

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E COMPOSIÇÃO MINERAL
DA SOLUÇÃO DE EMBEBIÇÃO DE SEMENTES DE
FEIJÃO ARMAZENADAS EM DUAS TEMPERATURAS**

Claudia Denise da Silva
Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E COMPOSIÇÃO MINERAL
DA SOLUÇÃO DE EMBEBIÇÃO DE SEMENTES DE
FEIJÃO ARMAZENADAS EM DUAS TEMPERATURAS**

Claudia Denise da Silva

Orientador: Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção e Tecnologia de Sementes).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Fevereiro de 2009

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CLAUDIA DENISE DA SILVA - nascida em 12 de junho de 1984 em Catanduva, SP, é Engenheira Agrônoma formada pela Universidade Federal de Lavras – MG em fevereiro de 2007. Durante o curso de agronomia foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/FAPEMIG no período de março de 2004 a fevereiro de 2007. Em março do mesmo ano iniciou o curso de Pós Graduação, mestrado em Agronomia, na área de concentração Produção e Tecnologia de Sementes, sendo bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

*O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada.
Caminhando e semeando no fim terás o que colher.
(Cora Coralina)*

Ao meu pai **José Pompéia da Silva** e minha mãe **Maria Tereza Gazola da Silva**, pelo exemplo de vida, dedicação, amor e carinho.

À minha irmã **Edilene Deise da Silva**, pelo apoio, cumplicidade e demonstração de verdadeiros sentimentos de irmandade.

A eles que me ensinaram o amor ao estudo, ao dever, à verdade, e à honestidade.

DEDICO

AGRADEÇO.....

A DEUS, razão única de toda a existência, pela vida, proteção e por ter permitido mais essa vitória;

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP/ JABOTICABAL, pela oportunidade de realizar o mestrado;

Ao Professor Roberval Daiton Vieira pela orientação deste trabalho, receptividade, confiança, pelo incentivo e ensinamentos que contribuíram e contribuirão em meu crescimento pessoal e profissional;

Aos docentes Dr. Rinaldo César de Paula, Dr. Nelson Moreira de Carvalho, Dr. Rubens Saber, aos funcionários, Lázaro José Ribeiro da Silva, Rubens Libório, Carlos Alberto Lemes e as secretárias Mônica Roberta Ignácio, Marisa Coga e Nádia Lyn pelo auxílio em vários momentos;

Aos amigos da Pós Graduação, Mariana Silva Rosa, Stefânia Magalhães Caixeta, Juliane Dosse Salum, Magnólia Lopes, Bruno Guilherme Torres Licursi Vieira, Leandra Matos Barrozo e Delineide Pereira Gomes pela ajuda e convivência agradável.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) pelo fornecimento das sementes;

À Professora Dr^a. Mara Cristina Pessoa da Cruz pelas análises químicas;

Ao Professor José Carlos Barbosa pela ajuda na análise estatística;

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

..... e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão desta pesquisa

MUITO OBRIGADA!!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
I. INTRODUÇÃO	12
II. REVISÃO DE LITERATURA	14
III. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Obtenção do material.....	20
3.2. Armazenamento das sementes	20
3.3. Avaliações laboratoriais	20
3.3.1. Determinação do teor de água.....	21
3.3.2. Teste de germinação.....	21
3.3.3. Teste de envelhecimento acelerado.....	21
3.3.4. Teste de condutividade elétrica.....	21
3.3.5. Quantificação de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} da solução de embebição	22
3.4. Análise estatística.....	22
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
V. CONCLUSÕES.....	42
VI. REFERÊNCIAS	43
VII. APÊNDICE	50

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E COMPOSIÇÃO MINERAL DA SOLUÇÃO DE EMBEBIÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO ARMAZENADAS EM DUAS TEMPERATURAS

RESUMO – A agricultura moderna exige testes rápidos para avaliação da qualidade de sementes para determinar o seu uso potencial. O teste de condutividade elétrica é usado para sementes de muitas espécies, especialmente as de leguminosas. O objetivo dessa pesquisa foi o de avaliar o efeito da temperatura de armazenamento sobre os resultados do teste de condutividade elétrica e da composição mineral da solução de embebição de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenadas durante um ano a temperatura de 10 e 25 °C. Foram utilizados três lotes da cultivar IAPAR – 81 (grupo carioca) e três lotes da cultivar IPR – TIZIU (grupo preto) armazenadas em câmara fria a 10 °C e em BOD a 25 °C. As avaliações foram realizadas em intervalos de três meses ao longo de 12 meses e as variáveis avaliadas foram: teor de água, germinação e vigor (envelhecimento acelerado e condutividade elétrica). O conteúdo de potássio da solução de embebição foi determinado por fotometria de chama e o conteúdo de cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica. Os dados foram analisados segundo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (4 períodos de armazenamento x 3 temperaturas) com tratamento adicional (avaliação inicial) com quatro repetições para cada lote. As sementes das cultivares apresentaram comportamento semelhante no armazenamento. Os valores de condutividade elétrica reduziram na última avaliação não sendo acompanhados pela redução dos íons

quantificados. O potássio foi o íon lixiviado em maior quantidade em sementes de feijão armazenadas, tendo comportamento mais próximo aos resultados do teste de condutividade elétrica. O teste de condutividade elétrica diagnosticou a perda do vigor de sementes durante o armazenamento até nove meses nas temperaturas de 10 e 25 °C. De acordo com os resultados obtidos concluiu-se que a condutividade elétrica e as quantidades dos íons de cálcio, magnésio e potássio não são influenciadas pela temperatura de armazenamento das sementes.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L, vigor, lixiviação, cálcio, potássio, magnésio

ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND MINERAL COMPOSITION OF THE SOAKED SOLUTION OF BEAN SEEDS STORED AT TWO TEMPERATURES

ABSTRACT - Modern agriculture requires quick tests to evaluate the seeds quality, in order to determine their potential use. The electrical conductivity test has been used for many species, especially legumes seeds. This research was carried out in order to investigate the relationship between the amount of electrolytes (K^+ , Ca^{++} and Mg^{++}) on the seed soaked solution and the vigor measured by electrical conductivity test of bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) stored at 10 and 25 °C. Three seed lots cultivar IAPAR - 81 (Carioca Group) and three cultivar IPR - TIZIU (black group) were stored in a cold chamber at 10 °C and in a BOD at 25 °C. Evaluations were done in intervals of three months over a 12 months and the variables were: water content, germination and vigor (accelerated aging and electrical conductivity tests). The potassium content in the imbibition solution was determined by flame photometry and the calcium and magnesium contents, by atomic absorption spectrophotometry. The statistics model used was completely randomized design in a factorial (four periods of storage X three temperatures) with additional treatment (initial assessment) with four replicates for each lot. The cultivars showed similar behavior in storage. Electrical conductivity values decreased in the last evaluation and it was not followed by reduction of the ions quantified. The potassium was the ion leached in larger amounts from bean seeds stored, and its behavior was closest to the results of electrical conductivity test. The electrical conductivity test detected the vigor reduction of bean seeds during storage up

to nine months at temperatures of 10 and 25 °C. According to the results it was concluded that the electrical conductivity test and the measurement of ions of calcium, magnesium and potassium were not influenced by temperature of seed storage.

Key-words: *Phaseolus vulgaris* L, vigor, leach, calcium, magnesium and potassium

I. INTRODUÇÃO

O feijão é um dos principais produtos agrícolas brasileiros. Atualmente a área nacional cultivada é de 4 mil hectares e a produtividade de 880 toneladas por hectare. Apresenta importância socioeconômica, devido ao volume e valor da produção, utilização de mão-de-obra e por ser a principal fonte protéica na alimentação, sendo utilizado como alternativa em substituição aos produtos ricos em proteína, e juntamente com o arroz constitui a base alimentar da população brasileira.

A cultura ainda apresenta baixa produtividade em virtude do desconhecimento ou da não adoção, pela maioria dos produtores, das tecnologias disponíveis, e dentre essas, a utilização de sementes de alta qualidade é fundamental para o estabelecimento da cultura.

O teste mais utilizado para a determinação da qualidade das sementes é o de germinação. Apesar do alto grau de confiabilidade o teste apresenta limitações por não detectar modificações mais sutis na qualidade das sementes no seu estágio inicial de deterioração, mas que são detectadas por testes de vigor. Assim, métodos de avaliação do vigor de sementes têm sido indicados e amplamente estudados visando à avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes.

Dentre os testes de vigor já com determinado nível de padronização para algumas espécies, destaca-se o de condutividade elétrica pela objetividade, rapidez na obtenção dos resultados e facilidade de execução.

Vários fatores podem afetar os resultados do teste de condutividade elétrica e dentre esses fatores, trabalhos recentes têm mostrado que a temperatura de armazenamento das sementes, particularmente a baixa, pode interferir nos resultados do teste.

Embora as pesquisas visando à padronização do teste de condutividade elétrica para diversas espécies têm alta evolução, o efeito da condição de armazenamento (baixa temperatura) de sementes de feijão sobre os resultados desse teste ainda não foi investigado.

Desta forma, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito da temperatura de armazenamento sobre os resultados do teste de condutividade elétrica e da composição mineral da solução de embebição de sementes de feijão armazenadas.

II. REVISÃO DE LITERATURA

As sementes apresentam o mais alto potencial fisiológico por ocasião da maturidade fisiológica das mesmas, a partir deste ponto, o poder germinativo e o vigor declinam em intensidade variável, dependendo das condições a que ficam sujeitas (VIEIRA & KRZYŻANOWSKI, 1999). A deterioração das sementes é descrita como um processo degenerativo contínuo, que se inicia logo após a maturidade fisiológica e continua até a sua morte ou incapacidade de germinar (CARVALHO & CAMARGO, 2003).

DELOUCHE & BASKIN (1973) relacionaram a provável sequência de alterações durante o processo de deterioração como a degradação de membranas, danos nos mecanismos de síntese e energia, respiração e biossíntese, redução da taxa de germinação, do potencial de armazenamento, da taxa de crescimento e desenvolvimento, da uniformidade, da resistência da planta, da produtividade, da emergência da plântula em campo, aumento da quantidade de plântulas anormais e finalmente a perda da germinabilidade.

A avaliação do vigor de sementes é importante para identificar possíveis diferenças no potencial de desempenho entre lotes com germinação semelhante (MARCOS FILHO, 1999b), assim os testes de vigor, por meio de medições diretas ou indiretas, estimam o comportamento provável da semente, decorrido o processo de deterioração, ou em função do estado atual da atividade metabólica, ou de partes constituintes da semente (KRZYŻANOWSKI & FRANÇA NETO, 2001).

Cada tipo de teste tem sua eficiência na avaliação do vigor de sementes de determinadas culturas, não existindo, até o momento, nenhum teste de vigor que possa ser recomendado como padrão para todas ou mesmo para uma única espécie, uma vez que o vigor reflete a manifestação de várias características (VIEIRA & KRZYŻANOWSKI, 1999).

Dentre os testes de vigor com maior destaque (HAMPTON & TEKRONY, 1995; AOSA, 2002), pode-se enfatizar o teste de condutividade elétrica como teste de vigor bastante promissor, especialmente em relação a possibilidade de padronização. Esse

teste, em decorrência de suas características foi classificado por McDonald, em 1975, como um teste bioquímico, pois avalia alterações no metabolismo das sementes associadas com seu vigor (KRZYZANOWSKI & FRANÇA NETO, 2001) mais precisamente, a quantidade de íons lixiviados na solução de embebição que indiretamente reflete o grau de dano das membranas celulares resultante do processo de deterioração da semente.

