

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

IVANA DE SOUSA DINIZ COD: 201528733

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE GENÓTIPOS DE ARROZ
SUBMETIDOS AO ESTRESSE SALINO**

SÃO LUÍS

2019

IVANA DE SOUSA DINIZ COD.: 201528733

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE GENÓTIPOS DE ARROZ
SUBMETIDOS AO ESTRESSE SALINO**

Monografia apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Estadual do Maranhão.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alexandre Fernandes Rodrigues de Melo

SÃO LUÍS – MA

2019

Diniz, Ivana de Sousa.

Potencial fisiológico de sementes de genótipos de arroz submetidos ao estresse salino / Ivana de Sousa Diniz. – São Luís, 2019.

34f.

Monografia (Graduação) – Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Me. Paulo Alexandre Fernandes Rodrigues de Melo.

IVANA DE SOUSA DINIZ COD.: 201528733

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE GENÓTIPOS DE ARROZ
SUBMETIDOS AO ESTRESSE SALINO**

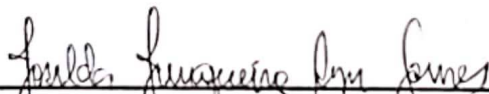
Monografia apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Estadual do Maranhão, submetida à aprovação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Aprovada em: 02 / 07 / 2019

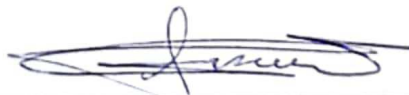
BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Paulo Alexandre Fernandes Rodrigues de Melo (Orientador)

Doutor em Agronomia (Produção Vegetal)
Universidade Estadual do Maranhão


Prof. Dr.^a Josilda Junqueira Ayres Gomes (1^a examinadora)

Doutora em Agronomia (Agricultura tropical)
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dr. José Ribamar Gusmão Araújo (2^a examinador)

Doutor em Agronomia (Horticultura)
Universidade Estadual do Maranhão

Dedico aos meus pais, Jaldo A. Diniz e Ivanice S. Diniz, pelo amor, dedicação, ensinamentos, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida e por me fazer acreditar que tudo é possível.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser meu refúgio e fortaleza, ter me dado saúde e força para superar as dificuldades;
Aos meus pais, Jaldo A. Diniz e Ivanice S. Diniz, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.
Que não pouparam esforços para que esse sonho fosse realizado. A minha luta, sempre foi a de vocês. A minha vitória, será eternamente nossa;

A minha querida irmã, Ane Caroline S. Diniz por sempre me apoiar, pelo companheirismo, conselhos e melhores risadas;

A todos meus familiares que sempre me incentivaram e apoiaram;

Ao meu orientador, Dr. Paulo Alexandre Fernandes Rodrigues de Melo, pelo suporte e incentivo. Por ter dedicado uma parte do seu tempo à orientação deste trabalho;

Aos meus amigos do laboratório de sementes, Abimael dos Santos, Cinara Siqueira, Irislene Albuquerque, Leany Andrade, Luziane Marques, Marlisson Vieira, Thailson Silva, pelo apoio na realização do trabalho;

A todos que estiveram presentes em minha trajetória acadêmica, em especial a turma 2015.1, pelo companheirismo, por terem sido uma grande família durante todo esse tempo;

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a realização desse sonho;

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

“O homem que não cultiva o hábito de pensar desperdiça um dos maiores prazeres da vida e não consegue aproveitar o máximo de si.”

Thomas Edison

POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE GENÓTIPOS DE ARROZ

SUBMETIDOS AO ESTRESSE SALINO

RESUMO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais importante para alimentação humana, tendo a China como maior produtor mundial. Na América do Sul destaca-se o Brasil que participa com cerca de 42% da produção de arroz do continente. No Maranhão observa-se que dos 217 municípios que compõem o Estado, 213 produzem arroz, destacando a importância social da cultura. Apesar de relevante, a produtividade média de cerca de 1.400 kg/ha⁻¹ da orizicultura maranhense estar abaixo da média nacional de 5.200 kg/ha⁻¹, devido a salinização dos solos e/ou das águas. Neste estudo, objetivou-se, avaliar o potencial fisiológico de sementes de *O. sativa*, e o desenvolvimento inicial das plântulas, tolerantes à salinidade, selecionando os genótipos com maior vigor. Na avaliação foram utilizados 15 Genótipos de sementes, submetidos aos seguintes níveis de potencial osmótico: 0, 100, 200, 300 e 400 mM de NaCl/L⁻¹. As sementes foram avaliadas quanto ao teor de água, testes de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e os comprimentos da parte aérea e raiz das plântulas. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com os tratamentos distribuídos em quatro repetições em esquema fatorial, 15 x 5 (número de Genótipos e potenciais osmóticos). 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 Genótipos de sementes de arroz, fornecendo informações suficientes para a classificação dos Genótipos quanto ao nível de vigor. Os genótipos de arroz respondem de maneira diferenciada ao estresse salino, sendo o lote 2 o genótipo mais tolerante a salinidade, quando avaliado pelo potencial fisiológico das sementes, até o limite de concentração 100 mM de NaCl.

Palavras-chave: arroz irrigado, salinização, tolerância à salinidade, vigor de sementes.

PHYSIOLOGICAL POTENTIAL OF RICE GENOTYPES SEEDS SUBMITTED TO
SALINE STRESS

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most important cereals for human consumption, with China being the world's largest producer. In South America, Brazil stands out with about 42% of the continent's rice production. In Maranhão, 213 of the 217 municipalities that compose the state produce rice, highlighting the social importance of culture. Although relevant, the average yield of about 1.400 kg / ha⁻¹ in Maranhão rice production is below the national average of 5.200 kg / ha⁻¹ due to salinization of soils and / or water. The objective of this study was to evaluate the physiological potential of *O. sativa* seeds and the initial development of salinity tolerant seedlings, selecting the genotypes with greater vigor. Fifteen seed lots were submitted to the following levels of osmotic potential: 0, 100, 200, 300 and 400 mM NaCl / L⁻¹. The seeds were evaluated for water content, germination tests, first germination count, germination speed index and seedling root and shoot lengths. The experimental design was completely random, with treatments distributed in four replicates in a factorial scheme, 15 x 5 (number of lots and osmotic potentials). Germination tests, first germination counts, germination speed index, and seedling root and seedling lengths are efficient in assessing the physiological potential of rice seed lots, providing sufficient information to classify lots as to the level of vigor. The genotypes of rice respond differently to saline stress, with lot 2 being the most tolerant to salinity when evaluated by the physiological potential of the seeds up to the limit of 100 mM NaCl concentration.

Key words: irrigated rice, salinization, salinity tolerance, seed vigor.

