadem as sementes durante a maturação, mas o dano é causado antes da colheita. Por outro lado, os fungos de armazenamento se desenvolvem em sementes cujo grau de umidade está em equilíbrio com uma umidade relativa de 65-90%. A separação entre fungos de campo e de armazenamento não é absoluta, mas os de campo mantêm-se claramente distintos daqueles de armazenamento por se desenvolverem nas sementes quando estas ainda estão no campo, durante o seu crescimento e maturação. Após a colheita, o decréscimo na população de fungos de campo vem acompanhado por um acréscimo na população dos fungos de armazenamento, em verdadeira sucessão ecológica.

Segundo CHRISTENSEN (1972), os fungos de armazenamento, principalmente as espécies dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, que podem invadir as sementes durante e após a maturação, geralmente se desenvolvem e provocam danos às sementes armazenadas, desde que encontrem condições ambientais adequadas.

Penicillium e *Aspergillus* são os fungos de armazenamento mais comumente encontrados em sementes de feijão (TERVEIT, 1945; WILCOX *et al.*, 1974; BOLKAN *et al.*, 1976; DHINGRA & SINCLAIR, 1978). Segundo MENTEN (1995), as sementes podem se deteriorar durante o armazenamento, pela ação específica desses fungos, que conseguem infectar sementes secas, com umidade superior a 13-15%. O colonizador primário é o *Aspergillus*, que vai preparando o substrato para o desenvolvimento de *Penicillium*. Estes fungos são também responsáveis pela perda de viabilidade das sementes durante o armazenamento.

A maioria dos fungos de armazenamento não crescem e se reproduzem nos grãos que estão em equilíbrio com uma umidade relativa do ar menor do que 65%. Além disso, a atividade dos insetos de armazenamento diminui significativamente à uma umidade relativa abaixo de 50% (LOEWER *et al.*, 1994).

Segundo LAZZARI (1993), a invasão do embrião pelos fungos de armazenamento pode resultar na perda total da viabilidade de um lote de sementes. As sementes armazenadas por alguns meses, permanecem em estado de latência e seu nível de respiração é muito baixo, quando comparado com a respiração dos fungos presentes dentro e fora da semente. A respiração aumenta proporcionalmente com o grau de umidade, devido ao grande número de fungos que se reproduzem e de sua atividade metabólica. A grande quantidade de CO₂ e calor produzidos por sementes ou grãos mortos, provêm da atividade fúngica, pois há respiração ativa dos fungos presentes na superfície e no interior dos grãos e sementes. O calor produzido pela respiração fúngica é manifestado pelo aumento da temperatura da massa de grãos.

O envelhecimento artificial tem sido considerado eficiente para avaliar o vigor de lotes de sementes, ao mesmo tempo em que identifica pequenas diferenças de vigor, podendo assim estimar o potencial de conservação da semente. As condições de envelhecimento

artificial favorecem o desenvolvimento de microrganismos, com destaque para *Aspergillus* spp. Além do grau de umidade e do período de envelhecimento, o índice de contaminação inicial é fator que pode determinar a perda de viabilidade da semente (SILVA & SILVA, 2000).

CHISHOLM & COATES (1997) avaliaram a germinação e a quantidade de fungos presentes nas sementes de três leguminosas, armazenadas em diferentes ambientes. As reduções na germinação e os aumentos na ocorrência de alguns fungos de armazenamento ocorreram com maior intensidade à 28°C do que à 5°C.

Segundo MORAES & MELCHIADES (1977), a atividade dos fungos de campo é paralisada durante o armazenamento devido à baixa umidade das sementes, podendo até perder sua viabilidade; por outro lado, os fungos de armazenamento são capazes de proliferar em sementes armazenadas com grau de umidade acima de 12-13%.

SINHA *et al.* (1999) avaliaram a micoflora externa e interna de sementes de duas variedades de feijão. Os fungos mais comuns foram *Alternaria alternata*, *Curvularia lunata* (*Cochliobolus lunatus*), *Cladosporium cladosporioides*, *Rhizopus nigricans* (*R. stolonifer*), *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Penicillium citrinum*, *Trichoderma viride*. Os fungos de campo predominantes em sementes recém colhidas foram *Alternaria* spp., *C. lunatus*, *Drechslera avenacea* (*Pyrenophora chaetomioides*), *C. cladosporioides*, *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. Os fungos de armazenamento foram *A. niger*, *A. flavus*, *Trichoderma harzianum* e *Penicillium* spp.

FAIAD *et al.* (1996), avaliando acessos de coleções de campo em relação às condições sanitárias antes do armazenamento, verificaram que *Aspergillus* e *Penicillium* foram os fungos de maior ocorrência nas sementes. Os principais fungos patogênicos encontrados em feijão foram *Colletotrichum lindemuthianum*, *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina* e *Sclerotinia sclerotiorum*. Deste modo comprovaram a

importância dos testes de sanidade de sementes em assegurar a manutenção da alta qualidade também dos bancos de germoplasmas, evitando a conservação e disseminação de patógenos.

3.4 Teste para avaliar a qualidade fisiológica das sementes

A qualidade fisiológica da semente é avaliada principalmente pelo teste de germinação, que determina a máxima germinação da semente, quando as condições são extremamente favoráveis (POPINIGIS, 1985).

A perda da viabilidade acarreta falhas na germinação, mesmo em condições favoráveis e na ausência de dormência, e é uma mudança degenerativa irreversível, considerada como a morte da semente (ROBERTS, 1972).

3.5 Teste para avaliar a qualidade sanitária das sementes

A importância da patologia de sementes reside no fato de que 90% das espécies utilizadas para a alimentação são propagadas por sementes, que podem carregar patógenos causadores de doenças que reduzem a produtividade (MORAES & MELCHIADES, 1977).

Segundo LUCA-FILHO (1985), os principais objetivos dos testes de sanidade são: determinar a condição sanitária da amostra de sementes e, por inferência, a qualidade do lote, fornecendo informações para o serviço de quarentena, sistemas de certificação de sementes, informações sobre a qualidade da semente para o plantio, necessidade de tratamento, fungos de armazenagem e resistência de cultivares.

IV. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Escolha do cultivar

Dentre os cultivares produzidos pelo IAC, o escolhido foi o IAC Carioca ETÉ, lançado em maio de 1999. É resistente à antracnose, ferrugem, mosaico-comum e apresenta bom nível de resistência ao mosaico-dourado, o que possibilita um custo mais baixo de produção, sendo portanto recomendado para o Estado de São Paulo nas três épocas de cultivo (águas, seca e inverno).

Aproximadamente 7kg de um lote de sementes deste cultivar, produzido na safra das águas 1998-99 na Estação Experimental do IAC em Monte Alegre do Sul, SP, foram utilizados neste trabalho.

4.2 Acondicionamento e armazenamento

Os graus de umidade das sementes foram ajustados para 10,2; 13,1; 16,2; 18,5% a partir de seu valor inicial (15,1%), antes do armazenamento, por meio de umidificação sobre água num recipiente fechado a 25°C e em dessecadores com sílica gel, constantemente regenerada, até a obtenção dos valores mais baixos de umidade. Todas essas operações foram delineadas de modo a evitar uma possível injúria das sementes causada por uma secagem rápida.

As sementes foram acondicionadas em embalagens de alumínio hermeticamente fechadas em termossoldadora marca SENTINEL, modelo 1212 ASD, operando com uma barra aquecida a 204°C e 2" de contato. O papel laminado usado apresenta estrutura poliéster (PET)/alumínio(Al)/polietileno de baixa densidade(PEBD), com espessura total de 120 Fm, por componentes 12/15/90 Fm (PET/Al/PEBD). A taxa de permeabilidade ao oxigênio é de 0,32 cm; O₂/m³.dia e a taxa de permeabilidade ao vapor d'água é de 0,036 g água/m².dia. A seguir as

embalagens foram armazenadas a 25, 30, 35; 40°C, em estufas secas marca FANEM, com controladores eletrônicos de temperatura marca ELETROLAB, com precisão de $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

4.3 Local de execução

A pesquisa foi realizada em dois locais: no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Sementes e Mudanças e Matrizes da CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) e no Laboratório de Sementes da FEAGRI (Faculdade de Engenharia Agrícola) da UNICAMP.

4.4 Determinação do grau de umidade

O grau de umidade das sementes foi determinado com três subamostras de cinco gramas pelo método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992) e também pelo método usando sementes moídas, que foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada a $130 \pm 2^\circ\text{C}$ por duas horas (ISTA, 1985).

Inicialmente as sementes foram colocadas em dessecadores com sílica gel, para a obtenção de níveis de umidade abaixo do valor inicial e em recipientes com água, para os diferentes níveis de hidratação. A atividade de água foi determinada usando-se três subamostras de sementes, colocadas em aparelho DECAGON, com a utilização da técnica do ponto de orvalho em espelho resfriado; cada vez que se formava o orvalho no espelho, o aparelho media a temperatura e calculava a atividade de água da amostra, guardando estes valores para compará-los com valores prévios, até a reprodução das leituras (AQUALAB, 1997). A metodologia utilizada pelo ITAL/CETEA para determinações de atividade de água foram realizadas em um higrômetro baseado em psicrometria de marca Decagon-Aqualab, com resolução de $0,01A_w$. Este equipamento é acoplado a um banho termostático, de

marca Brookfield, modelo TC 500, com resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$. As determinações foram feitas a $25,0\pm 0,3^{\circ}\text{C}$.

4.5 Teste de germinação

O teste foi realizado de acordo com as recomendação das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), usando-se 200 sementes puras (quatro subamostras de 50 sementes), que foram colocadas entre duas ou mais folhas de papel de germinação do tipo “germitest”, umedecidos com água destilada, em uma quantidade de 2,5 a 3,0 vezes o peso do papel substrato, em alternância de temperaturas ($20\text{-}30^{\circ}\text{C}$), durante nove dias, efetuando-se uma contagem inicial aos cinco dias após a instalação do experimento.

4.6 Teste de sanidade

A condição sanitária foi avaliada através do método de papel de filtro (“*blotter test*”) (NEERGAARD, 1977), que tem se revelado perfeitamente viável e eficaz para sementes de feijão

Foram analisadas 200 sementes por tratamento, semeadas em placas de Petri plásticas de 9cm de diâmetro (10 sementes/placa), contendo três folhas de papel de filtro, previamente umedecidas com água destilada e esterilizada. Nas sementes de feijão, antes do plaqueamento, foi feita assepsia superficial com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 1% durante três minutos.

A incubação foi realizada em câmara à temperatura de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, com 12 horas de iluminação com lâmpada branca fluorescente, alternada por 12 horas de escuro. Completados sete dias de incubação, foi efetuada a identificação e calculada a porcentagem dos microrganismos presentes nas sementes, com o auxílio de microscópio estereoscópio, observando-se as suas estruturas e, quando necessário, de microscópio composto, para

uma identificação mais segura. A identificação dos microrganismos foi feita de acordo com BARNETT & HUNTER, 1972.

4.7 Delineamento estatístico

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial com parcela subdividida no tempo, com os seguintes fatores: época de amostragem (seis), graus de umidade (quatro) e temperaturas (quatro). Foram avaliados os seguintes parâmetros: grau de umidade, germinação e incidência de fungos. Para a análise estatística, os valores de porcentagem de germinação e de incidência de fungos foram previamente transformados em arco seno $\sqrt{(x\%/100)}$ e em $\sqrt{(\%+1)}$, respectivamente.

A análise estatística foi realizada através da análise de variância e do teste de Fisher LSD (mínima diferença significativa) para comparação das médias, ao nível de 5% de probabilidade. Para as análises foi utilizado o pacote estatístico S-Plus.

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste experimento foram analisados os valores de porcentagens de germinação obtidos em condições ideais, considerando-se exclusivamente as plântulas normais e excluindo-se as infeccionadas e deformadas, de acordo com BRASIL, 1992 (germinação normal); paralelamente foram contadas as sementes que apresentaram a protrusão da radícula, que é considerado o primeiro evento visível da germinação (germinação botânica).

A atividade de água detectada nas sementes, conforme quadro abaixo, revelam que os valores de AW para os extremos de graus de umidade (10,2 e 18,5%) foram de 0,448 e 0,700, respectivamente. O conhecimento desse parâmetro é de fundamental importância no armazenamento pois, conforme SARTORI, 1996, a atividade de água do feijão está diretamente relacionada com a velocidade e intensidade da perda de sua qualidade.

Grau de umidade	AW
10,2	0,448
13,1	0,571
16,2	0,674
18,5	0,700

5.1 GERMINAÇÃO

As porcentagens de germinação normal de sementes de feijão armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2; 18,5% de umidade e às temperaturas constantes de 25, 30, 35, 40°C estão apresentadas nas figuras 1 e 2, respectivamente. Na figura 1 observa-se que, independentemente da temperatura de armazenamento, o aumento da umidade das sementes acarretou uma redução de sua longevidade, mais pronunciada nas umidades mais

elevadas (16,2; 18,5%) em associação com as temperaturas mais elevadas. Nas umidades de 10,2% e 13,1 e às temperaturas de 35 e 40°C (C, D), as sementes ainda mantiveram uma boa viabilidade aos 130 dias de armazenamento. Esses valores de umidade podem ser alcançados facilmente no campo através da secagem natural ao sol ou através de secagem artificial.

Na figura 2 são analisados os valores de germinação normal em função do grau de umidade; verifica-se claramente que o aumento dessa medida desloca todas as curvas de sobrevivência para a esquerda, ficando deste modo evidenciado o tremendo efeito da umidade na viabilidade dessas sementes. Verifica-se também, dentro de cada grau de umidade, que o aumento da temperatura de armazenamento reduz também a viabilidade dessas sementes, mas não apresentando um efeito tão marcante.

