

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM FISILOGIA VEGETAL



Dissertação

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS EM SEMENTES
DE ARROZ SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE
ARMAZENAMENTO**

ALESSANDRA VOLLMANN

Pelotas, 2016

Alessandra Vollmann

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS EM SEMENTES
DE ARROZ SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE
ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial da obtenção do título de Mestre em Fisiologia Vegetal .

Orientador: Prof. Dr. Dario Munt de Moraes

Coorientador: Dra. Caroline Leivas Moraes

Dra. Cristina Ferreira Larré

Pelotas, 2016

Dados de catalogação na fonte:
Maria Beatriz Vaghetti Vieira CRB: 10/1032
Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

V924a Vollmann, Alessandra

Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz sob diferentes condições de armazenamento/
Alessandra Vollmann; Dario Munt de Moraes, orientador;
Caroline Leivas Moraes, Cristina Ferreira Larré,
coorientadores. – Pelotas, 2016.

37 f.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação
em Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade
Federal de Pelotas, 2016.

1. Temperatura. 2. Viabilidade. 3. Vigor. 4. Semente. I.
Moraes, Dario Munt de, orient. II. Moraes, Caroline Leivas,
coorient. III. Larré, Cristina Ferreira, coorient. IV. Título.

CDD : 633.18

Banca examinadora:

Dr. Dario Munt de Moraes (Orientador)

Dra. Caroline Jacomé Costa

Dra. Fernanda Reolon

Dedico
Aos meus pais, Ileni e Gervásio
A minha irmã, Daiane

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir mais essa conquista, por me guiar e me dar força em todos os momentos que se fizeram necessários.

A minha família, especialmente aos meus pais Gervásio e Ileni e minha irmã Daiane, que se privaram de minha companhia durante essa etapa, por todo o apoio e amor incondicional.

Ao professor e pesquisador Dr. Dario Munt de Moraes, pela confiança, paciência, ensinamentos, amizade e apoio, assim como pela orientação, que foram de grande importância para a realização deste trabalho.

A Dra. Caroline Leivas Moraes e a Dra. Cristina Ferreira Larré, pela coorientação.

A todos os colegas, funcionários e estagiários do Laboratório de Fisiologia de Sementes, pela ajuda no trabalho, amizade, companheirismo e agradável convivência.

A Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal (PPGFV) pela oportunidade de realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal em Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos e auxílio financeiro.

Aos professores do PPGFV pelos ensinamentos conferidos ao longo do curso.

“É loucura odiar todas as rosas porque uma te espetou. Entregar todos os teus sonhos porque um deles não se realizou, perder a fé em todas as orações porque em uma não foi atendida, desistir de todos os esforços porque um deles fracassou”

(Antoine de Saint Exupéry)

RESUMO

VOLLMANN, Alessandra. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz sob diferentes condições de armazenamento**. 2016. 37f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

Resumo- O armazenamento de sementes é uma atividade essencial, que tem por função a manutenção da qualidade da semente para a próxima semeadura. As sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) podem ser armazenadas tanto em sacaria quanto a granel, buscando a preservação da sua qualidade fisiológica, por meio de condições onde os danos sejam mínimos. Assim sendo, este trabalho teve por finalidade avaliar a influência da temperatura durante o armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de arroz cv BR-IRGA 417, bem como verificar possíveis alterações na composição química e na atividade de enzimas hidrolíticas. Para isto, sementes de arroz foram submetidas a quatro condições de armazenamento, sendo, condições sem controle de umidade e temperatura (laboratório), temperatura constante de 15 °C, temperatura de 15°C, com elevação da temperatura para 25 °C, durante 24h, a cada sete dias de armazenamento e sementes armazenadas em temperatura de 15°C, com elevação da temperatura para 25 °C, durante 24h, a cada 14 dias de armazenamento, mantidas armazenadas por 168 dias e avaliadas em períodos regulares de 56 dias. Os seguintes testes foram realizados: germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de parte aérea e raiz, massa seca de parte aérea e raiz, condutividade elétrica, em todos os períodos avaliados, Já os seguintes testes: composição química e determinação da atividade das enzimas α -amilase e fosfatase ácida, bem como parâmetros obtidos no teste de emergência de plântulas, foram realizados antes de iniciar o armazenamento e após 168 dias. Os resultados mostraram que a alternância de temperatura durante o armazenamento ocasiona redução na qualidade fisiológica da semente. Portanto, pode-se concluir que, apesar de manter o potencial germinativo alto, ocorre redução no vigor das sementes de arroz, cv BR-IRGA 417, quando armazenadas em condições inadequadas de temperatura.

Palavras-chave: temperatura; viabilidade; vigor; semente.

ABSTRACT

VOLLMANN, Alessandra. **Physiological and biochemical changes in rice seeds under different storage conditions**. 2016. 37f. Dissertation (Master degree) – Post-Graduation Program in Plant Physiology. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

Abstract- Seed storage has become is an essential activity, whose function is to maintain the quality of seed for the next sowing. Rice seeds (*Oryza sativa* L.) can be stored either in sacks as bulk, seeking to preserve your physiological quality, through conditions where damage seeds are minimal. Therefore, this experiment aimed at evaluate the influence of temperature during storage on the physiological quality of rice sseds, cv BR- IRGA 417, and verify changes in chemical compositions and activity of hydrolytic enzymes. For that, rice seeds were submitted to four storage conditions, without humidity and temperature control (laboratory), contant temperature of 15 °C, temperature of 15 °C with rise temperature to 25 °C during 24 hours, every seven day storage, and temperature of 15 °C with rise temperature to 25 °C during 24 hours, every 14 day storage, remain stored for 168 days and evaluated at regular intervals of 56 days. The following testes were performed: germination test, first count of germination, germination speed rate, shoot and root length, dry mass of shoot and root, electrical conductivity, in all periods, already the following tests: chemical composition, and determining the activity of α -amylase and phosphatase acid, as well as parameters obtained in the emergency seedlings test, were carried out before starting storage and after 168 days. The results showed that during storage temperature alternation causes reduction in the seed physiological quality. Therefore, it can be concluded that though maintaining high germination potential occurs reduction in the effect of rice seeds cv BR-IRGA 417, when stored under unsuitable temperature conditions.

Key words: temperature; viability; vigor; seed.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Porcentagem de germinação (G%), primeira contagem de germinação (PCG%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz, cv BR-IRGA 417, submetidas a diferentes condições e períodos de armazenamento. 21

Tabela 2. Comprimento parte aérea (CPA), comprimento raiz (CR), massa seca parte aérea (MSPA) e massa seca raiz (MSR), de sementes de arroz, cv BR-IRGA 417, submetidas a diferentes condições e períodos de armazenamento. 23

Tabela 3. Condutividade elétrica (CE) de sementes de arroz, cv BR-IRGA 417, submetidas a diferentes condições e períodos de armazenamento, embebidas nos tempos de três, seis e 24 horas..... 25

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Médias de temperatura (T °C) e umidade relativa do ar (UR) em condições de laboratório, a partir de março (início do experimento) a setembro de 2015 (final do experimento). 19
- Figura 2.** Atividade de enzimas hidrolíticas, (a) α -amilase e (b) fosfatase ácida, submetidas a diferentes condições de armazenamento após 168 dias. 27
- Figura 3.** Atividade de enzimas hidrolíticas, (a) α -amilase e (b) fosfatase ácida, submetidas a diferentes condições de armazenamento após 168 dias. 28
- Figura 4.** Porcentagem de emergência de plântulas (E%) de sementes de arroz, cv BR-IRGA 417, após 168 dias de armazenamento em diferentes condições de armazenagem. 29
- Figura 5.** Índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de arroz, cv BR-IRGA 417, após 168 dias de armazenamento em diferentes condições de armazenagem. 30
- Figura 6.** Comprimento parte aérea (CPA) e comprimento raiz (CR) de plântulas de arroz, cv BR-IRGA 417, submetidas a diferentes condições, após 168 dias de armazenamento. 30
- Figura 7.** Massa seca parte aérea (MSPA) e massa seca raiz (MSR) de plântulas de arroz, cv BR-IRGA 417, submetidas a diferentes condições, após 168 dias de armazenamento. 31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4. CONCLUSÃO	33
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

INTRODUÇÃO

O arroz, *Oryza sativa*, possui papel estratégico tanto social quanto econômico, sendo cultivado em todo o mundo e considerado o alimento básico para mais da metade da população mundial (PEREIRA, BANDEIRA e QUINCOZES, 2005). Os maiores consumidores estão na Ásia e na África (USDA, 2012). Esta cultura destaca-se por apresentar grande potencial para combater a fome no mundo, devido à sua versatilidade, adaptando-se a diferentes condições de solo e de clima, enfatizando assim, a importância de pesquisas científicas com este cereal.