A deterioração das sementes durante o armazenamento é um fenômeno complexo que envolve alterações em muitos de seus componentes (PRIESTLEY, 1986). Estudos têm evidenciado que a membrana é o sítio preferencial de injúria durante o envelhecimento, devido à oxidação e dos danos em componentes como lipídeos e proteínas (SUN & LEOPOLD, 1995).

As membranas celulares são seletivas e organizam as estruturas subcelulares. Várias reações químicas que ocorrem no meio intracelular seriam impossíveis de ocorrer no meio extracelular, em razão da dispersão dos reagentes num meio incompatível. Outras reações fazem parte de funções celulares altamente especializadas e que, portanto, necessitam da compartimentalização das organelas em que ocorrem, como as reações oxidativas com a utilização de O_2 na mitocôndria, a replicação de DNA e a síntese de RNA-m no núcleo de células eucariotes e a síntese e transporte de proteínas no retículo endoplasmático e complexo de Golgi (VIEIRA et al., 1991). Assim a perda da permeabilidade seletiva das membranas celulares é o primeiro evento do processo de deterioração e é seguida das várias outras transformações degenerativas que causam a perda de vigor das sementes.

Na medida em que a semente seca durante o processo de maturação e quanto mais se aproxima da maturidade fisiológica, as membranas alteram a sua integridade, num processo de desorganização estrutural temporário (SIMON & RAJA HARUN, 1972), estando tanto mais desorganizadas quanto menor for o teor de água (BEWLEY, 1986). Durante a embebição as membranas reestruturam-se e recuperam a permeabilidade seletiva. Assim, a perda da viabilidade de sementes armazenadas secas é causada pela inabilidade dos sistemas de reparo dos tecidos, em função do

baixo teor de água disponível. Conseqüentemente, os danos acumulam-se e somente poderão ser reparados quando as sementes forem embebidas para a germinação.

Durante o processo de embebição da semente, enquanto as membranas celulares reestruturam-se há liberação de eletrólitos, cuja quantidade está associada à integridade destas. Assim, maiores níveis de eletrólitos lixiviados pelas sementes são características de lotes de menor vigor (VIEIRA, 1994; HAMPTON & TEKRONY, 1995; VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999; PANOBIANCO & MARCOS FILHO, 2001). Essas sementes demandam mais tempo e há dificuldade para a reestruturação das membranas celulares (DESAI et al., 1997), devido à perda da integridade destas no processo de deterioração, que resultando em valores altos de condutividade elétrica, medidos na solução de embebição.

Vários trabalhos relatam a relação entre menores valores de condutividade e sementes com alto vigor e maiores valores com lotes menos vigorosos (McDONALD & WILSON, 1979; POWELL, 1986; MARCOS FILHO et al., 1990; VIEIRA et al., 2002 e 2004), demonstrando que a diminuição do vigor relaciona-se diretamente com a elevação da concentração de eletrólitos liberados pelas sementes na água de embebição.

Durante a embebição ocorre a lixiviação de vários solutos para a solução de embebição incluindo os carboidratos, ácidos graxos, aminoácidos, ácidos orgânicos, proteínas, substâncias fenólicas e íons K^+ , Ca^{++} , Na^+ e Mg^{++} (CUSTÓDIO & MARCOS FILHO, 1997; FESSEL. et al., 2006; PANOBIANCO & VIEIRA, 2007).

Os resultados do teste de condutividade elétrica podem ser afetados por variáveis inerentes à metodologia como: o número de sementes e de repetições, as temperaturas de embebição e avaliação, o tempo de embebição, a qualidade e o volume de água e o tamanho do recipiente (VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999). Estes fatores podem ser controlados definindo-se a metodologia ideal para cada espécie. Outros fatores que também podem afetar os resultados do teste são o genótipo (SHORT & LACY, 1976; PANOBIANCO & VIEIRA, 1996; VIEIRA et al., 1996), o estágio de desenvolvimento da semente (STYER & CANTLIFFE, 1983; POWELL, 1986) e estudos mais recentes relatam que as condições de armazenamento, principalmente a

baixa temperatura (10 °C) podem comprometer a confiabilidade dos resultados obtidos (FERGUSON, 1988; VIEIRA, R.D. et al., 2001; FESSEL et al., 2006, PANOBIANCO & VIEIRA, 2007, PANOBIANCO et al. 2007).

FERGUSON (1988), acompanhando mudanças durante a deterioração de sementes de soja, observou pequenas alterações na condutividade elétrica para sementes armazenadas a 10 °C opondo-se à queda de germinação observada após o envelhecimento acelerado. Porém, quando o eixo embrionário de sementes foi removido a condutividade elétrica da solução de embebição dos eixos durante o armazenamento foi inversamente proporcional ao envelhecimento acelerado de sementes intactas, sugerindo que a deterioração pode ocorrer mais rapidamente nos eixos embrionários do que nos cotilédones e questionou o uso do teste de condutividade elétrica para medir o vigor de sementes após o armazenamento em baixas temperaturas.

Avaliando o efeito da temperatura de armazenamento na deterioração de semente de soja, VIEIRA et al. (2001) observaram que quando amostras armazenadas por seis meses a 25 °C foram transferidas para 10 °C, os resultados do teste de envelhecimento acelerado indicavam uma continua queda no vigor, mas os valores de condutividade elétrica permaneceram estáveis. Com base nesse fato os autores questionam o uso de condutividade elétrica como um indicador da deterioração e do vigor da semente de soja depois de armazenamento a baixas temperaturas pois, nestas condições, a deterioração das sementes não foi diretamente relacionada à perda da integridade das membranas.

Em trabalho posterior, PANOBIANCO & VIEIRA (2007) acompanharam a deterioração de sementes de soja em diferentes temperaturas de armazenamento avaliando seu efeito nos resultados do teste de condutividade elétrica e uma possível relação entre o comportamento de ácidos graxos e carboidratos com os resultados do referido teste, na tentativa de entender os resultados obtidos no teste de condutividade elétrica para sementes armazenadas a 10 °C. Os autores verificaram que nenhuma relação direta pode ser estabelecida entre os teores de ácidos graxos e uma possível estabilização ou reorganização das membranas de sementes armazenadas a baixa

temperatura, e nem para os carboidratos, que apresentaram comportamento semelhante para sementes armazenadas a 10, 20 e 25 °C.

Estudando o desempenho de sementes de ervilha armazenadas a 10 °C PANOBIANCO et al. (2007) concluíram que o teste de condutividade elétrica não é um bom indicador da intensidade da deterioração, sendo o teste de envelhecimento acelerado mais sensível para detectar a deterioração durante o armazenamento nestas condições. Os autores afirmaram ainda que, aparentemente a deterioração das sementes a 10 °C não está relacionada à perda da integridade das membranas, possivelmente devido ao reparo ou reorganização das mesmas durante o armazenamento em baixas temperaturas.

Em sementes de milho armazenadas FESSEL et al. (2006) verificaram que, a 10 °C durante 16 meses, o processo de deterioração não avançou o suficiente para causar queda no vigor, pois nenhum dos testes (envelhecimento acelerado, frio e condutividade elétrica) detectou redução no vigor das sementes. Nas demais temperaturas de armazenamento (20; 30; 20 e 30 por seis meses e transferidas para 10 °C) o declínio da qualidade fisiológica foi claramente evidenciado pelos testes de envelhecimento acelerado e de frio, já os resultados do teste de condutividade elétrica aumentaram durante o armazenamento, porém com menos intensidade nas amostras transferidas para 10 °C. Os mesmos autores verificaram que, de modo geral a lixiviação de íons de cálcio, magnésio e potássio foram diretamente proporcionais à diminuição do vigor de semente de milho armazenada, confirmando a relação entre a integridade das membranas e a perda do vigor.

O armazenamento de sementes envolve procedimentos para a preservação de sua qualidade, mantendo as mudanças fisiológicas e bioquímicas em um nível aceitável, evitando perdas desnecessárias tanto no aspecto qualitativo como no quantitativo. No entanto, o processo de deterioração das sementes é inevitável e as alterações durante o armazenamento variam em função principalmente da temperatura e umidade relativa do ar.

A dificuldade em entender a fisiologia do envelhecimento de sementes pode ser atribuída a algumas razões (CARVALHO & CAMARGO, 2003): ao fato do processo de

deterioração ser variável, aos diferentes métodos utilizados para o estudo da deterioração, a taxa de deterioração ser influenciada pela condição ambiental e por fatores biológicos, que partes específicas das sementes deterioram-se mais rapidamente que outras dentre outras. Assim ao avaliar o processo de deterioração, todas essas características devem ser consideradas.

O potencial fisiológico das sementes durante o armazenamento é imprevisível, visto que sua viabilidade pode ser influenciada pela espécie, variedade, qualidade inicial, teor de água e temperatura de armazenamento (TEKRONY et al., 1987), portanto é necessário o estudo do comportamento de cada espécie com o intuito de evitar interpretações errôneas do real potencial fisiológico de sementes durante o armazenamento em diferentes condições visto a dificuldade em elucidar o processo de deterioração, que impede a generalização de suas consequências.

III. MATERIAL E MÉTODOS

Essa pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal e no Laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

3.1. Obtenção das sementes

Os lotes de sementes de feijão foram obtidos junto ao Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, sendo três lotes da cultivar IAPAR-81 (grupo Carioca) e três lotes da cultivar IPR – TIZIU (grupo Preto) e recebidos no laboratório de análise de sementes onde as sementes de cada lote foram retiradas da embalagem original, homogeneizadas, amostradas para avaliação da qualidade inicial, subdivididas em 10 amostras de 250g e acondicionadas em sacos de plástico de polietileno (15 x 30 cm) selado.

3.2. Armazenamento das sementes

Quatro amostras de sementes de cada lote das duas cultivares foram armazenadas em câmara fria a 10° C e aproximadamente 65% de umidade relativa e seis amostras em BOD a 25 °C sem controle de umidade. Após seis meses de armazenamento, duas amostras de cada lote das sementes armazenadas a 25 °C foram transferidas para 10 °C, até o final do armazenamento. As sementes foram armazenadas por 12 meses e as avaliações da qualidade fisiológica realizadas a cada três meses utilizando uma amostra de cada lote.

3.3. Avaliações laboratoriais

A caracterização do potencial fisiológico inicial dos lotes de sementes e após três, seis, nove e 12 meses foi determinada pelos testes de germinação,

envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. Foram determinados também os teores de água das sementes e a composição mineral (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+}) da solução de embebição das mesmas.

3.3.1. Determinação do teor de água

Determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas. Foram utilizadas duas repetições, de todos os lotes das duas cultivares em cada época de avaliação, com aproximadamente 20g cada, pesadas em balança com precisão de duas casas decimais e os dados expressos em porcentagem (base úmida) seguindo-se os critérios descritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992)

3.3.2. Teste de germinação

Conduzido com quatro repetições de 50 sementes, distribuídas em rolo de papel toalha (tipo Germitest) umedecido com água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco e colocadas para germinar em câmara de germinação a 25 °C. As avaliações foram realizadas aos quatro e oito dias após a semeadura, seguindo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

3.3.3. Teste de envelhecimento acelerado

Foi conduzido pelo método da caixa plástica de germinação (11 x 11 x 3,5 cm) (McDONALD & PHANEENDRANATH, 1978; MARCOS FILHO, 1999a), utilizando as caixas como compartimentos individuais (mini-câmaras), que têm em seu interior 40mL de água desionizada e bandeja de tela de inox, para evitar o contato das sementes com a água, onde estas foram distribuídas formando camada única. As caixas, tampadas, foram mantidas em BOD regulada a 42 °C, por 72 horas. Em seguida, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito no item 3.3.2 utilizando quatro repetições de 50 sementes, com avaliação no quinto dia após semeadura. O teor de água das sementes foi determinado no final do período de envelhecimento.