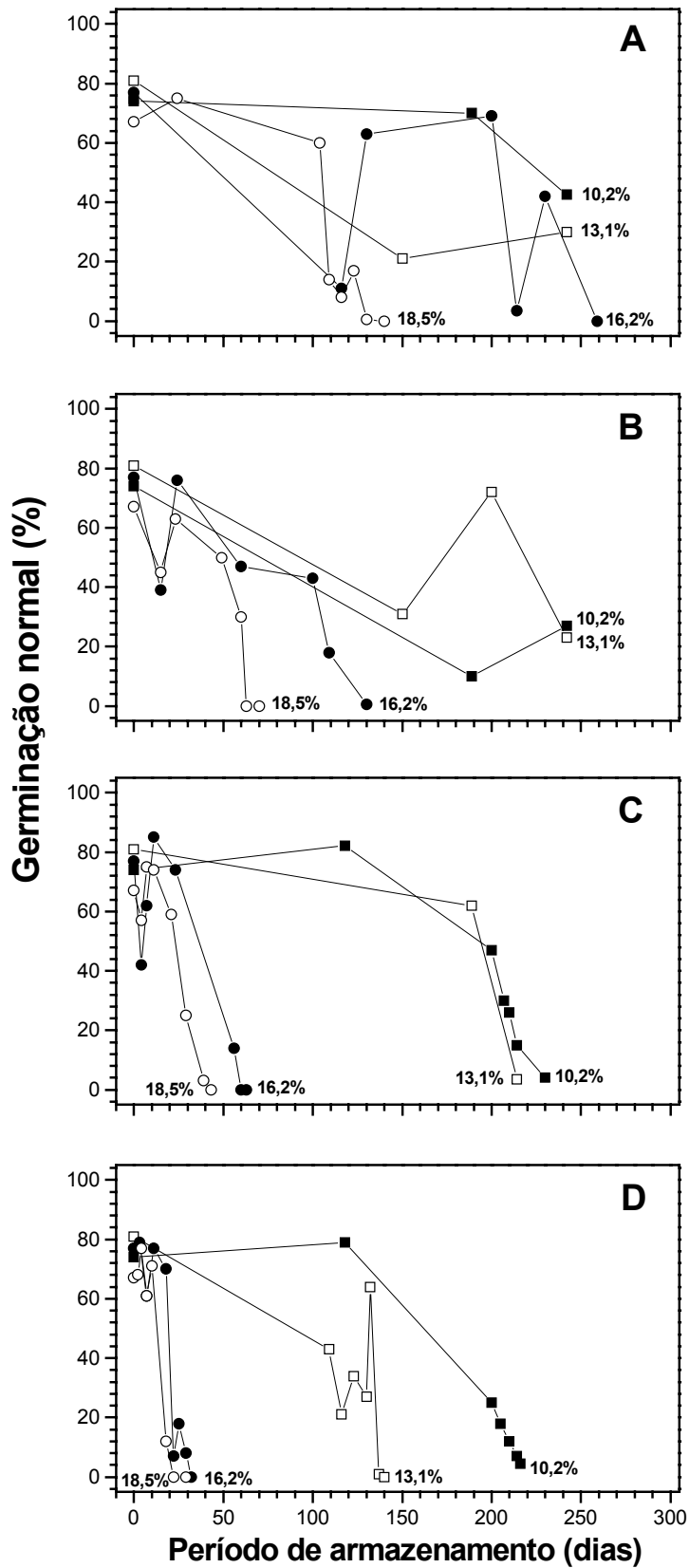


Figura 1 – Germinação normal de sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente) e com graus de umidade de 10,2; 13,1; 16,2; 18,5%.

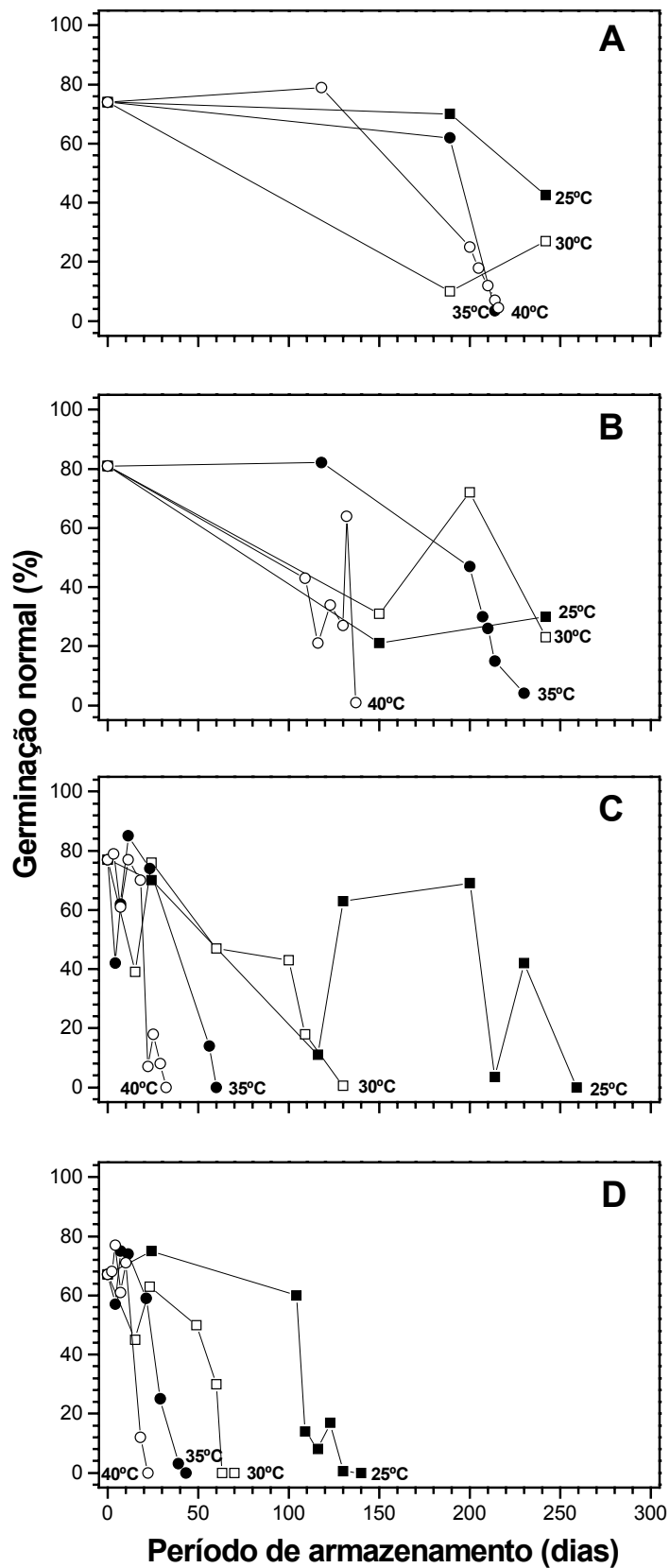


Figura 2 – Germinação normal de sementes de feijão, armazenadas hermeticamente com teores de água de 10,2; 13,1; 16,2; 18,5% (A, B, C, D, respectivamente) à 25, 30, 35 e 40°C.

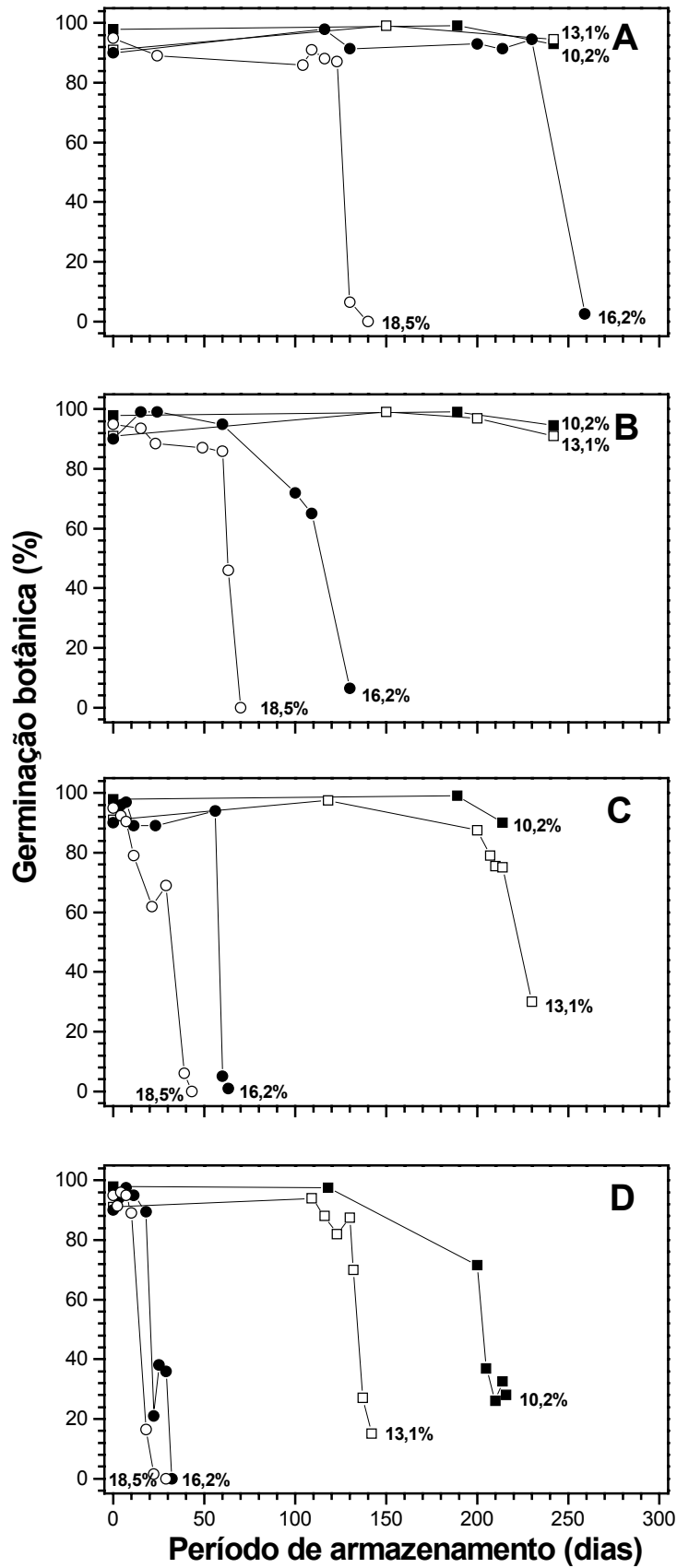


Figura 3 – Germinação botânica de sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente) e com teores de água de 10,2; 13,1; 16,2; 18,5%.

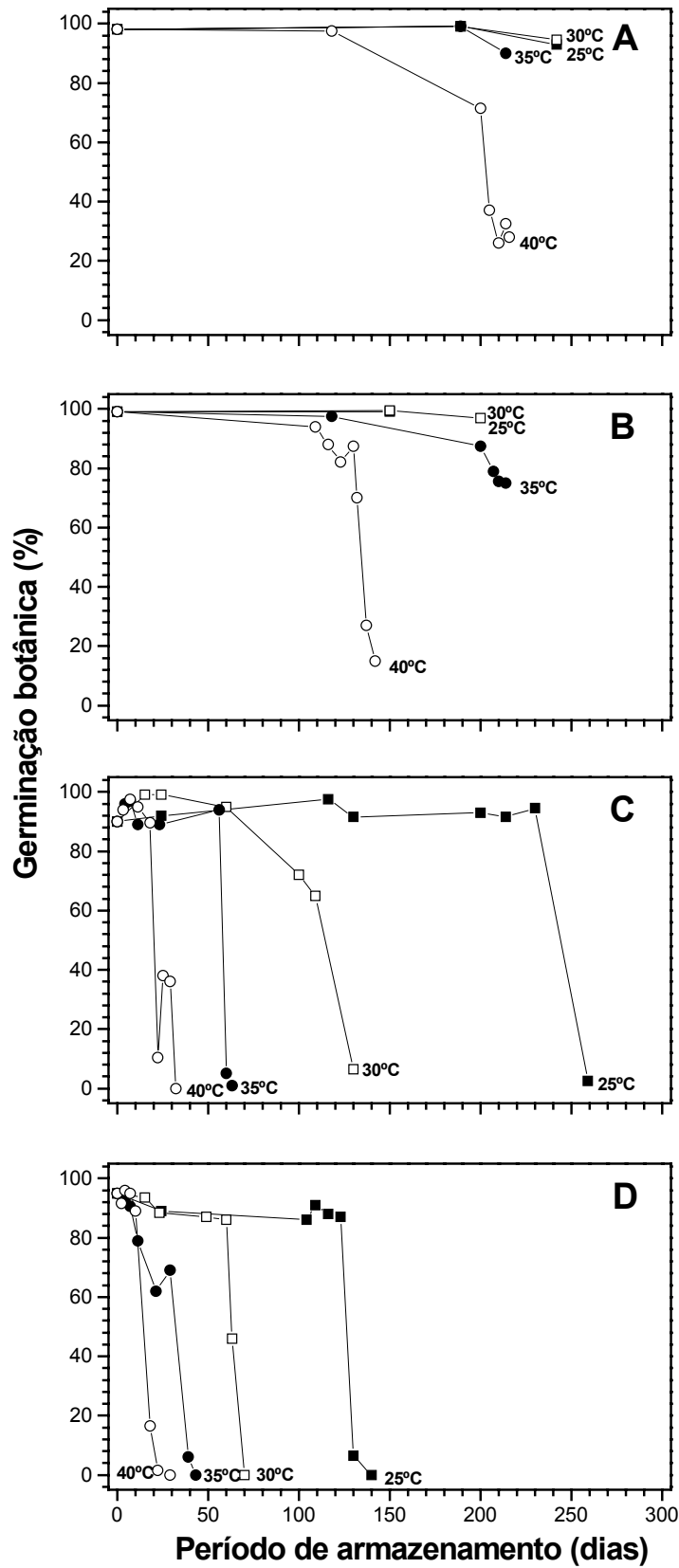


Figura 4 – Germinação botânica de sementes de feijão, armazenadas hermeticamente com teores de água de 10,2; 13,1; 16,2; 18,5% (A, B, C, D, respectivamente) e à 25, 30, 35 e 40°C.

As porcentagens de germinação botânica de sementes de feijão armazenadas hermeticamente com graus de umidade de 10,2; 13,1; 16,2; 18,5% e à 25, 30, 35, 40°C estão apresentadas nas figuras 3 e 4, respectivamente. Na figura 3 verifica-se claramente o efeito benéfico das umidades mais baixas (10,2; 13,1%) em todas as temperaturas enquanto que, com o decorrer do armazenamento e do aumento da temperatura (A, B, C, D), as curvas de sobrevivência deslocam-se para a esquerda ou seja, a viabilidade das sementes se reduz em função do tempo. Entretanto, mantendo os graus de umidade constantes e variando as temperaturas (figura 4), o efeito da queda na viabilidade das sementes é mais pronunciado à 40°C (A, B), sendo que nas umidades mais elevadas o efeito deletério aumenta em função do aumento da temperatura de 25 a 40°C (C, D).

A análise da germinação botânica vem confirmar com mais clareza o que foi discutido para germinação normal. Por exemplo, aos 250 dias de armazenamento à 10,2 e 13,1% de umidade e à 25 e 30°C, a germinação mantém-se próxima de 100%.

A análise estatística dos resultados apresentados nas figuras 1 a 4, relacionados às porcentagens de germinação normal e botânica, são apresentados na tabela 1. Como pode ser observado, as porcentagens médias de germinação botânica revelam um efeito significativo da redução do grau de umidade da semente e da temperatura de armazenamento no aumento de sua viabilidade. Entretanto, como as porcentagens de germinação normal foram afetadas pela incidência de fungos, essa tendência se altera em alguns pontos, como para 10,2 e 13,1% de umidade à 30 e 35°C, quando as umidades e as temperaturas mais baixas não resultaram em aumentos significativos na germinação.

O efeito do grau de umidade e da temperatura na viabilidade de sementes tem sido objeto constante de vários pesquisadores, tais como ELLIS *et al.* (1990b), que detectaram uma resposta significativa do efeito do grau de umidade sobre a viabilidade em oito espécies vegetais e concluíram que o efeito relativo do potencial de água na semente foi semelhante para todas elas e que, provavelmente, ocorra o mesmo efeito em outras espécies.