A orizicultura tem importância significativa no Brasil, tendo o Rio Grande do Sul como maior produtor, representando 70% da produção nacional. O excesso de chuva em solo gaúcho na fase do plantio da cultura gerou atraso no plantio nas safras de 2014/15, porém, não interferiu significativamente no desenvolvimento das lavouras desta safra, atingindo produção total de 8,62 milhões de toneladas, cultivada em 1,12 milhão de hectares (CONAB, 2015).

Entretanto, houve atraso na implantação das lavouras no plantio da safra 2015/16, devido à situação climática adversa em função do El Niño, pois as chuvas intensas e frequentes não permitiram a semeadura, o que ocasionou, também, atraso de ciclo e estande menor que o ideal (CONAB, 2016).

A cada ano a produtividade da cultura do arroz tem aumentado, ressaltando a influência do melhoramento genético para manter cultivares com alta produtividade e estabilidade, com características que atendam à preferência dos consumidores (PEREIRA; BANDEIRA; QUINCOZES, 2005).

Porém, quando os cuidados com a produção de sementes ou seu armazenamento são falhos, há perda da qualidade fisiológica das sementes, iniciando assim, os processos de deterioração (CARVALHO e VILLELA, 2006).

Até o momento da semeadura, a preservação da qualidade das sementes é o principal objetivo do armazenamento (FAGUNDES et al.2009; CARVALHO e VILLELA 2006; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Para sementes de arroz o armazenamento pode ser em sacaria, sistema convencional, ou a granel, em grandes silos, devendo-se ter o devido cuidado

com a formação de bolsões de calor (PEREIRA; BANDEIRA; QUINCOZES, 2005).

A capacidade de uma semente em manter seu potencial fisiológico durante o armazenamento depende da longevidade inerente à espécie, da sua qualidade inicial e das condições ambientais de armazenamento (CARVALHO e VILLELA, 2006). Assim, a semente pode ser produzida sob um sistema rigoroso de inspeção, colheita apropriada e processada para a mais alta pureza, porém, pode ser perdida se armazenada sob condições inadequadas.

Durante o armazenamento, as sementes sofrem a influência de diversos fatores, por exemplo, a umidade relativa e a temperatura, que estão relacionados diretamente ao processo de deterioração. A umidade relativa do ar tem relação direta com o teor de água das sementes, além de controlar a ocorrência dos diferentes processos metabólicos que estas sofrem durante a armazenagem, enquanto a temperatura influencia a velocidade dos processos bioquímicos e interfere indiretamente no teor de água das sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005).

Além desses fatores, Carvalho e Villela (2006) destacam que o teor de água na semente, a qualidade fisiológica inicial e as características genéticas da espécie e da cultivar podem influenciar a deterioração. Assim, todos esses fatores podem ser responsabilizados simultaneamente pelas diferenças que podem ocorrer entre lotes de sementes submetidos às mesmas condições de armazenamento.

Em geral, o período de armazenamento de sementes de grandes culturas, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), situa-se entre seis e oito meses, ou seja, o período compreendido entre a colheita e a semeadura. Entretanto, quanto maior o volume de sementes, maior é a dificuldade para controlar a temperatura e a umidade relativa, devido aos altos custos e dificuldades técnicas.

Assim, para reduzir perdas qualitativas e quantitativas deve-se realizar o armazenamento adequado das sementes, permitindo maior flexibilidade na comercialização (CARVALHO e VILLELA, 2006).

Quando as sementes são submetidas a diferentes temperaturas durante o armazenamento, ocorrem mudanças na atividade enzimática que alteram a taxa respiratória. Por isso, uma alternativa para avaliar o nível de estresse

ocasionado por alterações na temperatura durante o período de armazenamento é através da atividade respiratória (DEVI et al., 2007). De acordo com Marini et al. (2012), temperaturas superiores a 25 °C promovem aumento da atividade respiratória e na atividade enzimática.

Além da atividade respiratória, alterações no metabolismo antioxidante podem estar diretamente associadas ao nível de estresse provocado pelo armazenamento sob condições inadequadas. Alterações neste metabolismo podem reduzir a formação de espécies reativas de oxigênio, evitando assim, danos que podem ocorrer ao nível celular (BANDEIRA et al., 2013).

A reativação do metabolismo das sementes inicia-se com a absorção de água, considerada a primeira etapa da germinação (DANTAS et al., 2008). Em resposta à ação das giberelinas, ocorre a estimulação de enzimas hidrolíticas, como a α -amilase, que atua na hidrólise de amido convertendo-o em açúcares, que serão utilizados no crescimento do embrião (ARTECA, 1995). Análoga a esta, há a fosfatase ácida, que atua no metabolismo de carboidratos e fosfatos participando da mobilização de proteínas de reserva (BERTAGNOLLI et al., 2004).

Outra alternativa para avaliar a resposta a temperaturas inconstantes que possam alterar a qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento, é por meio da atividade de enzimas hidrolíticas, associadas à hidrólise de reservas, processo essencial para a germinação (DEVI et al., 2007).

Estresses abióticos podem ocasionar grandes alterações no metabolismo de carboidratos, bem como na regulação de diversos genes relacionados a esse metabolismo (GUPTA e KAUR, 2005; SEKI et al., 2002). O vigor das sementes está relacionado com a biossíntese de energia e compostos metabólicos, incluindo transporte e utilização das substâncias de reserva (AOSA, 1983). O potencial de armazenamento e o vigor são influenciados pelo conteúdo de compostos de reservas presentes nas sementes (HENNING, et al., 2010).

Para Santos et al. (2011), é fundamental a utilização de procedimentos que melhor reflitam nas condições encontradas a campo, buscando avaliar o potencial fisiológico de sementes quando encontram-se em ambientes adversos. Em programas de controle de qualidade de sementes, são

necessários outros métodos para avaliação da qualidade fisiológica. Apenas o teste de germinação pode superestimar o potencial fisiológica da semente, por ser conduzido em condições consideradas ótimas (MENDES, 2010).

A perda da integridade das membranas celulares está indiretamente relacionada às alterações na fisiologia das sementes, dando sequência à perda do vigor após o início da deterioração, proporcionando alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, podendo acarretar morte da semente (MARCOS FILHO, 2005). O teste de condutividade elétrica avalia de forma rápida e eficiente o vigor das sementes, aferindo a perda da integridade da membrana celular.

A viabilidade e vigor de sementes também são analisados pelo teste de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação (MAGUIRE, 1962), comprimento da parte aérea e das raízes das plântulas, bem como da massa seca das mesmas.

As sementes que apresentam baixo vigor podem apresentar também redução na velocidade de emergência, bem como na produção de biomassa e nas taxas de crescimento, interferindo negativamente no estabelecimento da cultura (MELO, et al., 2006).

Assim, a avaliação do potencial fisiológico das sementes, através de testes de viabilidade e vigor, associados a testes que expressem alterações bioquímicas nas sementes poderão disponibilizar resultados mais consistentes na determinação do nível de estresse ocasionado durante o armazenamento.

Com isso, objetivou-se avaliar a influência das condições de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de arroz cv BR-IRGA 417, bem como verificar possíveis alterações na composição química e atividade de enzimas hidrolíticas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Fisiologia de Sementes e em casa de vegetação pertencentes ao Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pelotas. Foram utilizadas sementes de arroz da cultivar BR-IRGA 417. Foram realizadas análises preliminares onde se estimou a qualidade fisiológica inicial das mesmas, utilizando-se para tal um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições estatísticas. As sementes foram acondicionadas em sacos de papel e submetidas a quatro condições de armazenamento e mantidas ao longo de 168 dias em B.O.D., sendo as mesmas avaliadas em intervalos regulares de 56 dias.

As condições de armazenamento foram estabelecidas como:

T1: sementes armazenadas sob condições de laboratório (bancada), sem nenhum controle de umidade e temperatura;

T2: sementes armazenadas à temperatura constante de 15 °C;

T3: sementes armazenadas em temperatura de 15°C, com elevação da temperatura para 25 °C, durante 24h, a cada sete dias de armazenamento;

T4: sementes armazenadas em temperatura de 15°C, com elevação da temperatura para 25 °C, durante 24h, a cada 14 dias de armazenamento;

Antes de se iniciar o período de armazenamento, as sementes foram submetidas a todos os testes descritos, com exceção apenas do teste de emergência de plântulas. Após os respectivos períodos e condições de armazenamento, o potencial fisiológico das sementes foi avaliado através dos seguintes testes:

Germinação (G%) – As sementes de arroz foram colocadas sobre papel Germitest, umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco com água destilada. Cada repetição foi constituída de 200 sementes de arroz, divididas em quatro subamostras com 50 sementes por rolo, mantidos em germinador a uma temperatura de 25 °C. A avaliação foi realizada aos 14 dias após a semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem de germinação, conforme descrito pelas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação (PCG%) – Realizado juntamente com o teste de germinação, sendo a primeira contagem no quinto dia após o início do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de germinação, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Índice de velocidade de germinação (IVG) – Realizado simultaneamente ao teste de germinação, por meio da contagem diária do número de plântulas normais, identificadas a partir da protrusão radicular até que o número de plântulas normais permanecesse constante. O cálculo do IVG realizou-se de acordo com Maguire (1962).