3.3.4. Teste de condutividade elétrica

O teste foi conduzido utilizando quatro repetições de 50 sementes previamente pesadas em balança de precisão com duas casas decimais. Posteriormente as

sementes foram colocadas para embeber em copos plástico, capacidade de 200 mL, com 75 mL de água desionizada dispostos em bandejas e mantidas à temperatura de 25 °C por período de 24 horas para embebição. Após o período de embebição os copos foram retirados da câmara e agitados para a determinação da condutividade elétrica da solução, utilizando o condutivímetro DIGIMED CD-21, e os resultados calculados em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de semente (VIEIRA, 1994; VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999).

3.3.5. Quantificação de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} da solução de embebição

Após a leitura da condutividade elétrica, a solução de embebição das sementes as quatro repetições de cada lote e cultivar foram colocada em frascos de plástico tampados e identificados, e encaminhada ao Laboratório de Fertilidade do Solo.

O conteúdo dos íons da solução de embebição em mg L^{-1} foi determinado: o potássio (K^{+}) de forma direta por fotometria de chama e os de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) por meio de espectrofotômetro de absorção atômica (BATAGLIA et al., 1983; TOMÉ JUNIOR, 1997).

O resultado final do conteúdo de íons foi expresso em mg do íon por Kg de sementes.

3.4. Análise estatística

Os dados foram analisados segundo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3 (quatro períodos de armazenamento – três; seis; nove; 12 meses x três temperaturas – 10; 25; 25 e 10°C) com tratamento adicional (avaliação inicial) com quatro repetições para cada lote. Os dados de porcentagem foram transformados em arco-seno $\sqrt{(x/100)}$ mas os dados originais foram utilizados para discussão. A comparação das médias foi realizada por intermédio do teste de Tukey, em nível de 5% e 1% de probabilidade de erro.

Os resultados do teor de água não foram analisados estatisticamente.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos testes realizados para a caracterização inicial dos lotes da cultivar IAPAR - 81 estão apresentados na tabela 1. Os teores de água dos lotes foram similares, com uma pequena variação de 0,5 ponto percentual. O lote 2 foi o de menor qualidade fisiológica pelos resultados do teste de germinação e envelhecimento acelerado, porém a análise dos exsudados na água de embebição das sementes pelo teste de condutividade elétrica e quantificação de íons não forneceram o mesmo resultado.

Os resultados do teste de condutividade elétrica, assim como a quantidade dos íons cálcio, magnésio e potássio que acompanharam os valores do referido teste não apresentaram diferenças estatísticas (Tabela 1).

Tabela 1- Teor de água (TA), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), teores de cálcio, magnésio e potássio da solução de embebição das sementes de feijão da cultivar IAPAR - 81 na avaliação inicial das sementes de feijão.

Lote	TA	G	EA	CE	Cálcio	Magnésio	Potássio
		-----%-----		$\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$		-----mg Kg ⁻¹ -----	
1	12,5	98 a	93 a	105 a	36,7 a	130,9 a	2287,9 a
2	13,0	90 b	69 b	99 a	34,0 a	127,6 a	2220,3 a
3	12,7	98 a	97 a	103 a	31,0 a	130,3 a	2263,1 a

* Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na Tabela 2 estão os dados referentes avaliação inicial dos lotes da cultivar IPR -TIZIU. Os lotes dessa cultivar apresentaram intervalo de variação de 0,4 ponto percentual nos resultados do teor de água das sementes. O lote 1 foi o de melhor qualidade fisiológica, de acordo com os resultados dos testes de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, acompanhado pelos teores de cálcio, magnésio e potássio.

Tabela 2- Teor de água (TA), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), teores de cálcio, magnésio e potássio da solução de embebição das sementes de feijão da cultivar IPR - TIZIU na avaliação inicial das sementes de feijão.

Lote	TA	G	EA	CE	Cálcio	Magnésio	Potássio
	-----%			$\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$	-----	mg Kg^{-1}	-----
1	12,4	98 a	93 a	67 a	30,5 a	115,5 a	1453,0 a
2	12,7	81 b	42 c	117 c	43,0 c	215,4 c	3142,2 c
3	12,8	92 ab	58 b	93 b	36,7 b	171,7 b	2330,6 b

* Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Para as duas cultivares o íon lixiviado em maior quantidade foi o potássio, seguido pelo magnésio e em menores quantidades o cálcio, isto provavelmente deve-se ao fato de que estes íons são encontrados na semente nesta mesma ordem, pois os nutrientes extraídos da área pela cultura do feijoeiro na colheita mecânica, em que apenas os grãos são removidos da área, o nitrogênio é retirado em maior quantidade, seguido pelo fósforo, enxofre, potássio, magnésio e por último o cálcio, extraído em pequena quantidade (ARF, 1994).

A embalagem utilizada para o acondicionamento das sementes permitiu uma boa conservação do teor de água da semente. Durante o período de armazenamento a maior variação da cultivar IAPAR – 81 de 13,8 para 12,6% foi encontrada para o lote 2 armazenado a 10 °C (Tabela 3) e para a cultivar IPR – TIZIU maior variação foi

encontrada para o lote 3 armazenado a 25 °C de 13,0 para 12,1%, verificada antes das sementes serem transferidas para 10 °C (Tabela 4).

O teor de água das sementes provavelmente não causou nenhum efeito sobre os resultados do teste de condutividade elétrica para as duas cultivares durante o armazenamento das sementes nas temperaturas estudadas, devido a sua pouca variação e estar na faixa indicada para a realização do teste de 10% e 17% (AOSA, 2002, VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999).

Tabela 3. Teor de água inicial das amostras e após o período de envelhecimento acelerado das sementes de feijão da cultivar IAPAR – 81 aos três, seis, nove e 12 meses de armazenamento nas temperaturas de 10, 25 e armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis meses.

Período	Lote/Temperatura de armazenamento (°C)					
	10		25		25 e 10	
	inicial	após EA	inicial	após EA	inicial	após EA
Meses	-----%-----					
	Lote 1					
3	12,7	32,4	12,5	32,1	12,5	32,1
6	12,3	29,4	12,1	30,4	12,1	30,4
9	12,6	31,0	11,9	29,0	12,2	29,0
12	12,8	28,9	12,0	29,7	12,4	29,4
	Lote 2					
3	12,9	31,2	12,8	32,3	12,8	32,3
6	12,6	30,2	12,2	30,7	12,2	30,7
9	13,8	32,0	12,4	28,6	12,6	31,5
12	13,1	28,5	12,1	29,8	12,3	28,7
	Lote 3					
3	12,7	32,2	12,5	31,1	12,5	31,1
6	12,5	29,5	12,1	29,7	12,1	29,7
9	12,8	30,3	12,1	31,0	12,4	29,9
12	12,8	28,8	11,9	32,2	12,1	29,4

Tabela 4. Teor de água inicial das amostras e após o período de envelhecimento acelerado das sementes de feijão da cultivar IPR - TIZIU aos três, seis, nove e 12 meses de armazenamento nas temperaturas de 10, 25 e armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis meses.

Período	Temperatura de armazenamento(°C)					
	10		25		25 e 10	
	inicial	após	inicial	após	inicial	após
Meses	-----%-----					
	Lote 1					
3	12,1	31,9	12,0	36,5	12,0	36,5
6	11,7	29,9	11,6	28,6	11,6	28,6
9	12,5	32,8	11,9	31,4	12,0	30,3
12	12,2	30,4	11,7	30,4	11,6	33,0
	Lote 2					
3	12,8	32,2	12,7	31,8	12,7	31,8
6	12,6	29,4	12,2	31,3	12,2	31,3
9	12,9	28,1	12,6	30,8	12,7	30,2
12	12,7	31,7	12,3	30,6	12,2	31,7
	Lote 3					
3	12,8	31,8	13,0	31,6	13,0	31,6
6	12,6	31,2	12,1	28,8	12,1	28,8
9	13,3	29,8	12,6	28,9	12,6	31,1
12	13,1	30,5	12,2	30,0	12,3	30,9

A análise de variância dos dados é apresentada no apêndice, Tabelas 5A e 6A para as cultivares IAPAR – 81 e IPR – TIZIU respectivamente. Os resultados dos testes realizados para avaliação do processo deteriorativo das sementes armazenadas nas temperaturas estudadas não tiveram a mesma resposta para todos os lotes das cultivares IAPAR – 81 e IPR – TIZIU.

Na Tabela 5 estão os resultados do teste de germinação e envelhecimento acelerado para os três lotes da cultivar IAPAR – 81. Não foram encontradas diferenças

significativas na porcentagem de plântulas normais obtidas no teste de germinação para os lotes 1 e 3. A porcentagem de germinação diminuiu significativamente durante o armazenamento para o lote 2 em todas as temperaturas.

Pelos resultados do teste de envelhecimento acelerado, o vigor dos lotes 2 e 3 armazenados a 10 °C manteve-se embora a condição de estresse imposta pelo teste de envelhecimento tenha reduzido consideravelmente o número de plântulas normais em relação às sementes não envelhecidas. Para as sementes do lote 1 a deterioração progrediu durante o período de armazenamento com diferença significativa após 12 meses de armazenamento (Tabela 5).

Na temperatura de 25 °C (Tabela 5) o avanço do processo deteriorativo com o aumento do período de armazenamento foi verificado pelo teste de envelhecimento acelerado. Pelos resultados obtidos nota-se que, quando as sementes foram transferidas para 10 °C, a deterioração progrediu mais lentamente que nas sementes que foram mantidas armazenadas a 25 °C, pois a porcentagem de plântulas normais obtidas após o envelhecimento acelerado foi menor para as sementes mantidas no armazenamento a 25°C.

Os valores de condutividade elétrica da solução de embebição das sementes dos lotes da cultivar IAPAR – 81 (Figura 1) armazenadas a 10 °C aumentaram significativamente aos seis meses e mantiveram-se até o final do armazenamento. Apesar de não significativa, foi observada redução da leitura de condutividade na última avaliação de todos os lotes. Para as sementes armazenadas às temperaturas de 25 e 25 e 10 °C, a lixiviação aumentou até os nove meses diminuindo na última avaliação.

Tabela 5- Germinação e vigor, avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, de sementes de feijão, dos lotes 1, 2 e 3, cultivar IAPAR-81, aos três, seis, nove e 12 meses de armazenamento, nas temperaturas de 10, 25 e armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis meses.

