



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS-CCA**  
**ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**EUZY WESTERLEYA ROCHA SOUSA**

**DESENVOLVIMENTO DE GENÓTIPOS DE SORGO EM CONDIÇÕES DE**  
**ALAGAMENTO**

Imperatriz - MA

2024

**EUZY WESTERLEYA ROCHA SOUSA**

**DESENVOLVIMENTO DE GENÓTIPOS DE SORGO EM CONDIÇÕES DE  
ALAGAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Estadual da Região Tocantina do  
Maranhão como requisito básico para a conclusão do  
Curso de Engenharia Agrônômica.

**Orientadora:**

Profa. Dra. Anatórcia Ferreira Alves

Imperatriz - MA

2024

S725d

Sousa, Euzy Westerleya Rocha

Desenvolvimento de genótipos de sorgo em condições de alagamento. / Euzy Westerleya Rocha Sousa. – Imperatriz, MA, 2024.

37 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2024.

1. Sorghum bicolor L.. 2. Moench. 3. Estresse hídrico.4 Melhoramento 5. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 664.788

## DESENVOLVIMENTO DE GENÓTIPOS DE SORGO EM CONDIÇÕES DE ALAGAMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Estadual da Região Tocantina do  
Maranhão como requisito básico para a conclusão do  
Curso de Engenharia Agrônoma.

Data de aprovação: 09/08/2024

### Banca Examinadora



Prof. Dra. Anatercia Ferreira Alves

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão



Prof. Dra. Cleonilde da Conceição Silva Queiroz

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão



Prof. Ma. Potiára Oliveira Diniz

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

*Dedico a minha mãe Elza Maria e meu esposo Jairo Rodrigues, por toda confiança e apoio. Que sempre estiveram ao meu lado nessa jornada.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por ter me guiado e iluminado os meus caminhos.

À minha mãe Elza Maria Rocha pela inspiração, força e apoio durante toda a minha vida.

À minha orientadora Anatórcia Alves pelo incentivo, orientação, apoio e oportunidade de realizar esse trabalho.

À meu marido Jairo Rodrigues da Silva, por sua companhia, carinho, amor e compreensão em cada momento.

Às minhas melhores amigas Natalia e Nycolly pela amizade, carinho e conselhos nos momentos que precisei. Aos meus amigos da Agronomia Eduardo, Victor, Acassio, Antonio e Lorena pela amizade e companheirismo durante a graduação.

“Só se pode alcançar um grande êxito quando  
nós mantemos fiéis a nós mesmos”

Friendrich Nietzsche

## RESUMO

A cultura sorgo vem apresentando grande importância na alimentação animal no Brasil. No Maranhão o cultivo do sorgo demonstra tendência de crescimento, sendo implantado como segunda safra, após a colheita da soja, estimulada para o consumo do produto como uma alternativa ao substituir o milho nas rações. O estresse hídrico é um dos fatores abióticos limitantes para o desenvolvimento inicial vegetativo das culturas. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar genótipos de sorgo tolerantes a diferentes condições de alagamento em desenvolvimento inicial. O experimento foi realizado com delineamento inteiramente casualizado, composto de quatro genótipos de sorgo e quatro tratamentos de alagamento em três repetições. A semeadura foi realizada com as sementes submersas em copos plásticos contendo 100 ml de água destilada, com 50 sementes em cada copo. Sendo as sementes submersas por 24 horas, 48 horas e 72 horas, e o controle (sementes distribuídas em gerbox, com papel germitest, durante 72 horas). Após esse período as sementes foram transferidas para a casa de vegetação. Foram analisados os parâmetros, após 45 dias: medição do comprimento da parte aérea e raízes, diâmetro do caule, número de folhas e determinação do peso da massa fresca e massa seca. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de significância. O resultado demonstra que o período de sementes de sorgo submersas por 24 horas e controle no desenvolvimento inicial foi mais eficiente. O tratamento por 48 horas tem a menor média para as características. Os genótipos XS9343 e EA955 são mais tolerantes as condições de alagamento, seguidas pelos genótipos 84G05 e 50A60.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* L. Moench. Estresse hídrico.; Melhoramento.

## ABSTRACT

The cultivation of sorghum has gained significant importance in animal feed in Brazil. In Maranhão, sorghum cultivation shows a growth trend, being planted as a second crop after the soybean harvest, encouraged for product consumption as an alternative to replace corn in feed. Water stress is one of the abiotic factors limiting the initial vegetative development of crops. Thus, the objective of this study was to identify sorghum genotypes tolerant to different flooding conditions during initial development. The experiment was conducted in a completely randomized design, consisting of four sorghum genotypes and four flooding treatments with three repetitions. Sowing was carried out with seeds submerged in plastic cups containing 100 ml of distilled water, with 50 seeds in each cup. The seeds were submerged for 24 hours, 48 hours, and 72 hours, with a control (seeds distributed in a germination box with germitest paper for 72 hours). After this period, the seeds were transferred to a greenhouse. The parameters analyzed after 45 days included the measurement of shoot and root length, stem diameter, number of leaves, and determination of fresh and dry biomass weight. The results were subjected to analysis of variance, and the means were compared using Tukey's test at 5% significance. The results demonstrate that the sorghum seeds submerged for 24 hours and the control during initial development. The 48-hour treatment had the lowest average for the characteristics. The genotypes XS9343 and EA955 were more tolerant to flooding conditions, followed by the genotypes 84G05 and 50A60.

Keywords: *Sorghum bicolor* L. Moench.; Water stress.; Breeding

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resultado da interação Genótipos x Tratamentos para comprimento da parte aérea (A) e comprimento da raiz (B), Imperatriz – MA, 2023 .....	23
Figura 2 - Resultado da interação Genótipos x Tratamento para diâmetro do caule do caule (A) e número de folhas (B), Imperatriz, 2023 .....	23
Figura 3 - Resultado da interação Genótipos x Tratamento para peso fresco da parte aérea (A), peso seco da parte aérea (B), peso fresco da raiz (C) e peso seco da raiz (D), Imperatriz, 2023.....	24
Figura 4 - Início do experimento .....	36
Figura 5 - Desenvolvimento do experimento em casa de vegetação .....	36
Figura 6 - Experimento em desenvolvimento .....	36
Figura 7 - Avaliação das plantas coletadas .....	36

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Resumo de análise de variância para comprimento da parte aérea (CPAE), comprimento da raiz (CRA), diâmetro do caule (DCAU), número de folhas (NFOL), peso fresco da parte aérea (PFA), peso fresco da raiz (PFR), peso seco parte aérea (PSA) e peso seco da raiz (PSR) de genótipos de sorgo em condições de alagamento..... 21
- Tabela 2 - Dados médios de número do comprimento da parte aérea (CPAE), comprimento da raiz (CRA), diâmetro do caule (DCAU), número de folhas (NFOL), peso fresco aérea (PFA), peso fresco da raiz (PFR), peso seco aérea (PSA) e peso seco da raiz (PSR) em relação aos tratamentos de genótipos de sorgo..... 22
- Tabela 3 - Dados médios de comprimento da parte aérea (CPAE), comprimento da raiz (CRA), parte fresca aérea (PFA), parte fresca da raiz (PFR), parte seca aérea (PSA) e parte seca da raiz (PSR) dos genótipos de sorgo em condições de alagamento ..... 22

