



CAPÍTULO 7

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE SEMENTES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS SUBMETIDOS AO ESTRESSE HÍDRICO

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9762517097>

Paulo Alexandre Fernandes Rodrigues de Melo

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Departamento
de Fitotecnia e Fitossanidade, São Luís-MA

Janaina Marques Mondego

Instituto Estadual de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IEMA),
São José de Ribamar-MA <http://lattes.cnpq.br/6046025451199091>

Edna Ursulino Alves

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Departamento de Fitotecnia e Ciências
Ambientais/DFCA, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Areia-PB.

Paulo Henrique de Aragão Catunda

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Departamento
de Economia Rural, São Luís-MA

Tiago Pedó

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL),
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Pelotas-RS.

Edmilson Igor Bernardo Almeida

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de
Ciências Agrárias e Ambientais, Chapadinha-MA

Geilson Caldas da Rocha

Discente do Curso de Agronomia da Universidade
Estadual do Maranhão/UEMA, São Luís-MA

Maria Eduarda Pereira Muniz

Discente do Curso de Agronomia da Universidade
Estadual do Maranhão/UEMA, São Luís-MA

RESUMO: O arroz (*Oryza Sativa* L.) embora apresente alta suscetibilidade ao estresse hídrico, cerca de 59% do arroz brasileiro é cultivado no ecossistema de terras altas,

sem irrigação. No Maranhão a realidade dos produtores é caracterizada pelo uso de variedades rústicas e ausência de tecnologia no sistema de produção. Assim, para que o agricultor obtenha sucesso no cultivo do arroz, se faz necessário o uso de sementes de boa qualidade e adaptadas às variações climáticas para proporcionar melhores índices de produtividade. Objetivou-se neste estudo, avaliar o potencial fisiológico em função de classificar lotes de sementes de arroz de terras altas tolerantes ao estresse hídrico e com alto vigor. O experimento foi conduzido no laboratório de análise de sementes da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA. Dez lotes de sementes de arroz de terras altas produzidas no Estado do Maranhão foram semeadas em substratos com potenciais osmóticos de 0,0; -0,2; -0,4 e -0,6 Mpa. Foram avaliados o teor de água, teste de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação e comprimento da parte aérea e raiz de plântulas.

PALAVRAS CHAVES: arroz de terras altas; estresse hídrico; vigor de sementes.

SELECTION OF GENOTYPES OF UPLAND RICE SEEDS SUBMITTED TO WATER STRESS

ABSTRACT: Rice (*Oryza Sativa* L.), although it shows high susceptibility to water stress, about 59% of Brazilian rice is cultivated in the upland ecosystem, without irrigation. In Maranhão, the reality of producers is characterized by the use of rustic varieties and the absence of technology in the production system. Thus, for the farmer to succeed in rice cultivation, it is necessary to use high-quality seeds adapted to climatic variations to provide better productivity rates. The purpose of this study, it is to evaluate the physiological potential in order to classify upland rice lots tolerant to water stress and with high vigor. The experiment was conducted in the seeds analysis laboratory of the Universidade Estadual do Maranhão - UEMA. Ten upland rice seeds lots produced in the State of Maranhão were sown in substrate with osmotic potentials of 0.0; -0.2; -0.4 and -0.6 Mpa. Were evaluated the water content, germination test, first count and germination rate index and seedlings aerial and root length. The physiological potential of upland rice seeds and seedlings, becoming sensitive to water deficit induced by PEG 6000 from the osmotic potential -0.4 Mpa. Germination tests, first germination counts, germination speed index, and shoot and root lengths are efficient in assessing the physiological potential of upland rice seed lots, providing sufficient information for the classification of lots the level of vigor. Rice genotypes respond differently to water stress, with lot 2 being the most tolerant to water restriction.