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1** - Germinação (G%) de sementes de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl. São Luís - MA, 2019. 22
- TABELA 2** - Primeira contagem de germinação (%) de sementes de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl. São Luís - MA, 2019.23
- TABELA 3** - Índice de velocidade de germinação de sementes de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl. São Luís - MA, 2019.25
- TABELA 4** - Comprimento da parte aérea cm/plântula⁻¹ de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl. São Luís - MA, 2019.27
- TABELA 5** - Comprimento das raízes primárias cm/plântula⁻¹ de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl. São Luís - MA, 2019.27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Aspectos gerais da espécie.....	14
2.2. Salinidade	16
2.3. Vigor de sementes	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Obtenção das sementes.....	21
3.2. Teor de água.....	21
3.3. Obtenção dos potenciais osmóticos	21
3.4. Teste de germinação	22
3.5. Primeira contagem de germinação.....	22
3.6. Índice de velocidade de germinação.....	22
3.7. Avaliação do desenvolvimento das plântulas	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
5. CONCLUSÕES.....	30
REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, com uma produção em torno de 491 milhões de toneladas, sendo a China o principal produtor. O Brasil está entre os dez países maiores produtores, com aproximadamente 10 milhões de toneladas, sendo a Região Sul do país responsável por quase 70% do volume produzido. Estima-se que o Maranhão ocupe a quinta posição nacional, com cerca de 267 mil toneladas (CONAB, 2019). Apesar de relevante, a produtividade média de cerca de 1.400 kg/ha⁻¹ da orizicultura maranhense está abaixo da média nacional de 5.841kg/ha⁻¹, devido entre outros fatores, a salinização dos solos e das águas de irrigação (ZHU, 2002; CONAB, 2018).

Na orizicultura maranhense o cultivo do arroz é realizado em dois ecossistemas: várzeas e terras altas. No ecossistema de várzea, o sistema de cultivo é com irrigação controlada e sem irrigação controlada, denominado várzea úmida. Quanto ao plantio sem irrigação controlada em áreas de baixadas, a água da chuva e da enchente dos rios ou de afloramento natural do lençol freático são as fontes de água para o desenvolvimento das plantas (AMARAL et al., 2005; FERRAZ JÚNIOR, 2000). No entanto, verifica-se uma contínua redução da área plantada dos cultivos em várzea úmida e por inundação na baixada maranhense, devido às mudanças climáticas que intensificam o aumento das áreas salinizadas. Por várias razões, incluindo altas temperaturas, baixa pluviosidade e altas taxas de evapotranspiração devido à escassez de águas superficiais, tornando a água salobra, por conta da proximidade do mar (MUNNS e GILLIHAM, 2015; MELO et al., 2017).

Situações de salinidade, tanto do solo como da água, durante um determinado período do ano, podem comprometer a germinação das sementes de espécies agricultáveis e/ou estabelecimento de mudas e sua sobrevivência (MARTINS; PEREIRA e LOPES, 2014; ZHANG et al., 2019). A cultura de arroz sofre os efeitos de salinidade, especialmente na fase de desenvolvimento das plântulas (DJANAGUIRAMAN; RAMADASS e DEVI, 2003). 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 do produto (MARCOS FILHO, 2015a). Assim, o desenvolvimento de cultivares de arroz tolerantes ao estresse hídrico pode ser uma solução (GUIMARÃES, STONE e 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 salinizados. Portanto, à seleção de genótipos de sementes com capacidade de germinar sob diferentes condições hídricas, constituem-se vantagens ecológicas em relação a outros acessos de sementes que são sensíveis a solos e/ou água salinas (ROSA et al., 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012; SAITO et al., 2018).

Na literatura existe escassez de informações referentes a estudos que relacionem resultados de testes de vigor para sementes de arroz, pois trata-se de um dos principais determinantes do sucesso econômico, uma vez que a semente é um insumo básico de valor e apenas a sua avaliação correta permite o seu uso adequado, podendo determinar o sucesso da produção agrícola.

Uma das técnicas utilizadas em laboratório para simular condições de estresse hídrico tem sido o uso de soluções aquosas com diferentes potenciais osmóticos (HARDEGREE e EMMERICH, 1994), podendo provocar atraso na germinação e/ou no crescimento de plântulas. Diversos compostos químicos têm sido utilizados na simulação de estresse abióticos, dentre eles o NaCl, agente osmótico, que tem proporcionado restrição hídrica às sementes, dependendo da concentração (VILLELA; DONI FILHO e SEQUEIRA, 1991; MORAES e MENEZES, 2003).

A habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições estressantes é definida como a manifestação do vigor, dependendo, dentre outros fatores, das condições ambientais encontradas no local quando semeada (PEDÓ et al., 2016). 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, o total da germinação e o comprimento de plântulas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Diante do exposto, verifica-se que o emprego de tecnologia de sementes pode permitir que à seleção de genótipos adaptados a superação de fatores restritivos, como a salinização, podem facilitar aos produtores o acesso a sementes de qualidade, que possam aumentar a produtividade. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial fisiológico de sementes de *O. sativa*, e o desenvolvimento inicial das plântulas, tolerantes à salinidade, selecionando os genótipos com maior vigor.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais da espécie

O arroz pertence à classe Monocotiledônea, à família Poaceae, ao gênero *Oryza* e à espécie *Oryza sativa* L. (ROSSO, 2006). É uma planta originária do Sudeste asiático, havendo relatos de semeadura na China, há cerca de 5000 anos. É cultivado em países de clima subtropical e tropical. Originário da Ásia Meridional, o arroz atravessou fronteiras e conquistou o mundo (VAUGHAN et al., 2005).

Os açorianos introduziram o arroz vermelho no Maranhão provavelmente entre 1619 a 1649, onde foi cultivado quase que exclusivamente até 1772, quando seu cultivo foi proibido para forçar a produção do arroz branco. Séculos mais tarde, mais precisamente na década de 70, o Estado chegou a ser o segundo produtor de arroz nacional, ocupando 20% das áreas de cultivo e participando com 18% da produção brasileira. A partir da década de 80, as áreas tradicionais de cultivo, localizadas nos vales dos rios, passaram a ser ocupadas pela pecuária bovina, causando uma significativa redução em área plantada e produção (CONAB, 2015).

A semente de arroz consiste da cariopse e camada protetora, a casca, onde este tegumento é composto de duas folhas modificadas, a pálea e a lema, que corresponde a cerca de 20% do seu peso. A cariopse é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas o pericarpo, o tegumento e a camada de aleurona, que representam 5 a 8% da massa. O embrião ou gérmen está localizado no lado ventral na base da semente, é rico em proteínas e lipídios, e representa 2 a 3% destas. O endosperma forma a maior parte da semente, com cerca de 89 a 94%, sendo constituído de células ricas em grânulos de amido e alguns corpos protéicos (WALTER; MARCHEZAN e AVILA, 2008).

O arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, sua importância é destacada principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil, desempenhando papel estratégico em níveis econômico e social (VIEIRA e RABELO, 2006). No país o cultivo é feito em dois ecossistemas: várzeas e terras altas. O arroz de várzea encontra-se concentrado nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, responsáveis por cerca de 70% da área cultivada com arroz de várzea no país. No Nordeste o arroz irrigado é cultivado ao longo do Rio São Francisco, em Pernambuco, Alagoas e Sergipe; nas microrregiões do Baixo Jaguaribe e Iguatu no Ceará; ao longo do Rio Parnaíba no Piauí e Baixada Ocidental Maranhense no Maranhão (CONAB, 2015).

Apesar do arroz irrigado do Nordeste representar apenas 4% da área plantada e da produção nacional, este é importante do ponto de vista social e econômico, pois na região

predominam pequenos agricultores. Com o uso da tecnologia de irrigação a cultura independe das variações climáticas, principalmente da ausência de chuvas por longos períodos tão comum na Região Nordeste do Brasil. Por isso, a rizicultura funciona como elemento agregador e fixador do homem à terra, diminuindo o êxodo rural e garantindo o sustento de inúmeras famílias nordestinas (RANGEL et al., 2000).

No Maranhão, diferentemente da dinâmica observada nas demais regiões do Brasil, dos 217 municípios que compõem o Estado, 213 produzem arroz, tendo um relevante papel na dieta e na participação no Produto Interno Bruto - PIB estadual. Os dez municípios que mais se destacam no Estado na produção do arroz são: Grajaú, Mirador, Pastos Bons, Barreirinhas, Bom Jesus das Selvas, Paraibano, Santa Luzia (SAGRIMA, 2016). A área plantada com arroz irrigado é cultivada em Arari, Vitoria do Mearim e São Mateus do Maranhão (CONAB, 2018). Outra característica da orizicultura maranhense é que cerca de 98.8% do arroz produzido se encontra em lavouras com menos de 50 ha, o que mostra a importância social da cultura para o Estado. O Maranhão é o quinto maior produtor do país e o primeiro do Nordeste, com uma produção de cerca de 247 mil toneladas em uma área colhida de 157 mil hectares (IBGE, 2017).

No entanto, a salinidade nos mananciais utilizados na irrigação da orizicultura maranhense é um fator restritivo a produção de arroz. A incidência de chuvas, duração e intensidade dos ventos também influem nas concentrações de sais. Desse modo, a salinização em níveis prejudiciais, pode ocorrer por curtos períodos e, dependendo do período de desenvolvimento do arroz, em especial o de plântula e reprodutivo, a salinidade da água de irrigação pode causar danos irreversíveis, ocasionando diminuição do perfilhamento, esterilidade de espiguetas e morte de plantas. (CARMONA, 2011).

Dentre as iniciativas para promover a tolerância a fatores abióticos e inovação da cadeia produtiva do arroz no Maranhão, o uso de cultivares melhoradas constitui tecnologia de menor dispêndio e proporciona retornos econômicos em curto espaço de tempo. Este plano de ação foi utilizado pela Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão de Sergipe, onde através do uso de sementes de alta qualidade, verificou-se um incremento na rizicultura do Estado. Na safra 2017/2018, a produção de arroz sergipana, atingiu a marca de 2º maior do Nordeste, e também a 1ª do Brasil, em rendimento médio por hectare, com 7.200 kg/ha⁻¹(CONAB, 2018).

Contudo, a avaliação do vigor de sementes é de fundamental importância para o controle da qualidade, em um programa de melhoramento destinado a produção de sementes. Uma das principais exigências em termos de avaliação da qualidade das sementes, refere-se à rapidez na obtenção de resultados confiáveis permitindo a agilidade das tomadas de decisões,

principalmente no que se refere às operações de colheita, processamento, armazenamento e comercialização, o que diminui riscos e custos (BARBIERI et al., 2011.)

2.2. Salinidade

Situações de salinidade, tanto do solo como da água, durante um determinado período do ano, pode comprometer a germinação das sementes de espécies vegetais, estabelecimento de mudas e sua sobrevivência. Por isso, provavelmente, à falta de conhecimento técnico, na seleção de genótipos de sementes resistentes às condições de estresse salino, podem estar contribuindo com o baixo rendimento produtivo da orizicultura maranhense (MARTINS; PEREIRA e LOPES, 2014; ZHANG et al., 2019).

A salinização ocorre com maior frequência em regiões tropicais de clima quente e seco, caracterizado por elevadas taxas de evapotranspiração (VALLADARES, 2009). Estudos indicam que as mudanças climáticas nos biomas tropicais intensificam o aumento das áreas salinizadas em cerca de 10% anuais. Estima-se que 20% do planeta e mais de 50% das terras aráveis serão salinizadas até 2050, incluindo planícies costeiras (SHRIVASTAVA e KUMAR, 2015; SANTOS et al., 2018). A irrigação e o extenso desmatamento da vegetação, que trazem as águas subterrâneas com sais solúveis para a superfície do solo, ou próximas dela, são as duas principais atividades humanas que aceleram a salinidade (PEDROTTI et al., 2015).

No Brasil, praticamente 100 % das áreas são irrigadas por alagamento e os mananciais hídricos mais utilizados são rios, arroios, lagoas, lagunas, açudes e águas subterrâneas. Por exemplo, na Região Sul que é a de mais alta produção do país, o arroz é cultivado nas planícies costeiras e, por ter ligação com o oceano atlântico, sofre a sua influência da salinização, principalmente em épocas de baixa precipitação pluvial e elevada demanda, tanto atmosférica quanto das próprias lavouras de arroz do seu entorno (CARMONA, 2011).

No Estado do Maranhão o arroz irrigado é explorado em regiões rebaixadas e alagadiças dos estuários afogados dos rios Pindaré, Mearim, Itapecuru e Munim. O Golfão Maranhense é formado por terras rebaixadas, onde ocorrem zonas parcialmente inundadas, utilizadas para a produção de arroz. Contudo, por apresentarem drenagem com algum impedimento e proximidade com o mar e condições favoráveis a inundações, também ficam sujeitos a altas temperaturas que promovem processos de evaporação maior que a precipitação pluviométrica, o que pode elevar as concentrações de sais solúveis nos horizontes superficiais (VALLADARES, 2009).

Biologicamente, o estresse é considerado em desvio significativo das condições ideais em que as plantas são cultivadas, impedindo-as de expressar plenamente o seu potencial

genético de crescimento e desenvolvimento (REHMAN; HARIS e ASHRAF, 2005). O estresse salino inibe o crescimento das plantas, por aumentar o potencial osmótico da solução do solo, restringindo a disponibilidade da água e/ou pela acumulação excessiva de íons nos tecidos vegetais, podendo ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos (JHA et al., 2010).