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1 Cultura do sorgo</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2 Importância do sorgo no Brasil</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3 Clima e solo</b> .....	<b>16</b>
<b>2.4 Sistema de produção</b> .....	<b>17</b>
<b>2.5 Melhoramento genético</b> .....	<b>19</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>21</b>
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>30</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma espécie adaptada a ambientes secos e quentes, podendo ser cultivado para a produção de grãos (sorgo granífero) e produção de forragem na forma de feno, silagem, corte verde e pastejo direto (sorgo forrageiro) (Borém *et al.*, 2014). Pode ser uma opção mais viável do que o milho para cultivo em face de sua maior adaptabilidade às condições edafoclimáticas e por possuir boa representatividade no mercado de rações voltadas para a criação animal, sendo alternativa para a o milho (Tabosa, 2020).

Andrade Neto *et al.* (2010) afirmaram que se trata de uma planta que possui boa capacidade fotossintética adaptada as mais variadas condições de fertilidade do solo, sendo mais tolerante do que o milho a altas temperaturas e déficit hídrico, razão pela qual é cultivado em ampla faixa de latitudes, mesmo em regiões com temperaturas elevadas, secas ou onde ocorrem veranicos.

A cultura do sorgo apresenta uma gama de utilidades desde a produção de grãos até a produção de combustível (Menezes, 2021). Os genótipos de sorgo atualmente comercializados para plantio no Maranhão foram desenvolvidos para outras regiões do País e são na sua maioria híbridos. O uso desses materiais, sem uma avaliação do seu comportamento nas condições da região quanto ao clima, resistências, tolerâncias e outras adversidades, apresenta resultados não satisfatórios.

De acordo com a CONAB (2024) a cultura do sorgo na safra 2023/2024 apresenta um incremento na área semeada que foi de 1,5 mil hectares para produção, com um resultado maior que a safra anterior. A produção está estimada em 5 mil toneladas. Nos Estados do Nordeste a produção de sorgo é destinada para as granjas. No Maranhão a colheita do sorgo ocorre entre julho e agosto.

A submersão e o alagamento no campo são estresses abióticos que prejudicam a emergência e desenvolvimento das plantas, aliado aos outros fatores como a salinidade, déficit hídrico e temperatura elevada compõe os principais determinantes para uma distribuição adequada das diferentes espécies vegetais (Gazola, 2014).

Em regiões de solos sujeitos a compactação, alto nível pluvial, pouca drenagem e irrigação inadequada, podem apresentar problemas como a hipoxia ou anoxia no ambiente radicular. Que apresenta um desenvolvimento inadequado as plantas, comprometendo seu crescimento vegetativo e reprodutivo, que dependendo da duração em ambiente com baixo nível de oxigênio pode leva-las a morte (Alves, 2002).

Segundo Santos e Tardin (2007), o uso de cultivares adaptadas aos sistemas de produção, com planejamento e manejo adequado, constituem fatores de grande relevância para a obtenção de rendimentos elevados, para a expansão da cultura. Sendo decorrentes de estudos necessários para a investigação do desempenho de genótipos capazes de se adaptarem às condições ambientais adversas e na redução de perdas de produtividade, em decorrência dos períodos de alagamento, pois um dos fatores que mais limita a difusão do cultivo do sorgo no Nordeste é o desconhecimento de genótipos adaptados às diferentes condições do Estado.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo identificar os genótipos de sorgo tolerantes a condições de alagamento e verificar seu desenvolvimento em casa de vegetação após este estresse inicial.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura do sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) pertencente à família Poaceae, é uma planta originária da região tropical da África e partes da Ásia, sendo domesticado provavelmente na Etiópia cerca de 5.000 anos atrás, expandindo-se pela África Ocidental (Queiroz et al., 2021). É uma cultura altamente valorizada na sua região de origem, principalmente como alimento humano, sendo considerado o quinto cereal mais cultivado no mundo (Tabosa et al., 2019; FAO, 2020).

A dispersão global do sorgo ocorreu principalmente através das rotas comerciais, chegando ao Oriente Médio, China, Estados Unidos, América Latina e Austrália (Coelho, 2010). Introduzido nas Américas no século XIX, chegou ao Brasil pelos escravos, onde era conhecido como milho da Angola. No Brasil, a propagação do sorgo começou na década de 1970, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia e Paraná (Tabosa, 2020; Rosa, 2012).

O sorgo é uma planta autógama, com baixo índice de fecundação cruzada, possuindo metabolismo C4 e resposta ao fotoperíodo de dias curtos. É uma cultura anual, mas alguns híbridos podem ser semi-perenes devido à sua alta capacidade de rebrotas, permitindo vários cortes durante um período (EMBRAPA, 2022). Segundo Tabosa (2020) é adaptada a regiões secas e semiáridas, sendo particularmente resistente a períodos de seca, o que a torna importante em áreas do semiárido brasileiro onde outras culturas anuais enfrentam dificuldades climáticas.

É uma planta que possui colmo ereto, folhas alternadas e uma inflorescência chamada panícula. Com variação na altura entre 40 cm a 5 metros, dependendo do tipo e das condições de cultivo (Silva et al., 2021; Almeida, 2019). O sorgo possui um sistema radicular profundo, fibroso e bem desenvolvido, alcançando até 1,50 metros de profundidade e 2,0 metros de largura, o que permite uma eficiente absorção de água e nutrientes da solução do solo, especialmente em condições adversas (Magalhães et al., 2003; Almeida, 2019).

O sorgo é uma das espécies mais versáteis e eficientes por conta de sua resistência a estresses ambientais e capacidade de recuperação após períodos de seca. As folhas tem um bom sistema de transpiração, onde enrolam-se para evitar e reduzir a perda de água e a planta pode desacelerar seu metabolismo em condições adversas, recuperando-se rapidamente quando o estresse é aliviado (Hausmann et al., 2012; Sans et al., 2003).

A diferenciação floral do sorgo é influenciada pelo fotoperíodo e pela temperatura. Durante a fase crítica de diferenciação da panícula e espiguetas, qualquer estresse pode afetar significativamente o rendimento da cultura. Os genótipos com ciclos tardios tendem a ser mais produtivos devido a um período vegetativo mais longo, mas a busca por genótipos precoces é válida para minimizar a exposição ao estresse hídrico (Magalhães, Souza e Schafferth, 2015; Almeida filho et al., 2014).