KEY WORDS: upland rice, water stress, vigor of seeds.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza Sativa* L.), é um cereal importante para alimentação humana (FERREIRA *et al.*, 2005), tendo a China como maior produtor e o Brasil entre os dez maiores produtores mundiais. Estima-se que o cultivo do arroz ocorre em dois ambientes propícios para a produção: várzea e terras altas (RANGEL, 1995). Além disso, a rizicultura brasileira é uma das únicas do mundo onde o arroz de terras altas desempenha papel fundamental no abastecimento interno do cereal para a população. Principalmente, devido à concentração da produção na Região Sul, que é responsável por quase 69% da oferta nacional. Assim, o sistema de cultivo em terras altas atua como um regulador de preços, favorecendo uma melhor distribuição da produção do arroz no país, aproximando a produção das regiões consumidoras (CASTRO *et al.*, 2018; CONAB, 2025).

No entanto, a maior parte do cultivo do arroz de terras altas ocorre em áreas do bioma Cerrado, onde os solos são caracterizados pela baixa capacidade de retenção de água e elevada acidez do solo (CRUSCIOL *et al.*, 2006). Por essa razão, na última década houve uma redução de 70% na produção do arroz de terras altas no Brasil, devido às alterações climáticas, como o aumento da temperatura e a irregularidade da distribuição das chuvas, restringindo as áreas de cultivo. Por isso, o desenvolvimento de cultivares tolerantes ao estresse hídrico pode ser uma solução (GUIMARÃES; STONE; SILVA, 2016).

No Nordeste brasileiro o programa de melhoramento genético do arroz coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA, consiste em estratégia utilizada à produção de genótipos de sementes adaptadas a região. No entanto, a substituição do material local por variedades melhoradas, necessita que a análise de sementes, seja realizada para sua maior agilidade e eficiência. No caso da germinação, as condições em que as sementes se encontram no solo para germinar nem sempre são ótimas, como é o caso dos solos com déficit hídrico. Portanto, a seleção de genótipos de sementes com capacidade de germinar sob diferentes condições hídricas, constituem-se vantagens ecológicas em relação a outros acessos que são sensíveis à seca (CARVALHO *et al.*, 2013; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; SAITO *et al.*, 2018).

A habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições é definida como a manifestação do vigor, dependendo, dentre outros fatores, das condições ambientais encontradas no local quando semeada (SIMONI *et al.*, 2011). A influência do vigor da semente é marcante sobre todos os aspectos germinativos, desde a própria possibilidade de ocorrência da germinação até outras características, como a velocidade, a uniformidade e o total da germinação e o comprimento de plântulas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Situações de estresse hídrico podem comprometer a germinação das sementes de espécies agricultáveis e/ou estabelecimento de mudas e sua sobrevivência (MARTINS *et al.*, 2014). A cultura de arroz sofre os efeitos da falta de água, especialmente na fase de desenvolvimento plântula (ZHANG *et al.*, 2019). Desta forma, a germinação rápida e uniforme e o estabelecimento do estande constituído por plântulas vigorosas da cultivar escolhida representam condições essenciais para assegurar o desempenho adequado das plantas no campo. Este fator pode afetar a uniformidade do desenvolvimento, o rendimento final da cultura e a qualidade dos grãos produzidos (MARCOS FILHO, 2015).

Uma das técnicas utilizadas em laboratório para simular condições de estresse hídrico tem sido o uso de soluções aquosas com diferentes potenciais osmóticos (HARDEGREE; EMMERICH, 1994), que podem provocar atraso na germinação e/ou no crescimento de plântulas. Diversos compostos químicos têm sido utilizados na simulação de estresse abióticos, dentre eles o Polietilenoglicol (PEG 6000), agente osmótico sem efeito adverso para as sementes e, que tem proporcionado restrição hídrica às sementes, dependendo da concentração, simulando a seca (VILLELA; DONI FILHO; SIQUEIRA, 1991; ZHANG *et al.*, 2012).