Tabela 1. Análise estatística das porcentagens médias de germinação normal e botânica, detectadas em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e com graus de umidade de 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5%. As porcentagens apresentando letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Germinação normal (figura 1)				
Umidade	25°C	30°C	35°C	40°C
10,2%	92,9 a	50,8 b	83,8 b	90,8 a
13,1%	47,1 b	73,1 a	97,9 a	82,5 b
16,2%	45,1 b	25,8 c	20,3 c	13,3 c
18,5%	20,6 c	15,6 d	7,0 d	9,5 d
Média	51,5	41,3	52,3	49,0

Germinação botânica (figura 3)				
10,2%	97,9 a	98,0 a	98,0 a	85,3 a
13,1%	95,5 b	95,2 b	93,4 b	55,5 b
16,2%	90,1 c	36,6 c	17,6 c	4,3 c
18,5%	42,6 d	12,8 d	6,9 d	5,0 c
Média	81,6	60,7	54,0	37,5

Germinação normal (figura 2)				
Temperatura	10,2%	13,1%	16,2%	18,5%
25°C	95,9 a	53,8 c	57,9 a	20,9 a
30°C	44,4 d	61,0 b	23,8 b	6,2 b
35°C	85,7 c	98,5 a	5,9 c	2,0 c
40°C	93,4 b	45,0 d	2,9 d	2,0 c
Média	79,9	64,6	22,6	7,8

Germinação botânica (figura 4)				
25°C	98,3 a	98,4 a	92,4 a	71,0 a
30°C	98,5 a	98,4 a	60,9 b	47,5 b
35°C	97,9 b	91,2 b	34,0 c	19,2 c
40°C	88,7 c	54,6 c	6,8 d	8,3 d
Média	95,8	85,7	48,5	36,5

Assim, verifica-se que existe uma consonância de que a umidade é o fator mais importante na viabilidade das sementes, como salientou HARRINGTON, 1963, que estabeleceu que a cada redução de 1% no grau de umidade ou de 5,6°C na temperatura dobra a viabilidade das sementes. Segundo ELLIS & ROBERTS (1980) e ELLIS *et al.* (1982, 1988, 1990b), para diversas espécies há uma relação logarítmica negativa entre a longevidade das sementes e o grau de umidade e, analisando-se a equação de longevidade proposta, verifica-se que a relação com a temperatura é na forma quadrática.

5.2 INCIDÊNCIA DE FUNGOS

5.2.1 Fungos totais

As incidências de todos os fungos detectados nas sementes de feijão, armazenadas hermeticamente com graus de umidade de 10,2; 13,1; 16,2; 18,5% e às temperaturas de 25, 30, 35, 40°C estão apresentadas nas figuras 5, 6, 7 e 8, respectivamente.

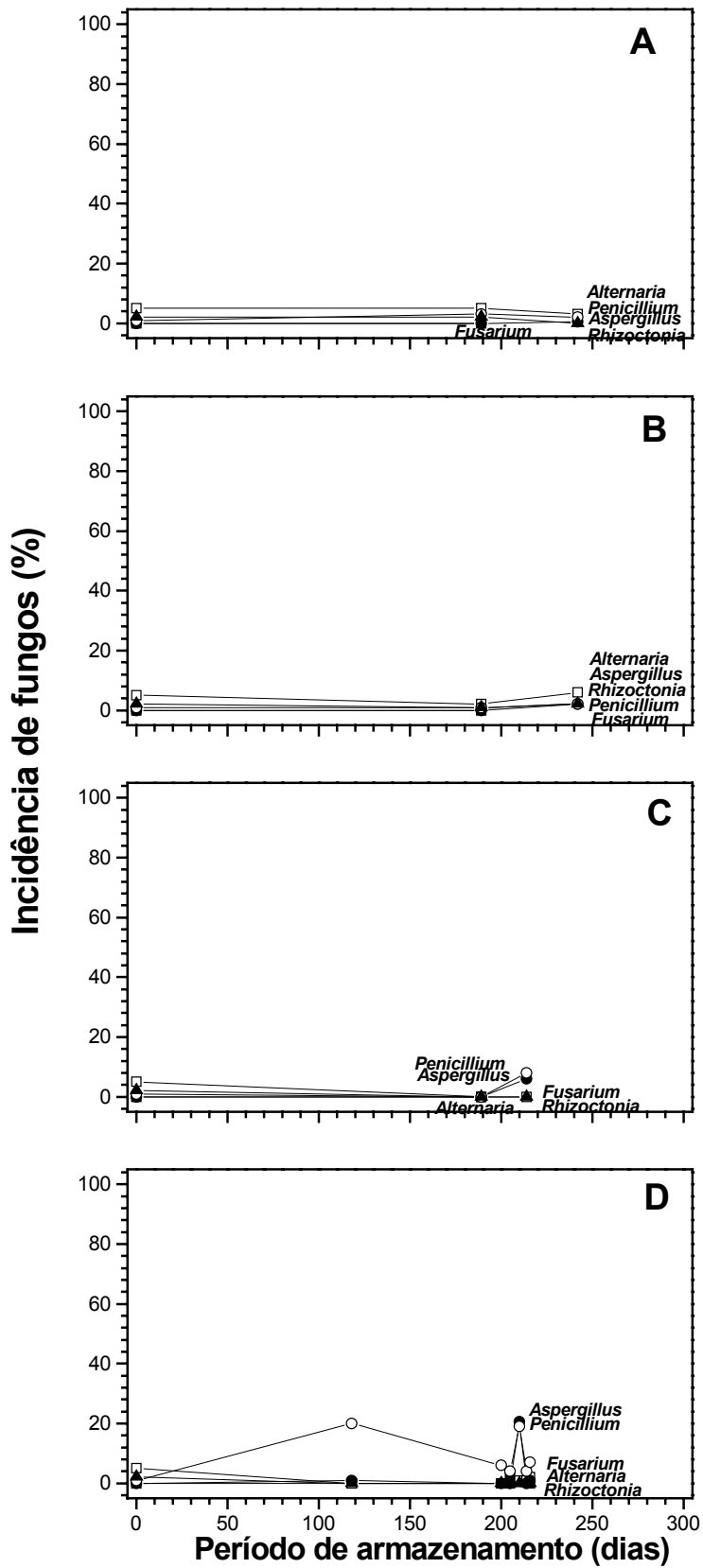


Figura 5 - Incidência de fungos em sementes de feijão, com 10,2% de umidade e armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).

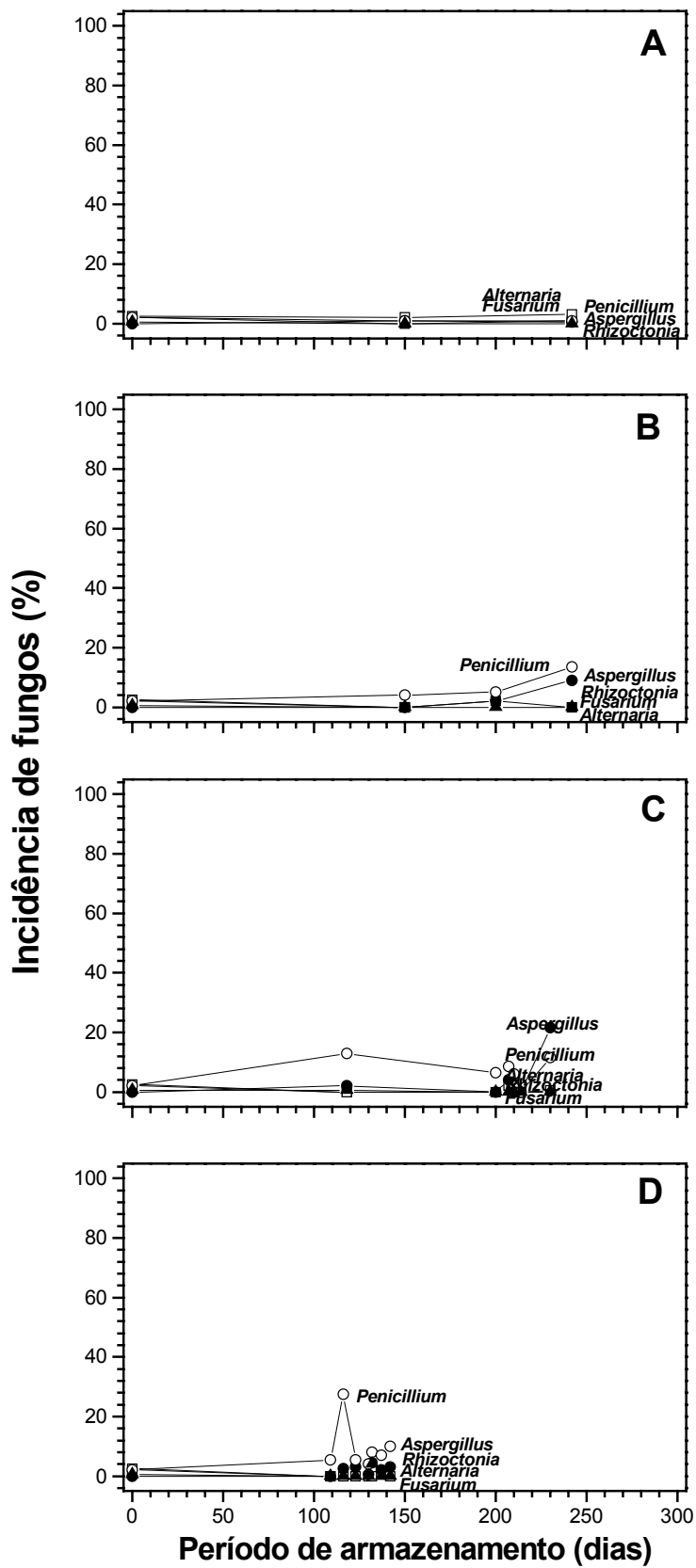


Figura 6 - Incidência de fungos em sementes de feijão, com 13,1% de umidade e armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).

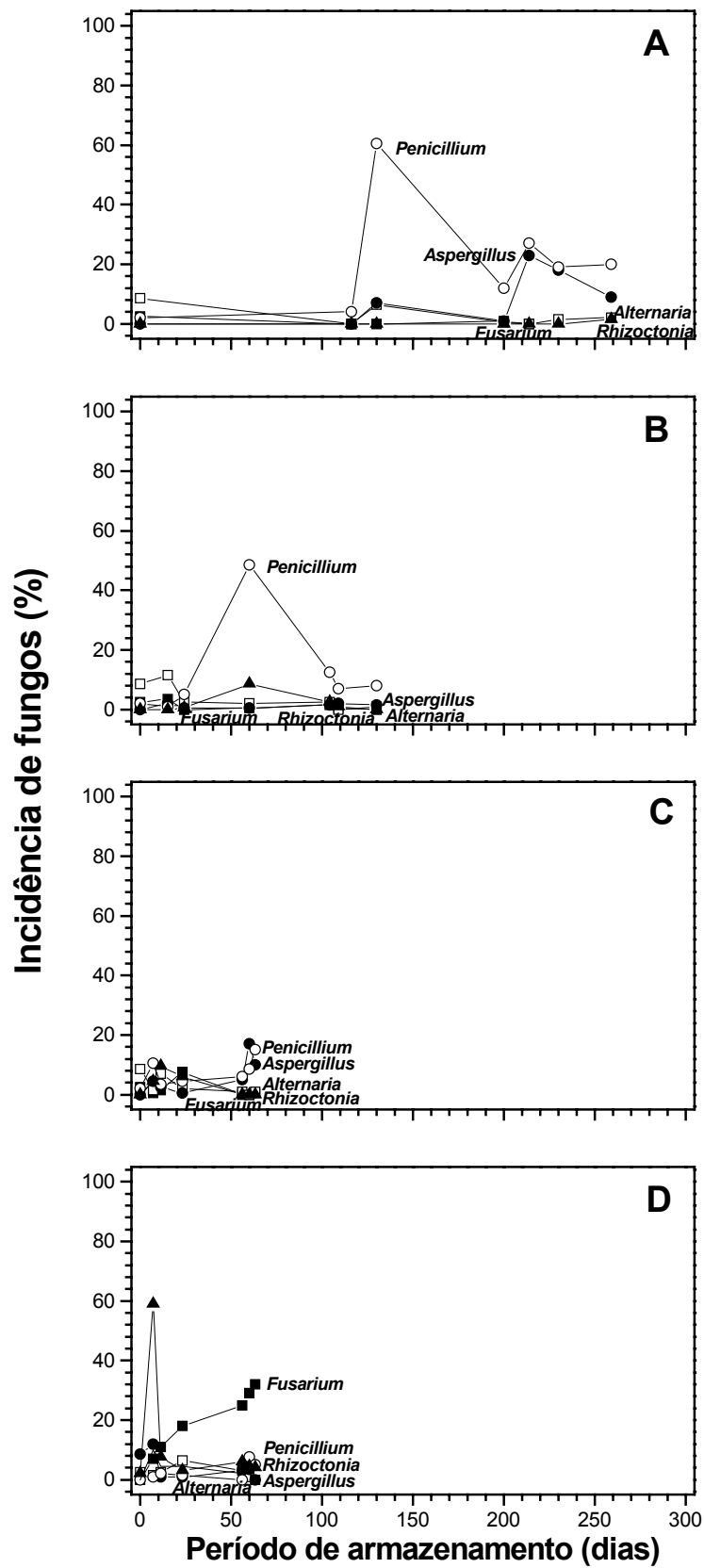


Figura 7 - Incidência de fungos em sementes de feijão, com 16,2% de umidade e armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).