Em relação ao desenvolvimento da cultura, o sorgo apresenta o ciclo em três fases. A fase Vegetativa (EC1), que compreende desde a germinação até a iniciação da panícula. É crucial para o estabelecimento inicial das plantas. Enquanto que a fase reprodutiva (EC2), da iniciação da panícula até o florescimento, envolvendo vários processos importantes para o desenvolvimento da área foliar e do sistema radicular. Na fase de maturação dos grãos (EC3), o foco é o enchimento dos grãos, que é diretamente influenciado pela fotossíntese e pelo particionamento de fotoassimilados (Pereira filho e Rodrigues, 2015). O rendimento final do sorgo depende da duração do período de enchimento dos grãos e da taxa de acumulação diária de matéria seca (Magalhães et al., 2008; Pinho et al., 2014).

## **2.2 Importância do sorgo no Brasil**

A cultura do sorgo demonstra considerada expansão agrícola nos últimos anos. Por ser uma planta com características xerófita, caracterizada por um sistema radicular fibroso que reduz a perda de água, permitindo sua adaptação a diversas regiões do Brasil, como o Sul, Centro-Oeste e semiárido do Nordeste, mostrando alto potencial produtivo em condições variadas (Neumann et al., 2005; Pereira et al., 2011; Santos et al., 2020). Globalmente, o Brasil ocupa a nona posição na produção de sorgo, com 2,25 milhões de toneladas na safra de 2019/20, enquanto os Estados Unidos lideram com 8,67 milhões de toneladas (Eicholz, 2020).

Nos países ocidentais, como Estados Unidos, Austrália e Brasil, o sorgo é cultivado principalmente para produção de ração para animais (Pereira filho e Rodrigues, 2015). No Brasil, a produção intensificou-se desde a década de 1970, sendo destinado principalmente para grãos e forragem, cultivado na safrinha. É utilizado como cobertura verde, rotação de culturas e fornecimento de palhada para o sistema de plantio direto (Jardim et al., 2020; Silva et al., 2018).

A produção aqui no país é majoritariamente consumida na alimentação animal, podendo substituir o milho nas rações, sem comprometer o desempenho, especialmente em frangos de corte (Landau, 2020; Carvalho et al., 2015). O cultivo da cultura tem crescido no Brasil devido

à sua versatilidade e adaptação a condições desfavoráveis, como secas e solos de baixa fertilidade (IBGE, 2022). A produção é consumida em grande parte na alimentação animal, com consumo humano incipiente (Duarte, 2015).

O sorgo é uma excelente opção para a segunda safra, sendo mais tolerante ao estresse hídrico que outras culturas, como o milho (Menezes, 2015). O sorgo granífero é cultivado em cerca de 40 milhões de hectares no mundo, atrás somente do milho, trigo, arroz e cevada (Tabosa, 2020). No Maranhão, a cultura é cultivada principalmente após a colheita da soja no sul do estado, como segunda safra. Na safra atual o sorgo teve o plantio em março, com previsão da colheita entre julho e agosto (CONAB, 2024).

Para a safra 2023/24, a área destinada ao sorgo no Brasil é de 1,5 mil de hectares, com uma produção esperada de 5,0 mil de toneladas. Em decorrência das condições climáticas desfavoráveis ao milho, registrou-se um aumento significativo da área, em 46% em comparação com a safra anterior (CONAB, 2024). O estado do Goiás continua sendo o principal produtor, concentrando a produção da cultura no país, devido à sua importância em regiões com escassez de água, onde o sorgo é preferido ao milho (Menezes et al., 2021).

### **2.3 Clima e solo**

Segundo Tabosa (2020) sorgo é considerado uma planta com características xerófila, tolerante a altas temperaturas e períodos secos, que aliado ao estresse hídrico sua taxa de crescimento diminui, especialmente no Nordeste do Brasil. É uma cultura que requer temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento, tolerando melhor a escassez de água e o excesso de umidade no solo do que outros cereais. O sorgo forrageiro, granífero e sacarino podem ser cultivados em diversas condições de solo e clima, com desenvolvimento ideal em temperaturas médias de 26°C e precipitação pluvial de cerca de 550 mm durante seu ciclo de quatro meses (Tabosa et al., 2013; Sans, Morais e Guimarães, 2003).

A temperatura ótima para o crescimento do sorgo está em torno de 29°C e 33°C, com uma produtividade severamente diminuída acima de 38°C ou abaixo de 16°C. Sendo uma planta mais tolerante a altas temperaturas e menos tolerante a temperaturas baixas em comparação ao milho. A baixa temperatura afeta principalmente o desenvolvimento da panícula devido à esterilidade das espiguetas (Landau e Sans, 2015; Magalhães, Souza e Schafferth, 2015). É cultivado principalmente em locais com precipitação anual entre 380 e 600 mm, possuindo mecanismos eficientes para tolerar a seca (Ribas, 2003).

O sorgo consome 30-50% menos água e insumos químicos em comparação ao milho, demonstrando maior resistência ao estresse ambiental. Sua capacidade de interromper seu desenvolvimento e esperar por melhores condições de precipitação o faz mais indicado para regiões com chuvas irregulares e sucessão de culturas de verão (Souza et al., 2020). Além disso, o sorgo possui uma raiz profunda e eficiente na exploração do solo, mostrando capacidade de recuperação após períodos de seca (Magalhães, Souza e Schafferth, 2015).

A Embrapa Milho e Sorgo realiza pesquisas para desenvolver cultivares com alto rendimento e tolerância a estresses climáticos. O melhoramento genético por meio de cruzamentos biparentais, resultando em variedades adaptadas às condições naturais das regiões produtoras (Embrapa, 2010; Santos et al., 2005). Com alta adaptabilidade a diversos climas e solos, o sorgo pode se expandir em áreas com distribuição irregular de chuvas, sendo cultivado principalmente depois da colheita da soja (Tardin, 2008).

É uma cultura cultivada em solos de diversas texturas, de argilosos a arenosos, com preferência por solos bem preparados, ricos em matéria orgânica e com pH entre 5,5 e 6,5. Solos mal drenados são desfavoráveis para o sorgo (Landau e Sans, 2015; Embrapa, 2022). O período de semeadura deve considerar as condições edafoclimáticas e os híbridos disponíveis para maximizar a produtividade e atender aos objetivos dos agricultores (Castro, 2014).

## **2.4 Sistema de produção**

De acordo com Tabosa (2020) é uma cultura versátil que oferece múltiplos benefícios, desde suas características de resistência a secas, a produção de ração e alimentação animal, até a geração de energia. É explorado comercialmente cinco tipos de sorgo: granífero, forrageiro, sacarino, biomassa e vassoura. Além disso, existem as plantas de duplo propósito, com o sorgo sendo explorado em mais de um produto.

O sorgo granífero é cultivado principalmente na produção de grãos para fabricação de ração para alimentação de aves, suínos e bovinos. Por ser uma excelente fonte de proteína e energia. Na alimentação humana é utilizado na produção de farinhas, bebidas, mingaus e alimentos infantis, sendo uma das principais fonte de alimento para a população da África e Asia (Duarte, 2021). Apresenta porte baixo, com menos de 1,7 metros, produz uma panícula (cacho) onde se localiza os grãos. Podendo a planta ser utilizada como feno e pastejo após a colheita do grão.