Período de armazenamento		Lote/ Temperatura de armazenamento (°C)								
		Lote 1			Lote 2			Lote 3		
		10	25	25 e 10	10	25	25 e 10	10	25	25 e 10
Meses	------(%)-----									
	Germinação ¹			Germinação			Germinação			
3	96 aA	96 aA	96 aA	88 abA	90 abA	90 abA	97 aA	98 aA	98 aA	98 aA
6	96 aA	97 aA	97 aA	91 aA	91 aA	91 aA	96 aA	97 aA	97 aA	97 aA
9	97 aA	98 aA	96 aA	84 bA	88 abA	84 bA	97 aA	94 aA	95 aA	95 aA
12	95 aA	95 aA	95 aA	85 bA	85 bA	84 bA	96 aA	93 aA	93 aA	93 aA
		Envelhecimento acelerado ¹			Envelhecimento acelerado			Envelhecimento acelerado		
3	96 aA	95 aA	95 aA	68 aA	68 aA	68 aA	91 aA	94 aA	94 aA	94 aA
6	92 abA	49 bB	49 bB	66 aA	24 bB	24 bB	93 aA	55 bB	55 bB	55 bB
9	91 abA	38 bB	47 bB	68 aA	18 bB	27 bB	94 aA	42 bB	43 bcB	43 bcB
12	82 bA	10 cC	36 bB	66 aA	01 cC	17 bB	92 aA	26 cC	37 cB	37 cB

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

¹- Dados originais, porém transformados em arco-seno $\sqrt{(x/100)}$ para análise estatística.

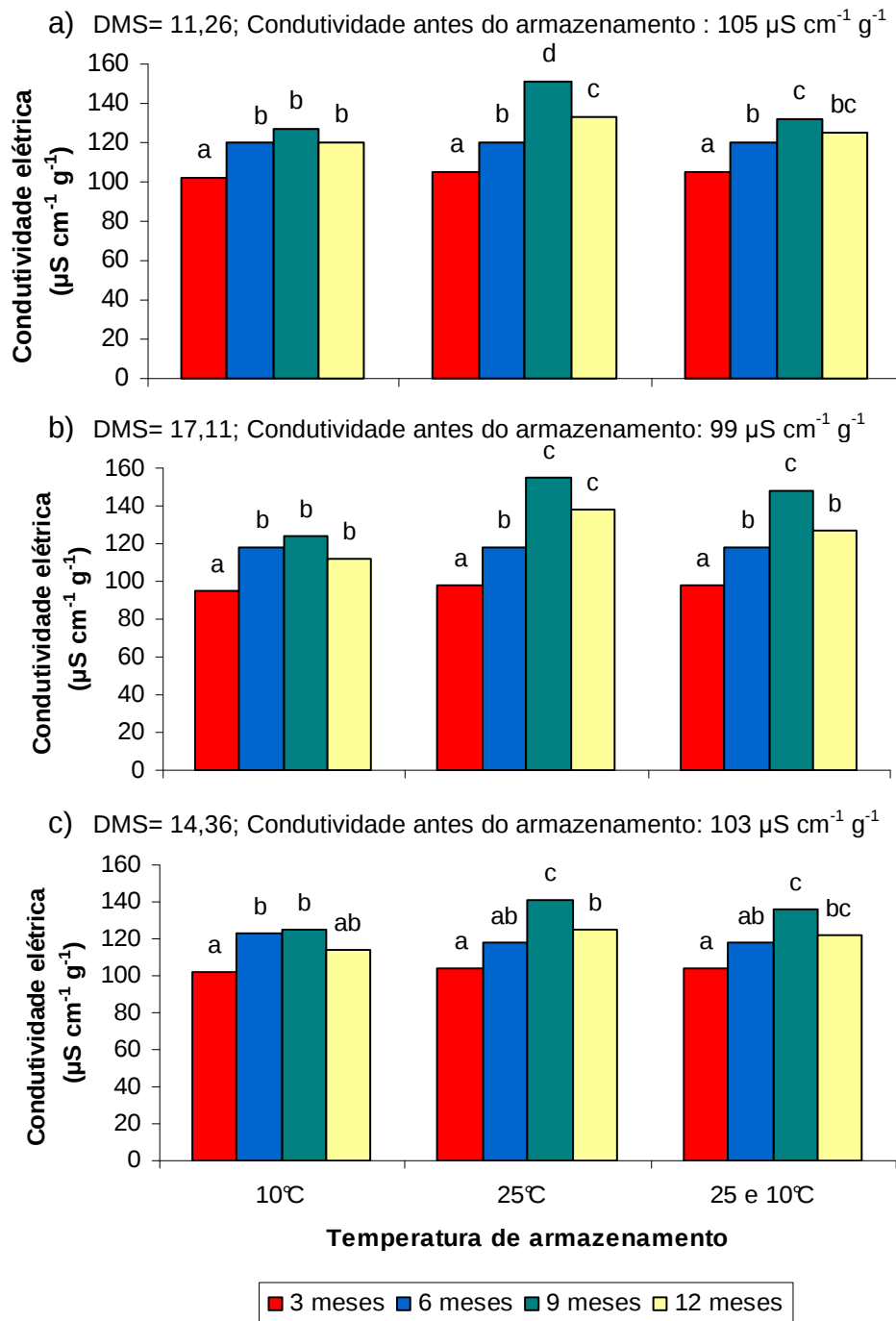


Figura 1- Condutividade elétrica de sementes de feijão, a) lote 1; b) lote 2 e c) lote 3 cultivar IAPAR-81, aos três, seis, nove e 12 meses de armazenamento, nas temperaturas de 10, 25 e armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis meses.

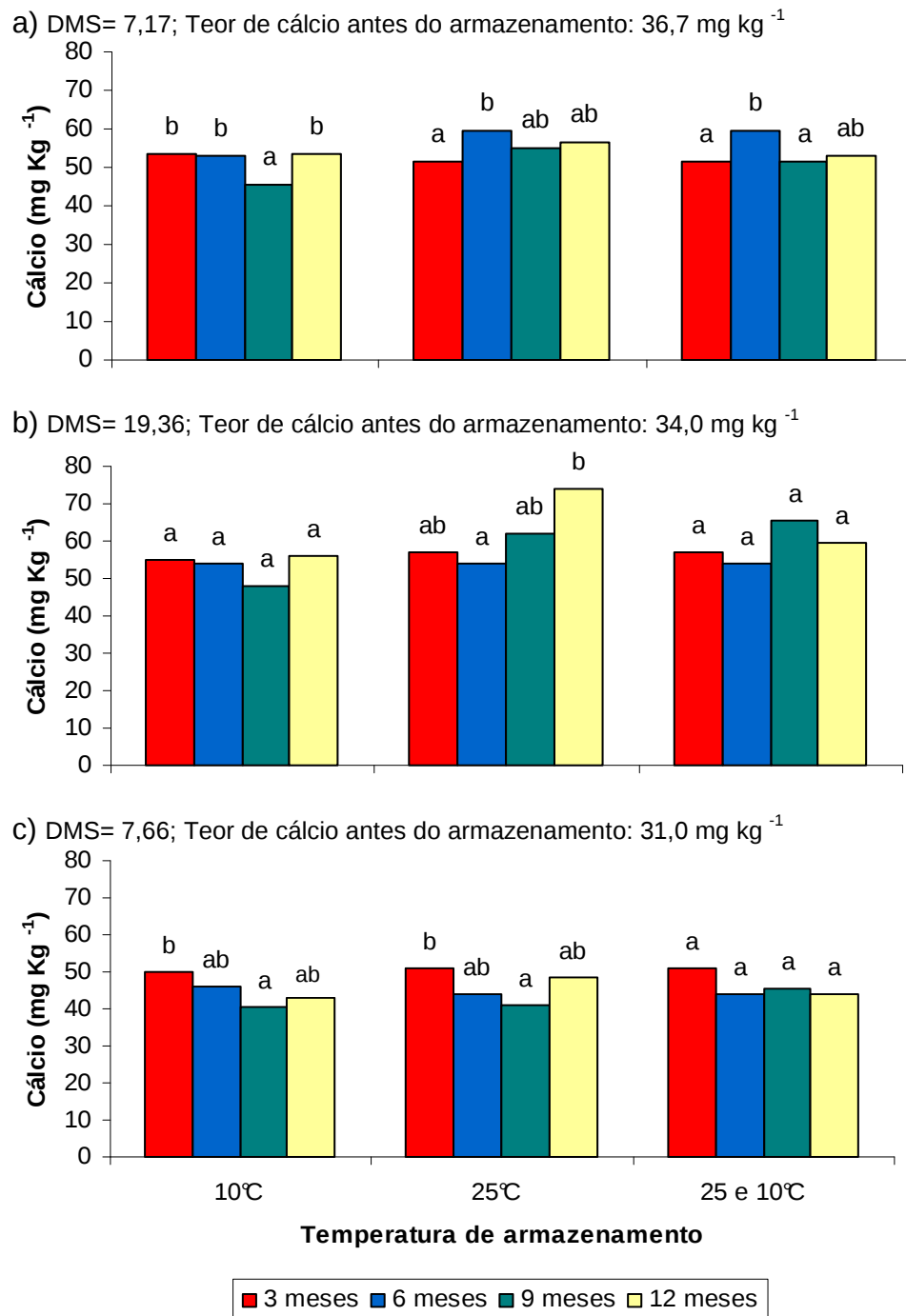


Figura 2- Teor de cálcio de sementes de feijão: a) lote 1; b) lote 2 e c) lote 3 cultivar IAPAR-81, aos três, seis, nove e 12 meses de armazenamento, nas temperaturas de 10, 25 e armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis meses.

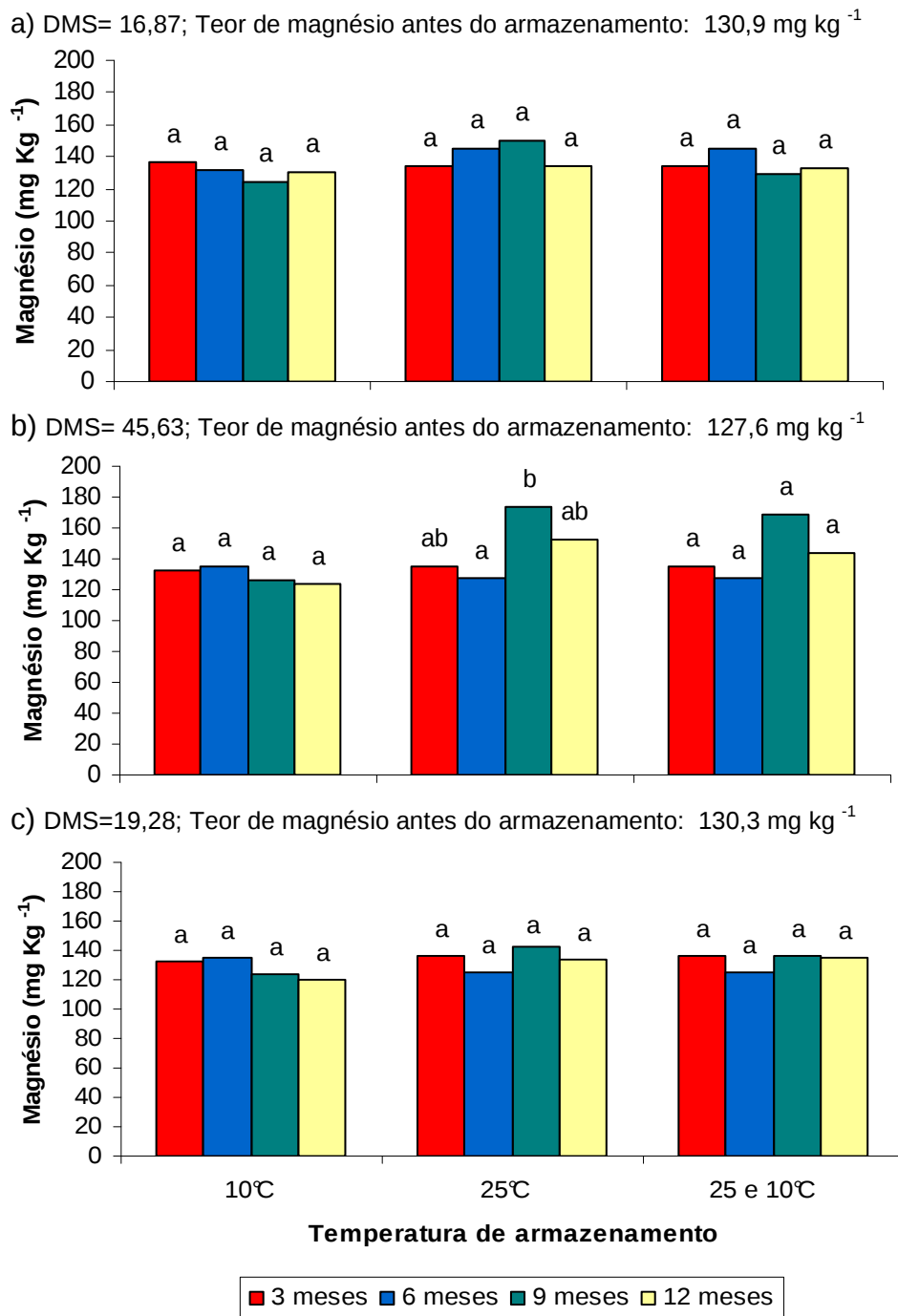


Figura 3. Teor de magnésio de sementes de feijão, a) lote 1; b) lote 2 e c) lote 3 cultivar IAPAR-81, aos três, seis, nove e 12 meses de armazenamento, nas temperaturas de 10, 25 e armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis meses.