Diante do exposto, para que o agricultor obtenha sucesso no cultivo do arroz, se faz necessário o uso de sementes de boa qualidade e adaptadas às variações climáticas para proporcionar melhores índices de produtividade. Assim, o objetivo deste estudo, foi avaliar o potencial fisiológico em função de classificar lotes de sementes de arroz de terras altas tolerantes ao estresse hídrico e com alto vigor.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção das sementes

No trabalho foram avaliados 10 lotes de sementes de arroz de terras altas provenientes do programa de melhoramento genético da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Cacaiais, colhidos na safra 17/18 e procedentes de Itapecuru Mirim -MA (03° 23' 33" S 44° 21' 31" W). O clima do município é classificado como clima tropical com estação seca de inverno, com temperatura média em qualquer mês do ano superior a 18 °C. O inverno é seco, com precipitação média inferior a 60 mm em pelo menos em um dos meses desta estação. Com precipitação média anual de 1632 mm e temperatura média anual é 27 °C (Fonte: Climate-data. Org).

As sementes foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Sementes - LAS, da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Campus São Luís, acondicionadas em sacos tipo Kraft multifoliado e conservadas em câmara fria a 10 ± 2 °C, durante

o período de setembro a outubro de 2018, para a realização dos seguintes testes e determinações: teor de água, Obtenção dos potenciais osmóticos, primeira contagem de germinação índice de velocidade de germinação e desenvolvimento de plântulas.

Teor de água

O teor de água foi determinado pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, por 24 horas (BRASIL 2009), utilizando-se quatro repetições de 25 sementes/lote.

Obtenção dos potenciais osmóticos

O estresse hídrico foi simulado utilizando-se polietilenoglicol (PEG 6000) como soluto, nas seguintes concentrações: 127.78; 188.16 e 234.63 g L⁻¹ de PEG 6000, diluídos em água destilada e desionizada. Os potenciais osmóticos foram confirmados por meio da condutividade elétrica das soluções: -0.2; -0.4; -0.6 MPa, utilizando medidor digital de condutividade. Para o tratamento controle, água destilada e deionizada foi utilizada para umedecer o substrato (VILLELA; DON FILHO; SIQUEIRA, 1991).

Teste de germinação

Utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes, distribuídas em duas toalhas de papel Germitest®, cobertas com uma terceira folha e organizadas em forma de rolo. O substrato foi umedecido com água destilada e desionizada ou soluções de PEG 6000, usando quantidade equivalente a 2.5 vezes a massa do papel antes da hidratação. Os rolos foram colocados em sacos plásticos transparentes de 0.04 mm de espessura para reduzir as perdas de água por evaporação.

Os tratamentos foram avaliados pela germinação das sementes, conduzida em câmaras reguladas a $30 \pm 3^\circ\text{C}$ em fotoperíodo de 12 horas/luz e 12 horas/escuro. As avaliações foram realizadas por contagem diária do 5º ao 14º dia após a instalação dos testes, considerando-se como germinadas as plântulas normais (BRASIL, 2009), com resultados expressos em porcentagens.

Primeira contagem de germinação

Foi efetuada conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as plântulas normais no 5º dia após instalação do teste (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Índice de velocidade de germinação (IVG)

O teste foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, onde foram efetuadas contagens em diárias das sementes germinadas 5° ao 14° dias após a semeadura, computando-se o número de plântulas germinadas por dia e aplicando-se a fórmula proposta por Maguire, (1962).

Desenvolvimento de plântulas

Avaliadas ao final do teste de germinação por meio da mensuração do comprimento da parte aérea e da raiz primária das plântulas, com auxílio de régua graduada em centímetros, com os resultados expressos em cm/plântula⁻¹ (NAKAGAWA, 1999).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 10 x 5 (lotes de sementes e níveis de potenciais osmóticos), em quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, com as médias comparadas pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCURSÃO

O teor de água das sementes de arroz variou entre 7 e 8% (valores não apresentados nas tabelas), sendo considerado uniforme porque a variação máxima foi de 1%, cuja similaridade de valores de teores de água é primordial para que os testes de avaliação do potencial fisiológico não sejam afetados por diferenças na atividade metabólica devido às diferenças nos teores de água das sementes (ARAÚJO *et al.*, 2011; COIMBRA *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2014; TUNES; TAVARES; BARROS, 2012).