O forrageiro possui grande versatilidade como feno, silagem ou como pastejo direto. É ideal para produção de forragem em áreas do semiárido, devido sua melhor adaptação as

condições ambientais em comparação com o milho. A planta possui porte alto podendo chegar a altura superior a três metros, tendo ótima produção de massa verde. O tipo sacarino sendo rico em açúcares, com colmos doces e suculentos, ideal para a produção de etanol e também como forrageiro. O sorgo biomassa possui alto potencial produtivo sendo uma ótima alternativa para geração de bioenergia e o tipo vassoura utilizado na fabricação de vassouras e produtos artesanais (Pereira filho e Rodrigues, 2015; Almeida et al., 2019).

O sorgo granífero é especialmente valioso como uma fonte de energia e proteína, adaptando-se bem a regiões com clima seco e temperaturas elevadas. Ele cresce melhor em temperaturas entre 16 e 38°C e requer precipitação anual entre 375 e 625 mm (Ribas, 2003). Além disso, suas características fenotípicas facilitam o plantio, manejo, colheita e armazenamento, e a sua alta concentração de carboidratos solúveis é benéfica para a fermentação láctica na produção de silagem (Neumann et al., 2002).

O sorgo granífero é principalmente cultivado para a rotação com outras culturas, como a soja, para promover a saúde do solo e controlar pragas e doenças. A integração agricultura-pecuária também oferece benefícios adicionais, como a produção de alimento para o rebanho durante períodos secos (Ribas et al., 2014).

A produção da cultura envolve práticas de plantio manual ou com plantadeiras, com recomendações específicas para espaçamento e densidade de plantas. O espaçamento ideal para o sorgo forrageiro e de duplo propósito é de 80 cm entre fileiras, enquanto para o sorgo de porte médio é recomendado um espaçamento de 50 cm (Mantovani e Ribas, 2015). A densidade de plantio varia conforme a finalidade do sorgo, com recomendações específicas para maximizar a produtividade e minimizar os problemas como o acamamento. A época de plantio deve coincidir com o início da estação chuvosa, e o manejo deve considerar o zoneamento agroecológico local para otimizar a produção (Ribas et al., 2014).

A adubação do sorgo é realizada conforme as análises de solo, aplicando calcário e fertilizantes conforme a necessidade da cultura. A adubação de fundo deve incluir fósforo e potássio, e a de cobertura nitrogênio, para maximizar o rendimento (Ribas et al., 2014). A presença de doenças como antracnose, míldio e ferrugem pode limitar a produção, exigindo monitoramento e controle adequado (Cota, 2010).

Em termos de irrigação, o sorgo pode ser cultivado com métodos como irrigação por superfície e aspersão. A irrigação por sulcos é comum em pequenas propriedades do semiárido devido ao baixo custo, enquanto a irrigação por aspersão, que imita a chuva, pode ser afetada por fatores climáticos como vento e umidade (Bernardo; Soares; Mantovani, 2006; Frizzone, 2007).

A produção e manejo do sorgo exigem atenção a diversos fatores, incluindo a preparação do solo, controle de pragas e doenças, e uso eficiente da água. A escolha do método de irrigação deve levar em conta as características locais para garantir a eficiência e a sustentabilidade da produção (Bernardo; Soares; Mantovani, 2006).

## **2.5 Melhoramento genético**

Na cultura do sorgo o melhoramento genético no Brasil envolve a junção de estratégias, com o objetivo de adaptar a planta às condições adversas e desafios que abrange o estresse hídrico e a variabilidade climática. Criando populações adaptadas aos fatores abióticos, na melhoria da qualidade nutricional dos grãos, essencial para alimentação animal e humana. Bem como aumentar a demanda por fontes alternativas de proteína (Menezes, 2021).

O uso de tecnologias modernas de melhoramento são fundamentais para cultivar um sorgo de alta performance, ao proporcionar segurança alimentar e sustentabilidade agrícola em varias regiões do país. Os híbridos de sorgo no mercado brasileiro se destacam pelo alto rendimento de grãos em comparação com variedades tradicionais, porte da planta e ciclo de maturação (Embrapa, 2022).

O desenvolvimento de cultivares adaptadas no Nordeste é imprescindível para aumentar a produtividade. Utilizando os híbridos de ciclo curto no plantio de segunda safra, por apresentares o ciclo de maturação mais rápido, o que permite um melhor desempenho as condições adversas da região (Duarte, 2021).

As pesquisas de melhoramento genético do sorgo com foco nos estresses abióticos é um dos maiores desafios para a produção, em especial ao estresse hídrico, mesmo sendo naturalmente mais resistente a seca em comparação a outros cereais. No Brasil as pesquisas envolvem o desenvolvimento de cultivares tolerantes a solos ácidos e salinos, alagados e outras condições agroecológicas, em especial na região do Matopiba (Silva et al., 2021).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), em Imperatriz, Maranhão (Latitude Sul 5°31'32" e Longitude Oeste 47°26'35"), no ano de 2023.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 4x4, consistindo de quatro genótipos de sorgo (50A60, 84G05, XS9343 e EA955) e quatro tratamentos de alagamento (controle, 24 horas, 48 horas e 72 horas). Cada tratamento composto por três repetições.

Inicialmente, as sementes de sorgo granífero foram imersas em uma solução de hipoclorito de sódio (NaCl) a 2% em cloro ativo, e após 5,0 min, lavadas com água para retirar os resíduos da solução. Após a sanitização as sementes foram submersas em copos plásticos contendo 100 ml de água destilada, com 50 sementes em cada copo. Sendo o Tratamento 1 (sementes submersas por 24 horas); Tratamento 2 (sementes submersas por 48 horas); Tratamento 3 (sementes submersas por 72 horas) e o controle (sementes distribuídas em gerbox com papel germitest e umedecidas conforme as recomendações de RAS, durante 72 horas). E acondicionadas em câmara de germinação tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand ou Demanda Bioquímica de Oxigênio), à temperatura de 25°C, sendo a água trocada a cada 24 horas (Figura 4).

Após esse período de alagamento em cada tratamento, as sementes foram plantadas em bandejas utilizando-se substrato Carolina Soil. As bandejas ficaram em viveiro com irrigação duas vezes ao dia, manhã e tarde, permanecendo por 15 dias para melhor adaptação (Figura 5). Depois as plantas foram transferidas para sacos plásticos de 30 cm x 30 cm preenchidos com solo, colocando-se 2 mudas em cada saco, distribuídas em duas covas. Permanecendo durante 30 dias (Figura 6) e realizada a coleta do material vegetal e avaliação dos seguintes parâmetros: Comprimento da parte aérea, comprimento das raízes, diâmetro do caule, número de folhas, massa fresca e massa seca da parte aérea e das raízes (Figura 7).