A salinidade dos solos e da água de irrigação é considerada um dos principais fatores abióticos responsável pelo estresse nas plantas, causando danos no metabolismo vegetal, reduzindo a produtividade agrícola e provocando efeitos deletérios em muitos processos fisiológicos (MUNNS, 2002). O excesso de sais pode alterar tanto as funções fisiológicas quanto bioquímicas das plantas, causando estresse osmótico, o que resulta em distúrbios das relações hídricas e alterações na absorção (AMORIN et al., 2010).

Outro fator ambiental que interfere na germinação das sementes, principalmente se associado à salinidade, é a temperatura. A interação desses fatores afeta a velocidade e a germinação, pois influenciam na velocidade de absorção de água e nas reações bioquímicas (LIN et al., 2018). Menores taxas de germinação têm sido atribuídas ao aumento da evaporação da água em altas temperaturas, aumentando a concentração de sal pelo movimento capilar (ZHANG et al., 2010). Por isso, compreender a capacidade das sementes de algumas espécies em germinar sob condições de estresse hídrico confere vantagens na seleção de genótipos que são sensíveis à seca que é induzida pelo estresse salino (ZHANG et al., 2019).

Um dos principais determinantes do sucesso econômico das espécies agrícolas é a qualidade das sementes utilizadas. A germinação rápida e uniforme e o estabelecimento do estande constituído por plântulas vigorosas da variedade escolhida pelo produtor representam condições essenciais para assegurar o desempenho adequado das plantas no campo. Pois, pode afetar a uniformidade do desenvolvimento, o rendimento final da cultura e a qualidade do produto. Portanto, ressalta-se a necessidade da escolha adequada da variedade de sementes destinadas à semeadura e de sua disponibilidade em quantidades suficientes para atender à demanda (MARCOS FILHO, 2015a).

Assim, a escolha de cultivares estáveis e adaptadas às condições edafoclimáticas proporcionam incrementos no rendimento da cultura. As cultivares de arroz apresentam diferenças na eficiência em condições salinas, sendo distintos na resposta fisiológica a estes estresses abióticos e o melhoramento genético visa desenvolver materiais mais tolerantes, portanto é de suma importância conhecer a fisiologia e as respostas destes materiais em ambiente salinizados (MACHADO, 1996).

Na avaliação de sementes que podem ser destinadas ao cultivo em áreas com potencial acúmulo de sais, um dos métodos mais difundidos para a determinação da tolerância da planta ao excesso de sais é a observação da porcentagem de germinação em substratos salinos umedecidos com água (ZHANG et al., 2012). Altas concentrações intracelulares de Na^+ e Cl^- podem inibir o metabolismo das células do embrião em divisão e expansão, retardando a germinação e até levando à morte das sementes (LIN et al., 2018).

2.3. Vigor de sementes

O vigor das sementes não pode ser caracterizado como um único processo fisiológico definido como germinação ou deterioração, sua definição é tão complexa que apenas pode ser razoavelmente compreendida no âmbito de um conceito (McDONALD, 1993). A primeira tentativa de enunciar uma definição foi a de considerar o vigor das sementes como uma soma total dos atributos, que possibilitam o estabelecimento de plântulas em condições desfavoráveis (ISELY, 1957).

Os conceitos iniciais de vigor focavam as vantagens sobre os testes de germinação no que diz respeito à identificação de Genótipos de sementes capazes de atingir uma velocidade e uniformidade germinativa e estabelecimento de plântulas em condições ambientais desfavoráveis (SHARF, 1953). Esta foi a abordagem predominante nos primeiros conceitos propostos por diferentes membros da associação de análises de sementes na Europa (MARCOS FILHO, 2015b). Com a evolução do conhecimento, havia outras conotações como as de Woodstock (1965), enfatizando que o vigor das sementes seria uma condição de boa saúde e robustez natural associada com a germinação rápida e completa em uma ampla faixa de condições ambientais. Esta foi a primeira vez que a expressão "ampla faixa" foi utilizada em vez de condições ambientais desfavoráveis ou favoráveis (MARCOS FILHO, 2015a).

Por outro lado, a Associação Internacional de Testes de Sementes - ISTA conceituou o vigor das sementes como a soma daquelas propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação da plântula numa ampla faixa de condições ambientais e, ainda um lote de sementes vigorosas é aquele que é potencialmente capaz de se desenvolver bem em condições ambientais que não são ideais para a espécie (ISTA, 2014).

Os testes de vigor são úteis nos programas de produção de sementes para a avaliação do potencial fisiológico de diferentes Genótipos, permitindo diferenciá-los com base no potencial de germinação das plântulas e no grau de deterioração porque a redução no vigor precede a perda de viabilidade (MARCOS FILHO, 2015b; MARTINS; PEREIRA e LOPES, 2014).

Portanto, muitos testes de vigor são utilizados em conjunto com o teste de germinação e seus resultados constituem ferramenta fundamental para melhoramento genético (WRASSE et al., 2009).

Os testes de vigor devem detectar diferenças no potencial fisiológico de Genótipos de sementes com poder germinativo semelhante e compatível com as exigências mínimas para a comercialização (MARCOS FILHO, 2015b). Podem ser classificados como físicos, fisiológicos, bioquímicos e de resistência ao estresse, cujos testes físicos avaliam características morfológicas ou físicas das sementes que possam estar associadas ao vigor, tais como tamanho, densidade e coloração das sementes. Os testes bioquímicos avaliam alterações no metabolismo relacionadas com o vigor de sementes, entre estes estão os testes de tetrazólio e condutividade elétrica; os testes de resistência ao estresse analisam o comportamento de sementes quando expostas a condições ambientais desfavoráveis, com destaque para os testes de frio, envelhecimento acelerado, deterioração controlada, germinação a baixa temperatura e submersão em água (KRZYZANOWSKI; VIEIRA e FRANÇA NETO, 1999; MARCOS FILHO, 2005).

Os testes fisiológicos baseiam-se em atividades fisiológicas específicas que tenham sua manifestação dependente do vigor, como a primeira contagem e índice de velocidade de germinação, comprimento da plântula, peso da massa seca da plântula, sendo essas avaliações realizadas em condições laboratoriais (WRASSE et al., 2009).

Alguns testes de vigor podem ser realizados conjuntamente com o de germinação, a exemplo da primeira contagem de plântulas realizada para facilitar a condução do teste de germinação, uma vez que na primeira contagem a velocidade da germinação é uma das características a serem afetadas no processo de deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 2015b).

O teste de germinação consiste na determinação do potencial máximo de germinação, realizado em condições ótimas de laboratório (MARCOS FILHO; KIKUTI e LIMA, 2009). Em culturas agrícolas como o sorgo e algodão, pode-se estimar o potencial fisiológico por meio de testes de estresses baseados na presença de níveis salinos elevados no substrato germinativo em sementes, os quais aumentaram o número de plântulas anormais e retardaram o período de germinação (SILVA; GRZYBOWSKI e PANOBIANCO, 2016).