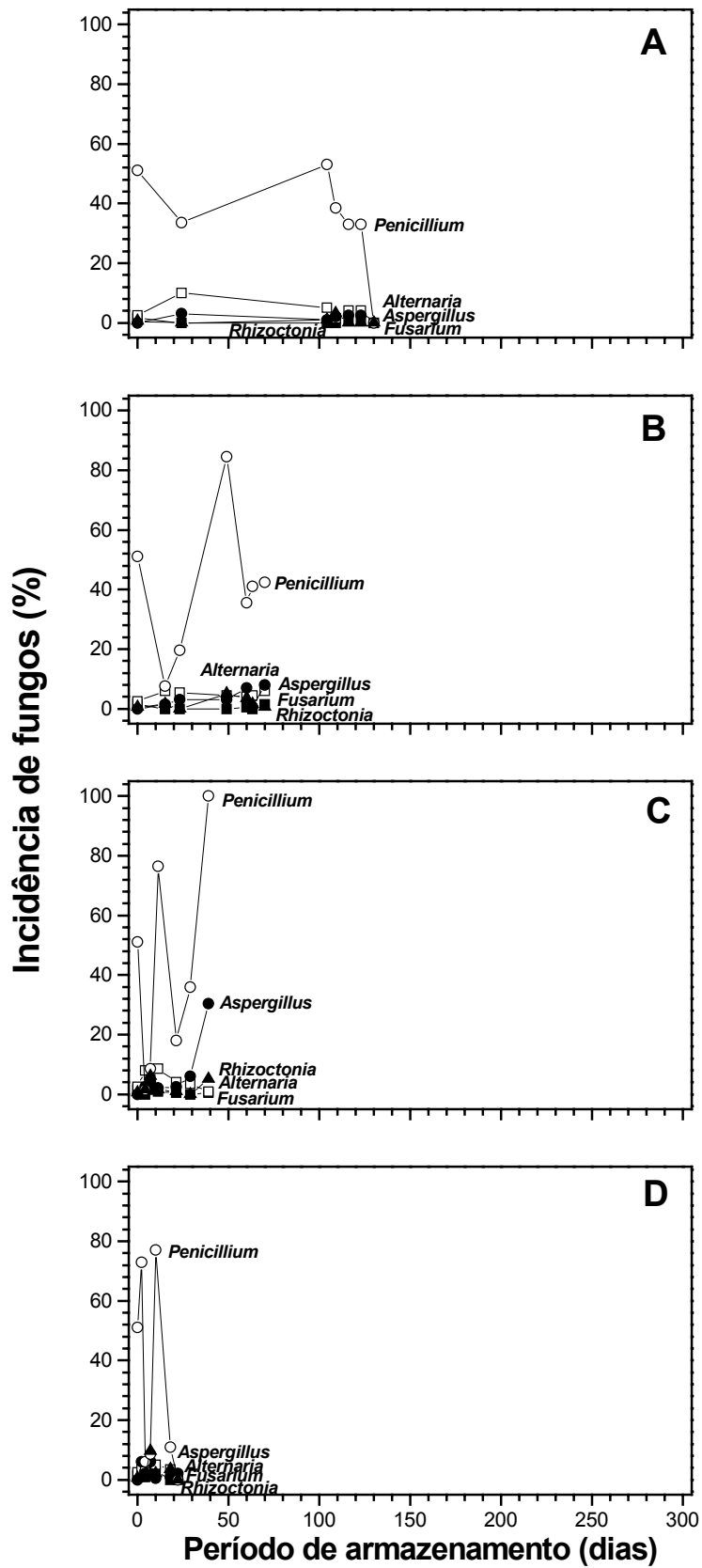


Figura 8 - Incidência de fungos em sementes de feijão, com 18,5% de umidade e armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).

Na figura 5 verifica-se que, à 25 e 30°C (A, B), a incidência de fungos foi praticamente nula; entretanto, à 35°C (C) e 214 dias de armazenamento, as incidências de *Penicillium* e de *Aspergillus* são estatisticamente superiores às dos demais fungos, sendo que esses valores aumentam a 40°C (D), além da ocorrência de incidências significativas de *Penicillium* aos 118 dias e dos dois fungos aos 210 dias de armazenamento. Quando o grau de umidade das sementes é de 13,1% (figura 6), nota-se que a 25°C ocorreu a mesma tendência vista na figura 5; entretanto, a prevalência de *Aspergillus* e de *Penicillium* pode aqui ser observada a partir de 30°C (B), observando-se novamente o pico de incidência de *Penicillium* à 40°C (D) e 116 dias de armazenamento.

Nas sementes de feijão com 16,2% de umidade (figura 7), as maiores incidências de *Penicillium* e de *Aspergillus* podem ser observadas a partir de 25°C (A), mantendo esta tendência até a temperatura de 35°C (C), mas em períodos de armazenamento menores (63 dias); à 40°C (D) são observadas incidências maiores de *Rhizoctonia solani* (11 dias) e de *Fusarium spp* (18 a 60 dias).

Com o grau de umidade das sementes mais elevado (18,5%, figura 8), a maior incidência de *Penicillium* é observada em todas as temperaturas, enquanto que a de *Aspergillus* somente é detectada à 35°C (C).

A análise estatística das incidências de fungos nas sementes de feijão, apresentadas nas figuras 5 a 8, está detalhada na tabela 2. Os resultados são mostrados em função de cada combinação de temperatura e de grau de umidade.

Assim, pelas figuras 5 a 8, fica caracterizado que os fungos *Penicillium* e *Aspergillus* foram os de maior ocorrência em sementes de feijão durante armazenamento hermético. Estes resultados estão de acordo com os observados para a espécie por TERVEIT, 1945;

WILCOX *et al.*, 1974; BOLKAN *et al.*, 1976; DHINGRA & SINCLAIR, 1978; HERNANDEZ *et al.*, 1994.

Comparando-se as figuras 1 (A) e 7 (A), verifica-se que a brusca redução de germinação normal observada em sementes de feijão com 16,2% de umidade, após 116 dias de armazenamento hermético à 25°C, foi devida ao acréscimo da incidência de *Penicillium*. De acordo com MENTEN (1995), este fungo depende da ação de colonização do *Aspergillus*, sendo que desta associação resulta a perda de viabilidade das sementes.

Tabela 2. Análise estatística das incidências de fungos em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente a 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade. As incidências apresentando letras iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade.

25°C																						
10,2% - Figura 5				13,1% - Figura 6				16,2% - Figura 7				18,5% - Figura 8										
								116	130	214	230	259										
Alternaria									b	b	c	a	c	0	24	104	116	130				
Aspergillus									b	b	a	b	b	b	c	c	b	b				
Fusarium									b	c	c	a	c	b	c	c	b	c				
Penicillium									a	a	b	b	a	a	a	a	a	a				
Rhizoctonia									b	c	c	a	c	b	c	c	b	c				
30°C																						
10,2%				13,1%				16,2%				18,5%										
				150	200	242					15	24	60	104	109	130	15	23				
Alternaria					b	b	c					a	b	b	b	b	b	a	b			
Aspergillus					b	b	b					b	b	b	b	b	b	b	bc			
Fusarium					b	ab	c					b	b	b	b	b	b	b	c			
Penicillium					a	a	a					b	a	a	a	a	a	a	a			
Rhizoctonia					b	b	c					b	b	b	b	b	b	b	c			
35°C																						
10,2%				13,1%				16,2%				18,5%										
				0	214					7	11	23	56	60	63	4	11					
Alternaria	a	b					b	b	c	c	c	bc	ab	abc	c	c	bc	a	b			
Aspergillus	b	a					b	b	b	c	a	b	bc	c	bc	a	a	b	c			
Fusarium	b	b					b	b	bc	b	c	c	c	a	c	c	b	b	c			
Penicillium	b	a					a	a	a	a	b	a	bc	abc	a	bc	a	b	a			
Rhizoctonia	b	b					b	b	c	c	c	bc	a	ab	bc	c	b	b	c			
40°C																						
10,2%				13,1%				16,2%				18,5%										
				0	205	210	216	109	116	123	130	132	137	142	0	7	11	18	25	29	4	18
Alternaria	a	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	c	a	b	c	b	ab	abc	ab	b	
Aspergillus	b	b	a	b	b	b	b	a	b	a	b	b	b	b	c	bc	ab	b	a	bc	b	
Fusarium	b	a	b	b	b	b	b	b	b	b	b	c	b	c	bc	a	ab	ab	bc	c	b	
Penicillium	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a	ab	a	ab	a	a	
Rhizoctonia	b	b	b	b	b	b	b	b	b	ab	b	c	b	b	ab	ab	b	c	bc	b	b	

Analisando-se as figuras 5 a 8 observa-se que, com o aumento de grau de umidade das sementes, os maiores índices de incidência de fungos vão sendo deslocados para a esquerda, em períodos mais curtos de armazenamento, culminando com o tempo de 22 dias para 18,5% de umidade e 40°C. O efeito do aumento de temperaturas pode também ser observado em todas essas figuras, contribuindo adicionalmente para o deslocamento dos picos de incidência de fungos para a esquerda.

5.2.2 *Alternaria* spp.

As incidências de *Alternaria* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35; 40°C e com graus de umidade de 10,2; 13,1; 16,2; 18,5% são apresentadas nas figuras 9 e 10, respectivamente.

As maiores incidências do fungo (8 a 12%) são observadas em todas as temperaturas (A, B, C, D), relativas aos graus de umidade mais altos (18,5 e 16,2%), enquanto que para umidade mais baixa (16,2%) esses valores estão entre 5 e 6%, nas temperaturas de 25 e 30°C (A, B). Para as sementes com 13,1% de umidade essas incidências são sempre inferiores a 2,5%, independentemente das temperaturas. O aumento da temperatura acarreta um aumento da ocorrência dos fungos mais cedo (deslocamento para a esquerda).

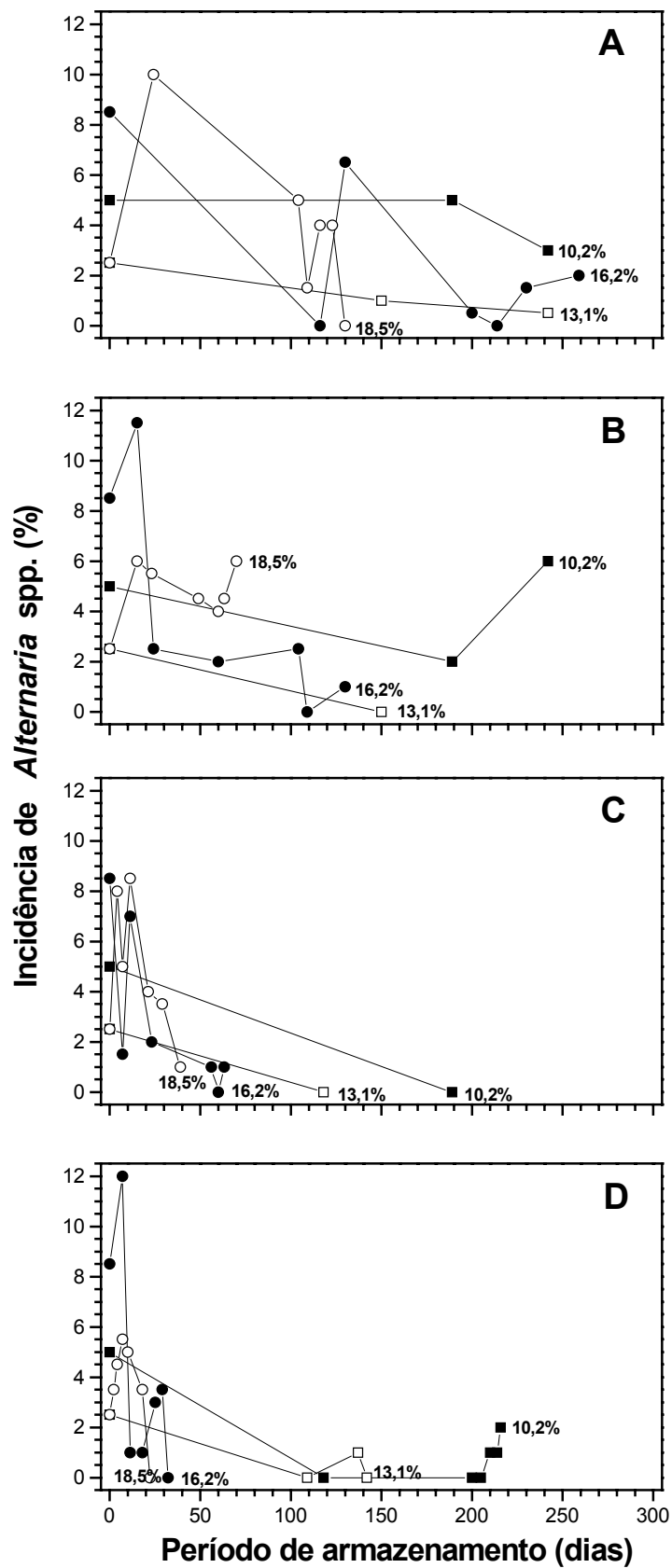


Figura 9 - Incidência de *Alternaria* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade (A, B, C, D, respectivamente).

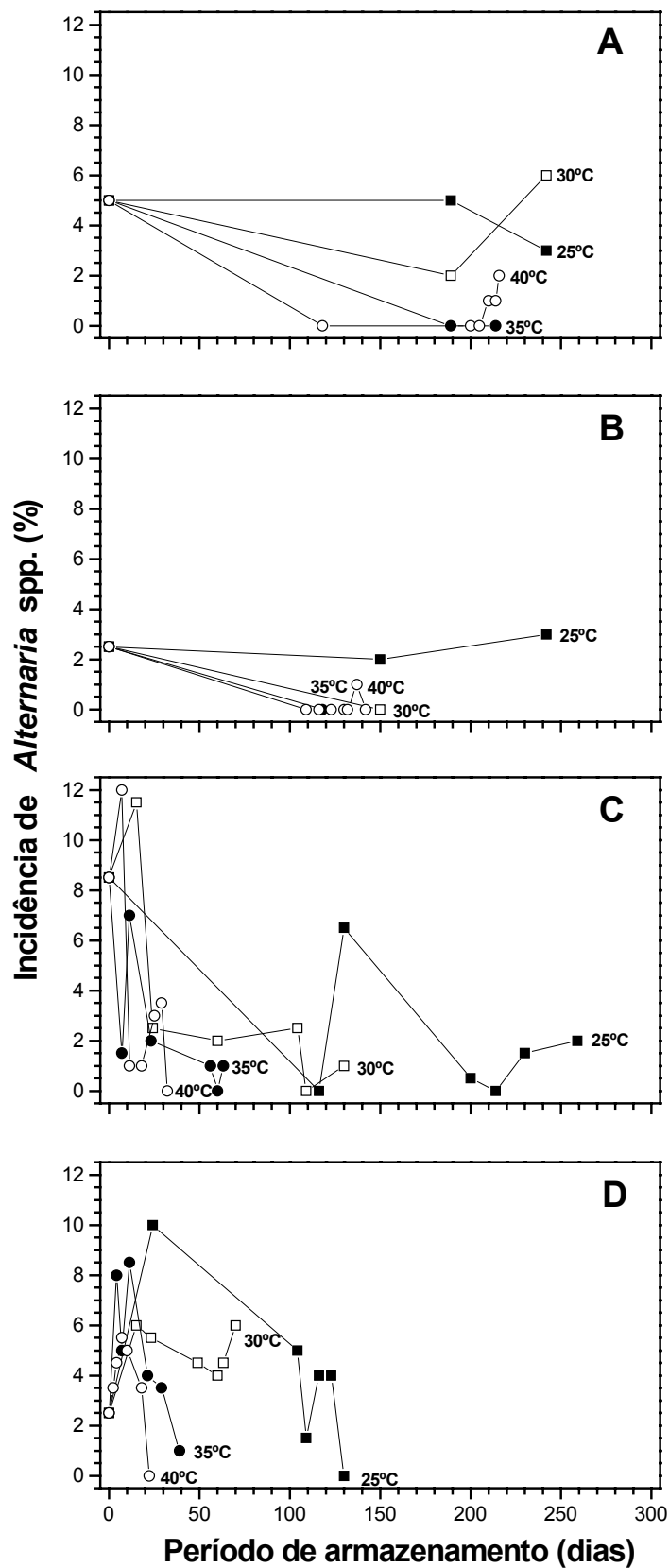


Figura 10 - Incidência de *Alternaria* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade e à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).