O material coletado foi colocado em estufa de secagem com circulação forçada de ar, regulada à temperatura de 60±2 °C, por um período de 72 horas. Em seguida, realizada a pesagem do material. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos que apresentaram diferença significativa comparadas através do teste de Tukey a 5% de significância, realizada com a utilização do programa de estatística GENES (Cruz, 2016).

## 4 RESULTADOS

O resumo da análise de variância (Tabela 1) mostra que houve diferença significativa na fonte de variação ‘Genótipo’ e a interação Genótipos x Tratamentos com diferença significativa para comprimento da parte aérea e diâmetro do caule. Para fonte de variação Tratamentos não houve diferença significativa entre as variáveis. Indicando que pelo menos um dos tratamentos diferiu estaticamente dos demais, dentro das características analisadas.

**Tabela 1:** Resumo de análise de variância de comprimento da parte aérea (CPAE), comprimento da raiz (CRA), diâmetro do caule (DCAU), número de folhas (NFOL), peso fresco da parte aérea (PFA), peso fresco da raiz (PFR), peso seco parte aérea (PSA) e peso seco da raiz (PSR) de genótipos de sorgo em condições de alagamento.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios							
		CPAE	CRA	DCAU	NFOL	PFA	PFR	PSA	PSR
Genótipos(G)	3	451,811**	17,014 <sup>NS</sup>	0,163*	1,588 <sup>NS</sup>	267,593 <sup>NS</sup>	36,834 <sup>NS</sup>	15,573 <sup>NS</sup>	1,111 <sup>NS</sup>
Tratamentos(T)	3	99,525 <sup>NS</sup>	67,055 <sup>NS</sup>	0,050 <sup>NS</sup>	0,880 <sup>NS</sup>	819,058 <sup>NS</sup>	16,223 <sup>NS</sup>	40,857 <sup>NS</sup>	1,043 <sup>NS</sup>
(G)x(T)	9	60,645*	31,282 <sup>NS</sup>	0,027**	1,454 <sup>NS</sup>	144,833 <sup>NS</sup>	12,106 <sup>NS</sup>	4,825 <sup>NS</sup>	0,661 <sup>NS</sup>
Erro médio	24	20,310	29,299	0,008	0,691	96,058	12,133	2,471	0,394
Média		92,14	25,04	0,58	6,57	41,45	6,06	7,53	1,788
CV(%)		4,89	21,62	15,25	12,65	23,65	57,47	20,87	35,11

\*, \*\* e <sup>NS</sup> (Significativo a 5%, a 1% e não significativo)

Na tabela 2 observa-se que os dados médios das variáveis avaliadas comparados ao tratamento de sementes submersas por 24 horas diferem dos tratamentos de 48 horas, 72 horas e controle. No comprimento da parte aérea as melhores médias foram para os tratamentos de 24 horas (95,00) e controle (94,09) e a o tratamento de 48 horas com o menor dado médio (88,91). Para diâmetro do caule e peso fresco da parte aérea obteve a melhor média no tratamento de 24 horas (0,66 e 51,74), seguidas pelo de 72 horas e controle, e com menor média no tratamento de 48 horas.

Para peso seco da parte aérea os tratamentos de sementes submersas por 24 horas (8,97) e 72 horas (9,03) apresentaram as melhores médias. Para os dados médios do comprimento da raiz, número de folhas, peso fresco da raiz e peso seco da raiz não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados (Tabela 2).

**Tabela 2:** Dados médios de número do comprimento da parte aérea (CPAE), comprimento da raiz (CRA), diâmetro do caule (DCAU), número de folhas (NFOL), peso fresco aérea (PFA), peso fresco da raiz (PFR), peso seco aérea (PSA) e peso seco da raiz (PSR) em relação aos tratamentos de genótipos de sorgo em condições de alagamento.

Tratamentos	CPAE	CRA	DCAU	NFOL	PFA	PFR	PSA	PSR
24 horas	95,00 a	27,04 a	0,66 a	6,54 a	51,74 a	6,59 a	8,97 a	1,82 a
48 horas	88,91 b	23,21 a	0,50 b	6,21 a	31,51 b	4,61 a	5,18 b	1,38 a
72 horas	90,57 ab	27,12 a	0,58 ab	6,71 a	41,42 ab	7,31 a	9,03 a	2,09 a
Controle	94,09 a	22,79 a	0,57 ab	6,83 a	41,12 ab	5,74 a	6,94 b	1,86 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Para os dados médios apresentados na Tabela 3, observa-se que para o comprimento da parte aérea o genótipo EA955 (101,21) destacou-se sob condições de alagamento. E em relação ao diâmetro do caule o genótipo EA955 (0,41) obteve a menor média entre os demais tratamentos. Para peso seco da parte aérea, o genótipo XS9343 (9,15) destacou-se com a melhor média. Enquanto para os parâmetros comprimento da raiz, número de folhas, peso fresco da parte aérea e da raiz, peso seco da raiz não houve diferença entre os genótipos analisados.

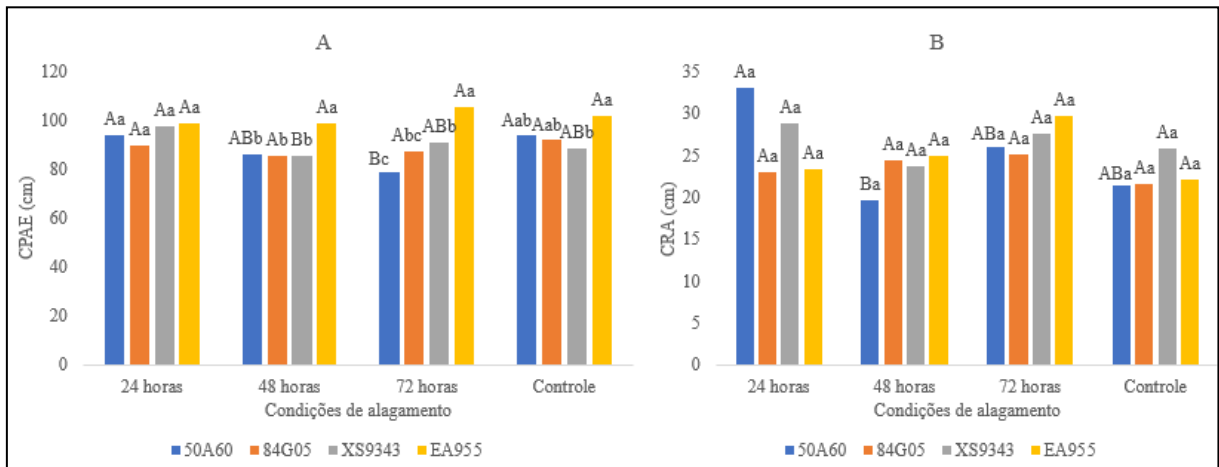
**Tabela 3:** Dados médios de comprimento da parte aérea (CPAE), comprimento da raiz (CRA), parte fresca aérea (PFA), parte fresca da raiz (PFR), parte seca aérea (PSA) e parte seca da raiz (PSR) dos genótipos de sorgo em condições de alagamento.