Para a maioria dos lotes de sementes avaliados, observou-se que houve decréscimo na germinação à medida que o potencial osmótico diminuiu, principalmente a partir de -0.4 Mpa, neste ponto, houve acentuada queda na germinação até -0.6 Mpa. Sendo que as maiores porcentagens de germinação (G%) de 98 e 95% e 90 e 91% (lotes 1 e 2), foram obtidas em sementes germinadas em soluções de -0.2 e -0.4 Mpa, respectivamente (Tabela 1). Adicionalmente, o teste de germinação, possibilitou a separação dos lotes em duas classes, quanto à viabilidade das sementes germinadas em água deionizada: lotes de alta qualidade (1, 2, 3, 4, 5 e 6) e baixa qualidade fisiológica (7, 8, 9 e 10).

A germinação das sementes de todos os lotes utilizados na pesquisa estava superior ou igual a 80% e poderiam ser comercializados como sementes, uma vez que atendem aos padrões oficiais de sementes de arroz (BRASIL, 2013). Estes parâmetros são importantes, pois diferenças no comportamento de lotes com germinação

semelhante estão associadas ao fato de que os primeiros sinais da deterioração ocorrem antes da perda da viabilidade (MARCOS FILHO, 2015).

Lotes	Tratamentos			
	T0	T1	T2	T3
1	90 a	98 a	90 a	61 a
2	90 a	95 a	85 b	56 a
3	88 a	90 b	91 a	25 e
4	88 a	89 b	83 b	58 a
5	85 a	89 b	82 b	23 e
6	87 a	87 b	75 c	44 b
7	81 b	91 b	72 c	36 c
8	80 b	87 b	80 b	57 a
9	80 b	70 c	61 d	27 d
10	80 b	91 b	81 b	43 b
CV (%) = 5.59				

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott. T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = - 0.2 Mpa; T2 = - 0.4 Mpa; T3 = -0.6 Mpa.

Tabela 1. Germinação (%) de sementes de arroz de terras altas (*Oriza sativa*), submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de PEG 6000.

De modo similar, a primeira contagem de germinação (PC) manteve a ordem decrescente de classificação dos lotes quanto ao potencial fisiológico, do lote 1 ao 10, para as plântulas germinadas no quinto dia após a semeadura das sementes, quando submetidas ao tratamento controle de 0.0 Mpa (Tabela 2). Porém, foi mais rigorosa do que o teste de germinação, porque separou os lotes de sementes em três classes de vigor: alto (lotes 1, 2, 3 e 4), médio (lotes 5, 6 e 7) e baixo (lote 8, 9 e 10). O potencial osmótico necessário para inibição máxima do número de plântulas germinadas das sementes de arroz de terras altas foi de -0.6 Mpa (Tabela 2).

No entanto, verificou-se para o lote 2 (Tabela 2), que este sobressaiu-se em relação aos demais genótipos avaliados, pois a uniformidade de germinação foi reduzida em valores entre 68 e 75% em soluções de -0.2 e -0.4 Mpa, respectivamente. Esta é uma indicação adicional da moderada tolerância ao estresse hídrico para este genótipo, sugerindo que a germinação das sementes pode ocorrer em condições restritas de umidade do solo.

Lotes	Tratamentos			
	T0	T1	T2	T3
1	90 a	71 a	61 c	-
2	87 a	68 a	75 a	3 d
3	87 a	55 c	69 b	14 c
4	86 a	37 e	16 f	33 a
5	84 b	28 f	16 f	-
6	82 b	62 b	65 c	23 b
7	82 b	47 d	34 d	29 a
8	80 c	18 g	38 d	-
9	80 c	15 g	36 d	-
10	80 c	10 h	29 e	2 d
CV (%) = 7.86				

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott. T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = - 0.2 Mpa; T2 = - 0.4 Mpa; T3 = - 0.6 Mpa.