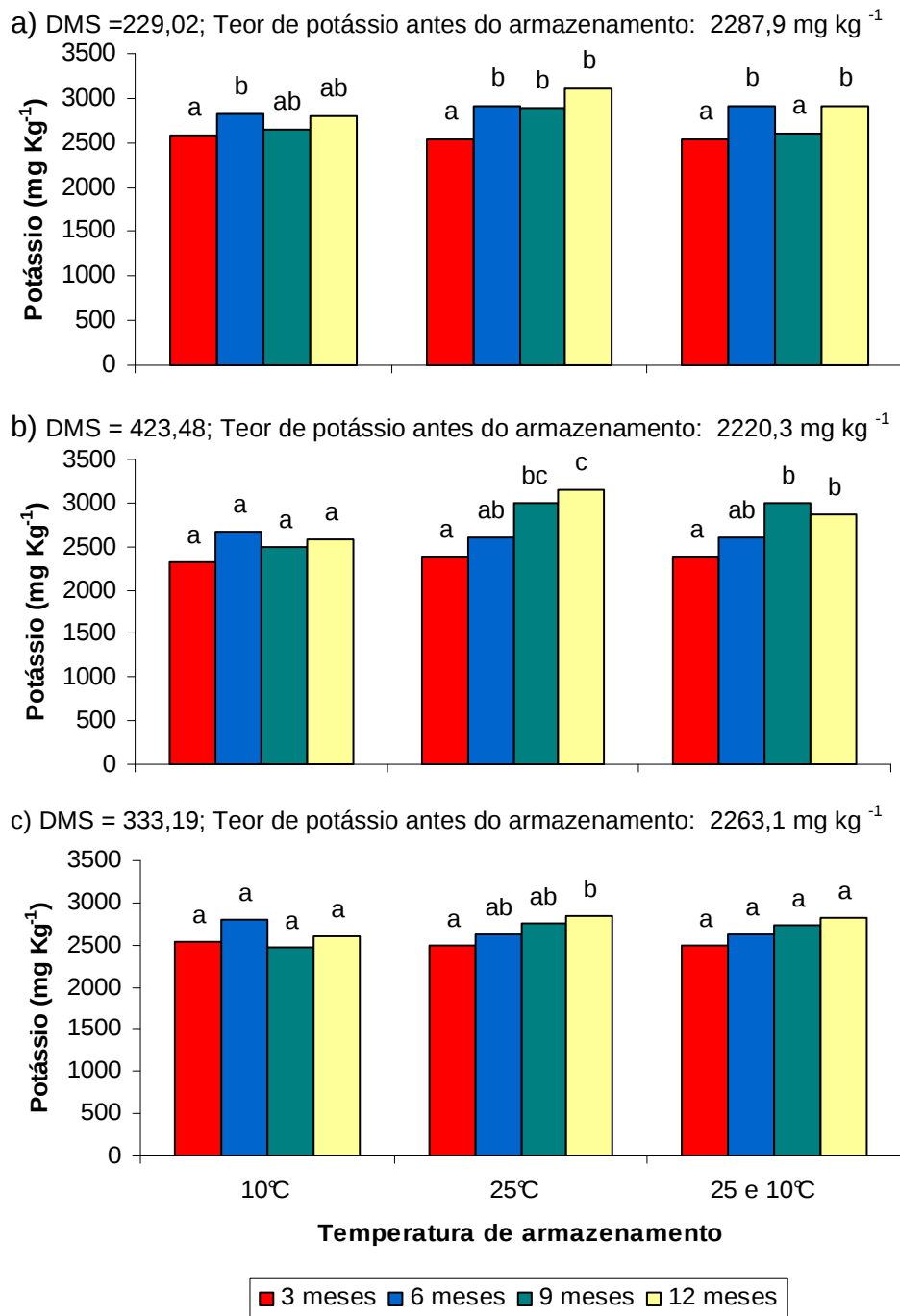


Figura 4. Teor de potássio de sementes de feijão, a) lote 1; b) lote 2 e c) lote 3 cultivar IAPAR-81, aos três, seis, nove e 12 meses de armazenamento, nas temperaturas de 10, 25 e armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis meses.

O conteúdo de cálcio lixiviado das sementes armazenadas a 10 °C diminuiu aos nove meses de armazenamento para o lote 1, nas demais temperaturas a lixiviação deste íon não foi observado um padrão de alteração constante, e não houve correspondência em relação aos valores de condutividade elétrica em todas as temperaturas (Figura 2).

A exsudação de magnésio (Figura 3) para as sementes do lote 2 armazenadas 25 °C, aumentou significativamente aos nove meses, para as demais não foram encontradas diferenças significativas sendo que a lixiviação desse íon também não houve correspondência em relação aos valores de condutividade elétrica. Frigeri, (2007) verificou que os resultados da lixiviação dos íons cálcio e magnésio não se relacionaram com os do teste de condutividade elétrica.

O potássio foi o íon lixiviado em maior quantidade quando comparado as de magnésio e cálcio. A quantidade de potássio (Figura 4) lixiviada das sementes armazenadas nas temperaturas de 25 °C aumentou significativamente com o tempo de armazenamento para todos os lotes da cultivar IAPAR – 81 acompanhando os valores de condutividade elétrica, exceto na última avaliação. O mesmo ocorreu para sementes do lote 2 armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis. No armazenamento a 10 °C, foram encontradas diferenças significativas apenas para as sementes do lote 1 entre o terceiro e sexto mês de armazenamento.

De maneira geral, para os lotes da cultivar IAPAR – 81, o teste de condutividade elétrica foi mais sensível que o de envelhecimento acelerado para detectar variações no vigor das sementes armazenadas a 10 °C. Para as temperaturas de 25 e 25 e 10 °C esses testes foram igualmente eficientes. Como esperado na temperatura de 10 °C a taxa de deterioração foi menor que a 25 °C. Quando essas sementes foram transferidas para 10 °C a qualidade fisiológica manteve-se em nível um pouco mais elevado do que as mantidas a 10 ou 25 °C.

Resposta semelhante foi obtida por KRZYZANOWSKI et al., (1982) em que o teste de envelhecimento precoce foi sensível para acompanhar a evolução do processo de deterioração de sementes de feijão durante o período de armazenamento, tendo o

vigor das sementes declinado muito mais nas condições não controladas do que em câmara seca de (23 °C e 35% UR).

Na análise dos lotes da cultivar IPR – TIZIU (Tabela 6) a porcentagem de germinação do lote 1 manteve-se durante o armazenamento em todas as temperaturas. O mesmo ocorreu para as sementes dos lotes 2 e 3 armazenadas a 10 °C, no entanto, nas temperaturas de 25 °C e 25 e 10 °C o processo de deterioração progrediu e foi diagnosticado pelo teste de germinação após nove meses de armazenamento, confirmando a afirmação feita por POWEL (1995) de que as sementes deterioram mais rapidamente quando armazenadas em maior temperatura.

O teste de envelhecimento acelerado detectou redução no vigor das sementes de todos os lotes nas três condições de armazenamento. As sementes armazenadas na temperatura de 10 °C mantiveram maior nível de vigor ao final do armazenamento. A germinação foi praticamente nula para as sementes dos lotes 2 e 3 de menor qualidade fisiológica após seis meses de armazenamento na temperatura de 25 °C depois de submetidas a condição de estresse de alta umidade e temperatura.

Os valores de condutividade elétrica mostraram tendência crescente durante o armazenamento em todas as temperaturas até os nove meses com redução na última avaliação (Figura 5), porém nenhuma redução significativa foi verificada no mesmo período para a quantificação dos íons de cálcio, magnésio e potássio (Figuras 6, 7 e 8).

O teor de cálcio aumentou significativamente apenas aos 12 meses em relação à avaliação realizada aos três e aos seis meses de armazenamento, para as sementes do lote 3 armazenadas a 25 °C (Figura 6). As mesmas sementes também lixiviam uma maior quantidade de magnésio aos 12 meses de armazenamento.

O potássio foi o íon que apresentou um padrão de lixiviação mais próximo ao da condutividade elétrica das sementes da cultivar IPR – TIZIU, principalmente na temperatura de 25 °C, exceto na redução dos valores do referido teste aos 12 meses de armazenamento. Quando armazenadas a 10 °C, foi verificado aumento significativo apenas para o lote 2 aos seis meses de armazenamento (Figura 8).

Tabela 6- Germinação e vigor, avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, de sementes de feijão, lote 1, 2 e 3 cultivar IPR-TIZIU, aos três, seis, nove e 12 meses de armazenamento, nas temperaturas de 10, 25 e armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis meses.

Lote/ Temperatura de armazenamento (°C)									
Período de armazenamento		Lote 1			Lote 2			Lote 3	
		10	25	25 e 10	10	25	25 e 10	10	25 e 10
-----%-----									
Meses	Germinação ¹								
	Germinação			Germinação			Germinação		
3	97 aA	95 aA	95 aA	76 aA	76 aA	76 aA	76 aA	89 aA	83 aA
6	96 aA	95 aA	95 aA	72 aA	70 aA	70 aA	70 aA	87 aA	80 aB
9	96 aA	95 aA	94 aA	75 aA	54 bB	64 abAB	64 abAB	88 aA	60 bB
12	98 aA	92 aB	95 aAB	72 aA	46 bB	49 bB	49 bB	87 aA	58 bB

	Envelhecimento acelerado ¹			Envelhecimento acelerado			Envelhecimento acelerado		
	Envelhecimento acelerado			Envelhecimento acelerado			Envelhecimento acelerado		
3	93 abA	94 aA	94 aA	40 aA	26 aB	26 aB	26 aB	61 aA	42 aB
6	96 abA	86 bB	86 bB	26 aA	01 bB	01 bB	01 bB	33 bA	02 bB
9	97 aA	80 bB	73 cB	27 aA	02 bB	01 bB	01 bB	32 bA	03 bB
12	89 bA	53 cC	69 cB	08 bA	00 bB	00 bB	00 bB	13 cA	00 bB

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

¹- Dados originais, porém transformados em arco-seno $\sqrt{(x/100)}$ para análise estatística.