Genótipos	CPAE	CRA	DCAU	NFOL	PFA	PFR	PSA	PSR
50A60	88,22 b	25,04 a	0,62 a	6,29 a	38,83 a	4,54 a	6,50 b	1,54 a
84G05	88,54 b	23,58 a	0,61 a	6,75 a	41,05 a	6,25 a	7,35 b	1,73 a
XS9343	90,59 b	26,50 a	0,67 a	7,00 a	48,21 a	8,45 a	9,15 a	2,23 a
EA955	101,21 a	25,04 a	0,41 b	6,25 a	37,68 a	4,99 a	7,12 b	1,64 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Na Figura 1A, o genótipo EA955 obteve o melhor desenvolvimento do comprimento da parte aérea nos tratamentos avaliados. O genótipo 50A60 destacou-se nos tratamentos de 24 horas e controle, enquanto que o genótipo XS9343 somente no tratamento de 24 horas. Na interação entre os genótipos apresentando melhores resultados para o genótipo EA955 nos tratamentos de sementes submersas por 48 horas, 72 horas e controle.

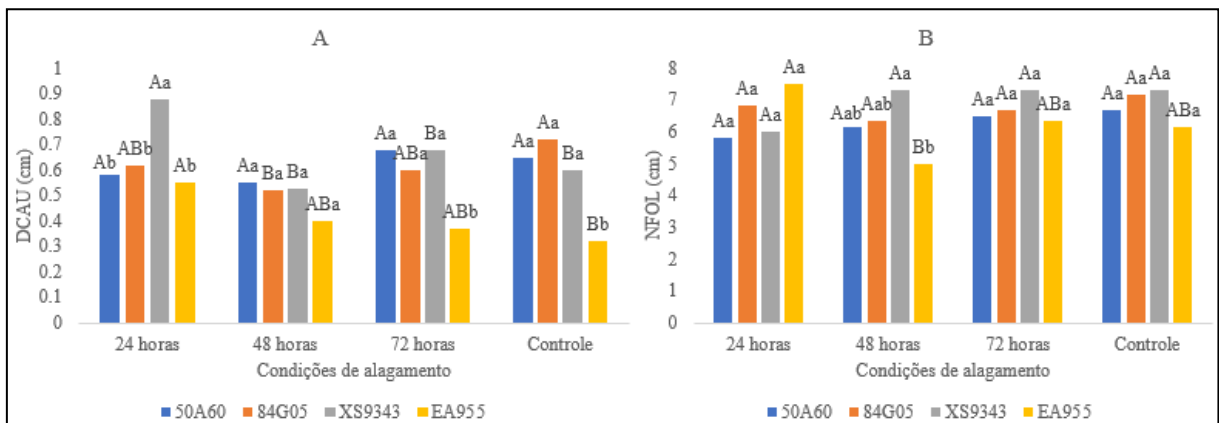
**Figura 1:** Resultado da interação Genótipos x Condições de alagamento para comprimento da parte aérea (A) e comprimento da raiz (B), Imperatriz – MA, 2023.



Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL não diferem estatisticamente entre si. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.\*Comprimento da parte aérea (CPA); comprimento da raiz (CRA).

Já em relação ao comprimento da raiz (Figura 1B), demonstra melhor desenvolvimento somente nos tratamentos de 24 horas com maior comprimento e o de 48 horas com menor comprimento da raiz para o genótipo 50A60. Respectivamente na interação entre os genótipos analisados não apresentam interações entre si.

**Figura 2:** Resultado da interação Genótipos x Condições de alagamento para diâmetro do caule (A) e número de folhas (B), Imperatriz – MA, 2023.



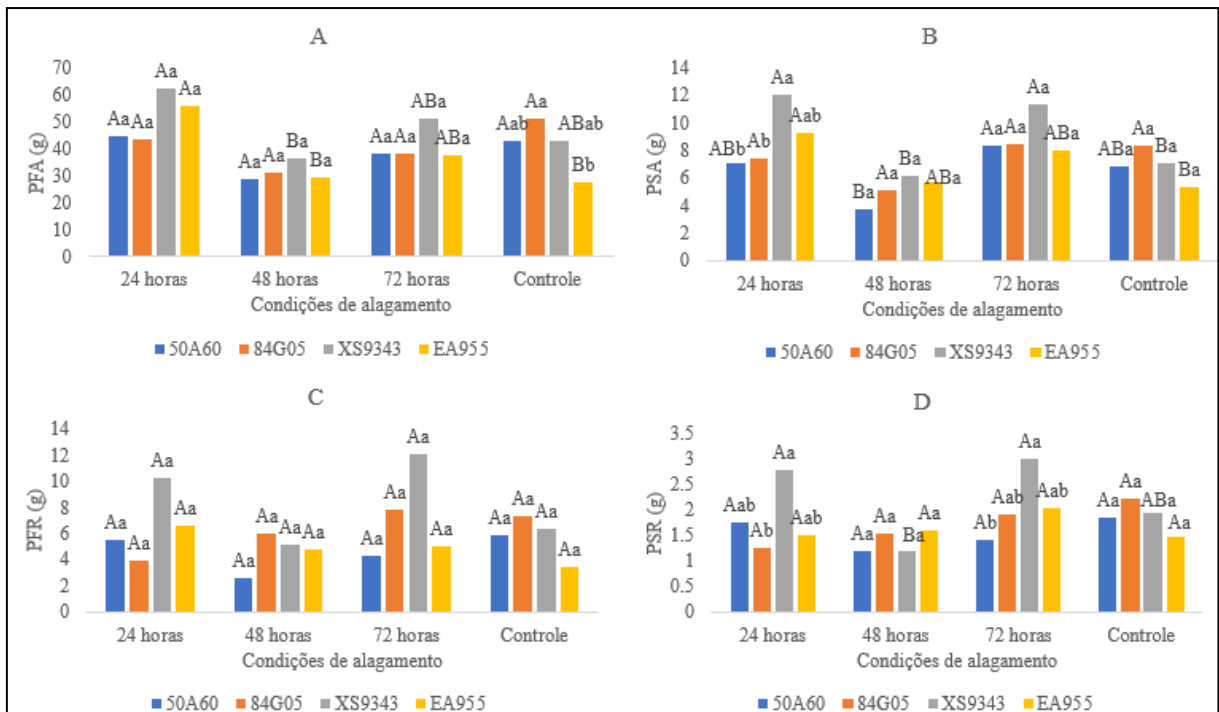
Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL não diferem estatisticamente entre si. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si\* Diâmetro do caule (DCAU); Número de folhas (NFOL).

A Figura 2A, apresenta o genótipo 84G05 com o melhor diâmetro do caule no tratamento controle, o genótipo XS9343 no tratamento de sementes submersas por 24 horas.