Tabela 2. Primeira contagem de germinação (PC) de sementes de arroz de terras altas (*Oriza sativa*), submetidas a diferentes concentrações de PEG 6000.

Para cada espécie existe um valor de potencial hídrico externo abaixo do qual a germinação não ocorre. A habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições pode ser a manifestação de seu vigor (FANTI; PEREZ, 1998). Por isso, os testes de vigor devem ser usados para detectar diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes com poder germinativo semelhante e compatível com as exigências mínimas pela legislação imposta pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (MARCOS FILHO, 2015).

Semelhante aos resultados da primeira contagem de germinação o índice de velocidade de germinação (IVG) dos genótipos de sementes de arroz de terras altas foi afetado pelo aumento do estresse hídrico das soluções de PEG 6000, evidenciando seu efeito no atraso da germinação (Tabela 3). Por outro lado, o IVG foi menos sensível para expressar a qualidade das sementes germinadas a 0.0 Mpa, porque separou os lotes em apenas duas classes de vigor: lotes de alto (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) e baixo vigor (8, 9 e 10). No entanto, o potencial fisiológico dos lotes 1 e 2 foi notável, mantendo-se os valores do IVG acima de 8.06 até o potencial osmótico de -0.4 Mpa. Em seguida, houve reduções significativas para valores do IVG, quando as sementes foram submetidas ao aumento dos potenciais osmóticos, para todos os lotes avaliados (Tabela 3).

Lotes	Tratamentos			
	T0	T1	T2	T3
1	8,80 a	8.75 a	8.06 a	4.53 a
2	8,87 a	8.84 a	8.14 a	3.46 b
3	8.63 a	7.45 b	7.95 a	1.82 c
4	8.20 a	6.62 c	6,23 c	3.74 b
5	8.56 a	7.15 c	6.05 c	1.02 d
6	8.59 a	7.75 b	6.94 b	0.81 d
7	8.06 a	7.76 b	4.63 e	2.24 c
8	7.80 b	6.44 c	5.87 c	2.49 c
9	7.43 b	5.14 d	4.76 d	1.54 c
10	7.65 b	6.62 c	6.07 c	2.37 c
CV (%) = 9.31				

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott. T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = -0.2 Mpa; T2 = -0.4 Mpa; T3 = -0.6 Mpa.

Tabela 3. Índice de velocidade de germinação de sementes de arroz de terras altas (*Oriza sativa*), submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de PEG 6000.

Estes resultados reforçam a hipótese que os lotes de sementes 1 e 2 são os mais tolerantes ao estresse hídrico induzido pelo PEG 6000. Principalmente, porque a velocidade de germinação é considerada a primeira variável de vigor afetada pela redução da disponibilidade de água (ZHANG *et al.*, 2010). Sementes tolerância à restrição hídrica pode ter implicações ecofisiológicas (TABASSUM *et al.*, 2017), pois sementes capazes de responder efetivamente as mudanças ambientais e alterar sua fisiologia de germinação terão maior probabilidade de sobreviver e se estabelecer (IBRAHIM, *et al.*, 2016; JHA *et al.*, 2019).

A resistência à seca é um fenômeno complexo que compreende vários processos físico-bioquímicos nos níveis celulares em diferentes estágios de desenvolvimento da planta. Inclui a fuga da seca através de um ciclo de vida curto ou plasticidade de desenvolvimento, prevenção de seca através da captação de água aumentada e perda de água reduzida, tolerância à seca via ajuste osmótico, capacidade antioxidante e tolerância à dessecação (YUE *et al.*, 2006; GUIMARÃES *et al.*, 2013).