Os graus de umidade mais baixos (10,2; 13,1%) exercem uma influência marcante no controle da incidência de *Alternaria* à 25 e 30°C, como se observa na figura 10 (A, B); entretanto, nas umidades mais elevadas (16,2; 18,5%), essas incidências ocorrem mais rapidamente (C, D), mas sempre associadas com as temperaturas mais elevadas. Estes resultados estão de acordo com LAZZARI (1993), quando afirma que os fungos de campo mais comuns são *Alternaria* spp. e *Fusarium* spp., que requerem para crescer uma umidade na semente em equilíbrio com uma umidade relativa do ar de 90%. Além disso, ABAWI *et al.*, 1977, afirmam que, dentre os fungos que ocorrem nas sementes de feijão, a *Alternaria* spp. apresenta um grande impacto na produtividade.

5.2.3 *Aspergillus* spp.

As figuras 11 e 12 apresentam as incidências de *Aspergillus* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35; 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2; 18,5% de umidade, respectivamente.

As maiores incidências (na faixa de 20 a 30%) foram observadas a 16,2% de umidade e 25°C (A), 13,1 e 18,5% à 35°C (C) e 10,2% à 40°C (D), conforme figura 11. Além disso, nota-se que para cada grau de umidade das sementes há uma incidência máxima do fungo em uma determinada temperatura, ou seja, 16,2% à 25°C (A), 13,1 e 18,5% à 35°C (C) e 10,2% à 40°C (D). Com o aumento da umidade da semente as incidências do fungo aparecem em período de armazenamento menor, com exceção para 10,2%, quando esses valores são detectados ao redor de 210 dias (C, D).

Independentemente das temperaturas, as umidades de sementes de 10,2 e 13,1% (A, B) foram responsáveis pelo retardo nas incidências desse fungo, pois somente foram observadas a partir de 214 dias de armazenamento, conforme figura 12. Além disso, os maiores valores observados ocorreram nas temperaturas de 35°C (B, C, D) e 40°C (A). Com as umidades de 16,2 e 18,5%, todas essas incidências foram observadas mais cedo, mais claramente à 40°C (C, D).

As condições de envelhecimento artificial (temperatura ao redor de 40°C e umidade relativa de 100%), favorecem o desenvolvimento de microrganismos, com destaque para *Aspergillus* spp.. Além do grau de umidade e do período de envelhecimento, o grau de contaminação inicial é fator que pode determinar a perda de viabilidade da semente (SILVA & SILVA, 2000).

A presença de *Aspergillus* spp. em sementes de feijão tem sido constantemente relatada na literatura (CHRISTENSEN, 1972, TANAKA & CORRÊA, 1981; FAIAD *et al.*, 1996, SINHA *et al.*, 1999); entretanto, a sua ocorrência está sempre associada à presença de *Penicillium* (BOLKAN *et al.*, 1976; DHINGRA & SINCLAIR, 1978).

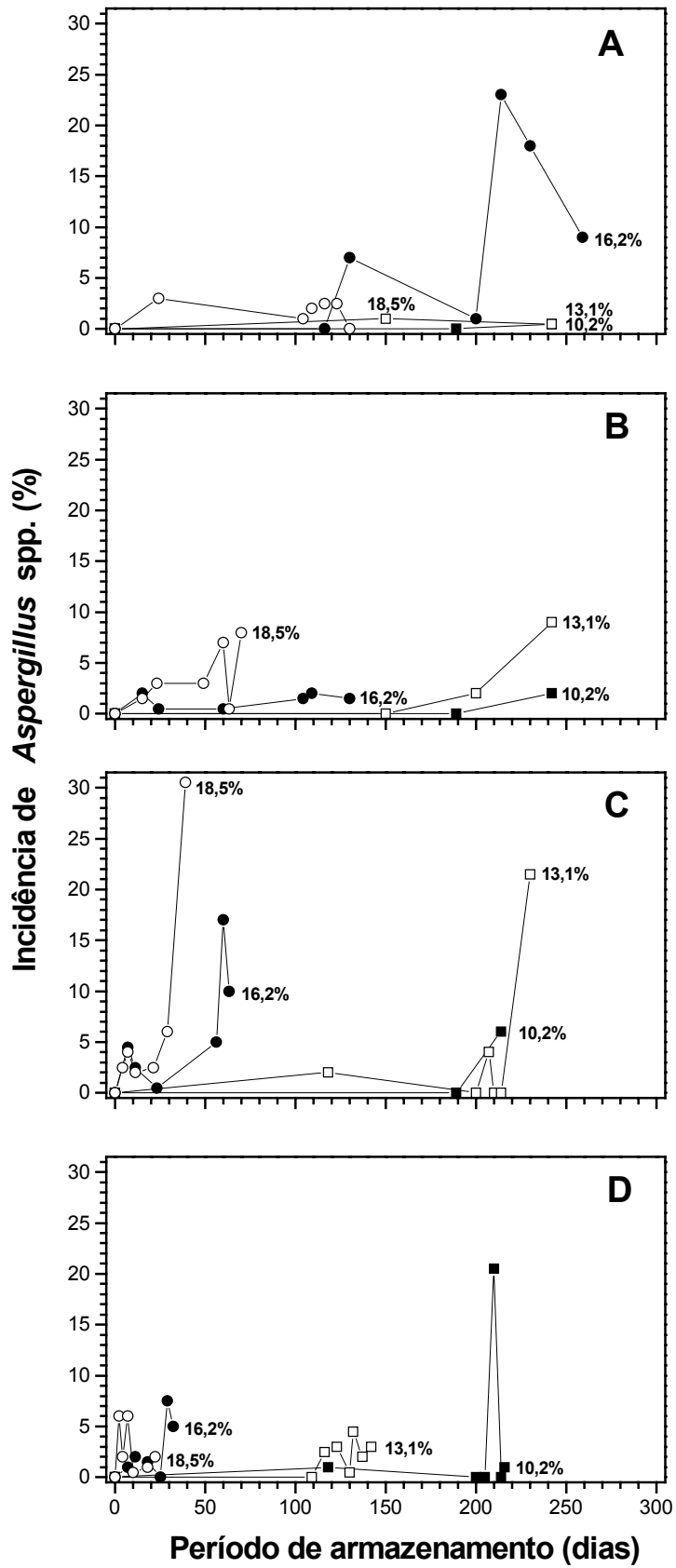


Figura 11 - Incidência de *Aspergillus* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade (A, B, C, D, respectivamente).

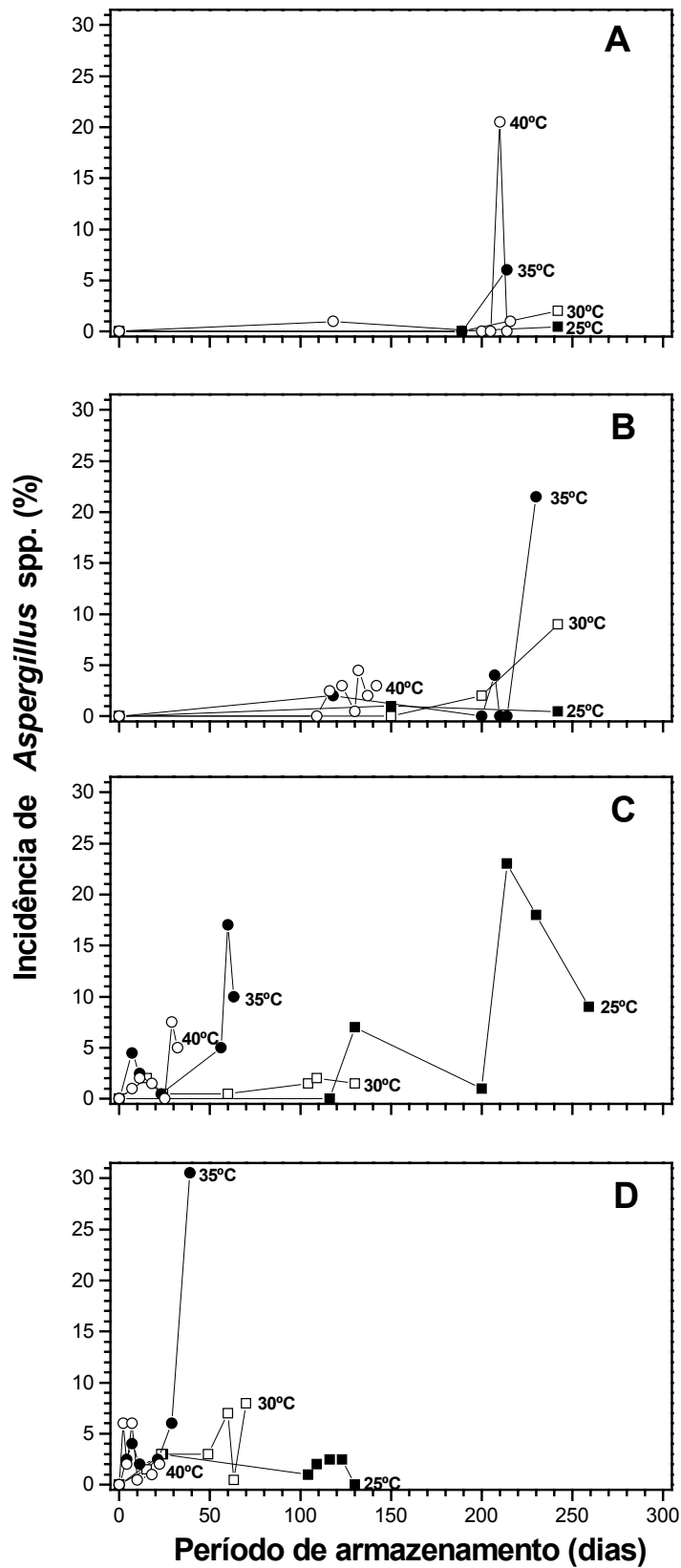


Figura 12 - Incidência de *Aspergillus* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade e à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).

5.2.4 *Fusarium* spp.

As incidências de *Fusarium* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35; 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2; 18,5% de umidade são apresentadas nas figuras 13 e 14, respectivamente. Pela figura 13 verifica-se que as maiores incidências do fungo ocorreram à 35 e 40°C, à 16,2% de umidade (C, D), enquanto que para as outras temperaturas os valores situam-se ao redor de 3,5%, para a mesma umidade (A, B). Valores na faixa de 2 a 3% são observados ao redor de 210 dias de armazenamento, para as umidades de 13,1 e 10,2% (B, C, D).

À umidade de 10,2% (A) praticamente não ocorreu a incidência do fungo, como se observa na figura 14. A partir de 13,1% de umidade (B) começa a aumentar a incidência, que alcança o máximo valor (7,5%) à 16,2% e 35 e 40°C (C), regredindo a seguir à 18,5% de umidade (D). Novamente aqui nota-se o efeito direto do grau de umidade nas sementes em acelerar a incidência do fungo.

Dentre os fungos de campo que ocorrem nas sementes de feijão, o *Fusarium* spp. é um dos que apresentam o maior impacto na produtividade (PIECZARKA & ABAWI, 1978; CARDOSO & COSTA, 1988), sendo considerado, juntamente com a *Alternaria* spp., como os de ocorrência mais comum (LAZZARI, 1993).

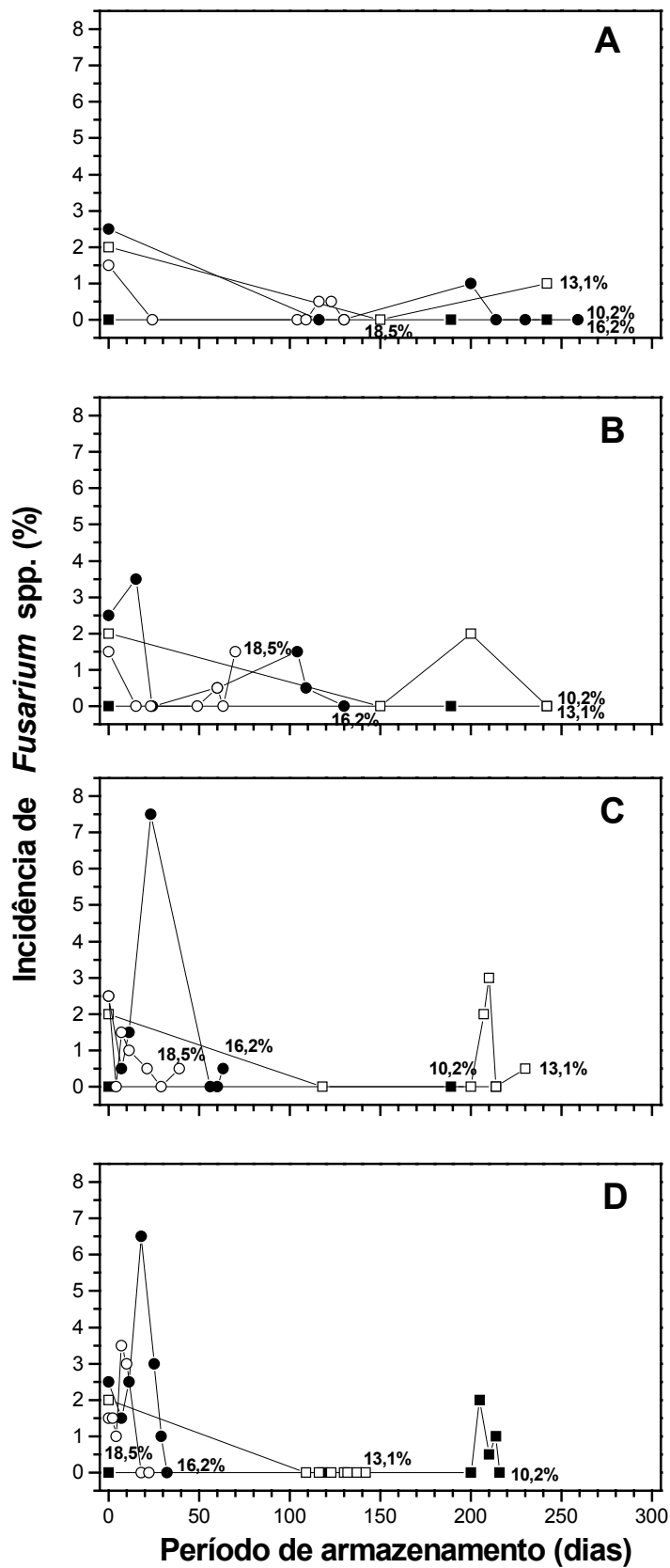


Figura 13 - Incidência de *Fusarium* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade (A, B, C, D, respectivamente).