E na relação entre os genótipos em cada tratamento apresentou diferença estatística no tratamento de 24 horas para o genótipo XS9343 com maior média e nos tratamentos de 72 horas e controle com menor média para o genótipo EA955.

No número de folhas (Figura 2B) não houve diferença estatisticamente nos tratamentos. E diferença estatística entre os genótipos no tratamento de 48 horas com melhor média para o genótipo XS9343.

**Figura 3:** Resultado da interação Genótipos x Condições de alagamento entre o peso fresco da parte aérea (A), peso seco da parte aérea (B), peso fresco da raiz (C) e peso seco da raiz (D), Imperatriz – MA, 2023.



Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL não diferem estatisticamente entre si. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.\* Peso fresco da parte aérea (PFA); peso seco da parte aérea (PSA); peso fresco da raiz (PFR) e peso seco da raiz (PSR).

No peso fresco da parte aérea demonstrou resultados no tratamento de sementes submersas por 24 horas com bom desenvolvimento para os genótipos XS9343 e EA955 (Figura 3A). E na interação entre os genótipos no tratamento controle para o 84G05.

Para o peso seco da parte aérea (Figura 3B) verifica-se que nos tratamentos de sementes submersas por 24 horas e 72 horas o genótipo XS9343 apresentou melhor média em relação ao peso em relação aos tratamentos. Já em relação entre os genótipos analisados houve diferença estatística no tratamento de sementes submersas por 24 horas com melhor média para o

genótipo XS9343. Enquanto que os genótipos 50A60, 84G05 e EA955 não diferiu entre os tratamentos analisados.

Na Figura 3C para peso fresco da raiz apresenta que não houve diferença nos resultados para os tratamentos analisados, bem como na interação entre os genótipos.

Já em relação para o peso seco da raiz (Figura 3D) houve diferença somente nos tratamentos de sementes submersas por 24 horas e 72 horas para o genótipo XS9343 com média de peso satisfatória em relação aos demais genótipos analisados. Enquanto que na interação entre os genótipos analisados demonstra melhor desenvolvimento para o genótipo XS9343 com melhor média.

## 5 DISCUSSÃO

Em plantas submetidas a estresse abiótico por inundação, os níveis de oxigênio na superfície das raízes diminuem rapidamente por a maior parte do ar presente no solo ser deslocada pela água, provocando mudanças metabólicas como o esgotamento de energia, acidificação do citosol e outros processos, podendo ocasionar em poucas horas ou dias a morte celular, dependendo do nível de adaptação genética da espécie da planta (Taiz et al. 2017).

Os resultados demonstram que o estresse por alagamento em desenvolvimento inicial teve efeito significativos na interação entre os genótipos. Em relação a interação entre os genótipos e os tratamentos analisados, demonstrou haver diferença significativa para o comprimento da parte aérea e diâmetro do caule (Tabela 1).

O coeficiente de variação para peso fresco da raiz (57,47) e peso seco da raiz (35,11) apresenta esses valores devido as características influenciadas pelo ambiente. Sendo os valores menores das variáveis menos influenciadas pelo ambiente.

A germinação ocorre com a absorção de água pela semente seca e finalizando com a emergência da radícula, transportando seus tecidos circundantes. Requerendo uma quantidade adequada de água, oxigênio, temperatura e luz. Além disso, a absorção de água pela semente é necessária para a pressão de turgor que é imprescindível ao potencializar a expansão celular, o crescimento e desenvolvimento vegetal (Taiz et al. 2017).

De modo geral, os parâmetros mais influenciados negativamente pelo estresse hídrico aplicado foram comprimento da parte aérea, diâmetro do caule, peso fresco e seco da parte aérea no tratamento de sementes submersas por período de 48 horas apresentando a menor média entre os tratamentos (Tabela 2).

Com a crescente mudanças climáticas é cada vez mais frequentes as condições de alagamento em torno do mundo, o que compromete o desenvolvimento da produção de várias culturas. O estresse hídrico decorrente do alagamento promove o excesso de água no solo, reduz o oxigênio, altera o potencial redox, o pH e a disponibilidade de nutrientes. Na cultura do sorgo, o tempo prolongado de água no solo, afeta o cultivo, por reduzir a biomassa da parte aérea e das raízes, a atividade da fotossíntese, a atividade enzimática, bem como influenciar todo o desenvolvimento da produção (Menezes, 2021).

Em relação a comparação entre os tratamentos analisados, observou-se que o comprimento da parte aérea apresentou melhor desenvolvimento nos tratamentos de sementes submersas por 24 horas e controle. Em relação aos outros parâmetros analisados o tratamento de 24 horas apresentou as melhores médias (Tabela 2).

Moterle et al. (2006) em estudo com três cultivares de milho-pipoca sobre o efeito do estresse hídrico e salino, observou que durante a germinação, as cultivares estudadas tiveram seu desenvolvimento afetado quando o tempo de submersão das sementes em água foi aumentado. O excesso de água normalmente diminui a velocidade e a porcentagem de germinação das sementes. O alto nível de água geralmente provoca diminuição da germinação, pois há penetração do oxigênio, redução do processo metabólico necessário. O presente estudo com sorgo apresentou resultados semelhantes, ao mostrar a diferença significativa conforme o aumento do tempo de sementes submersas em cada genótipos analisados (Figuras 1 e 2).

A água tem papel estimulante e controla o processo de germinação das sementes, pois promove o amolecimento do tegumento, o que favorece a penetração do oxigênio, por aumentar o volume do embrião. E quando as cultivares são expostas a condições de estresses, seu metabolismo trabalha para contornar essas condições em vez da realização adequada da germinação (Vaz-de-melo et al., 2012).

A germinação de cultivares de soja submetidas a diferentes períodos de submersão em água, demonstrou que as cultivares avaliadas apresentariam possíveis danos no estabelecimento posterior em regiões sujeitas as condições de alagamento após a semeadura (Martins et al., 2015).

Em tempo prolongado de alagamento com baixo nível de oxigênio afeta negativamente o acúmulo de matéria seca nas plantas ocasiona diminuição do crescimento, afeta o desenvolvimento de algumas partes da planta, colmo e folhas, é uma forma de economizar e direcionar a energia necessária para o funcionamento mínimo do seu metabolismo nas regiões mais afetadas pelas condições de alagamento (Batista et al., 2008).

Os melhores valores médios os parâmetros diâmetro do caule e número de folhas foram avaliados no tratamento de sementes submetidas a 24 horas de alagamento para os genótipos analisados, com destaque para os genótipos XS9343 e EA955 (Figura 2).

Plantas em condições de inundação tem seu processo estomático prejudicado, provocando a redução das taxas fotossintéticas e de crescimento, o que diminui a produção da parte aérea e das raízes. Entretanto, algumas plantas possuem a capacidade de desenvolver mecanismos adaptados para o desenvolvimento de aerênquima, respiração anaeróbica e formação de adventícias (Mattos et al., 2005).