Conduzido junto com o teste de germinação, o teste de primeira contagem de germinação se baseia no princípio de que as amostras com maiores porcentagens de plântulas normais na primeira contagem, estabelecidas pelas Regras para Análises de Sementes - RAS, para cada cultura serão as mais vigorosas. Este teste é interessante para avaliação do vigor de

sementes, levando em consideração sua praticidade e tempo de execução. Quanto maior a velocidade de germinação mais vigorosa é a semente (BRASIL, 2009; SENA; ALVES e MEDEIROS, 2015).

As diferenças entre plântulas são, na maioria das vezes, bastante visíveis, todavia há necessidade de valores numéricos para separar aquelas mais vigorosas. Para isso, a determinação do comprimento médio das plântulas normais ou partes destas é realizada, tendo em vista que as amostras que apresentam os maiores valores médios são as mais vigorosas. Na determinação da massa seca, as amostras que apresentam maiores pesos médios de matéria seca de plântulas normais são consideradas mais vigorosas. As sementes vigorosas proporcionam maior transferência de massa seca de seus tecidos de reserva para o eixo embrionário, na fase de germinação, originando plântulas com maior peso, em função do maior acúmulo de matéria (NAKAGAWA, 1999).

Estudos relataram que o uso de testes de vigor baseados em substratos salinos em diferentes concentrações de NaCl, demonstraram que a salinidade afetou o desenvolvimento de plântulas normais e diminuiu a viabilidade e o vigor das sementes de arroz. Diversos compostos químicos têm sido utilizados no umedecimento de substratos com o objetivo de simular estresses abióticos, dentre eles o NaCl, agentes osmóticos, que tem proporcionado restrição hídrica às sementes (VILLELA; DONI FILHO e SEQUEIRA, 1991; MORAES e MENEZES, 2003; SILVA; GRZYBOWSKI e PANOBIANCO, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Obtenção das sementes

No estudo foram avaliados 15 Genótipos de sementes de arroz provenientes do programa de melhoramento genético da EMBRAPA Cocais, colhidos na safra 17/18 e procedentes do município Itapecuru Mirim -MA (03° 23' 33"S44° 21' 31" W). O clima do município é classificado como tropical de savana 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 um dos meses desta estação. Com precipitação média anual de 1632 mm e temperatura média anual é 27.3 °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 - MA, 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:

3.2. Teor de água

O teor de água foi determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, por 24 horas (BRASIL 2009), utilizando-se quatro repetições por lote.

3.3. Obtenção dos potenciais osmóticos

As sementes de arroz foram colocadas para germinar em substrato umedecido com soluções de cloreto de sódio (NaCl) para simular estresses salino, nos seguintes potenciais osmóticos: 0.0 (com água destilada), 100, 200, 300 e 400 mM. Para obtenção da solução de NaCl, foi utilizada a tabela proposta por Richards (1980), onde se diluiu o reagente, para simulação do potencial osmótico. Os potenciais osmóticos foram confirmados por meio da condutividade elétrica das soluções, utilizando um medidor digital de condutividade.

Os valores de condutividade elétrica das soluções de NaCl foram obtidos através da expressão: $(CS = \frac{0.001(CEs - CEan)Peq}{0.97})$ proposta por Richards (1954), sendo CS = concentração ($g L^{-1}$); CEs = condutividade elétrica a 25 °C da água da mistura (mM^{-1}), CEan = condutividade elétrica da água utilizada (mM^{-1}), Peq = peso equivalente do sal utilizado e 0.97 = porcentagem de pureza estimada do cloreto de sódio.

3.4. Teste de germinação

As sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel Germitest[®] e cobertas por uma terceira, umedecidas com quantidades de água equivalentes a 2.5 vezes a massa do substrato. confeccionados na forma de rolos e acondicionados em sacos de plástico de 0.04 mm de espessura, com a finalidade de evitar a perda de água por evaporação. Cada tratamento teve quatro repetições de 50 sementes, mantidas em câmaras de germinação reguladas a 30 ± 3 °C em fotoperíodo de 12horas/luz e 12 horas/escuro. As avaliações foram realizadas dos cinco décimo quarto dia após a instalação do teste, considerando-se como germinadas as plântulas normais, com os dados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

3.5. Primeira contagem de germinação

Foi realizada em conjunto com o teste de geminação, computando-se as plântulas normais obtidas no quinto dia após a sementeira (SENA; ALVES e MEDEIROS, 2015).

3.6. Índice de velocidade de germinação

Conduzido em conjunto com o teste de germinação, do quinto ao décimo quarto dia após a sementeira, computando-se o número de plântulas germinadas por dia segundo a metodologia proposta por Maguire (1962).

3.7. Avaliação do desenvolvimento das 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 15 x 5 (Genótipos 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.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

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 (SILVA; GRZYBOWSKI e PANOBIANCO, 2016; SENA; ALVES e MEDEIROS, 2015).

No teste de primeira contagem de germinação, verificou-se que a porcentagem máxima variou entre 90 e 92% (Genótipos 1, 3, 4 e 5) de plântulas germinadas no quinto dia após a semeadura, quando submetidas aos tratamentos controle de 0.0 Mm. Ainda verificou-se que para o lote 4 ocorreram taxas de plântulas germinadas de 92% até o potencial osmótico de 100 mM, a partir do qual houve acentuada queda na germinação. Adicionalmente, o teste de primeira contagem de germinação separou os Genótipos de sementes em quatro classes de vigor: Genótipos de alto vigor (1, 3, 4 e 5); médio-alto (2, 6, 7, 10 e 11), médio-baixo (8, 12 e 14) e baixo vigor (9, 13 e 15), para plântulas germinadas em água deionizada (Tabela 1).

TABELA 1. Primeira contagem de germinação (%) de sementes de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl. São Luís - MA, 2019.

Genótipos	Solução NaCl (mM)				
	0	100	200	300	400
1	92 a	69 e	-	-	-
2	87 b	87 b	7 a	-	-
3	91 a	52 h	-	-	-
4	90 a	92 a	6 a	-	-
5	90 a	63 f	-	-	-
6	85 b	86 b	8 a	-	-
7	87 b	78 c	-	-	-
8	82 c	58 g	-	-	-
9	62 e	75 d	-	-	-
10	87 b	62 f	-	-	-
11	85 b	79 c	-	-	-
12	80 c	33 i	-	-	-
13	75 d	50 h	1 b	-	-
14	81 c	59 g	-	-	-
15	77 d	34 i	-	-	-

CV (%) = 10. 10

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

Para o teste de germinação as maiores porcentagens de germinação em índices entre 90 e 94%, foram obtidas quando as sementes foram germinadas em substrato com potencial osmótico de 0.0 até 100 mM, genótipos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (Tabela 2). Além disso, verificou-se para o lote 2 mesmo em alto potencial osmótico de 200 mM, ocorreu uma taxa de germinação de 93%, a partir deste ponto, observou-se um decréscimo na germinação à medida que os níveis de concentração salina aumentaram. A exemplo da primeira contagem de germinação o teste de germinação, possibilitou a separação dos Genótipos em quatro classes, quanto a viabilidade das sementes germinadas em água deionizada: Genótipos de alta qualidade (1, 2, 3, 4, 5 e 6) média-alta (7, 8, 9 e 10), média-baixa (11, 12, 13 e 14) e baixa qualidade fisiológica (15).