Condutividade elétrica (CE) – O teste foi realizado utilizando-se quatro repetições com três subamostras de 25 sementes. As sementes foram previamente pesadas, colocadas em béquer com 80 mL de água deionizada e mantidas em germinador à temperatura constante de 25 °C. A condutividade elétrica foi mensurada em condutivímetro de bancada, marca Digimed CD-21, após três, seis e 24 horas de embebição, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes, conforme descrito por Krzyzanowski et al. (1999).

Antes do início do período de armazenamento e aos 168 dias, foram realizados os seguintes testes:

Determinação da atividade das enzimas fosfatase ácida e α -amilase – determinada conforme descrito por AOAC (1965), com modificações. As extrações foram realizadas em sementes de arroz, onde 500 mg de farinha de sementes com 20 mL de tampão acetato de potássio 0,1 N (pH 5,0) foram centrifugados a 3000 rpm por 10 minutos. Após, o sobrenadante foi retirado transferido para tubos de ensaio e mantido em banho de gelo até a realização das análises. Para a fosfatase ácida, 2 mL de extrato e 0,1 mL de p-nitrofenil fosfato (0,018 M) foram adicionados em tubos de ensaio, os quais foram incubados a 30 °C por 5 minutos. Posteriormente, adicionou-se 1 mL de hidróxido de sódio (0,5N), realizando a leitura em espectrofotômetro a 400 nm e a atividade foi expressa em $\text{nmol minuto}^{-1} \text{g}^{-1}$ semente. Para a determinação da α -amilase, o extrato foi colocado em banho maria a 70 °C por 20 minutos. A seguir, em um novo tubo de ensaio, adicionou-se 0,2 mL de extrato, 0,8 mL da solução tampão, 1 mL de solução de amido (100 mg de amido solúvel + 100 mL de água destilada) e 1 mL de $\text{I}_2 + \text{KI}$ (83 mg de KI + 65 mg de I_2 + 100 mL de

HCl 0,05N). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 620 nm, e os resultados foram expressos em μg de amido hidrolisado $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ sementes.

Teor de açúcares solúveis totais – quantificado conforme o método da Antrona, descrito por Clegg (1956), com modificações. Aproximadamente 250 mg de sementes secas e moídas foram homogeneizadas em 20 mL de etanol (85%) e centrifugadas a 3000 rpm por 10 minutos. Após, foram adicionados em cada tubo de ensaio 0,1 mL do extrato e 0,9 mL de água destilada, com 3 mL de antrona. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm, e os resultados foram expressos em μg açúcar solúvel g^{-1} de semente.

Teor de amido – determinado conforme McCready et al. (1950), com modificações, onde utilizou-se o precipitado da quantificação de açúcares solúveis totais, o qual foi homogeneizado com 20 mL de H_2SO_4 a 0,2 N, agitados e deixados em banho-maria fervente (100 °C) por 2 horas, com posterior centrifugação por 10 minutos a 3000 rpm, coletando-se, então, o sobrenadante. Após, adicionou-se 0,1 do extrato (diluído 20 vezes), 0,9mL de água destilada com 3 mL de antrona, com posterior leitura em espectrofotômetro a 620 nm. Os resultados foram expressos em μg amido hidrolisado g^{-1} de semente.

Teste de emergência de plântulas (E%) – as sementes foram semeadas em bandejas de polipropileno expandido, utilizando-se como substrato areia lavada. Para cada tratamento, foram utilizadas três repetições de 200 sementes, divididas em quatro subamostras de 50 sementes. Os resultados foram obtidos aos 21 dias após a emergência das plântulas e expressos em porcentagem de emergência.

Índice de velocidade de emergência (IVE)- O índice de velocidade de emergência foi obtido a partir de avaliações diárias, registrando-se o número de plântulas normais emergidas, até o final do teste, aos 21 dias. Então, foi calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962): $\text{IVE} = (\text{E1}/\text{N1}) + (\text{E2}/\text{N2}) + \dots + (\text{En}/\text{Nn})$, onde, IVE = índice de velocidade de emergência; E1, E2,..., En= número de plântulas normais calculadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem; N1, N2,..., Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem.

Comprimento da parte aérea e das raízes das plântulas (CPA e CR)

– o comprimento da parte aérea e das raízes foi realizado ao final das avaliações do teste de emergência, aos 21 dias, e ao final do teste de germinação, aos 14 dias, por meio do comprimento médio da parte aérea e raiz das plântulas normais, expressando os resultados em mm plântula^{-1} , conforme Krzyzanowski et al. (1999).

Massa seca da parte aérea e das raízes (MSPA e MSR) – o material vegetal utilizado na avaliação dos parâmetros de crescimento foi colocado em estufa de ventilação forçada a $70 \pm 2^\circ\text{C}$ até massa constante. O valor da massa seca foi dividido pelo número de plântula e os resultados expressos em mg planta^{-1} .

Teor de água – a determinação do teor de água na semente foi efetuado pelo método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ durante 24 horas (BRASIL, 2009) por meio de quatro amostras de cinco g de sementes por tratamento.

Durante o tempo de armazenamento, para a condição sem controle de umidade e temperatura, foi realizado o monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar ambiente através da leitura em termohigrômetro, marca AKSO AK172.

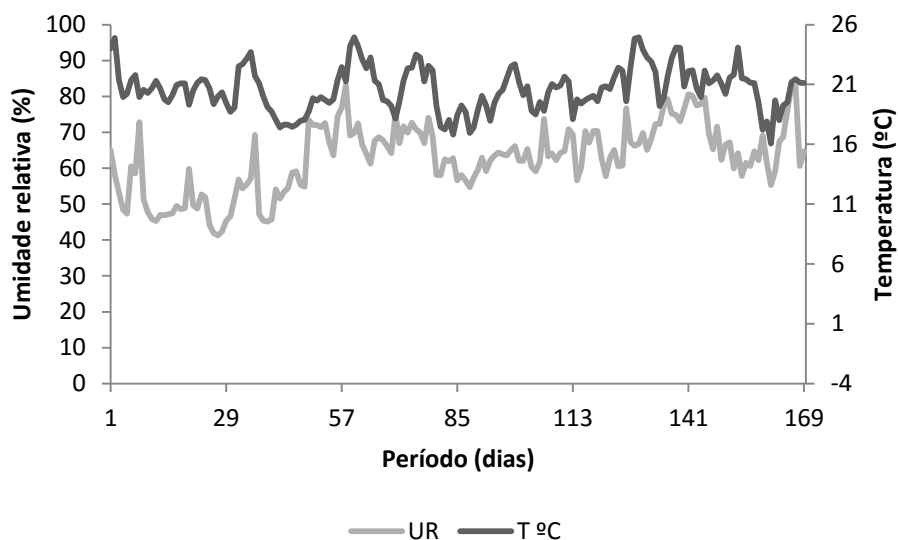


Figura 1. Médias de temperatura ($T^\circ\text{C}$) e umidade relativa do ar (UR) em condições de laboratório, a partir de março (início do experimento) a setembro de 2015 (final do experimento).

Delineamento experimental: O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituído por quatro condições de armazenamento e três períodos de avaliações (56, 112 e 168 dias) para os testes de qualidade fisiológica e um período de avaliação (168 dias) para os demais testes.