Para os resultados do comprimento da parte aérea das plântulas, apresentaram informações similares a G%, PC e IVG sobre o potencial fisiológico, para os lotes de qualidade superior (Tabela 4). As diferenças foram significativas no comprimento da parte aérea das plântulas para todos os genótipos de sementes, quando o potencial osmótico foi diminuído para -0,6MPa. Contudo, a redução nos valores de

comprimento da parte aérea da plântula foi mais acentuada do que o efeito sobre a germinação das sementes. Tais eventos podem ser explicados pela diminuição no metabolismo das sementes, em função da menor disponibilidade de água para digestão das reservas e translocação dos produtos metabolizados (BEWLEY; BLACK, 1994).

No entanto, verificou-se que o lote 1 apresentou maior comprimento da parte aérea com valor de 7.79 cm/plântula⁻¹ para o tratamento controle, mantendo-se o desempenho superior em todos os potenciais osmóticos, pois foi o menos afetado pelo estresse hídrico. Embora não tenha diferido estaticamente das plântulas do lote 2 avaliadas sob o potencial osmótico de -0.2MPa, seguido pelo lote 7 e 10, que apresentaram os melhores resultados (Tabela 4).

Além do estresse hídrico afetar a embebição, a velocidade e a porcentagem de germinação, o primeiro efeito mensurável da baixa disponibilidade de água é uma redução no crescimento, ocasionada pela diminuição da expansão celular. O processo de alongamento celular e a síntese de parede celular são sensíveis ao estresse hídrico, por isso, a redução do crescimento seria causada por decréscimo da turgescência dessas células, exercendo efeito negativo principalmente na fase inicial da expansão celular (GUIMARÃES *et al.*, 2016).

O estresse hídrico é a maior restrição à produção de arroz, afetando 19 milhões de hectares de arroz de terras altas. Espera-se que as mudanças climáticas aumentem a ameaça de escassez de água, agravando ainda mais a crise da água na agricultura. Como resultado, a identificação e seleção de genótipos de arroz combinando eficiência melhorada de uso da água e resistência à seca, se tornaram alvos prioritários para o melhoramento genético (CENTRITTO *et al.*, 2009).

Lotes	Tratamentos			
	T0	T1	T2	T3
1	7.79 a	4.48 a	7.61 a	3.95 a
2	6.93 b	4.23 a	6.77 b	3.08 b
3	6.25 c	3.58 b	6.55 b	2.08 c
4	6.34 c	3.36 c	6.11 b	2.99 b
5	6.13 c	2.71 d	5.26 d	1.91 c
6	4.96 d	3.45 c	6.26 b	3.18 b
7	5.32 d	4.09 a	6.31 b	2.73 b
8	5.98 c	2.73 d	5.82 c	3.20 b
9	5.06 d	3.41 c	5.74 c	2.76 b
10	6.43 c	4.14 a	5.44 d	3.00 b
CV (%) = 9.74				

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott. T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = - 0.2 Mpa; T2 = - 0.4 Mpa; T3 = - 0.6 Mpa.

Tabela 4. Comprimento de parte aérea cm/plântula⁻¹ de arroz de terras altas (*Oriza sativa*), submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de PEG 6000.

Quanto ao comprimento da raiz (Tabela 5), as plântulas dos lotes 1 e 2 apresentaram comportamento semelhante, quanto aos parâmetros de potencial fisiológico, avaliados neste estudo. Além disso, os resultados obtidos na avaliação do comprimento das raízes foi o mais rigoroso padrão de qualidade em potencial de 0.0Mpa, pois possibilitaram a separação dos lotes em quatro classes de vigor: lotes de alto vigor (1, 2 e 10), médio-alto (3 e 7), médio-baixo (4, 5 e 9) e baixo vigor (8). Adicionalmente, verificou-se que à medida que aumentava o estresse hídrico mesmo no potencial osmótico de -0.6Mpa ocorreram incrementos das taxas de alongamento radicular, para todos os lotes de sementes avaliados (Tabela 5).