Estudos similares realizados nesta pesquisa foram relatados por Lima et al. (2005), com sementes de arroz, os quais verificaram que o aumento da salinidade ocasionou reduções progressivas na porcentagem de germinação, afetando o desenvolvimento de plântulas normais. Estes resultados assemelham-se aos obtidos por Olivo (2013) em trabalhos com diferentes genótipos de trigo.

TABELA 2. Germinação (G%) de sementes de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl. São Luís - MA, 2019.

Genótipos	Solução NaCl (mM)				
	0	100	200	300	400
1	93 a	94 a	80 b	22 c	-
2	92 a	90 a	93 a	26 b	-
3	93 a	92 a	55 d	16 d	-
4	92 a	93 a	57 d	24 b	-
5	92 a	92 a	76 c	29 a	-
6	92 a	91 a	82 b	14 d	-
7	89 b	88 b	81 b	6 e	-
8	89 b	70 f	23 h	-	-
9	88 b	87 b	47 e	19 c	-
10	88 b	85 c	43 f	21 c	-
11	85 c	82 c	75 c	6 e	-
12	85 c	87 b	26 h	-	-
13	84 c	67 f	58 d	-	-
14	83 c	78 d	36 g	-	-
15	80 d	73 e	48 e	-	-

CV (%) = 7.32

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

A salinidade afeta a germinação das sementes por meio de efeitos osmóticos, toxicidade iônica ou uma combinação dos dois. Por isso, ocorre a restrição na absorção de água pelas sementes devido à redução do gradiente de potencial entre o substrato e sua superfície, causado pela presença de sais, que interferem no potencial hídrico do substrato (PEREIRA et al., 2016). No entanto, espécies tolerantes ao sal são referidas como tendo a capacidade de adquirir um alto potencial osmótico, pois permitem a entrada de NaCl nas células, usando-o como osmólito para manter a absorção de água, necessária a germinação. Nestas plantas, os eventos iniciais de toxicidade durante a fase osmótica do estresse salino podem ser atenuados pelo armazenamento dos íons Na^+ e Cl^- nos vacúolos celulares (ZHANG et al., 2012). Provavelmente, estes mecanismos de tolerância a salinidade explicam os resultados obtidos no lote 2 (Tabela 2).

Quanto à germinação, para todos os Genótipos de sementes utilizados na pesquisa os menores valores foram de 80% (Tabela 2), atendendo aos padrões oficiais para comercialização de sementes de arroz (BRASIL, 2013). Por isso, os testes de vigor devem detectar diferenças no potencial fisiológico de Genótipos de sementes com poder germinativo semelhante e compatível com as exigências mínimas da legislação imposta pelo Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento - MAPA (MARCOS FILHO, 2015b).

A exemplo dos resultados obtidos na primeira contagem e na porcentagem de germinação no tratamento controle, para o índice de velocidade de germinação (IVG), pôde-se escalonar os genótipos de sementes de arroz em ordem decrescente de vigor: Genótipos de alto vigor (1, 2, 3, 5, 6 e 7); médio-alto (4, 10, 11, 12 e 14), médio-baixo (8, 9, 13 e 15), sendo que os maiores valores do IVG de 9.23, 9.16, 9.14, 8.95, 8.76 e 8.73 ocorreram na ausência de salinidade (0.0 mM). Com o aumento nos níveis de estresse salino, o IVG foi afetado, evidenciando o efeito do NaCl no atraso da germinação, exceto para o lote 2 que se manteve o valor do IVG em cerca de 6.35 até o potencial salino de 200 mM (Tabela 3). Este resultado é notável visto que a velocidade de germinação é considerada a primeira variável afetada pela restrição hídrica, induzida pelo estresse salino (ZHANG et al., 2010).

A velocidade de germinação das sementes, foi afetada pela redução no potencial osmótico induzido por NaCl (Tabela 3). Isso pode ser atribuído ao acúmulo de Na^+ , que altera o equilíbrio de íons e a disponibilidade de nutrientes minerais, reduzindo a velocidade de divisão celular e o desenvolvimento do embrião. Contudo, em sementes de trigo, o estresse hídrico induzido por NaCl foi mais severo, nos mesmos potenciais de 100 mM. Com isso, pode-se afirmar que a velocidade de germinação das sementes de arroz pode ser severamente afetada pela baixa disponibilidade de água, principalmente em solos que apresentam maiores teores de sais (SOARES et al., 2015).

TABELA 3. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl. São Luís - MA, 2019.

Genótipos	Solução NaCl (mM)				
	0	100	200	300	400
1	9.23 a	8.55 a	4.49 c	0.91 a	-
2	8.95 a	8.52 a	6.35 a	1.22 a	-
3	9.16 a	8.13 b	2.70 d	0.52 a	-
4	8.31 b	8.98 a	3.18 d	0.95 a	-
5	9.14 a	8.12 b	4.82 c	1.01 a	-
6	8.73 a	8.90 a	5.43 b	0.66 a	-
7	8.76 a	8.29 b	4.35 c	0.26 b	-
8	7.64 c	6.41 d	1.02 g	-	-
9	7.68 c	7.95 b	1.94 e	0.85 a	-
10	8.54 b	7.45 c	2.15 e	1.08 a	-
11	8.25 b	8.11 b	4.54 c	0.33 b	-
12	8.16 b	6.71 d	1.05 g	-	-
13	7.59 c	5.75 e	2.86 d	-	-
14	8.19 b	7.42 c	1.68 f	-	-
15	7.80 c	6.05 e	2.23 e	-	-
CV (%) = 11.36					

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

Geralmente, o estresse hídrico, causado pelo aumento da salinidade, atua sobre a semente retardando a absorção de água e, conseqüentemente o metabolismo germinativo (MARCOS FILHO, 2015a), como ocorreu neste estudo para soluções salinas com potencial osmótico de 300 e 400 mM (Tabela 3). Altas concentrações salinas, prejudicam intensamente o desempenho germinativo das sementes, provavelmente por acelerar a respiração e eventos metabólicos, intensificando os efeitos tóxicos dos sais e a deterioração (ZHANG et al., 2012).