Os dados relativos às variáveis mensuradas foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e conseqüentemente efetuada análise de regressão polinomial de probabilidade quando significativo, caso contrário as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o “Sistema de Análise Estatística para Windows– WinStat” Versão 2.0 (MACHADO e CONCEIÇÃO, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os períodos de armazenamento avaliados (0; 56; 112 e 168 dias), a porcentagem de germinação (G%) das sementes apresentou diferença significativa entre os tratamentos aos 56 e 168 dias. As maiores G% foram encontradas em T2 (armazenamento em temperatura constante de 15°C), como mostra a Tabela 1. No entanto, em T3 (alternância de temperatura a cada sete dias, por 24 horas) e T4 (alternância de temperatura a cada 14 dias, por 24 horas), o período de armazenamento interferiu na viabilidade das sementes, já em relação ao tratamento T1 (armazenamento de sementes sem controle de umidade e temperatura) a G% não diferiu aos demais tratamentos. Resultados semelhantes foram observados na primeira contagem de germinação (PCG%), apresentado na Tabela 1, expondo também, diferença significativa em T4, que apresentou menor valor médio, diferindo significativamente de T2. Já, o índice de velocidade de germinação (IVG), não foi influenciado pelas condições de armazenamento. Pode-se inferir que o tempo e as condições de armazenamento não comprometeram o padrão exigido para a produção e comercialização de sementes de arroz, que possui como porcentagem mínima 70% para sementes básicas, sendo de 80% para sementes certificadas (C1 e C2) ou não certificadas (S1 e S2) de primeira e de segunda geração (ABRASEN, 2013).

Marques et al. (2014) avaliaram três cultivares de arroz, curinga, seleta e relâmpago, e observaram que após 12 meses de armazenamento em

condições não controladas para o estado de Minas Gerais, as sementes das cv seleta e relâmpago, apresentaram o potencial germinativo menor que 70%. Visto que após as sementes atingirem o máximo potencial germinativo, se iniciam os processos naturais de deterioração, conseqüentemente, resultam na redução da germinação. Estes mesmos autores observaram que, geralmente, o alto vigor das sementes após seis meses de armazenamento corresponde com o período de superação da dormência, podendo não atingir o máximo potencial germinativo.

Tabela 1. Porcentagem de germinação (G%), primeira contagem de germinação (PCG%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz, cv BR-IRGA 417, submetidas a diferentes condições e períodos de armazenamento.

Período (DIAS)	G%			
	T1	T2	T3	T4
0	87 a	87 a	87 a	87 a
56	86 ab	91 a	82 b	82 b
112	87 a	86 a	87 a	88 a
168	87 ab	90 a	84 b	83 b
CV%	3,22			
Período (DIAS)	PCG%			
	T1	T2	T3	T4
0	86 a	86 a	86 a	86 a
56	82 b	88 a	81 b	79 b
112	85 a	84 a	85 a	86 a
168	86 ab	88 a	83 ab	81 b
CV%	3,43			
Período (DIAS)	IVG			
	T1	T2	T3	T4
0	37,43 a	37,43 a	37,43 a	37,43 a
56	32,73 a	33,66 a	33,65 a	29,98 a
112	35,9 a	34,68 a	34,13 a	33,82 a
168	31,87 a	34,46 a	32,3 a	34,81 a
CV%	5,82			

* Letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em sementes de feijão carioca (*phaseolus vulgaris* L.) ocorreu decréscimo no vigor ao longo do armazenamento sob condições sem controle de temperatura e umidade, reduzindo os valores de primeira contagem de germinação e do índice de velocidade de germinação. Isso ocorre devido ao

processo inicial de deterioração de sementes, que, quando expostas a oscilações de temperatura e umidade perdem o vigor e ficam mais suscetíveis a estresses durante a germinação (ZUCARELI, et al., 2015).

Os testes de vigor complementam significativamente as informações obtidas no teste de germinação, devido à relação mais expressiva com o desempenho das sementes sob condições de campo (KIKUTI; MARCOS FILHO, 2012). A primeira contagem de germinação é considerada um indicativo de vigor, contudo, apenas esse teste não é suficiente para estimar o desempenho das sementes a campo, visto que seu potencial depende de condições ambientais externas. Mattioni et al. (2012) relatam que lotes de sementes com maior vigor apresentam melhor desempenho sob condições de campo, podendo observar resultados mais expressivos na emergência e altura de plântulas.

É importante destacar que o processo de deterioração de sementes armazenadas é inevitável, portanto, quando isso ocorre, há perda de vigor, conseqüentemente as sementes, ficam mais suscetíveis a estresses durante a germinação, perdendo sua capacidade de originar plântulas normais (SILVA et al., 2014).

Diante disso, o comprimento da parte aérea e das raízes das plântula e a massa seca das plântulas são parâmetros importantes a serem analisados, pois avaliam o crescimento ao final do teste de germinação e a incorporação de biomassa pela parte aérea e raiz das plântulas. Os resultados observados para o comprimento da parte aérea (CPA), Tabela 2, demonstraram que os menores resultados obtidos foram observados nas sementes armazenadas sob as condições T4 aos 168 dias de armazenamento, já em comparação às demais condições de armazenamento não houve diferença significativa. Entretanto, observa-se redução do CPA quando comparado com os resultados obtidos no início do armazenamento.

Em relação ao comprimento da raiz (CR), T2 destacou-se entre os demais tratamentos, sendo similar a T1 aos 112 e 168 dias, e significativamente superior na maioria dos períodos avaliados às demais condições avaliadas (Tabela 2). Resultados semelhantes foram observados para a variável massa seca, tanto da parte aérea quanto da raiz, uma vez que, quando ocorre maior comprimento, também foi observado maior incorporação

de biomassa pela plântula em T2, entretanto, T3 destaca-se como a condição que apresentou menor incorporação de biomassa, mesmo com comprimento superior à condição T4.

Tabela 2. Comprimento parte aérea (CPA), comprimento raiz (CR), massa seca parte aérea (MSPA) e massa seca raiz (MSR), de sementes de arroz, cv BR-IRGA 417, submetidas a diferentes condições e períodos de armazenamento.

Período (DIAS)	CPA (mm plântula ⁻¹)			
	T1	T2	T3	T4
0	154,8 a	154,8 a	154,8 a	154,8 a
56	92,7 a	98,3 a	95,2 a	90,5 a
112	91,1 a	95,6 a	91 a	86,6 a
168	91,3 ab	101,5 a	98 a	82,2 b
CV%	6,21			
Período (DIAS)	CR (mm plântula ⁻¹)			
	T1	T2	T3	T4
0	159,7 a	159,7 a	159,7 a	159,7 a
56	109,5 b	135,7 a	122,1 ab	113,5 b
112	120,2 ab	132 a	109,4 b	114 b
168	124,4 ab	131,5 a	111,4 bc	100,7 c
CV%	6,24			
Período (DIAS)	MSPA (mg plântula ⁻¹)			
	T1	T2	T3	T4
0	61,25 a	61,25 a	61,25 a	61,25 a
56	45 b	50,5 a	48,5 ab	51,25 a
112	49,1 a	51,38 a	48,48 a	48,5 a
168	46,25 bc	51 a	43,75 c	48,5 ab
CV%	4,35			
Período (DIAS)	MSR (mg plântula ⁻¹)			
	T1	T2	T3	T4
0	48,5 a	48,5 a	48,5 a	48,5 a
56	48,5 ab	49,75 a	44,75 b	47,5 ab
112	50,83 ab	54,6 a	49,58 b	50,08 b
168	48,75 b	54,74 a	45 b	48 b
CV%	4,50			

* Letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os testes de crescimento destacam-se como os mais sensíveis para a determinação de vigor de sementes de muitas espécies (KIKUTI; MARCOS FILHO, 2012; MARCOS FILHO et al., 2009; KRZYZANOWSKI et al., 1999).

Isso se deve ao fato de que o vigor é caracterizado por determinar o máximo desempenho de sementes durante a germinação e emergência da plântula, refletindo assim, na manifestação de características que determinam o potencial para a emergência rápida e uniforme de plântulas às diversas situações ambientais (AMARO et al., 2015; OHLSON et al., 2010).

Quando Silva et al. (2010) avaliaram sementes de arroz, milho e feijão armazenadas em condições naturais, para o estado de Mato Grosso, observaram reduções no vigor das sementes após o segundo mês de armazenamento, sendo mais acentuada ao quarto mês. Isso pode ocorrer devido ao tipo de embalagem empregada, pois quando as sementes são armazenadas em embalagens permeáveis, o teor de umidade das sementes varia conforme as variações da umidade do ar. A maioria das sementes tendem a sofrer variações em seu grau de umidade durante o armazenamento em ambientes sem controle de umidade relativa do ar, prejudicando a conservação da viabilidade e vigor das mesmas.

É importante ressaltar que, embora o teste de germinação possa oferecer informações sobre o desempenho das sementes e os testes de PCG, IVG, comprimento e massa seca possam indicar o vigor das sementes, são testes que não indicam os primeiros eventos do processo de deterioração. Por isso a necessidade de testes complementares, como o de condutividade elétrica, aferida por meio da lixiviação de solutos, onde a maior lixiviação indica menor qualidade fisiológica de sementes, relacionada, desta forma à integridade das membranas celulares (ROSA et al., 2000; MOURA, et al., 2010).