Outro fator que afeta o desenvolvimento das plântulas, ao final do processo germinativo ocorre com a emissão da radícula, que é a primeira parte da semente a emergir durante a germinação. Pelos resultados obtidos neste estudo sugerem que o mecanismo de aumento do sistema radicular, para todos os genótipos de sementes avaliados, foi acionado pelo efeito da deficiência hídrica, certamente pelo ajuste osmótico na zona de crescimento das raízes. Este induz aumento do potencial de pressão, que favorece o alongamento e a divisão celular e, por conseguinte, o crescimento radicular. Mecanismo de adaptação à restrição hídrica é desejável, pois, pode adequar às plântulas as condições hídricas impostas pelos veranicos severos e imprevisíveis, comuns nas regiões produtoras de arroz de terras altas (YUE *et al.*, 2006).

Lotes	Tratamentos			
	T0	T1	T2	T3
1	9.89 a	12.53 a	12.05 a	10.23 a
2	10.13 a	11.37 a	11.49 a	7.93 b
3	8.78 b	9.82 b	11.55 a	7.27 b
4	7.15 c	9.84 b	11.45 a	9.54 a
5	6.26 c	11.86 a	10.50 b	9.45 a
6	5.00 d	11.24 a	11.29 b	6.11 c
7	8.18 b	10.29 b	10.33 b	7.81 b
8	5.52 d	11.04 a	12.61 a	10.59 a
9	6.93 c	10.56 b	10.67 b	8.76 a
10	9.60 a	12.02 a	11.80 a	9.32 a
CV (%) = 10.18				

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott. T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = - 0.2 Mpa; T2 = - 0.4 Mpa; T3 = -0.6 Mpa.

Tabela 5. Comprimento de radícula cm/plântula⁻¹ de arroz de terras altas (*Oriza sativa*), submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de PEG 6000.

Há um conceito que está se tornando cada vez mais claro: o arroz de terras altas deve se adaptar a um estresse abiótico semelhante a outras culturas, como soja e milho, caso contrário, não será viável em sistemas de rotação. Para reduzir o risco para a cultura, além das práticas agronômicas mais adequadas que possibilitem melhor aproveitamento da água, recomendam-se novas cultivares com maior capacidade de adaptação à distribuição irregular da chuva (DEMIRAL; TURKAN, 2005). Alguns mecanismos morfofisiológicos podem estar relacionados com a tolerância à deficiência hídrica, como o uso moderado de água pela plântula, habilidade das raízes explorarem camadas mais profundas do substrato, maior relação entre raiz e parte aérea (CASTRO *et al.*, 2011), como provavelmente ocorreu para alguns acessos, neste estudo (Tabelas 4 e 5).

CONCLUSÕES

- O potencial fisiológico das sementes e plântulas de arroz de terras altas, tornando-se sensíveis ao déficit hídrico induzido por PEG 6000 a partir do potencial osmótico -0.4 Mpa;
- Os testes de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e os comprimentos de parte aérea e raiz de plântulas são eficientes na avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de arroz de terras altas, fornecendo informações suficientes para a classificação dos lotes quanto ao nível de vigor;
- Os genótipos de arroz respondem de maneira diferenciada ao estresse hídrico, sendo o lote 2 o genótipo mais tolerante a restrição hídrica.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. F.; et al. Teste de condutividade elétrica para sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). *Idesia*, v. 29, n. 2, p. 79-86, 2011.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. 2th ed. **New York: Plenum Press**, p. 445, 1994.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 395p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p

CARVALHO, I. R.; et al. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 9, n. 17; p. 969-985, 2013.

CASTRO, A. P.; et al. Tolerância de linhagens elite de arroz de terras altas ao estresse hídrico. **In: Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS**, 6., 2011, Búzios. Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil. [Búzios]: SBMP, 2011. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/40922/1/3618.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2019.

CASTRO, A. P. et al. BRS A501 CL: Cultivar de Arroz de Terras Altas Resistente a Herbicida. **Comunicado técnico 242 in: Comitê Local de Publicações da Embrapa Arroz e Feijão**. Santo Antônio de Goiás, GO, 1.ed, 2018.