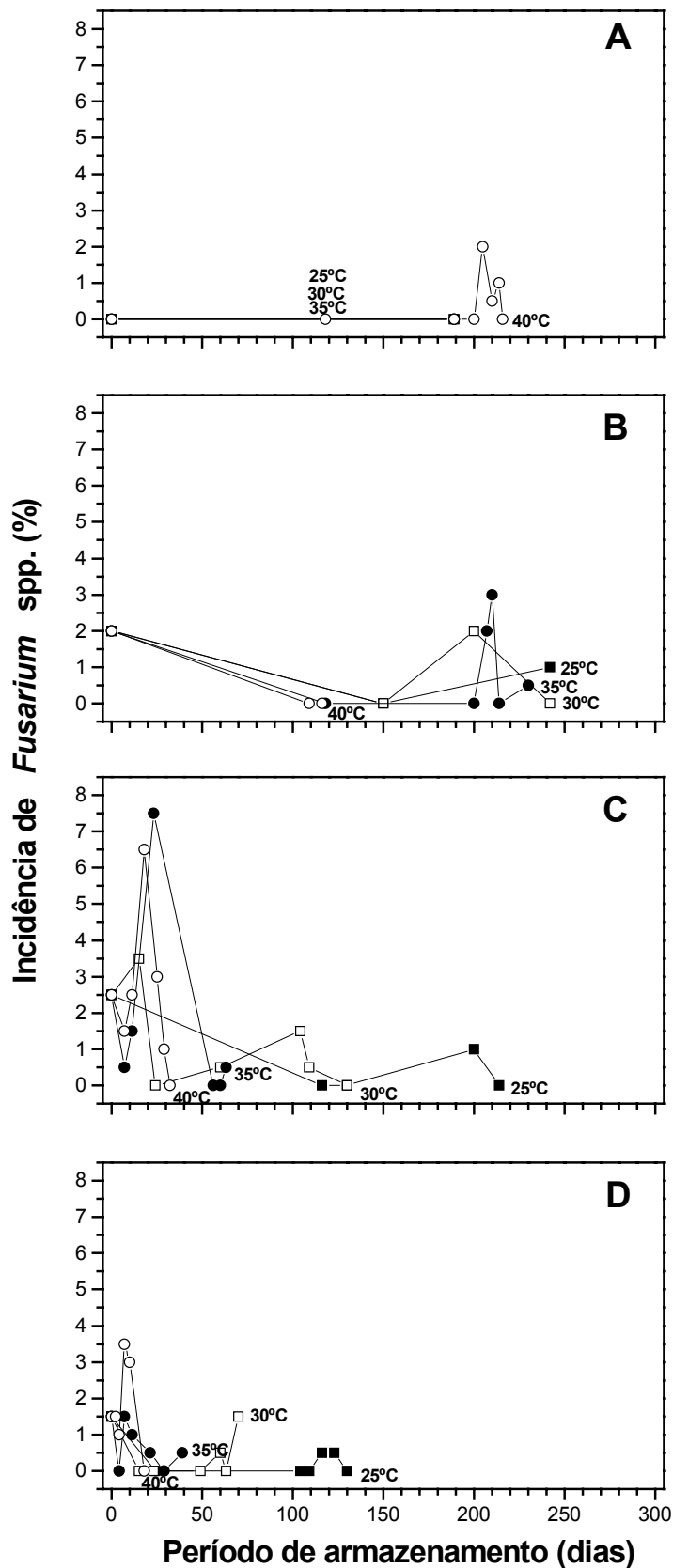


Figura 14 - Incidência de *Fusarium* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade e à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente)..

5.2.5 *Penicillium* spp.

O *Penicillium* spp. é o fungo que apresentou as maiores incidências em sementes de feijão, durante armazenamento hermético à 25, 30, 35, 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2; 18,5% de umidade, conforme pode ser observado nas figuras 15 e 16, respectivamente.

De acordo com a figura 15, nota-se a sua ocorrência em todas as temperaturas testadas, sendo que os maiores valores (80 a 100%) foram detectados à 30 e 35°C (B, C), sempre associado com o grau de umidade mais elevado (18,5%). Valores elevados (ao redor de 60%) foram obtidos à 25, 30 e 40°C (A, B, D, respectivamente). O aumento da temperatura favoreceu a incidência do fungo em períodos de armazenamento mais curtos. Pela figura 16 verifica-se inicialmente que os graus de umidade mais baixos (10,2; 13,1%) apresentam um efeito marcante na incidência do fungo, reduzindo-a para valores ao redor de 25% (A, B). Entretanto, com o aumento do grau de umidade das sementes, essas incidências alcançam valores em torno de 60% à 16,2% (C) e valores máximos (80 a 100%) à 18,5% (D). A melhor temperatura para a incidência do fungo parece situar-se na faixa de 30-35°C, dependendo de um grau de umidade nas sementes acima de 16%.

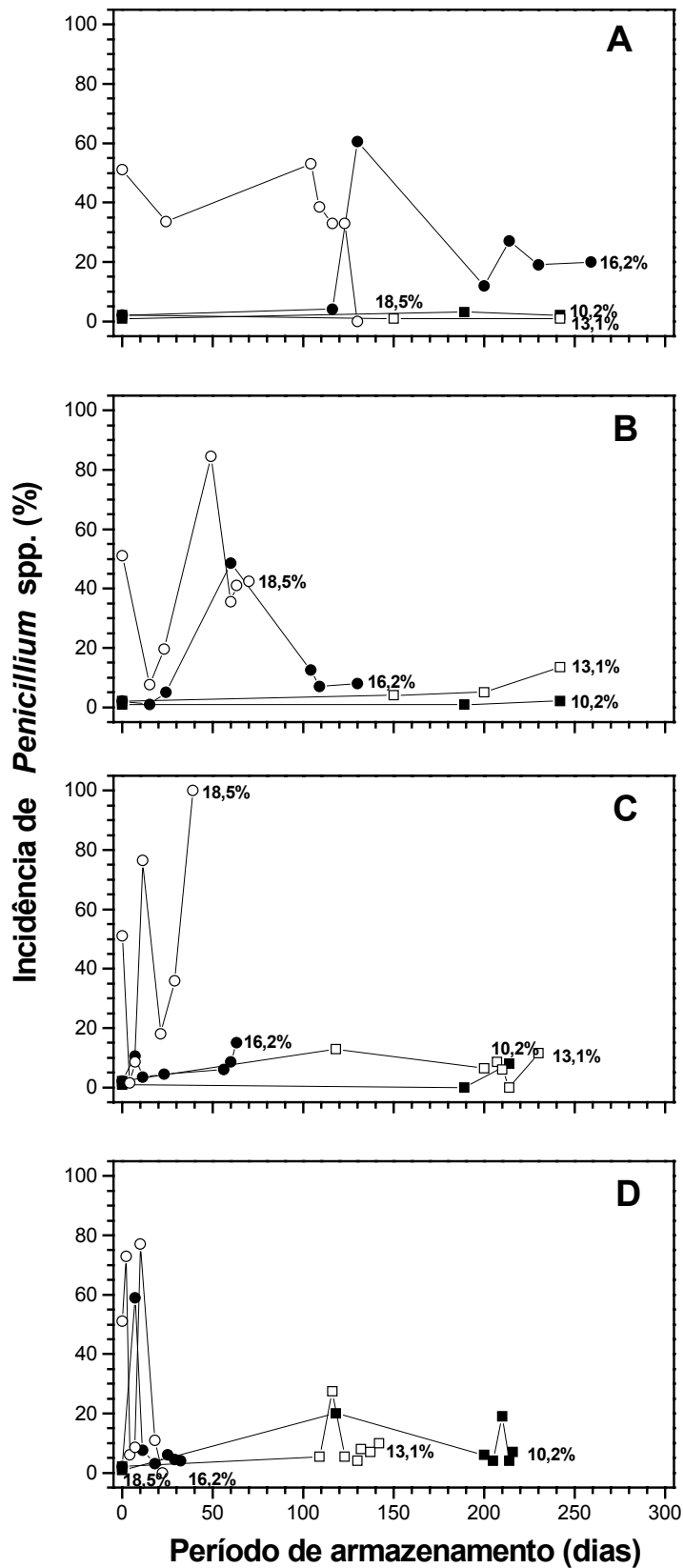


Figura 15 - Incidência de *Penicillium* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade (A, B, C, D, respectivamente).

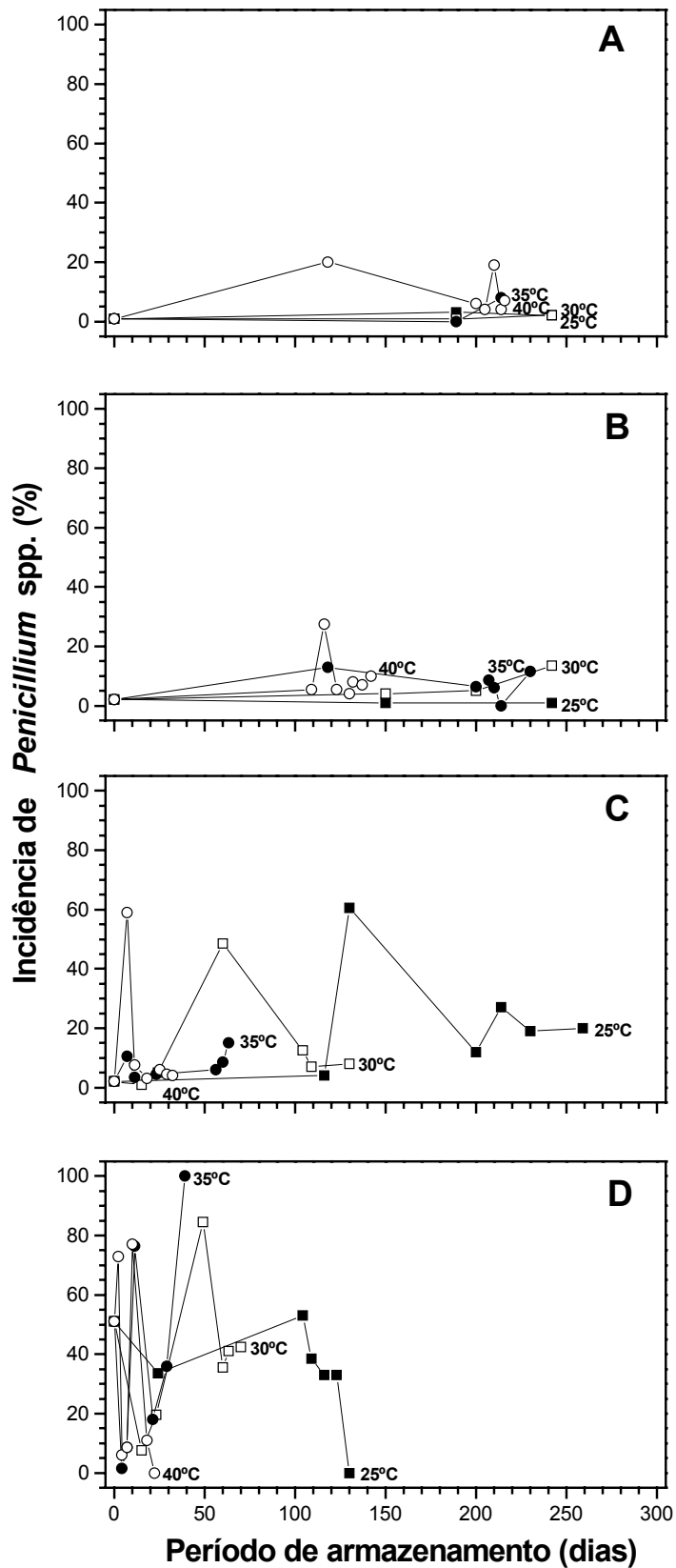


Figura 16 - Incidência de *Penicillium* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade e à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).

O efeito da umidade e da temperatura na incidência de fungos em sementes tem sido observado por vários pesquisadores tais como HERNANDEZ *et al.*, 1994, que observaram a incidência mais alta de *Penicillium* spp. (77%); CHISHOLM & COTES, 1997, relataram aumentos na ocorrência de alguns fungos de armazenamento em feijão quando as sementes foram armazenadas à 28°C.

Penicillium e *Aspergillus* são os principais fungos de armazenamento em sementes de feijão (DHINGRA & SINCLAIR, 1978; TANAKA & CORRÊA, 1981; FAIAD *et al.*, 1996) mas o primeiro depende da ação colonizadora do segundo (MENTEN, 1995).

5.2.6 *Rhizoctonia* spp.

As porcentagens de incidência de *Rhizoctonia* em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35, 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2; 18,5% de umidade são apresentadas nas figuras 17 e 18, respectivamente.

As maiores incidências (8-10%) foram detectadas para sementes com graus de umidade de 16,2 e 18,5%, armazenadas às temperaturas de 30, 35 e 40°C (B, C, D), conforme figura 17. A temperatura de 25°C restringiu a ocorrência desse fungo (A), mas com o seu aumento ocorreram incidências mais elevadas, inclusive para as umidade de 13,1% à 40°C (D), aos 135 dias de armazenamento. Assim, o aumento na temperatura favorece a incidência do fungo no início do armazenamento. A ocorrência do fungo tem sido relatada em vários artigos científicos, tais como em ABAWI & CROGAN, 1975; PIECZARKA & ABAWI, 1978; CARDOSO & COSTA, 1988; SINHA *et al.*, 1999).

Em sementes com 10,2% de umidade (A) praticamente não houve incidência do fungo, como pode visto na figura 18. Entretanto, a partir de 13,1% de umidade (B), valores mais altos de incidência foram detectados, culminando com as máximas incidências nas umidades de 16,2 e 18,5% (C, D) e na faixa de zero a 50 dias de armazenamento.