Os resultados da condutividade elétrica (Tabela 3), apresentaram diferença significativa entre as diferentes condições de armazenamento de sementes, demonstrando a perda da vigor e a sensibilidade das sementes de arroz em relação a alternância de temperatura durante o armazenamento. Sendo que após três horas de embebição, apenas as 56 dias houve diferença, onde T1 apresentou maiores perdas de lixiviados, sendo semelhante a T3 e T4 após 24 horas de embebição. Já as 168 dias de armazenamento, as sementes mantidas na condição T3 apresentaram menor vigor, visto que observou-se resultados superiores para a condutividade elétrica e inferiores de massa seca, comprimento e PCG%.

A condutividade elétrica é relacionada com a integridade das membranas celulares, sendo representada pela quantidade de lixiviados medidos na solução de embebição das sementes (MARCOS FILHO et al., 1987). Portanto, as membranas com maior capacidade de restabelecer sua integridade ou as membranas mais íntegras, liberam menos lixiviados ao meio, conseqüentemente, apresentam maior vigor de sementes (VIEIRA et al., 1999; CARVALHO et al., 2009).

Tabela 3. Condutividade elétrica (CE) de sementes de arroz, cv BR-IRGA 417, submetidas a diferentes condições e períodos de armazenamento, embebidas nos tempos de três, seis e 24 horas.

Período (DIAS)	CE – três horas ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes)			
	T1	T2	T3	T4
0	2,57 a	2,57 a	2,57 a	2,57 a
56	3,28 a	2,26 b	2,44 b	2,16 b
112	2,96 a	3,33 a	3,36 a	3,46 a
168	2,36 a	2,23 a	2,88 a	2,31 a
CV%	13,00			
Período (DIAS)	CE – seis horas ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes)			
	T1	T2	T3	T4
0	3,59 A	3,59 a	3,59 a	3,59 a
56	4,01 A	3,11 b	3,42 ab	3,1 b
112	3,89 B	4,31 ab	4,44 ab	4,77 a
168	3,25 ab	3,24 ab	3,84 a	3,07 b
CV%	10,19			
Período (DIAS)	CE – 24 horas ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes)			
	T1	T2	T3	T4
0	7,06 a	7,06 a	7,06 a	7,06 a
56	7,33 a	6,52 b	7,27 ab	7,23 ab
112	7,7 a	8,03 a	8,23 a	8,34 a
168	6,73 b	6,84 b	7,79 a	6,52 b
CV%	5,59			

* Letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para sementes de milho, alguns autores verificaram redução do potencial germinativo conforme aumento da temperatura de armazenamento, sendo a maior redução verificada aos 35 °C, chegando a zero aos 90 dias de armazenamento e ocorreu aumento na condutividade elétrica ao longo deste período. Entretanto, quando armazenadas sob temperaturas de 5 e 15 °C, a germinação manteve-se acima de 80% até o final do período avaliado, aos 12 meses. Isso decorre das alterações na estrutura das membranas das

sementes, que ocasiona perda da qualidade fisiológica em curto período de tempo quando submetidas a armazenagem sob altas temperaturas (PARAGINSKI et al., 2015).

Em relação às enzimas hidrolíticas, α -amilase e fosfatase ácida (Figura 2a e Figura 2b), houve diferença entre os tratamentos, sendo que em T2 observaram-se os menores valores para as duas variáveis analisadas. Em contrapartida, na avaliação da composição química, também foi observada diferença significativa entre os tratamentos, entretanto, o maior teor de amido foi encontrado em T2 (Figura 3a e Figura 3b).

A estabilização no teor de amido e a atividade inferior das enzimas hidrolíticas é um fator favorável no armazenamento, indicando a conservação das reservas da semente até o momento ideal para germinação. Comparativamente aos dados do início do armazenamento, para α -amilase e amido houve grande diferença, onde, a atividade da enzima foi menor e o teor de amido maior no início do armazenamento. Quanto ao teor de açúcar solúvel, o tratamento T1 não diferiu dos demais e a maior concentração de açúcar solúvel foi observada nas sementes submetidas ao tratamento T3 (Figura 4).

As reservas de carboidratos, lipídios e proteínas contidas nas sementes são usadas pelo embrião como fonte energética e de substrato para estruturas celulares. Dependendo da espécie, a utilização de amido ou de açúcares solúveis é variável, podendo ser durante a germinação ou no estágio de plântula (PONTES, 2002).

As sementes podem sofrer estresse severo conforme as condições de armazenamento as quais são submetidas, podendo ocasionar rápido consumo de suas reservas no início do processo germinativo, conseqüentemente, ocorre um rápido crescimento inicial. Entretanto, pode acarretar em menor aproveitamento dos processos de síntese, causando decréscimo da germinação e do vigor das sementes (HOPPE et al., 2004).

Muitas características fisiológicas e bioquímicas contribuem para o vigor das sementes, com destaque à composição química e a atividade de enzimas hidrolíticas. Ao longo do armazenamento pode ocorrer perda de viabilidade, podendo ser devido ao consumo das reservas disponíveis na semente. Na deterioração das sementes, dentre as principais alterações envolvidas,

destacam-se o esgotamento das reservas e alteração da composição química, bem como as alterações nas membranas celulares, reduzindo assim a integridade e aumentando a permeabilidade e desorganização da membrana (ZONTA et al., 2014).

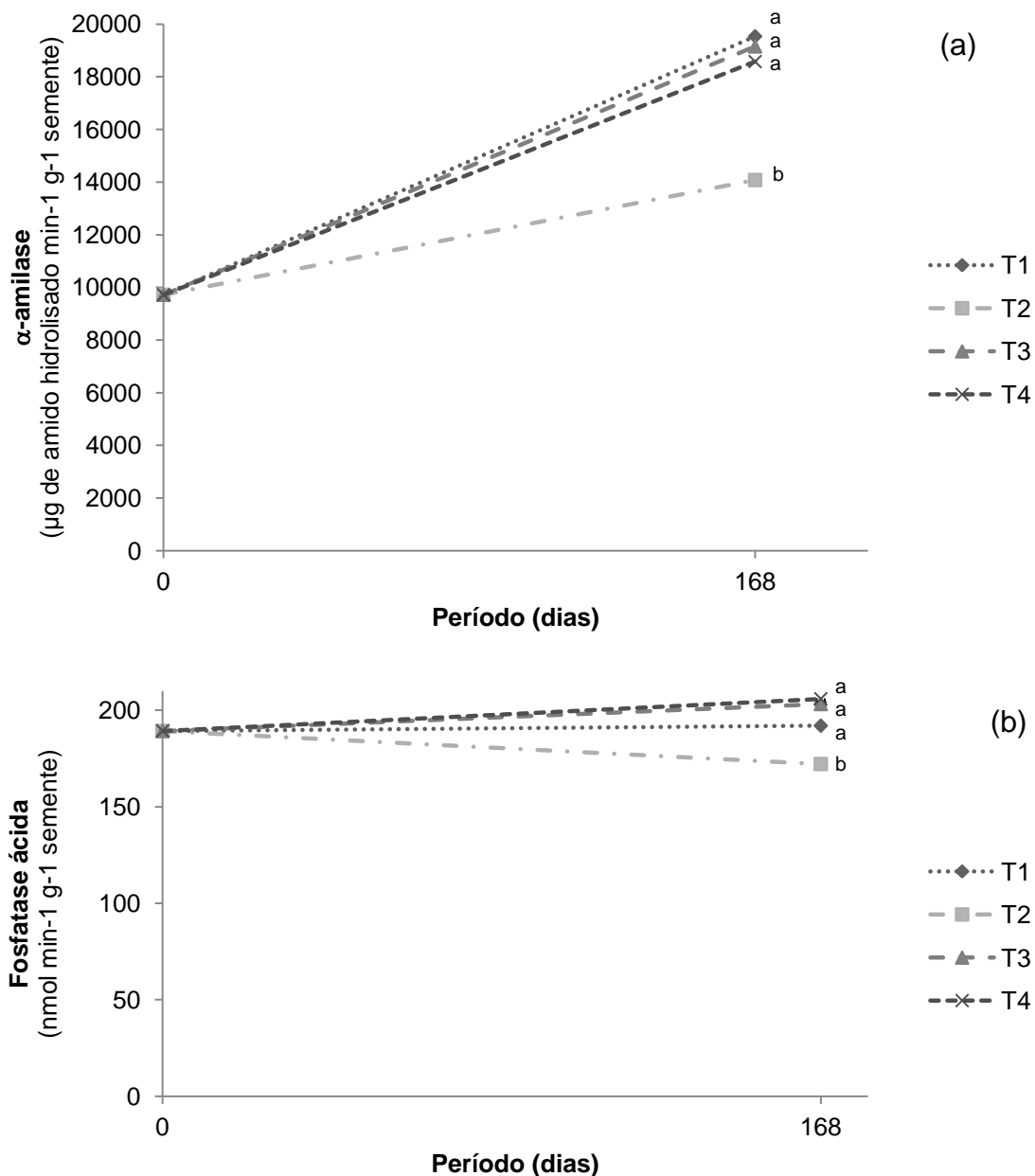


Figura 2. Atividade de enzimas hidrolíticas, (a) α -amilase e (b) fosfatase ácida, submetidas a diferentes condições de armazenamento após 168 dias.