CENTRITTO, M.; et al. Leaf gas exchange, carbon isotope discrimination, and grain yield in contrasting rice genotypes subjected to water deficits during the reproductive stage. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 8, p. 2325-2339, 2009.

COIMBRA, R. A.; et al. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-doce. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 9, p. 2402-2408, 2009.

CONAB.COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra brasileira de Grãos**: - Safra 2024/25 v.12, n. 12 – décimo segundo levantamento: Brasília, setembro, 2025. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 05 out. 2025.

DEMIRAL, T.; TURKAN, I. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 53, p. 247-257, 2005.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos do estresse hídrico e térmico no processo germinativo de sementes de *Andenantha pavonina* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 1, p. 167-177, 1998.

TABASSUM, T.; FAROOQ, M.; AHMAD, R.; ZOHAIB, A.; WAHID, A. *Seed priming and transgenerational drought memory improves tolerance against salt stress in bread wheat*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 118, p. 362-369, 2017.

FERREIRA, C. M.; et al. **Qualidade do arroz no Brasil**: Evolução e padronização. Santo Antônio de Goiás, GO: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2005.

GUIMARÃES, C. M.; et al. Tolerância dos genótipos de arroz de terras altas ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 805-810, 2013.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; SILVA, A. C. L. Evapotranspiração e rendimento de grãos de arroz de terras altas afetados pelo déficit hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 441-446, 2016.

HARDEGREE, S. P.; EMMERICH, W. E. Seed germination in response to polyethylene glycol solution. **Seed Science and Technology**, v. 22, n. 1, p. 1-7, 1994.

IBRAHIM, E. A. et al. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 192, n. 2, p. 38-46, 2016.

JHA, U. C. et al. Salinity stress response and 'omics' approaches for improving salinity stress tolerance in major grain legumes. **Plant Cell Reports**, v. 38, n. 3, p. 255-277, 2019.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015, 659p

MARTINS, A. B. N.; et al. Analysis of seed quality: a nonstop evolving activity. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 49, p. 3549-3554, 2014.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, Cap. 2, p. 1-24, 1999.

OLIVEIRA, A. K. M.; et al. Germinação de sementes de paineira-do-campo (*Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns) em diferentes temperaturas. **Científica**, v. 42, n. 4, p. 316-324, 2014.

RANGEL, P. H. N. Desenvolvimento de cultivares de arroz irrigado para o Estado do Tocantins. **Lavoura Arrozeira**, v. 48, p. 11- 13, 1995.

SAITO, K.; et al. Progress in varietal improvement for increasing upland rice productivity in the tropics. **Plant Production Science**, v. 21, n. 3, p. 145-158, 2018.

SIMONI, F.; et al. Sementes de *Sorghum bicolor* L. - Gramineae, submetidas ao estresse hídrico simulado com PEG (6000). **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 11, n. 1, p. 188-192, 2011.

TUNES, L. M.; TAVARES, L. C.; BARROS, A. C. S. A. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de arroz. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35 n. 1, p. 120-127, 2012.

VILLELA, F. A.; DON FILHO, L.; SIQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

YUE, B.; et al. Genetic basis of drought resistance at reproductive stage in rice: separation of drought tolerance from drought avoidance. **Genetics**, v. 172, n. 4, p. 1213-1228, 2006.

ZHANG, H. et al. The effects of salinity and osmotic stress on barley germination rate: sodium as an osmotic regulator. **Annals of Botany**, v. 106, n. 6, p. 1027-1035, 2010.

ZHANG, H. et al. Influence of salinity and temperature on seed germination rate and the hydrotimic model parameters for the halophyte, *Chloris virgata*, and the glycophyte, *Digitaria sanguinalis*. **South African Journal of Botany**, v. 78, n. 4, p. 203-210, 2012.

ZHANG, W. et al. Ecosystem structural changes controlled by altered rainfall climatology in tropical savannas. **Nature Communications**, v. 10, n. 671, p. 1-7, 2019.