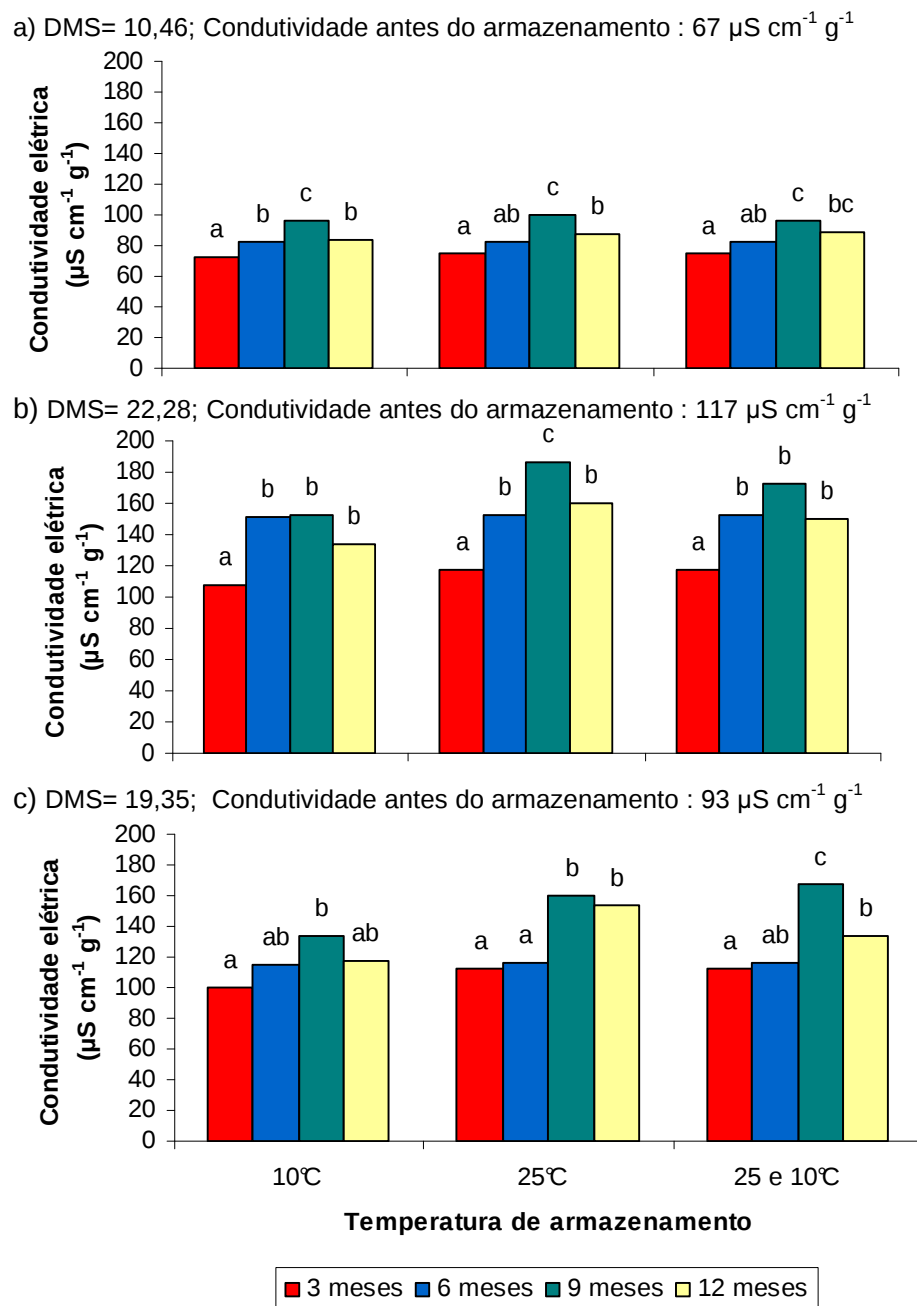


Figura 5- Condutividade elétrica de sementes de feijão, a) lote 1; b) lote 2 e c) lote 3 cultivar IPR-TIZIU, aos três, seis, nove e 12 meses de armazenamento, nas temperaturas de 10, 25 e armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis meses.

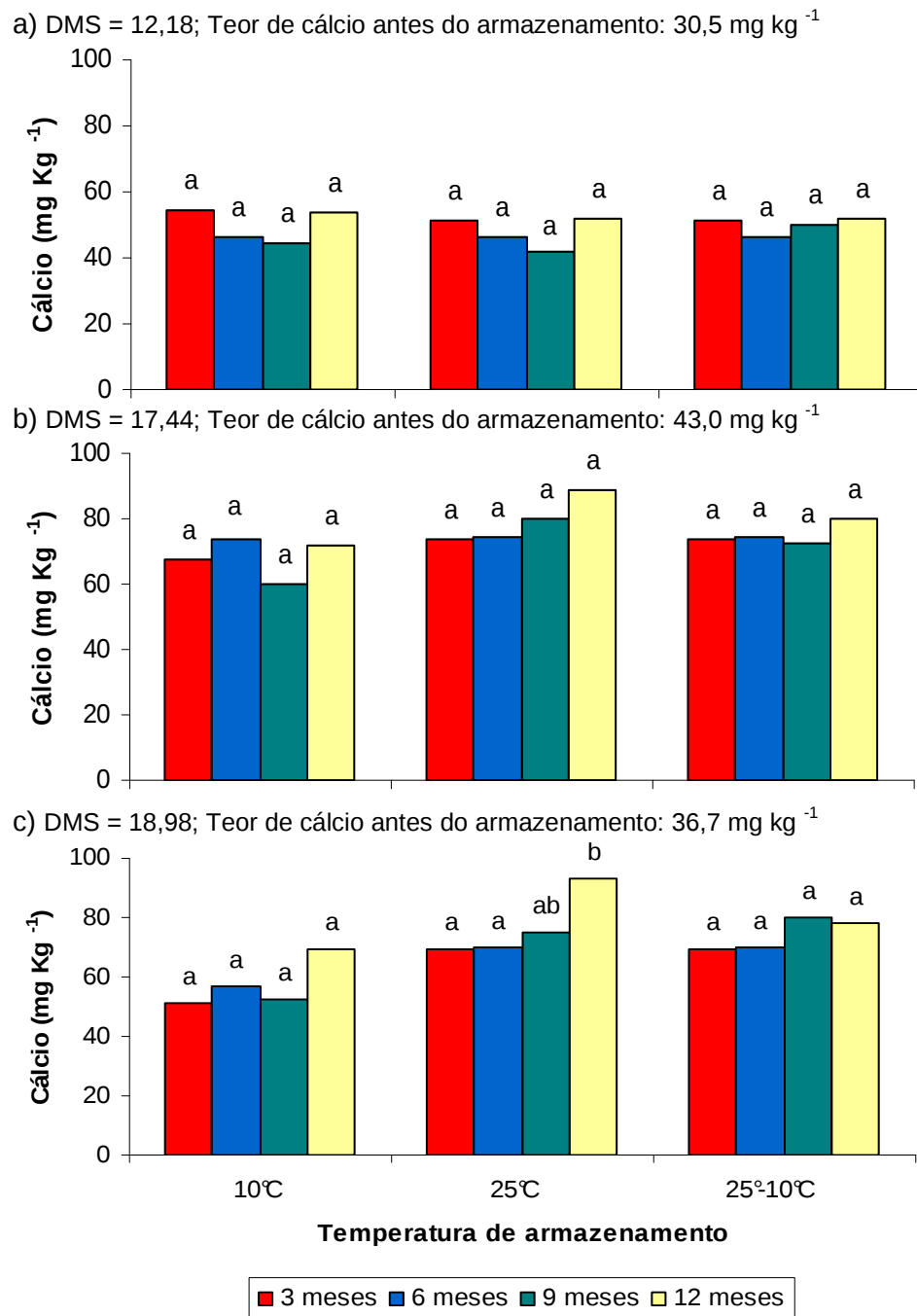
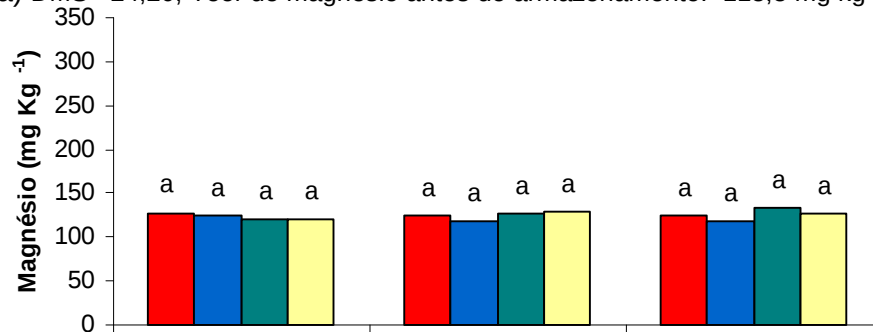
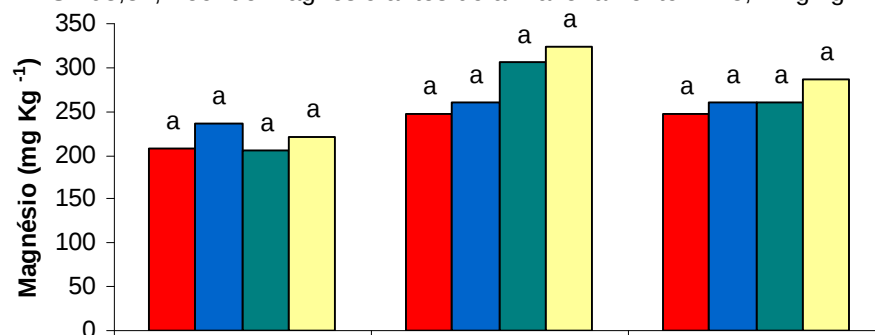


Figura 6- Teor de cálcio de sementes de feijão: a) lote 1; b) lote 2 e c) lote 3 cultivar IPR-TIZIU, aos três, seis, nove e 12 meses de armazenamento, nas temperaturas de 10, 25 e armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis meses.