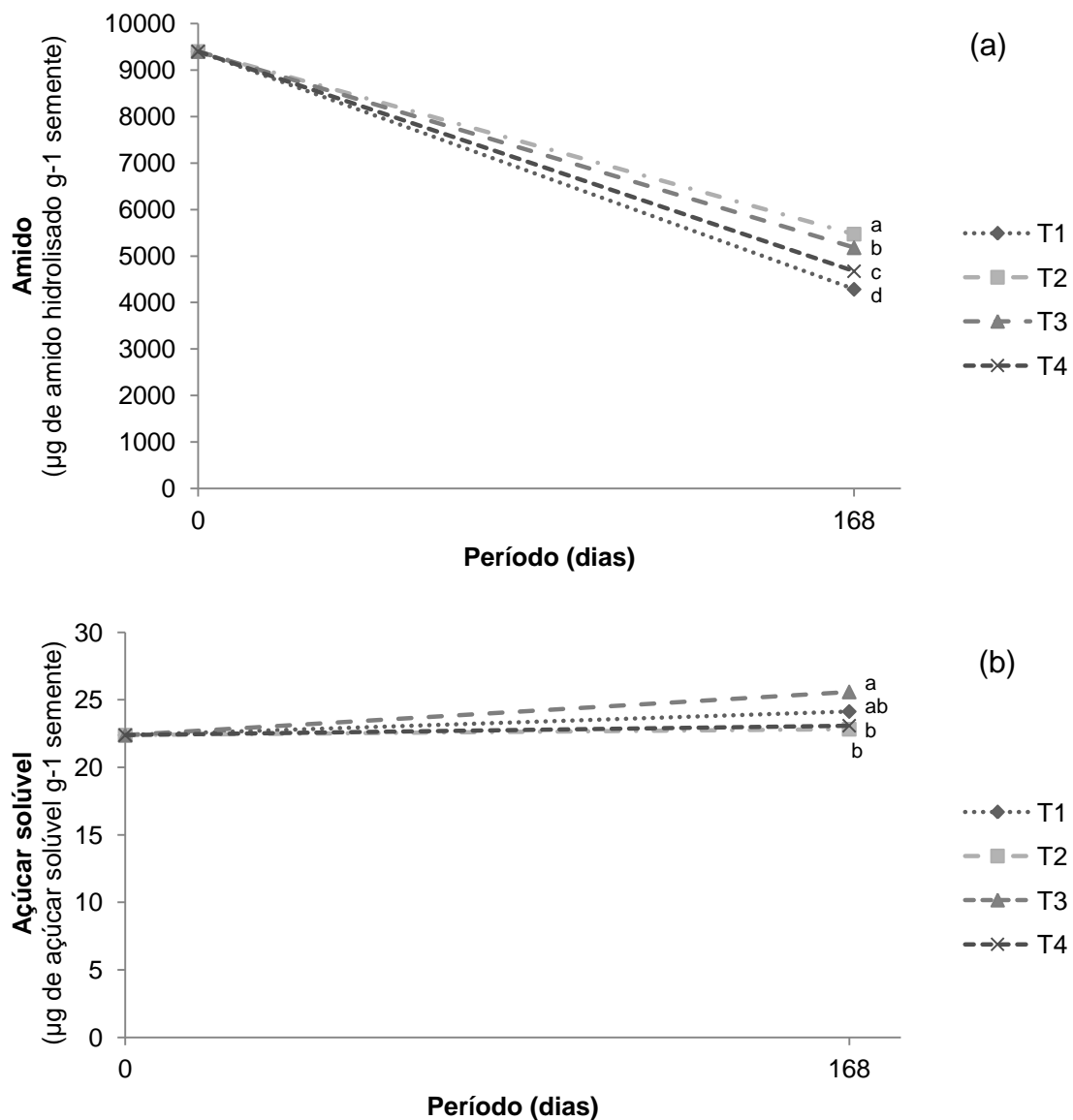


Figura 3. Atividade de enzimas hidrolíticas, (a) α -amilase e (b) fosfatase ácida, submetidas a diferentes condições de armazenamento após 168 dias.

Dados semelhantes foram encontrados por Donazzolo et al. (2015), que avaliaram a viabilidade e o vigor de *Acca sellowiana* sob diferentes condições e períodos de armazenamento, sendo que as sementes que estavam armazenadas sob temperaturas entre 20 e 25 °C, apresentaram queda na porcentagem de germinação e no índice de velocidade de germinação, entre o início e após um ano de armazenamento, não ocorrendo germinação das sementes no segundo ano, verificando assim, que o consumo das reservas interferiu no vigor dessas sementes.

Sendo mensurável por diversas características associadas, com aspectos de representação a campo, por isso a importância de aliar testes laboratoriais

com a emergência de plântulas (AOSA, 1983; BENEDITO, et al., 2011; MEDEIROS et al., 2013).

Em relação ao teste de emergência de plântulas, observou-se que não ocorreu diferença significativa entre T2, T3 e T4 para a porcentagem de emergência (Figura 4). No entanto, a variável que avalia a velocidade do processo (Figura 5), bem como os parâmetros de crescimento durante a emergência, evidenciaram que T2 apresentou maior eficiência na manutenção do vigor das sementes (Figura 6 e Figura 7).

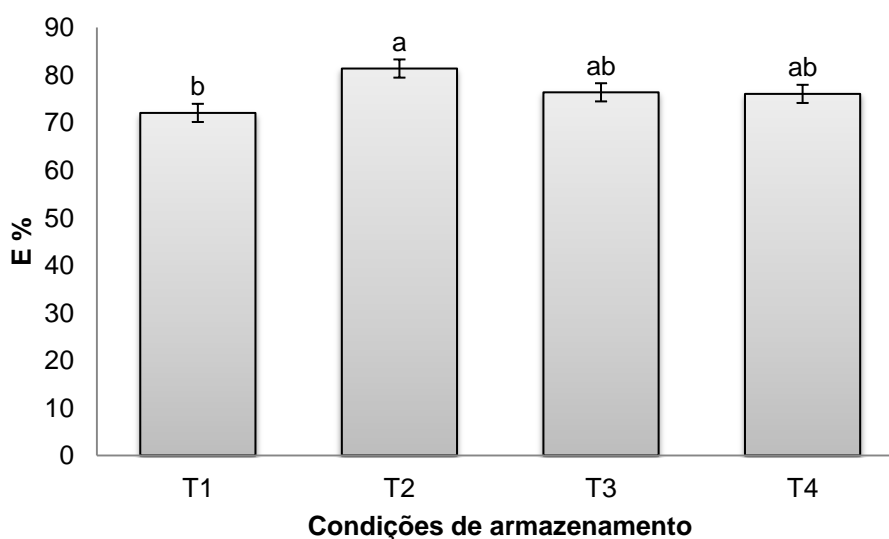


Figura 4. Porcentagem de emergência de plântulas (E%) de sementes de arroz, cv BR-IRGA 417, após 168 dias de armazenamento em diferentes condições de armazenagem.

Esses dados corroboram com Zonta e colaboradores (2014), que verificaram que o efeito do ambiente de armazenamento interfere na porcentagem de emergência de plântulas. Em pinhão manso, os autores observaram que até os 270 dias de armazenamento, para as sementes mantidas sob condições de laboratório, não houve diferença significativa, apresentando porcentagem de emergência inferior somente aos 450 dias. A queda na qualidade dessas sementes pode ter ocorrido devido aos processos naturais de deterioração das sementes, inerentes à espécie.