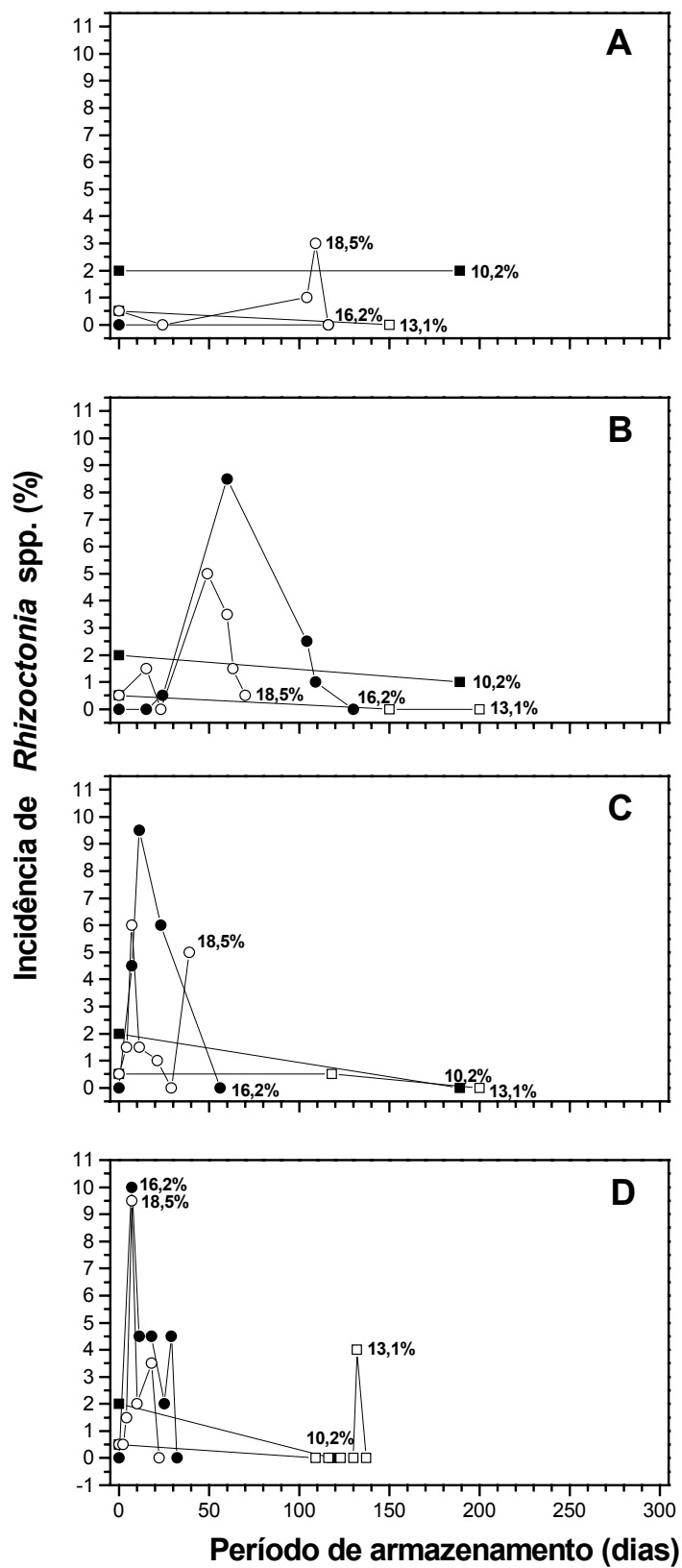


Figura 17 - Incidência de *Rhizoctonia* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 25, 30, 35 e 40°C e à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade (A, B, C, D, respectivamente).

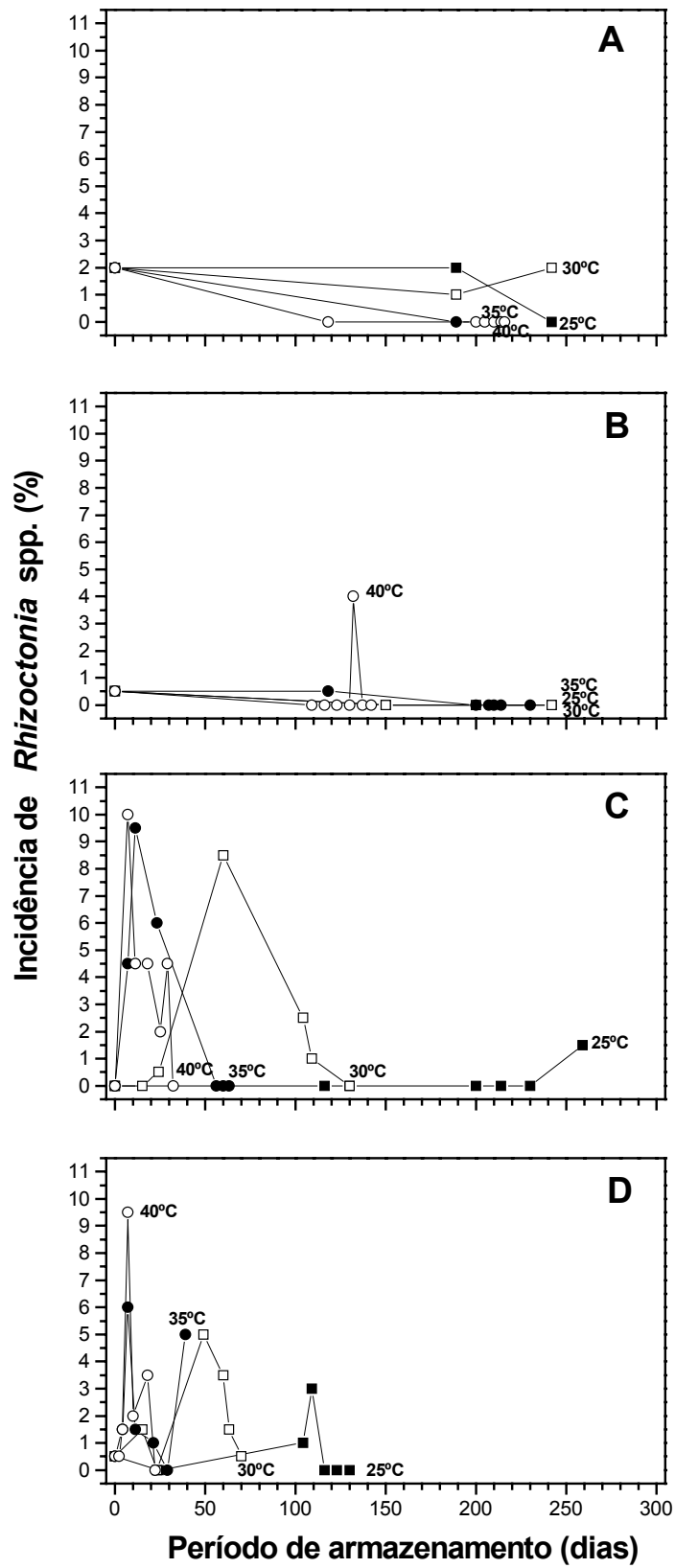


Figura 18 - Incidência de *Rhizoctonia* spp. em sementes de feijão, armazenadas hermeticamente à 10,2; 13,1; 16,2 e 18,5% de umidade e à 25, 30, 35 e 40°C (A, B, C, D, respectivamente).

5.3 ARMAZENAMENTO ABERTO

5.3.1 Condições ambientais

Os valores médios de temperatura e de umidade relativa do ar, registrados durante o armazenamento aberto de sementes de feijão no Laboratório de Sementes da FEAGRI, UNICAMP, Campinas, SP, no período de fevereiro a novembro de 2000, são apresentados na tabela 3. Observa-se que os valores médios de temperatura e de umidade relativa foram de 23,9°C e 67%, respectivamente, enquanto que os de temperaturas máxima e mínima alcançaram 24,3 e 23,3°C, valores esses considerados normais para a região de Campinas, SP.

5.3.2 Incidência de fungos e porcentagens de germinação

As incidências de fungos e as porcentagens de germinação de sementes de feijão, armazenadas em condições ambientais no Laboratório de Sementes da FEAGRI, UNICAMP, são apresentados na figura 19 (A, B, respectivamente).

Tabela 3. Valores médios de temperatura e de umidade relativa do ar registrados em armazenamento aberto no Laboratório de Sementes da FEAGRI, UNICAMP, Campinas, SP, no período de fevereiro a novembro de 2000. T = temperatura (°C), UR = umidade relativa (%), T max; T min = temperaturas máxima e mínima.

Dias	T	UR	T max	T min
0	23,8	77,3	25,0	21,0
15	23,8	80,0	24,5	22,5
30	26,2	73,4	26,7	25,6
45	25,0	75,3	25,5	24,4
60	25,3	73,3	25,8	24,5
75	24,2	68,4	24,7	23,4
90	25,1	60,6	25,5	24,9
105	23,3	63,5	23,5	22,9
120	22,4	63,6	23,0	21,3
135	19,6	54,8	20,2	18,7
150	22,4	58,9	22,5	22,7
165	23,0	58,7	23,3	22,3
180	21,7	59,9	22,1	21,8
195	22,3	61,1	22,3	22,1
210	21,8	75,7	22,1	21,3
225	24,6	70,6	24,8	24,5
240	24,6	62,4	25,1	23,6
255	26,5	70,0	26,6	26,3
271	27,9	65,7	27,9	27,9
Média	23,9	67,0	24,3	23,3

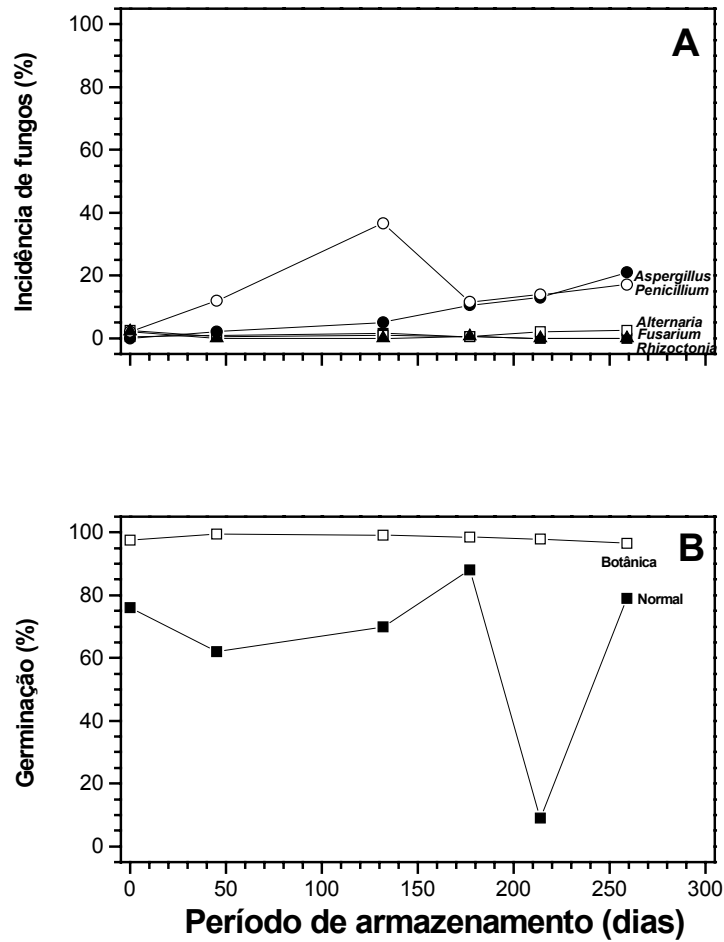


Figura 19 - Incidência de fungos e porcentagens de germinação de sementes de feijão (A, B, respectivamente), em armazenamento aberto na região de Campinas, SP.

Observa-se claramente uma predominância na incidência dos fungos *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., com um valor máximo de 40% para *Penicillium* aos 135 dias de armazenamento (A). A incidência destes fungos começou a se manifestar a partir de 45 dias e manteve-se predominante até 259 dias de armazenamento. Esses valores são semelhantes aos observados para as sementes armazenadas hermeticamente à 10,2% de umidade e 40°C (figura 5, D) e 13,1% e 40°C (figura 6, D).

Os valores de germinação botânica mantiveram-se praticamente inalterados durante todo o experimento, enquanto que os de germinação normal mostram alterações durante o armazenamento (B), aparentemente sendo influenciados pelas incidências de *Aspergillus* spp. e de *Penicillium* spp. observadas no mesmo período.

VI. CONCLUSÕES

1. Os valores de AW detectados para os limites extremos de umidade das sementes testados (10,2 e 18,5%) foram de 0,448 e 0,700, respectivamente;
2. Independentemente da temperatura, o aumento da umidade das sementes acarretou uma redução na sua longevidade, mais pronunciada nas umidades mais elevadas (16,2; 18,5%);
3. As temperaturas de armazenamento tiveram um efeito adicional na redução da longevidade das sementes, mas não tão marcante quanto o da umidade;
4. Os fungos *Penicillium* e *Aspergillus* foram predominantes em armazenamento hermético. A sua ocorrência foi praticamente nula à 25 e 30°C; entretanto, à 35°C, as incidências foram estatisticamente superiores às dos demais fungos;
5. Com o aumento da umidade das sementes, as maiores incidências de fungos foram registradas em períodos mais curtos de armazenamento. O aumento da temperatura teve efeito adicional no processo;
6. As umidades mais baixas controlaram a incidência de *Alternaria* à 25 e 30°C; entretanto, nas umidades mais altas, essas incidências ocorrem mais rapidamente, mas sempre associadas com as temperaturas mais elevadas;
7. As maiores incidências de *Aspergillus* (20 a 30%) foram observadas à 16,2% e 25°C, 13,1 e 18,5% à 35°C e 10,2% à 40°C. O aumento da umidade acelerou a sua incidência.
8. O fungo *Fusarium* ocorreu principalmente à 35 e 40°C (16,2%). À 10,2% de umidade não ocorreu a incidência do fungo, que se manifestou a partir de 13,1%, com valor máximo (7,5%) à 16,2% e 35 e 40°C. Novamente aqui nota-se o efeito direto da umidade nas sementes em acelerar a incidência do fungo.

9. *Penicillium* spp. é o fungo que apresentou as maiores incidências em todas as temperaturas; os maiores valores (80 a 100%) ocorreram à 30 e 35°C, sempre associados com a umidade mais elevada (18,5%). O aumento da temperatura favoreceu a sua incidência em períodos de armazenamento mais curtos. A redução de umidade nas sementes reduziu a sua incidência para 25%. A melhor temperatura para a incidência do fungo parece situar-se na faixa de 30-35°C.
10. As maiores incidências (8-10%) de *Rhizoctonia* foram detectadas à 16,2 e 18,5% de umidade e à 30, 35 e 40°C. A temperatura de 25°C restringiu a ocorrência do fungo; o aumento na temperatura favoreceu a sua incidência no início do armazenamento. Em sementes com 10,2% de umidade não houve incidência do fungo mas a partir de 13,1% as incidências aumentaram até os máximos valores, detectado à 16,2 e 18,5%.
11. As porcentagens de germinação botânica em armazenamento aberto mantiveram-se praticamente inalteradas durante todo o experimento, enquanto que as de germinação normal mostraram alterações no período, aparentemente pela influência de *Aspergillus* e de *Penicillium*.
12. Em armazenamento aberto, houve também uma predominância na incidência de *Aspergillus* e *Penicillium*, similarmente ao armazenamento hermético.