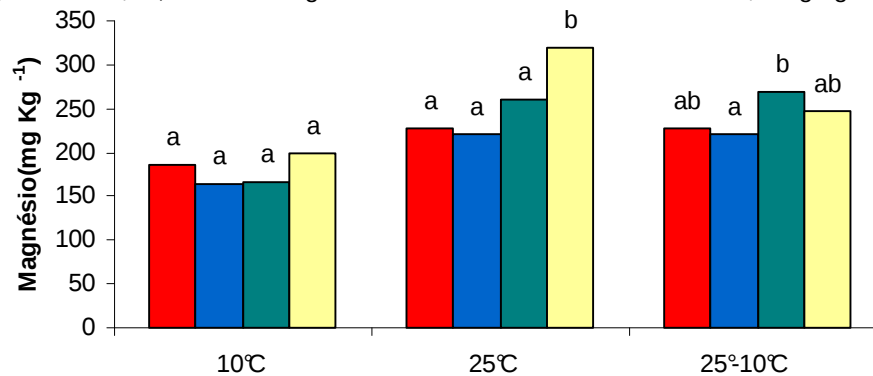
a) DMS= 24,20; Teor de magnésio antes do armazenamento: 115,5 mg kg⁻¹



b) DMS= 93,32; Teor de magnésio antes do armazenamento: 215,4 mg kg⁻¹



c) DMS= 44,54; Teor de magnésio antes do armazenamento: 171,7 mg kg⁻¹

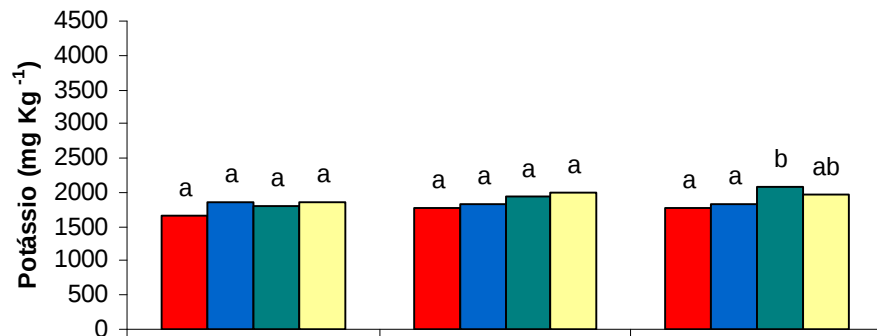


Temperatura de armazenamento

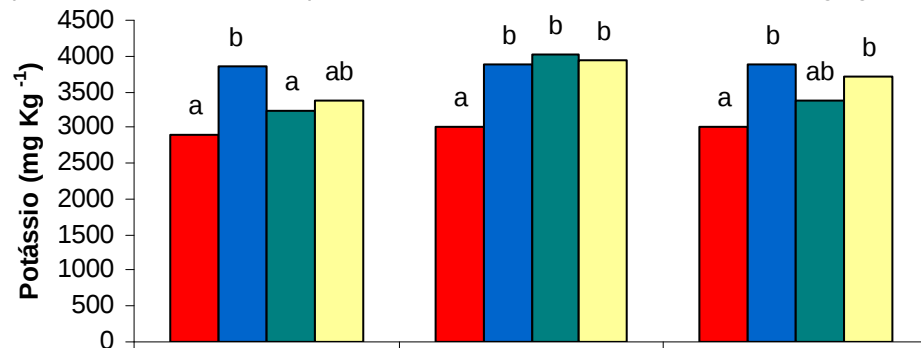
3 meses 6 meses 9 meses 12 meses

Figura 7. Teor de magnésio de sementes de feijão, a) lote 1; b) lote 2 e c) lote 3 cultivar IPR-TIZIU, aos três, seis, nove e 12 meses de armazenamento, nas temperaturas de 10, 25 e armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis meses.

a) DMS= 241,96; Teor de potássio antes do armazenamento: 1453,0 mg kg⁻¹



b) DMS = 512,41; Teor de potássio antes do armazenamento: 3142,2mg kg⁻¹



c) DMS= 443,32; Teor de potássio antes do armazenamento: 2330,6 mg kg⁻¹

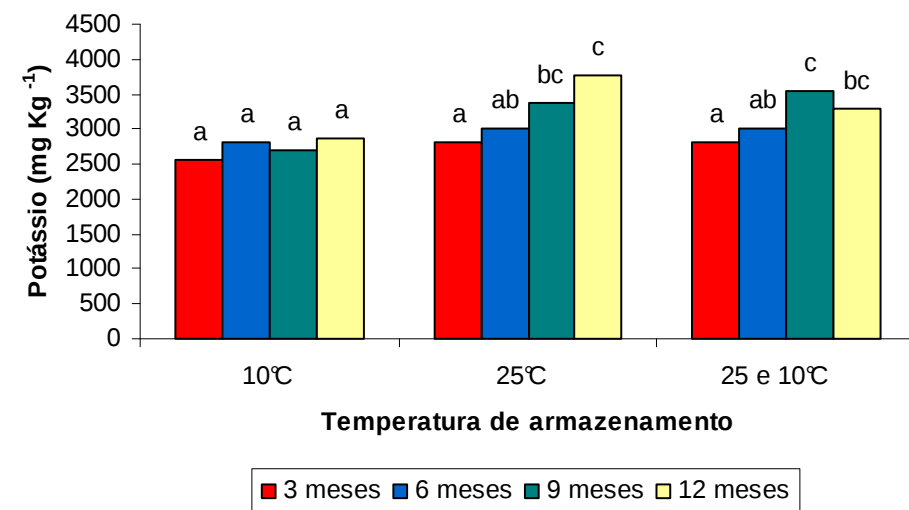


Figura 8. Teor de potássio de sementes de feijão, a) lote 1; b) lote 2 e c) lote 3 cultivar IPR-TIZIU, aos três, seis, nove e 12 meses de armazenamento, nas temperaturas de 10, 25 e armazenadas a 25 °C por seis meses e a 10 °C por mais seis meses.

Pela análise geral dos dados nota-se que a deterioração progrediu em todas as condições de armazenamento, por ser um fenômeno inevitável, contínuo e irreversível (DELOUCHE, 1963 citado por MARCOS FILHO, 2005), porém a qualidade fisiológica de sementes das feijão, independente da cultivar analisada, manteve-se para os lotes armazenados na menor temperatura (10 °C) sendo a taxa de deterioração mais elevada a 25 °C. Baixa temperatura de armazenamento reduz a velocidade de deterioração por manter a semente em baixa atividade metabólica.

A queda no vigor das sementes de feijão armazenadas a 10 °C e a 25 e 10 °C foi verificada pelos resultados do teste de envelhecimento acelerado e também pelo de condutividade elétrica (Tabelas 5 e 6, Figuras 1 e 5), indicando que o armazenamento a 10 °C não interfere nos resultados do teste de condutividade elétrica, portanto os estágios iniciais da deterioração de sementes de feijão armazenadas a 10 °C podem estar relacionados a contínua desestruturação e ineficiência dos mecanismos de reestruturação dos sistemas de membranas, não coincidindo com os resultados encontrados para soja (VIEIRA et al. 2001, PANOBIANCO & VIEIRA 2007) e ervilha (PANOBIANCO et al. 2007) em relação à estabilização ou reorganização das membranas de sementes durante o armazenamento na mesma temperatura.

Os valores de condutividade elétrica foram menores, para os lotes das duas cultivares na última avaliação, com diferenças significativas na maioria das vezes, que os valores obtidos aos nove meses de armazenamento para todas as temperaturas. Essa redução nos valores de condutividade elétrica provavelmente ocorreu devido ao “endurecimento” do feijão durante o armazenamento, fenômeno muito conhecido e amplamente estudado na tecnologia de alimentos. O endurecimento dos grãos de feijão é atribuído à ação de polifenóis, por meio de sua polimerização no tegumento ou pela lignificação dos cotilédones, ambos influenciando na capacidade de absorção de água dos grãos; o primeiro dificulta a

penetração de água e o segundo, limita a capacidade de hidratação (MOURA, 1998, citado por RIBEIRO et al., 2007).

ARAGÃO et al., (2000) verificaram que aos seis meses de armazenamento, sementes de feijão da cultivar Pérola, apresentaram redução no valor de condutividade elétrica da solução de embebição, contrariando o esperado em termos de teste de vigor. Os autores relacionaram este fato ao aumento da impermeabilidade do tegumento, pois o armazenamento de sementes de feijão causa uma série de alterações como o aumento do tempo necessário para o cozimento, o aumento no grau de dureza, as mudanças no sabor e o escurecimento do tegumento, fatores esses relacionados com a deterioração do feijão. O armazenamento de feijão também causa diminuição da capacidade de absorção de água (RIOS et al., 2003; COELHO, et al. 2006; RIBEIRO et al., 2008).

Desta forma, a diminuição dos valores de condutividade elétrica talvez possa ser explicada pelo aumento da impermeabilidade do tegumento, no entanto a lixiviação dos íons de cálcio, magnésio e potássio, na maioria dos resultados, não apresentou redução no mesmo período, o que pode indicar que outros solutos celulares influenciem os resultados da condutividade elétrica da solução de embebição de sementes de feijão.

Durante o envelhecimento das sementes ocorrem alterações nos seus compostos de reservas. BEGNAMI & CORTELAZZO (1996) observaram que o conteúdo de proteínas em sementes de feijão diminui durante o envelhecimento acelerado.

BINOTI et al. (2005) verificaram que a maior parte de lixiviados na solução de embebição do teste de condutividade realizado em sementes de feijão é constituído de aminoácidos, proteínas e açúcares talvez em decorrência da maior quantidade deles nas sementes, visto que sementes de feijão são aleuro-amiláceas tendo como principais produtos de reserva proteína e amido.

RIBEIRO et al. (2005) avaliando as propriedades físicas e químicas do feijão preto após envelhecimento acelerado constataram que os teores de

proteínas, lipídeos e carboidratos mantiveram-se constantes, porém houve diminuição na solubilidade e mudança do perfil eletroforético das proteínas.

Sendo assim, o conteúdo de proteína e aminoácidos presente na semente de feijão pode ter influencia sobre os resultados do teste de condutividade elétrica, mascarando os resultados do teste para a análise do vigor de sementes armazenadas, uma vez que a redução do conteúdo ou solubilidade das proteínas devido ao processo de deterioração pode reduzir os valores de condutividade elétrica da solução de embebição das sementes de feijão armazenadas.

Isto sugere que o tempo de armazenamento tem mais influencia sobre os resultados do teste de condutividade elétrica para sementes de feijão que a temperatura.

Dos íons avaliados, a lixiviação de potássio se destacou, pois, além de ser o íon lixiviado em maior quantidade, foi o que melhor detectou o processo de deterioração em sementes de feijão armazenadas. BARROS et al. (1999) verificaram que o teste de lixiviação de potássio foi mais consistente na avaliação de sementes de feijão do que o teste de condutividade elétrica.

V. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos conclui-se que:

- A condutividade elétrica e as quantidades dos íons de cálcio, magnésio e potássio não são influenciadas pela temperatura de armazenamento das sementes.

VI. REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, C.A.; DANTAS, B.F.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Influência do armazenamento em sementes de feijão submetidas ao processo de hidratação-secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, vol.22, n.2, p.293-299, 2000.
- ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M.E. de; BUZETTI, S. (Ed.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.233-255
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS (AOSA). **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 2002. 105p. (Contribution, 32).
- BARROS, M.A.; OHSE, S.; MARCOS FILHO, J. Ion leakage as an indicator of vigor in field bean seeds. **Seed Technology**, Lincoln, v.21, p.44-48, 1999.
- BATAGLIA, O.C.; FURLAN, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLAN, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim técnico, 78)
- BEGNAMI, C. N.; CORTELAZZO, A. L. Cellular alterations during accelerated aging of French bean seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 24, n. 2, p. 295-303, 1996.
- BERRIOS, J.J.; SWANSONB, B.G.; CHEONGB, W.A. Physico-chemical characterization of stored black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Research International**, Toronto, v.32 p. 669-676, 1999.
- BEWLEY, J.D. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration storage. In: McDONALD JR., M.B.; NELSON, C.J. (Ed.). **Physiology of seed deterioration**. Madison: CSSA, 1986. p. 27-45.

BINOTTI, F.F.S., HAGA, K.I.; SÁ, M.E.; ARF, O.; SILVA, A.L. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste da condutividade elétrica em sementes de feijão. In: VIII Congresso Nacional de Pesquisa em Feijão, 2005. **Anais eletrônicos**. Goiânia: Conafe, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/conafe/pdf/conafe2005-0024.pdf>>. Acesso em 20 de jan de 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNDA, CLAV, 1992. 365p.