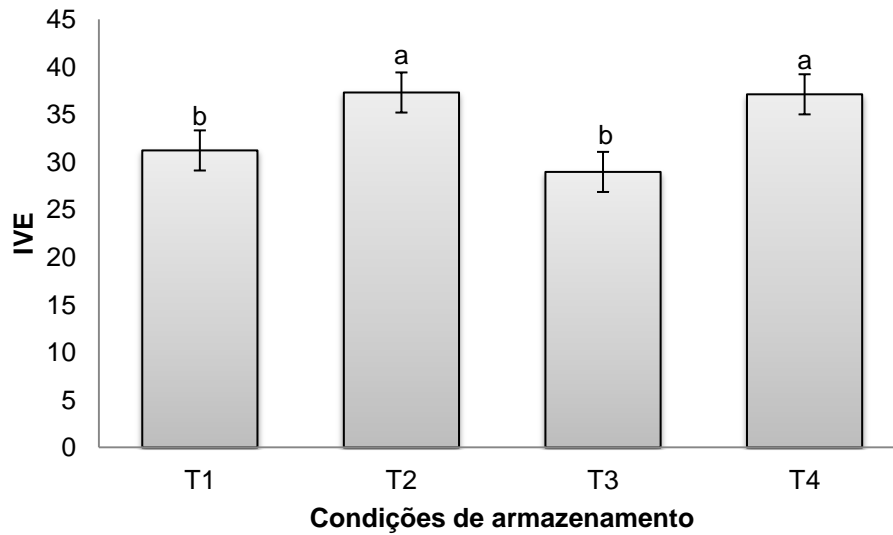


Figura 5. Índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de arroz, cv BR-IRGA 417, após 168 dias de armazenamento em diferentes condições de armazenagem.

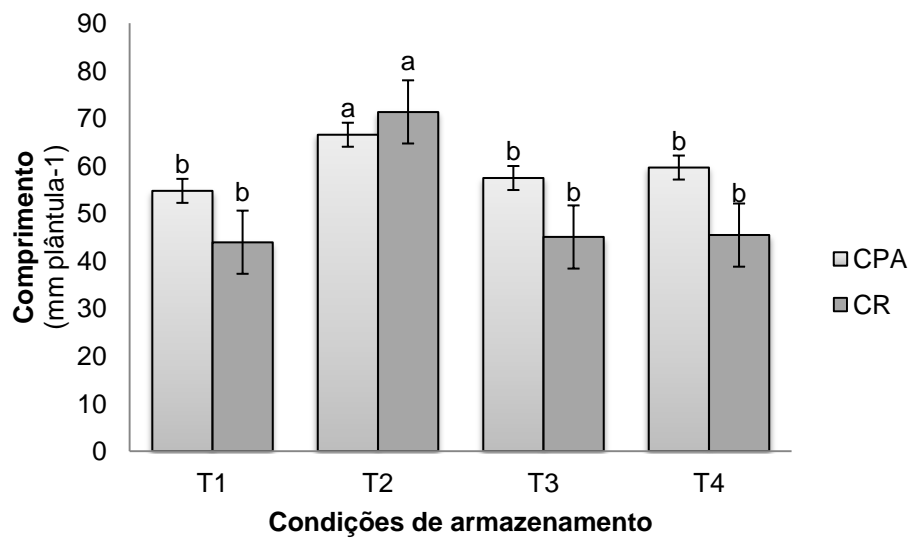


Figura 6. Comprimento parte aérea (CPA) e comprimento raiz (CR) de plântulas de arroz, cv BR-IRGA 417, submetidas a diferentes condições, após 168 dias de armazenagem.

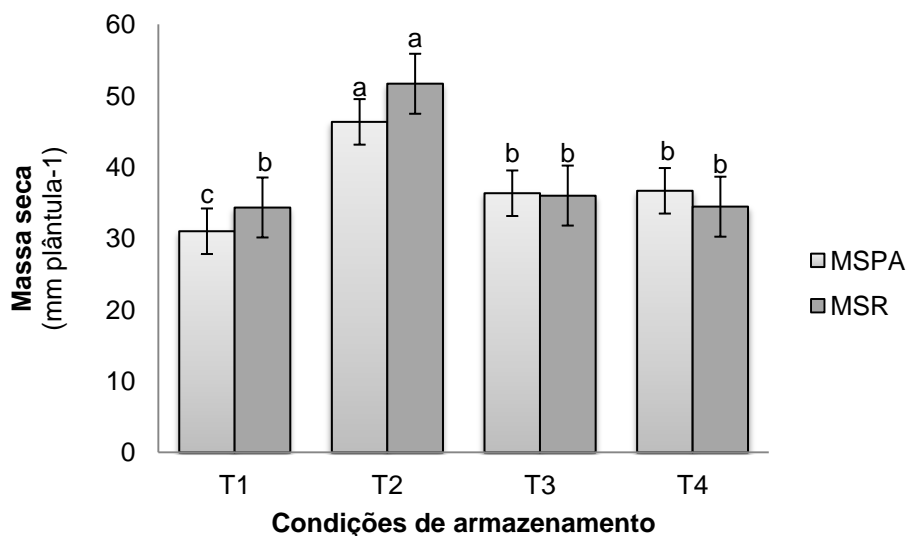


Figura 7. Massa seca parte aérea (MSPA) e massa seca raiz (MSR) de plântulas de arroz, cv BR-IRGA 417, submetidas a diferentes condições, após 168 dias de armazenamento.

Em amendoim forrageiro, os maiores índices de emergência ocorreram quando as sementes foram armazenadas em ambiente a 10 °C, em B.O.D, obtendo menores índices nas sementes armazenadas sob condições laboratoriais (26 °C ± 3 °C) (MEDEIROS, et al., 2013). De acordo com os autores, quando armazenadas em temperaturas elevadas, a respiração das sementes é mais intensa, conseqüentemente, há maior degradação de reservas, as quais são necessárias no momento da germinação. Provavelmente, por esse motivo que sementes armazenadas sob temperaturas menores apresentaram maior emergência quando comparadas às sementes armazenadas nas demais temperaturas.

Neste trabalho o conteúdo de água inicial das sementes foi de 13,2%, sendo que, durante o armazenamento a variação do teor de água foi inferior a 1%, assim, para as diferentes condições e períodos de armazenamento o conteúdo de água foi perto do equilíbrio de umidade. Conseqüentemente, a diferença no vigor das sementes foi ocasionada devido à diferença de temperatura durante o período de armazenamento, que interfere diretamente na velocidade de processos bioquímicos. Carvalho et al. (2009) relatam que as alterações fisiológicas das sementes estão diretamente relacionadas com a integridade das suas membranas celulares, que podem evidenciar os

processos iniciais de deterioração, em conjunto com a composição química e atividade de enzimas hidrolíticas de cada espécie.

Por meio dos testes de vigor realizados, assim como pela atividade de enzimas hidrolíticas e composição química, é possível verificar que ao longo do período de armazenamento houve deterioração significativa das sementes, sendo que, quando as sementes de arroz foram armazenadas em temperatura de 15 °C, a qualidade fisiológica e a composição química foi maior que as demais condições de armazenamento.

A redução do potencial fisiológico ao longo do período de armazenamento torna a capacidade de germinação mais lenta, conseqüentemente, a sensibilidade das sementes para as adversidades ambientais é destacada, o que caracteriza a diminuição do vigor.

Notou-se diferença entre os dados da germinação e de emergência, provavelmente devido às condições ideais às quais as sementes são submetidas no teste de germinação. Entretanto, outro fator que interferiu significativamente nas avaliações realizadas no teste de emergência, foram as condições climáticas adversas.

CONCLUSÃO

Sementes de arroz cv. BR-IRGA 417, não mantêm o vigor em condições inadequadas de temperatura durante o armazenamento, mas pouco altera a qualidade fisiológica da semente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASEN. Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. Instrução Normativa 45/2013. (Anexo III – Padrões para a produção e a comercialização de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.)). Brasília, DF. D.O.U. p. 4, seção 1, 20/09/2013.

AMARO, H. T. R., DAVID, A. M. S. S., ASSIS, M. O., RODRIGUES, B. R. A., CANGUSSÚ, L. V. S., OLIVEIRA, M. B. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 38, n. 3, p. 383-389. 2015.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, **Official methods of analysis**. 10. ed. Washington: Editorial Board. 909p. 1965.

AOSA - Association of Official Seed Analysts. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing. 1983. 88p.

ARTECA, R. N. Plant growth substances: principles and applications. **The Pennsylvania State University Chapman e Hall**, 1995. 332p.

BANDEIRA, J. de M.; MARINI, P.; MANTINS, A. B. N.; BORBA, I. C. G. de; AMARANTE, L.; MORAES, D. M. de. Relationships between the physiological and biochemical modifications in soybean seeds under different temperatures. **African Journal of Agricultural**. v. 8, p. 5369-5375. 2013.

BENEDITO, C. P., RIBEIRO, M. C. C., TORRES, S. B., CAMACHO, R. G. V., SOARES, A. N. R., GUIMARÃES, L. M. S. Armazenamento de sementes de catanduba (*Piptadenia moniliformis* Benth) em diferentes ambientes e embalagens. 2011. **Revista brasileira de sementes**. v. 33, n. 1. P 028-037, 2011.