No entanto, na célula vegetal a toxicidade pode ser atenuada pela ação de mecanismos de tolerância, permitindo que o citoplasma seja mantido em concentrações iônicas mais baixas e evitando a inibição metabólica. Por isso, a tolerância à salinidade pode ter implicações no rendimento das culturas em campo (FAROOQ 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, 2016; JHA et al., 2019). Estes relatos reforçam a hipótese que as sementes do lote 2 são os mais tolerantes ao estresse hídrico induzido pelo NaCl (Tabela 3).

Quanto ao comprimento da parte aérea e da raiz (Tabelas 4 e 5), as plântulas de arroz apresentaram comportamento semelhante ao IVG, com a diminuição do vigor com a redução dos valores de comprimento à medida que aumentava o potencial osmótico da solução salina. As sementes dos Genótipos 2 e 11 com os substratos umedecidos com água deionizada (0.0 mM) e solução salina (100 mM), alcançaram os maiores valores de comprimento de parte aérea e da raiz com médias de 9.39 e 6.15 e 7.10 e 6.67 cm/plântula⁻¹, respectivamente.

Adicionalmente, pôde-se notar que o aumento na concentração salina a partir de 200 mM houve redução acentuada em relação a estes parâmetros de comprimento de plântulas (Tabelas 4 e 5). Lima et al. (2005), observaram que, algumas cultivares de arroz se mostraram sensíveis em relação a concentração salina diminuindo o comprimento de planta, enquanto outras cultivares não sofreram alteração negativas nas concentrações de 25 a 100 mM de NaCl, e assim podendo selecionar as cultivares de melhor tolerância ao sal.

TABELA 4. Comprimento de parte aérea cm/plântula⁻¹ de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl. São Luís - MA, 2019.

Genótipos	Solução NaCl (mM)				
	0	100	200	300	400
1	4.17 g	3.24 e	3.57 a	1.05 a	-
2	9.39 a	5.33 b	3.61 a	1.51 a	-
3	3.80 h	5.82 b	1.26 e	0.82 a	-
4	7.24 c	5.43 b	2.07 d	1.20 a	-
5	5.49 e	4.21 d	3.15 b	1.21 a	-
6	5.87 d	4.12 d	3.15 b	0.68 a	-
7	6.85 c	4.72 c	2.58 c	0.89 a	-
8	4.59 f	5.65 b	1.07 e	-	-
9	4.55 f	5.06 c	1.30 e	0.67 a	-
10	5.06 e	5.47 b	1.91 d	0.85 a	-
11	7.86 b	7.10 a	3.69 a	1.05 a	-
12	3.77 h	3.77 d	1.05 e	-	-
13	3.68 h	2.64 f	1.52 e	-	-
14	3.69 h	2.32 f	1.29 e	-	-
15	4.22 g	4.16 d	1.90 d	-	-
CV (%) = 18.65					

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

TABELA 5. Comprimento de raízes primárias cm/plântula⁻¹ de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl. São Luís - MA, 2019.

Genótipos	Solução NaCl (mM)				
	0	100	200	300	400
1	4.25 c	3.36 d	3.34 a	0.55 a	-
2	6.15 a	5.19 b	1.43 d	0.90 a	-
3	2.31 e	5.09 b	1.44 d	0.54 a	-
4	5.37 b	4.62 c	1.98 c	0.54 a	-
5	3.08 d	3.93 c	2.86 b	0.80 a	-
6	3.54 d	4.18 c	1.82 c	0.55 a	-
7	5.29 b	4.84 b	2.78 b	0.62 a	-
8	4.11 c	5.86 b	1.27 d	-	-
9	3.20 d	5.70 b	0.99 d	0.57 a	-
10	3.94 c	5.47 b	1.77 c	0.66 a	-
11	4.45 c	6.67 a	2.90 b	0.62 a	-
12	3.41 d	3.15 d	1.20 d	-	-
13	3.21 d	3.14 d	0.96 d	-	-
14	3.26 d	2.95 d	0.77 d	-	-
15	4.24 c	4.15 c	1.89 c	-	-
CV (%) = 17.13					

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

O estresse salino pode afetar a germinação por inibir a captação de água e/ou pelo acúmulo dos íons Na⁺ e Cl⁻, sendo estes efeitos negativos atenuados pela ligação destes íons as reservas de amido da semente. Este mecanismo vegetal atua no controle do ajuste osmótico utilizando solutos orgânicos. Por isso, exige provavelmente uma intensiva demanda energética, que pode comprometer o crescimento das plântulas pela indisponibilidade de recursos metabólicos, ou seja, açúcares. Desta forma, pode-se supor que a tolerância metabólica ao NaCl seria mais importante nas sementes com boas quantidades de reservas, sendo as sementes com limitadas reservas de carboidratos menos tolerantes ao estresse salino (FLOWERS e COLMER, 2015).

Outro fator que afeta o desenvolvimento das plântulas, ao final do processo germinativo, ocorre com a emissão da radícula, que é a primeira estrutura da semente a emergir durante a germinação. Neste momento, ocorre a exposição do protoplasma celular a concentrações excessivas de Na⁺ e Cl⁻ diluídos na água do substrato que envolve a zona da radícula, cujo efeito tóxico favorece a redução das taxas de alongamento da raiz e parte aérea das plântulas (FAROOQ et al., 2017). Estudos sobre a germinação de sementes, relataram que o excesso de Na⁺ é

frequentemente considerado responsável pelas reduções no vigor avaliado pelo crescimento de plântulas sob condições salinas. Enquanto o aumento da concentração intracelular de íons de Cl^- pode restringir o metabolismo da divisão e estágios de expansão das células (KESHAVARZI et al., 2011).

Estudos posteriores devem ser realizados para o ajuste de metodologias relacionadas à seleção de linhagens e/ou variedades de arroz resistentes ao estresse salino e, que sejam adaptadas ao uso de água e/ou solos salinos do Nordeste brasileiro.

5. CONCLUSÕES

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 Genótipos de sementes de arroz, fornecendo informações suficientes para a classificação dos Genótipos quanto ao nível de vigor;

Os genótipos de arroz respondem de maneira diferenciada ao estresse salino, sendo o lote 2 o genótipo mais tolerante a salinidade, quando avaliado pelo potencial fisiológico das sementes, até o limite de concentração 100 mM de NaCl.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, L. G. H. et al. Vazão retirada e consumo efetivo de água em diferentes sistemas de irrigação do arroz. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 3, p. 178-192, 2005.
- AMORIN, A. V. et al. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 113-121, 2010.
- BARBIERI, A. P. P. et al. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 616 - 625, 2011.
- BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- BRASIL. **Padrões para produção e comercialização de sementes de arroz**. Brasília: MAPA, Instrução Normativa Nº 45, n. 183, 2013. 6p.
- CARMONA, F. C. **Salinidade da água do solo e sua influência sobre o arroz irrigado**. 2011. 132f. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A cultura do arroz**. Brasília: Conab, 2015. 180p.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento Grãos da Safra Brasileira**: Sétimo levantamento, abril de 2018 – safra 2017/2018: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento Grãos da Safra Brasileira**: Quinto levantamento, fevereiro de 2019 – safra 2018/2019: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 25 fev. 2019.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.
- DJANAGUIRAMAN, M.; RAMADASS, R.; DEVI, D. D. Effect of salt stress on germination and seedling growth in rice genotypes. **The Madras Agricultural Journal**. v. 90, n. 1/3, p. 50-53, 2003.
- FAROOQ, M. et al. Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in grain legumes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 118, n. 4, p. 199-217, 2017.
- FERRAZ JÚNIOR, A. S. L. **Arroz de sequeiro em aléias de leguminosas em solos de baixa fertilidade natural**. 2000. 128f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2000.
- FLOWERS, T. F.; COLMER, T. D. Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. **Annals of Botany**, v. 115, n. 3, p. 327-331, 2015.