CARVALHO, M.L.M.; CAMARGO, R. Aspectos bioquímicos da deterioração de sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, v.13, n.1,2, p. 66-88, 2003.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p

COELHO, S.R.M.; CIELO, M.A.; TEO, C.R.P.A. pós-colheita de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.): efeito do armazenamento nas propriedades físico-químicas. **Varia Scientia**, Cascavel, v. 6, n. 11, p. 43-49, 2006.

CUSTÓDIO, C.C.; MARCOS-FILHO, J. Potassium leachate test for the evaluation of soybean seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, p.549-563, 1997.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1,n.2, p. 427-452, 1973.

DESAI, B.B.; KOTECHA, P.M.; SALUNKHE, D.K. **Seeds Handbook**. New York, 1997.627 p.

FERGUSON, J.M. **Metabolic and biochemical changes during the early stages of soybean seed deterioration.** Thesis (Ph.D.) - University of Kentucky, Lexington, 138p. 1988.

FESSEL, S.A.; VIEIRA, R.D.; CRUZ, M.C.P. Teste de condutividade elétrica em sementes de milho armazenadas sob diferentes temperaturas e períodos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.10, p.1551-1559, 2006.

FRIGERI, T. **Interferência de patógenos nos resultados dos testes de vigor em sementes de feijoeiro.** 2007, 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Unesp – Jaboticabal.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. **Handbook of vigour test methods.** 3rd ed. Zürich: Ista, 1995. 117p.

KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, J.D.; SCOTTI, C.A.; SILVEIRA, J.F. O envelhecimento precoce na avaliação de lotes de sementes de feijoeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 4, n.1, p.45-58, 1982.

Krzyzanowski, F.C.; França Neto, J.B. Vigor de Sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, v.11, n.3, p. 81-84, 2001.

LIN, S.S. Efeito do período de armazenamento na lixiviação eletrolítica dos solutos celulares e qualidade fisiológica da semente de milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 10, n. 3, p. 59-67, 1988.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** Piracicaba: Fealq, 2005, 495p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999a. cap 3. p.1-24.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: Importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999b. cap1, p.1-21.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NOVENBRE, A.D.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Estudo comparativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.25, n.12, p.1805-1815, 1990.

McDONALD, M. B.; PHANEENDRANATH, B. R. A modified accelerated aging vigor test procedure. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.3, n.1, p. 27-37, 1978.

McDONALD, M.B.; WILSON, D.O. An assessment of the standardization and ability of the ASA - 610 to rapidly predict potential e soybean germination. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.4, n.1, p.1-11, 1979.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.525-531, 2001.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA R.D. Electrical conductivity and deterioration of soybean seeds exposed to different storage conditions. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, vol. 29, n.2, p.97-105, 2007.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA R.D.; PERECIN D. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.64, n.2, p.119-124, 2007

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I. Effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.9, p.621-627, 1996.

POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v.10, n.2, p.81-100, 1986

POWELL, A.A. The controlled deterioration test. In: van de VENTER, H.A. (Ed.) **Seed vigour testing seminas**. Copenhagen: ISTA, 1995. p.73-87

PRIESTLEY, D.A. **Seed ageing**. Ithaca: Cornell University Press, 1986.

RIBEIRO, H.J.S.S.; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H.; MIYAGUI, D.T. Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, cultivar lapar 44, após envelhecimento acelerado. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.25, n.1, p.165-169, 2005.

RIBEIRO, N. D.; RODRIGUES, J.A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; POERSCH, M.T.; ROSA, S.S. Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade de grãos de feijão para o cozimento. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.1, p.157-163, 2007.

RIBEIRO, N.D.; POERSCH, N.L.; ROSA, S.S. Períodos de semeadura e condições de armazenamento na qualidade de cozimento de grãos de feijão. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.936-941, 2008

RIOS, A.O.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L). **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas v.23, suplemento, p.39-45, 2003.

SHORT, G.E.; LACY, M.L. Carbohydrate exudation from pea seeds: effect of cultivar, seed age, seed color, and temperature. **Phytopathology**, v.66, p.182-187, 1976.

SIMON, E.W.; RAJA HARUN, R.M. Leakage during seed imbibition. **Journal of**

Experimental Botany, Oxford, v. 23, n. 77, p. 1076-85, 1972.

STYER, R.C.; CANTLIFFE, D.J. Relationship between environment during seed development and seed vigor of two endosperm mutant of corn. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 5, p. 717-720, Sept. 1983.

SUN, W.Q.; LEOPOLD, A.C. The Maillard reaction and oxidative stress during aging of soybean seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 94, n. 1, p. 94-104, 1995.

TEKRONY, D.M.; EGLI D.B.; WHITE, G.M. Seed production and technology. In :WILCOX, J.R (Ed) **Soybeans: Improvement, Production, and Uses**. Madison, American Society of Agronomy, 1987. p. 295-353.

TOMÉ JUNIOR, J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

VIEIRA, E.C.; GAZZINELLI, G.; MARES GUIA, M. **Bioquímica celular e biologia molecular**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1991. 360 p. .

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal. FUNEP, 1994. p.103-132.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap.4, p.1-26, 1999.

VIEIRA, R.D.; PANOBIANCO, M.; LEMPS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D. Efeito de genótipos de soja sobre os resultados do teste de condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.220-224, 1996.

VIEIRA, R.D.; PENARIOL, A.L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.37, n.9, p.1333-1338, 2002.

VIEIRA, R.D.; SCAPPA NETO, A.; BITTENCOURT, S.R.M.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.61, n.2, p.164 - 168, 2004.

VIEIRA, R.D.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; RUCKER, M. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.29, n.3, p.599-608, 2001.

VII. APÊNDICE

Tabela 5A. Quadrados médios resultantes das análises estatísticas referentes à germinação (G, arco-seno $\sqrt{(x/100)}$), envelhecimento acelerado (EA, arco-seno $\sqrt{(x/100)}$), condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$), teor de cálcio, magnésio e potássio da solução de embebição (mg Kg^{-1}) para sementes de feijão dos três lotes da cultivar IAPAR-81.

Fonte de Variação	Quadrados médios					
	G	EA	CE	Cálcio	Magnésio	Potássio
Lote 1						
Testemunha vs. armazenadas	0,0124 ^{NS}	0,3925**	1072,83**	930,66**	80,64 ^{NS}	856879,83**
Temperatura (T)	0,0027 ^{NS}	1,0930**	429,93**	69,2*	416,10**	101673,15**
Período de armazenamento(P)	0,0119 ^{NS}	0,9099**	2211,92**	96,92**	150,33 ^{NS}	378626,17**
Interação T X P	0,0025 ^{NS}	0,1318**	132,19**	30,94 ^{NS}	199,77*	36631,34*
Resíduo	0,0053	0,0066	35,26	14,3	79,07	14568,79
Média	1,39	1,00	120,87	52,42	135,42	2732,58
CV(%)	5,24	8,1	4,91	7,21	6,56	4,41
Lote 2						
Testemunha vs. armazenadas	0,0072 ^{NS}	0,3251**	1737,60**	1889,18**	548,66 ^{NS}	743418,58**
Temperatura (T)	0,0025 ^{NS}	0,9419**	946,46**	297,02 ^{NS}	1340,15 ^{NS}	317432,34**
Período de armazenamento(P)	0,0274**	0,4994**	4150,23**	190,72 ^{NS}	1661,08*	635908,13**
Interação T X P	0,0013 ^{NS}	0,1417**	262,13*	134,92 ^{NS}	780,39 ^{NS}	123542,95*
Resíduo	0,0025	0,0048	81,33	104,13	579,96	49814,08
Média	1,22	0,71	119,53	56,3	139,06	2634,5
CV(%)	4,09	9,75	7,54	18,12	17,31	8,47
Lote 3						
Testemunha vs. armazenadas	0,0317*	0,7025**	976,05**	712,49**	5,12 ^{NS}	561682,80**
Temperatura (T)	0,0055 ^{NS}	1,0903**	146,71 ^{NS}	7,58 ^{NS}	203,66 ^{NS}	23417,84 ^{NS}
Período de armazenamento(P)	0,0297**	0,5815**	1876,97**	154,77**	132,99 ^{NS}	129435,92*
Interação T X P	0,0064 ^{NS}	0,1873**	90,93 ^{NS}	21,43 ^{NS}	194,52 ^{NS}	61301,66 ^{NS}
Resíduo	0,0066	0,0070	57,91	16,30	103,24	30836,54
Média	1,39	1,0353	118,66	44,67	131,48	2623,19
CV(%)	5,811	8,12	6,41	9,03	7,72	6,69

(^{NS}) Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

(*) Significativo ao nível de 5 % de probabilidade

Tabela 6A. Quadrados médios resultantes das análises estatísticas referentes à germinação (G, arco-seno $\sqrt{(x/100)}$), envelhecimento acelerado (EA, arco-seno $\sqrt{(x/100)}$), condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$), teor de cálcio, magnésio e potássio da solução de embebição (mg Kg⁻¹) para sementes de feijão dos três lotes da cultivar IPR-TIZIU.

Fonte de Variação	Quadrados médios					
	G	EA	CE	Cálcio	Magnésio	Potássio
Lote 1						
Testemunha vs. armazenadas	0,0352**	0,0583**	1217,36**	1219,82**	307,04 ^{NS}	608327,95**
Temperatura (T)	0,0239**	0,2463**	24,95 ^{NS}	19,13 ^{NS}	12,07 ^{NS}	59559,34*
Período de armazenamento(P)	0,0010 ^{NS}	0,2040**	1121,45**	177,49*	94,43 ^{NS}	120657,50**
Interação T X P	0,0054 ^{NS}	0,0476**	11,84 ^{NS}	24,00 ^{NS}	94,68 ^{NS}	16906,79 ^{NS}
Resíduo	0,0045	0,0042	30,43	41,24	162,74	16262,54
Média	1,37	1,2	84,14	47,75	123,95	1827,73
CV(%)	4,89	5,38	6,55	13,44	10,29	6,97
Lote 2						
Testemunha vs. armazenadas	0,1124**	0,6274**	3197,36**	3490,12**	5761,77 ^{NS}	13956550,37**
Temperatura (T)	0,0684**	0,5810**	1235,23**	496,72**	18579,22**	543555,95**
Período de armazenamento(P)	0,1032**	0,5272**	6671,79**	216,42 ^{NS}	3806,32 ^{NS}	1848914,10**
Interação T X P	0,0224*	0,0262**	208,57 ^{NS}	89,71 ^{NS}	1739,33 ^{NS}	159346,20 ^{NS}
Resíduo	0,0069	0,0067	137,95	84,55	2418,97	72929,84
Média	0,97	0,32	144,56	71,84	251,90	3365,78
CV(%)	8,53	25,39	8,12	12,79	19,52	8,02
Lote 3						
Testemunha vs. armazenadas	0,1792**	0,9208**	4576,32**	3902,40**	10755,55**	1882737,83**
Temperatura (T)	0,2462**	0,7753**	1694,28**	1635,06**	27021,58**	1228635,42**
Período de armazenamento(P)	0,1326**	0,9529**	5183,29**	626,86**	6304,94**	811477,57**
Interação T X P	0,0321**	0,0249**	390,05**	110,58 ^{NS}	2266,16**	180227,63*
Resíduo	0,0027	0,0062	104,06	100,09	551,02	54589,92
Média	1,09	0,4	125,83	67,45	221,6	2989,78
CV(%)	4,81	19,55	8,10	14,83	10,59	7,81

(^{NS}) Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

(*) Significativo ao nível de 5 % de probabilidade