ABSTRACT

EVALUATION OF SEED HEALTHINESS AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF BEAN WITH DIFFERENT MOISTURE CONTENTS IN HERMETIC STORAGE AT CONSTANT TEMPERATURES

Author: Fabiana Gonçalves Francisco

Advisor: Roberto Usberti

The physiological quality and the fungal incidences were evaluated in bean seeds of the cultivar IAC Carioca ETÉ, hermetically stored in aluminium packets with four moisture contents (10.2; 13.1; 16.2; 18.5%) and at four temperatures (25, 30, 35, 40°C). Seed moisture content was determined at 105°C±3/24h and at 130°C±3/2h. Water activity was obtained in a DECAGON apparatus, at 25°C±0.3. Germination test was performed in 4x50 seeds. The sanitary condition was evaluated through the blotter test with 20x10 seeds at 20°C±2. The statistical design was completely randomised, in a factorial 6x4x4, with portion subdivided in the time (sampling time, moisture contents and temperatures). The values of AW for 10.2 and 18.5% moisture content were 0.448 and 0.700. Seed moisture content increasing cause a reduction in seed longevity, more pronounced at 16.2 and 18.5%. The temperatures had an additional effect in that reduction. The fungi *Penicillium* spp. and *Aspergillus* spp. were predominant in hermetic storage from 35°C, when the incidences were statistically higher than the other fungi. With the increasing of seed moisture content, the highest incidences of fungi were registered in shorter periods of storage. The increase of the temperature had additional effect in the process. Increased seed moisture contents controlled the incidence of *Alternaria* spp. at 25 and 30°C; however, in the highest moisture contents, those incidences happened more quickly, always associated with the highest temperatures. Highest incidences of

Aspergillus spp. (20 to 30%) occurred at 16.2% and 25°C, 13.1 and 18.5% at 35°C and 10.2% at 40°C. The increase of moisture content accelerated its incidence. The fungus *Fusarium* spp. occurred mainly at 35 and 40°C (16.2%); however at 10.2% moisture content the incidence of the fungus didn't happen but it occurred from 13.1% moisture content, with maximum value (7.5%) at 16.2% and 35 and 40°C. *Penicillium* spp. revealed the higher incidences in all the temperatures and the highest values (80 to 100%) were recorded at 30 and 35°C, always associated with the highest humidity (18.5%). The increase of the temperature accelerated its incidence, while with seed moisture content reduction decreased it at 25%. The best temperature for the incidence of the fungus seems to be locate in the range of 30-35°C. The highest incidences of *Rhizoctonia* spp. (8-10%) happened at 16.2 and 18.5% moisture content and at 30, 35 and 40°C. The occurrence of the fungus was restricted at 25°C, but the increasing of the temperature accelerated its incidence. The percentages of botanical germination in open storage stayed practically unaffected during the whole experiment, while the one of normal germination showed alterations in the period. In open storage, there was also predominance in the incidences of *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp..

BIBLIOGRAFIA

ABAWI, G.S.; CROGAN, R.G. Source of primary inoculum and effects of temperature and moisture on infection of beans by *Whetzelinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, St. Paul, v.65, p.300-309, 1975.

ABAWI, G.S.; CROSIER, D.C.; COBB, A.C. Pod-flecking of snap beans caused by *Alternaria alternata*. **Plant Disease Reporter**, Washington, v.61, p.901-905, 1977.

AGUIRRE, R.; PESKE, S.T. Seed moisture content required for short term hermetic storage of beans. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.19, n.1, p.117-122, 1991.

AQUALAB. Analisador de atividade de água Decagon. Brasil: ABRASEQ, 1997. 21p. (Manual, 01).

BARNETT, H.L.; HUNTER, B.B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. 3 ed. Minneapolis, Burgess Publishing Company, 241p., 1972.

BENEDETTI, B.C.; JORGE, J.T. Curvas de umidade de equilíbrio de vários grãos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 7, n. 2, p.172-188, 1987.

BOLKAN, H.A.; SILVA, A.R.; CUPERTINO, F.P. Fungi associated with soybean and bean seeds and their control in Central Brazil. **Plant Disease Reporter**, v. 60, p.545-548, 1976.

BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; MOREIRA, M.A.; SCAPIM, C.A. Avaliação das alterações bioquímicas em sementes de soja, durante o condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.1, p.116-125, 1997.

BRAGANTINI, C. Produção de Sementes. In: **Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 796p., 1996.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Abastecimento. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. **Regras para Análise de Sementes**. 365p.,1992.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Grain equilibrium moisture content. In: **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: p.67-85. 1992.

CARDOSO, J.E. Controle de patógenos de solo na cultura do feijão. In: **Seminários Sobre Pragas e Doenças do Feijoeiro, 4. Anais**. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Campinas, p.45-50, 1991.

CARDOSO, J.E.; COSTA, J.L.S. Interações entre fungos de solo patógenos do caupi. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 13, p.143-, 1988.

CARDOSO, J.E.; RAVA, C.A.; SARTORATO, A. Doenças causadas por fungos de solo. In: **Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 786p. 1996.

CARNEIRO, J.G.A.; AGUIAR, I.B. Armazenamento de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília,. 350p. ABRATES, 1993.

CARVALHO, A.R. Determinação da atividade de água (AW) de produtos alimentícios no aparelho Novasina. Campinas: CETEA/ITAL, 1997. 32p.

CAVALCANTI-MATA, M.E.R.M. Secagem a nível de produtor. In: **Simpósio de Armazenamento de Grãos e Sementes nas Propriedades Rurais**. Campina Grande: UFPB, 291p. 1997.

CHAVES, G. La Antracnosis. In: SCHWARTZ, H.F.; GALVÉZ G.E. (eds). **Problemas de producción del frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris***. Cali: CIAT, p.37-53, 1980.

CHISHOLM, F.V. & COATES, B.P.L. Fungi associated with seeds of three legume species in Jamaica and seed germination at harvest and after storage. **Tropical Agriculture**, v.74 (2), p.121-127, 1997.

CHRISTENSEN, C.M. Microflora and seed deterioration. In: ROBERTS, E.H. (ed.) **Viability of seeds**. Chapman & Hill, London. Cap.3, p.59-93, 1972.

DELOUCHE, J.C. Environmental effects on seed development and seed quality. **Horticultural Science**, n.15, p.775-780, 1980.

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.427-552, 1973.

DELOUCHE, J.C.; POTTS, H.C. **Programa de Sementes: Planejamento e implantação**. Brasília, AGIPLAN, 124 p., 1974.

DHINGRA, O.D.; SINCLAIR, J.B. **Biology and pathology of *Macrophomina phaseolina***. Viçosa, UFV, 166 p., 1978.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. A low-moisture-content limit to logarithmic relations between seed moisture content and longevity. **Annals of Botany**, n.61, p.405-408, 1988.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. Moisture content and longevity of seed of *Phaseolus vulgaris*. **Annals of Botany**, v.66, n.3, p.341-348, 1990a.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H.; TAO, K.L. Low moisture content limits to relations between seed longevity and moisture. **Annals of Botany**, n.65, p.493-504, 1990b.

ELLIS, R.H.; OSEI-BONSU, K.; ROBERTS, E.H. The influence of genotype, temperature and moisture on seed longevity in chickpea, cowpea and soybean. **Annals of Botany**, n.50, p.69-82, 1982.

ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, v. 4, n.45, p.13-30, 1980.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Recomendações Técnicas para Cultivo do Feijoeiro**. 2 ed. Goiânia, 1985. 40p. (Embrapa - CNPAF. Circular Técnica, 13).

FAIAD, M.G.R.; WETZEL, M.M.V.S.; SALOMÃO, A.N.; CUNHA, R. Evaluation of fungi in seed germplasm before long term storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.24, n.3, p.505-511, 1996.

HARRINGTON, J.F. Packaging seeds for storage and shipment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n.3, p.701-709, 1973.

HARRINGTON, J.F. Practical advice and instructions on seed storage. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, Vollebakk, v.28, p.989-994, 1963.

HENNING, A.A. **Metodologia do teste de patologia de sementes**. Londrina, Pr. 40p. 1984.

HERNANDEZ, E.; FONT, A.; HERNANDEZ, M. Preservation of common beans in different containers and storage conditions. **Plant Genetic Resources Newsletter**, v.99, p.34-35, 1994.

HUNT, W.H.; PIXTON, S.W. Moisture - Its significance, behaviour and measurement. In: CHRISTENSEN, C.M. **Storage of cereal grains and their products**. Minnesota: Amer. Assoc. Cereal Chem. Incorporated, p1-53, 1974.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International rules for seed testing. **RULES 1985. Seed Science and Technology**, Zurich, v.13, p.299-55; 356-513, 1985.

LASCA, C.C. Estudos sobre a flora fúngica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **O Biológico**, v.XLIV. p.125-134, 1978.

LASSERAN, J.C. Princípios gerais de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.3, 46p. 1978.

LAZZARI, F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. Curitiba, 146p., 1993.

LEOPOLD, A.C.; VERTUCCI, C.W. Moisture as a regulator of physiological reactions in seeds. In: STANWOOD, P.C. & McDONALD, M.B. **Seed Moisture**: Crop Science Society of America, p.1-67, 1989. (Special Publication).

LOEWER, O.J.; BRIDGES, T.C.; BUCKLIN, R.A. Principles of Drying. In: **On-Farm Drying and Storage Systems**. American Society of Agricultural Engineers, p.27-71, 1994.

LUCA-FILHO, O.A. Importância da sanidade na produção de sementes de alta qualidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.7, n.1, p.113-123, 1985.

MENEZES, J.R.; MOHAN, S.K.; BIANCHINI, A.; SOUZA, G.L. Qualidade sanitária de sementes de feijão no Estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.6, p.497-508, 1981.

MENTEN, J.O.M. Prejuízos causados por patógenos associados às sementes. In: MENTEN, J.O.M. **Patógenos em Sementes: detecção, danos e controle químico**. São Paulo: Ciba Agro, 321p. 1995.

MOHAN, S.K.; MENEZES, J.R. Doenças e seu controle. In: **Manual Agropecuário para o Paraná**. Fund. Inst. Agron. do Paraná. Circular v.18, p.47-53, 1980.

MORAES, M.H.D.; MENTEN, J.O.M. Importância dos testes de sanidade de sementes como rotina. In: **Congresso Brasileiro de Sementes**, Gramado, Resumos. Brasília: ABRATES, 155p. 1987.

MORAES, S.R.; MELCHIADES, A.R. **Apostila de patologia de sementes**. EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Londrina, Pr. (1977).

NAN, Z.B.; HANSON, J.; WOLDE, M.Y. Effects of sulphuric acid and hot water treatments on seedborne fungi and germination of *Stylosanthes hamata*, *S. guianensis* and *S. scabra*. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.26, p.33-43, 1998.

NEERGAARD, P. **Seed Pathology**. New York: The MacMillan Press, p.309-319, 1977.

NELLIST, M.E.; HUGUES, M. Physical and biological processes in the drying of seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n.3, p.613-643, 1973.

NOVEMBRE, A.D.L.C.; MARCOS-FILHO, J. Tratamento fungicida e conservação de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.13, n.2, p.105-113, 1991.

PIECZARKA, D.J.; ABAWI, G.S. Effects of interaction *Fusarium*, *Pythium* and *Rhizoctonia* on severity of bean root rot. **Phytopathology**, St. Paul. v.68, p.403-409, 1978.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2 ed. Brasília, 289p. 1985.

PURDY, L.H. *Sclerotinia sclerotiorum*: History, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. **Phytopathology**, St. Paul, v.69, p.875-880, 1979.

ROA, G.; ROSSI, S.J. Determinação experimental de curvas de teor de umidade de equilíbrio mediante a medição da umidade relativa de equilíbrio. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.2, n.2, p.17-22, 1977.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Wageningen, v.1, n.3, p.499-514, 1973.

ROBERTS, E.H. Storage environment and the control of viability. In: ROBERTS, E.H. **Viability of seeds**. London: Chapman & Hill, p.14-58, 1972.

ROBERTS, E.H.; ELLIS, R.H. Prediction of seed longevity at sub-zero temperatures and genetic resources conservation. **Nature**, London, v.268, p.431-432, 1977.

ROBERTS, E.H.; KING, M.W. The characteristics of recalcitrant seeds. In: CHIN, H.F.; ROBERTS, E.H. (ed.). **Recalcitrant Crop Seeds**. Kuala Lumpur: Tropical Press, cap.1, p.1-5, 1980.

SANHEWE, A.J.; ELLIS, R.H. Seed development and maturation in *Phaseolus vulgaris* L. post-harvest longevity in air-dry storage. **Journal of Experimental Botany**, v.47, p.959-965, 1996.

SARTORATO, A.; RAVA, C.A. Influência da cultivar e do número de inoculações na severidade da mancha angular (*Isariopsis griseola*) e nas perdas na produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.17, p.247-251, 1992.

SARTORATO, A.; RAVA, C.A.; RIOS, G.P. Doenças fúngicas e bacterianas da parte aérea. In: ARAÚJO, R.S. *et al.* **Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 786p. 1996.

SARTORI, M.R. Armazenamento: In: ARAÚJO, R.S. *et al.* **Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, p.543-560, 1996.

SARTORI, M.R. Conservação da qualidade tecnológica durante o armazenamento: In: ZIMMERMANN, M.J.O. *et al.* **Cultura do Feijoeiro: Fatores que Afetam a Produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, p.359-371, 1988.

SCHWARTZ, H.F. Additional fungal pathogens. In: SCHWARTZ, H.F.; PASTOR-CORRALES, M.A. (eds.). **Beans production problems in the tropics**. Cali: CIAT, p.231-259, 1989.

SILVA, M.A.D.; SILVA, W.R. Comportamento de fungos e de sementes de feijoeiro durante o teste de envelhecimento artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.35, n.3, p.599-608, 2000.

SINGH, D.; MATHUR, S.B. *Sclerotium rolfsii* in seed of bean from Uganda. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.24, n.4, 481p. 1974.

SINHA, A.; SINGH, S.K.; QAISAR, J. Seed mycoflora of French bean and its control by means of fungicides. **Tropenlandwirt**, v.11, n.1, p.59-67, 1999.

SONGA, W.; HILLOCKS, R.J. Survival of *Macrophomina phaseoli* in bean seed and crop residue. **International Journal of Pest Management**, v.44, n.2, p.109-114, 1998.

TANAKA, M.A.; CORRÊA, M.U. Influência de *Aspergillus* e *Penicillium* no armazenamento de sementes de feijão. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.6, p.451-456, 1981.

TANAKA, M.A.S.; DESLANDES, J.A. Principais fungos associados às sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em alguns municípios de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.3, 108p. 1978.

TERVEIT, I.W. The influence of fungi on storage, on seed viability and seedling vigor of soybeans. **Phytopatology**, v. 35, p.3-15, 1945.

TOLEDO, F.F.; MARCOS-FILHO, J. **Manual de sementes: tecnologia da produção**. São Paulo. Ceres, 224p. 1977.

TROMBETA, N.V. Sementes melhoradas: fator de redução de riscos na agricultura. [s.l.]: **Anuário ABRASEM**, p.12-16, 1994.

VIEIRA, C. **Doenças e Pragas do Feijoeiro**. Viçosa, UFV, 231p., 1983.

VIEIRA, R.F.; CLIBAS, V.; RAMOS, J.A.O. **Produção de sementes de feijão**. Viçosa: EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), 131p., 1993.

WILCOX, J.R.; LAVIOLETTE, F.A.; ATHOW, K.L. Deterioration of soybean seed quality associated with delayed harvest. **Plant Disease Reporter**, v.58, p.130-133, 1974.

XIAORONG, H.; YUNLAN, Z.; CHENGLIAN, H.; MEI, T.; SHUPING, C. A comparison of methods for drying seeds: vacuum freeze-drier versus silica gel. **Seed Science Research**, v.8, supplement n.1, p.29-33, 1998.

ZAUMEYER, W.S.; THOMAS, H.R. A monographic study of bean diseases and methods for their control. **USDA Technical Bulletin** n.868, 255p., 1957.