BERTAGNOLLI, C. M., CUNHA, C. dos S. M., MENEZES, S. M. de, MORAES, D. M. de, LOPES, N. F., ABREU, C. M. Qualidade fisiológica e composição química de sementes de soja submetidas ao estresse salino. **Revista brasileira de agrociência**. v. 10, n. 3, p. 287-291. 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura e reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.

CARVALHO, L. F. de, SEDIYAMA, C. S., REIS, M. S. DIAS, D. C. F. S., MOREIRA, M. A. Influencia da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista brasileira de sementes**. v. 31, n. 1. P 009-017. 2009.

CARVALHO, M.L.M., VILLELA, F.A.. Armazenamento de Sementes. **Informe Agropecuário**. hov. 27, p. 70-75, 2006.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência tecnologia e produção**. 4. ed., Campinas: Fundação Cargill, 2000. 588p.

CLEGG, K.M. The application of the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, v.3, p.40-44, 1956.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Décimo segundo levantamento, v. 2, n.12. set, 2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Quarto levantamento, safra 2015/16. v.3, n. 4. 2016. conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

DANTAS, B. F., CORREIA, J. S., MARINHO, L. B., ARAGÃO, C. A. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.). **Revista brasileira de sementes**. v. 30, n. 1. Londrina, 2008.

DEVI, R. *et al.* Cadmium induced changes in carbohydrate status and enzymes of carbohydrate metabolism, glycolysis and pentose phosphate pathway in pea. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61. n. 02, p. 167-174, 2007.

DONAZZOLO, J., ORNELLAS, T. S., BIZZOCCHI, L., VILPERTE, V. NODARI, R. O. O armazenamento refrigerado prolonga a viabilidade de sementes de goiabeira-serrana. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal. v. 37, n. 3, p. 748-754. 2015

FAGUNDES, G. A. et al. Percepção da qualidade de arroz branco adicionado de grãos defeituosos em diferentes concentrações. In: Congresso brasileiro de arroz irrigado, 6., 2009, Porto Alegre. Anais... Cachoeirinha: IRGA, 2009, v. 1, pg. 476-479.

Gupta, A.K., Kaur, N., 2005. Sugar signalling and gene expression in relation to carbohydrate metabolism under abiotic stresses. **Bioscience Journal**. 30, 761–776.

HENNING, F. A., MERTZ, L. M., JACOB JUNIOR, E. A., MACHADO, R. D., FISS, G. ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**. Campinas, v. 69, n. 3, p. 727-734. 2010.

HOPPE, J. M.; GENRO, C. J. M.; VARGAS, C. O.; FLORIANO, E. P.; REIS, E. R. dos; FORTES, F. de O.; MÜLLER, I.; FARIAS, J. A. de; CALEGARI, L.; DACOSTA, L. P. E. Produção de sementes e mudas florestais. **Caderno didático**. Santa Maria. n. 1. 2 ed. 2004

KIKUTI, A. L. P., MARCOS FILHO, J. Testes de vigor em sementes de alface. **Horticultura Brasileira**. v. 30, n. 1. 2012.

KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA R.D.; FRANÇA NETO J.B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES. p. 2.1-2.24. 1999.

MACHADO, A.A.; CONCEIÇÃO, A.R. Sistema de análise estatística para Windows. WinStat. Versão 2.0. UFPel. 2003.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination AID in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO J; KIKUTI ALP; LIMA LB. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 31, p. 102-112. 2009.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, p. 253-289, 2005.

MARCOS FILHO, J; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. Teste de vigor. In: Avaliação da qualidade das sementes. Piracicaba, FEALQ, p.149-201, 1987.

MARINI, P.; MORAES, C. L.; MARINI, N.; MORAES, D. M. de; AMARANTE, L. do. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico. **Revista Ciência Agronômica**, n.4, p. 722-730. 2012.

MARQUES, E. R.; ARAÚJO, E. F.; ARAÚJO, R. F.; MARTINS FILHO, S.; SOARES, P. C. Seed quality of rice cultivars stored in different environments. **Journal of Seed Science**. v. 36, n. 1. 2014.

MATTIONI, F., ALBUQUERQUE, M. C. de F., MARCOS FILHO, J., GUIMARÃES, S. C. Vigor de sementes e desempenho agrônômico de plantas de algodão. **Revista brasileira de sementes**. v. 34, n. 1. 2012.

McCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J.; WENS, H.S. Determination of starch and amylases in vegetables. **Analytical Chemistry**. v.22, p.1156-1158, 1950.

MEDEIROS, L. T., SALES, J. F., SOUZA, R. G. de, ALVES, B. A., FREITAS, N. F. de. Qualidade fisiológica de sementes de amendoim forrageiro submetidas a diferentes tempos e ambientes de armazenamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. Salvador, v. 14, n.3, p 472-477. 2013.

MELO, P.T.B.S.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N.; CONCENÇO, G. Comportamento individual de plantas originadas de sementes com diferentes

níveis de qualidade fisiológica em populações de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, p.84-94, 2006.

MENDES, R. C., DIAS, D. C. F. S, PEREIRA, M. D., DIAS, L. A. S. Testes de vigor para avaliação do potencial fisiológico de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, 34:114-120. 2010.

MOURA, J. F.; ROSA, R. C. T. da, SILVA, M. O. B. da, GONÇALVES, A. P. dos S. GURGEL, L. M. S. **Avaliação da análise de condutividade elétrica em diferentes cultivares de cebola**. X JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX – UFRPE. 2010.

OHLSON, O.C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; CAIEIRO, J.T. E PANOBIANCO, M. (2010) - Teste de envelhecimento acelerado em sementes trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 32, n. 4, p. 118-124.

PARAGINSKI, R. T., ROCKENBACH, B. A., SANTOS R. F. dos, ELIAS, M. C., OLIVEIRA, M. de. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. v. 19, n.4, p. 358-363, 2015.

PEREIRA, D. P.; BANDEIRA, D. L.; QUINCOZES, E. da R. Cultivo do arroz irrigado no Brasil. Embrapa Clima temperado. Sistema de produção, 3. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap16.htm>> Acesso em: 29 de nov de 2015.

PONTES, C. A., BORGES, E. E. L., BORGES, R. C. G., SOARES, C. P. B. Mobilização de reservas em sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. (GARAPA) durante a embebição. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 26, n. 5, p. 593- 601, 2002.

ROSA, S. D. V. F da.; VON P. É. V. R.; VIEIRA, M. D. G. G. C.; VEIGA, R. D. **Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho**. Revista Brasileira de Sementes, vol. 22, nº 1, p.54-63, 2000.

SANTOS, J. F. dos; ALVARENGA, R. O.; TIMÓTEO, T. S.; CONFORTO, E. de C.; MARCOS FILHO, J.; VIEIRA, R. D. Avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de soja. **Revista brasileira de sementes**. Vol. 33, n. 4. Londrina. 2011.

SEKI, M., NARUSAKI, M., ISHIDA, J., NANJO, T., FUJITA, M., OONE, Y., KAMIYA, A., NAKAJIMA, M., ENJU, A., SAKURAI, T., SATOU, M., AKIYAMA, K., TAJI, T., SHINOZAKI, K.Y., CARNINCI, P., KAWAI, J., HAYASHIZAKI, K.Y., SHINOZAKI, K., 2002. Monitoring the expression profiles of 7000 *Arabidopsis* genes under drought, cold and high salinity stresses using a full length cDNA micro array. **Plant Journal**. 31, 279–292.

SILVA, M. M. da, SOUZA, H. R. T. de, DAVID, A. M. S. S., SANTOS, L. M. dos, SILVA, R. F., AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão-comum produzidas no norte de Minas Gerais. **Revista agroambiente**. v. 8, n. 1, p. 97-103. 2014.

SILVA, F.S.; PORTO, A.G.; PASCUALI, L.C.; SILVA, F.T.C. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.8, n.1, p. 45-56, 2010.

USDA. A global Staple. 2012. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/topics/crops/rice/background.aspx>> Acesso em: 29 de nov de 2015.

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

ZONTA, J. B., ARAUJO, E. F., ARAUJO, R. F., ZONTA, J. H., DIAS, L. A. S., RIBEIRO, P. H. Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. **Bioscience journal**. Uberlandia, v. 30, n. 2, p 599-608. 2014.

ZUCARELI, C., BRZEZINSKI, C. R., ABATI, J., WENER, F. RAMOS JÚNIOR, E. U., NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. v. 19, n.8, p 803-809. 2015.