GUIMARÃES, C. M; STONE, L. F; SILVA, A. C. L. Evapotranspiration and grain yield of upland rice as affected by water deficit. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 441-446, 2016.

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

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 03 maio 2019.

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

INTERNACIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Seed vigour testing. **International Rules for Seed Testing**. Zurich: ISTA, 2014.

ISELY, D. Vigor tests. **Proceedings of association of official seed analysts**. v. 47, n. 1, p. 176-182, 1957.

JHA, D. et al. Variety on in salinity tolerance and shoots odium accumulation in *Arabidopsis Ecotypes* linked to differences in the natural expression levels of transporters involved in sodium transport. **Plant, Cell & Environment**, v. 33, n. 5, p. 797-804, 2010.

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.

KESHAVARZI, A., F. et al. Modeling of soil cation exchange capacity based on fuzzy table look-up scheme and artificial neural network approach. **Modern Applied Science**, v. 5, n. 1, p. 153-164, 2011.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap. 1, p. 1-21, 1999.

LIMA, M. G. S. et al. Estresse salino em sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p.54-61, 2005.

LIN, J. et al. Germination responses of ryegrass (annual vs. perennial) seed to the interactive effects of temperature and salt-alkali stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 1458, n. 9, p. 1-10, 2018.

MACHADO, E. C. Trocas gasosas e relações hídricas em dois cultivares de arroz sequeiro, submetidos a deficiência hídrica, em diferentes fases do crescimento vegetativo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 8, n. 2, p. 139-147, 1996.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 76-177, 1962.

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

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015a.

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

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.

MARTINS, C. C.; PEREIRA, M. R. R.; LOPES, M. T. G. Germination of eucalyptus seeds under water and salt stress. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 318-329, 2014.

McDONALD, M. B. The history of seed vigour testing. **Journal of Seed Technology**, v. 17, n. 2, p. 93-100, 1993.

MELO, P. A. F. R. et al. Substrates and temperatures in the germination of *Eriothecagrácilipes* seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 303-309, 2017.

MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 219- 226, 2003.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops - what is the cost?. **New Phytologist**, v. 208, n. 3, p. 668-73, 2015.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 2:1- 2:21. 1999.

OLIVO, M. **Germinação e vigor em genótipos de trigo sob estresse salino e déficit hídrico**. 2013. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

PEDÓ, T. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja semeadas em diferentes épocas de safrinha. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 10, n. 2, p. 29-32, 2016.

PEDROTTI, A. et al. Causas e consequências do processo de salinização. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

PEREIRA, F. E. C. B. et al. Saline stress and temperatures on germination and vigor of *Piptadenia moniliformis* Benth. Seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 7, p. 649-653, 2016.

- RANGEL, P. H. N. et al. Ganhos na produtividade de grãos pelo melhoramento genético do arroz irrigado no meio-norte do Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1595-1604, 2000.
- REHMAN, M. S.; HARIS, P. J. C.; ASHRAF, M. Stress environments and their impact on crop production. In: Ashraf M, Harris PJC (eds.) **Abiotic stress plant resistance through breeding and molecular approaches**. Food Products Press, 2005.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, 1954. 160p.
- RICHARDS, L. A. **Suelos salinos y sodicos**. México: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, 1980. 171p.
- ROSA, L. S. et al. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Baill (timbó). **Cerne**, v. 11, n. 3, p. 306-314, 2005.
- ROSSO, A. F. **Caracterização genética e fenotípica para tolerância ao frio e características gronômicas do arroz irrigado**. 2006. 98f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- SAGRIMA. Secretaria de Agricultura Pecuária e Pesca. **1º Boletim do perfil da agricultura maranhense**. São Luís, 2016. p. 18.
- SAITO, K.; ASAI, H.; ZHAO, D.; LABORTE, A. G.; GRENIER, C. Progress in varietal improvement for increasing upland rice productivity in the tropics. **Plant Production Science**, v. 21, n. 3, p. 145-158, 2018.
- SANTOS, A. A. et al. Antioxidant response of cowpea co-inoculated with plant growth-promoting bacteria under salt stress. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 49, n. 3, p. 513-521, 2018.
- SENA, D. V. A.; ALVES, E. U.; MEDEIROS, D. S. Vigor de sementes de milho cv. 'Sertanejo' por testes baseados no desempenho de plântulas. **Ciência Rural**, v. 45, n. 11, p. 1910-1916, 2015.
- SHARF, A. F. Correlation of germination data of corn and soybean seed lots under laboratory, greenhouse, and field conditions. **Proceedings of the Association of Seed Analysts**, v. 43, n. 4, p. 127-130, 1953.
- SHRIVASTAVA, P.; KUMAR, R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 22, n. 2, p. 123-131, 2015.
- SILVA, R. C; GRZYBOWSKI, C. R. S; PANOBIANCO, M. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 491-499, 2016.

- SOARES, M. M. et al. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 370-378, 2015.
- VALLADARES, G. S. Caracterização química e granulométrica de solos do Golfão maranhense. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 923-934, 2009.
- VAUGHAN, D. A. et al. On the phylogeny and biogeography of the genus *Oryza*. **Breeding Science**. v. 55, n. 2, p. 113-122, 2005.
- VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio da Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, cap. 23, p. 869-900, 2006.
- VILLELA, F. A; FILHO, L. D.; SEQUEIRA, 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.
- WALTER, M; MARCHEZAN, E; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p.1184-1192, 2008.
- WRASSE, C. F. et al. Testes de vigor para sementes de arroz e sua relação com o comportamento de hidratação de sementes e a emergência de plântulas. **Científica**, v. 37, n. 2, p. 107-114, 2009.
- WOODSTOCK, L. W. Seed vigor. **Seed World**, v. 97, n. 3, p. 6, 1965.
- 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 hydrotime model parameters for the halophyte, *Chloris virgata*, and the glycophyte, *Digitariasanguinalis*. **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.
- ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 53, n. 1, p. 247-273, 2002.