O sorgo apresenta características capazes de paralisar seu crescimento ou mesmo diminuir suas atividades metabólicas quando em condições de estresse hídrico e após esse período, podem apresentar a capacidade de crescimento rápido em comparação com outras

espécies. Em seu estudo o sorgo apresentou maior tolerância as condições de alagamento e déficit hídrico em comparação ao milho e milheto (Bonfim-silva et al., 2011).

O excesso de chuva em algumas regiões do país pode ser prejudicial pode prejudicar a germinação quando ocorridas logo após a semeadura. Pois tanto o encharcamento do solo no campo quanto a submersão das sementes em água em laboratório, podem prejudicar ou mesmo impedir a germinação das sementes, como também comprometer seu desenvolvimento posterior quando levadas ao campo (Gazola, 2014).

Levando em consideração o aumento das mudanças climáticas e a intensidade de chuvas em algumas regiões, o estresse por alagamento pode ser associado futuros problemas de redução dos seus potenciais de germinação, crescimento e desenvolvimento das culturas nessas condições, sendo importante estudos das principais características analisadas.

## 6 CONCLUSÕES

O período de sementes de sorgo submersas por 24 horas e controle no desenvolvimento inicial foi mais eficiente em relação aos caracteres. E o tratamento por 48 horas com menor média de características avaliadas entre os demais.

Os genótipos XS9343 e EA955 são mais tolerantes as condições de alagamento, seguidas pelos genótipos 84G05 e 50A60.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA FILHO, J. E., TARDIN, F. D., DAHER, R. F., SILVA, K. J., XAVIER NETO, J. B., BASTOS, E., LOPES, V. S., BARBÉ, T. C., & MENEZES, C. B. Avaliação agrônômica de híbridos de sorgo granífero em diferentes regiões produtoras do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.1, p. 82-95, 2014.
- ALMEIDA, L. G. F. **Etanol de segunda geração utilizando sorgo biomassa (Sorghum bicolor)**. 2019. 119 f. Tese (Doutorado em Biocombustível) - Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.
- ALMEIDA, L. G. F.; PARRELLA, R. A. C.; SIMEONE, M. L. F.; RIBEIRO, P. C. O.; BARBOSA, G. M. P.; BRITO, P. L. B.; COSTA, A. S. V.; SANTOSA, A. S. Characterization of cell wall polysaccharides and cellulosic ethanol potential in genotypes of sorghum biomass. **International Journal of Development Research**, v. 9, n. 4, p. 26810-26820, 2019.
- ALVES, J. D.; MAGALHÃES, M. M.; GOULART, P. F. P.; DANTAS, B. F.; GOUVÊIA, J. A.; PURCINO, R. P.; MAGALHÃES, P. C.; FRIES, D. D.; DO LIVRAMENTO, D. E.; MEYER, L. E.; SEIFFERT, M.; SILVEIRA, T. Mecanismos de tolerância da variedade de milho “saracura” (brs 4154) ao alagamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.1, p.41-52, 2002.
- ANDRADE NETO, R. C. et al. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 124–130, fev. 2010.
- BATISTA, C. U. N.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; MEDRI, C.; PIMENTA, J. A. Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* (Trec. Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v.22, n.1, p.91-98, 2008.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed., Viçosa: UFV, 2006.
- BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, vol. 24, n.2, p. 180-186, 2011.
- BORÉM, A., PIMENTEL, L.; PARRELLA, R.A.C. **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014, 275p.
- CARVALHO, L.; FAGUNDES, N.; LITZ, F. H.; SAAR, A. G.; FERNANDES, E. Sorgo grão inteiro ou moído em substituição ao milho em rações de frangos de corte. **Enciclopédia biosfera**.v.11 n.21, 2015.
- CASTRO, F. M. R. **Potencial agrônômico e energético de genótipos de sorgo biomassa**. 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

COELHO, A. M. A implantação da cultura do sorgo. Sistema de Produção, 2 (6a ed.). **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 10, julho 2024.

COTA, L. V. COSTA, R. V. da; CASELA, C. R. Doenças. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

CRUZ, C. D. GENES – A software stended integrated whit the R, matlab and selegem. **Acta Scientiarum**. V. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.

DUARTE, J. O. Sistema de Produção de Sorgo “safrinha”. **Embrapa milho e sorgo**. Sistema de Produção, 2. Versão eletrônica. e. 9, Jul, 2015.

DUARTE, N. L, et al. **Cultura do sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench): uma revisão sobre sua versatilidade tecnológica, processamento e pós-colheita**. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/4704/1/NaiaraLopesDuarte.pdf> Acesso em: 10 fev.2024.

EICHOLZ, E. D.; BREDEMEIER, C.; BERMUDEZ, F.; MACHADO, J. R. de A; GARRAFA, M.; BISPO, N. B.; AIRES, R. F. Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126468/informacoes-tecnicas-para-o-cultivo-do-milho-e-sorgo-na-regiao-subtropical-do-brasil-safras-201920-e-202021>. Acesso em: 10 jun.2024

EMBRAPA. **Sistema de produção Embrapa: cultivo do sorgo**, 2022. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 20 jul. 2024.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **EMBRAPA Milho e Sorgo**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2009/maio/2asemana/sorgo-sacarinodesponta-como-alternativa-promissora-na-producao-de-etanol/>. Acesso em: 20 jun.2024.

FAO, 2020. FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Food and Agricultural Data. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acessado em: 29 jun.2024.

FRIZZONE, J. A. Planejamento da irrigação com uso de técnicas de otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Sobral, v. 1, n. 1, p. 24–49, 2007

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; CAMARGO, M. C. Comportamento germinativo de sementes de cultivares de milho sob condições de hipoxia. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.224–232, 2014.

HAUSSMANN, B. I. G.; FRED RATTUNDE, H.; WELTZIEN-RATTUNDE, E.; TRAORÉ, P. S. C.; VOM BROCKE, K.; PARZIES, H. K. Breeding strategies for adaptation of pearl millet and sorghum to climate variability and change in west Africa. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 198, n. 5, p. 327-339, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Estatística da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2021\\_dez.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2021_dez.pdf). Acesso em: 05 jul. 2024.

JARDIM, A. M. R. F.; SILVA, G. I. N.; BIESDORF, E. M.; PINHEIRO, A. G.; SILVA, M. V.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SANTOS, A.; ALVES, H. K. M. N.; SOUZA, M. S.; MORAIS, J. E. F.; ALVES, C. P.; SILVA, T. G. F. Production potential of Sorghum bicolor (L.) Moench crop in the Brazilian semiarid: review. **PUBVET**, v. 14, n. 4, p. 1-13, 2020.

LANDAU, E. C. **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Volume. 4 p.414.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Clima: cultivo do sorgo**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/748777>. Acesso em: 05 jul. 2024.

MAGALHÃES, C. P. SOUZA, C. T. SCHAFFERTH, R. E. **Ecofisiologia: cultivo do sorgo**. 9. ed. Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/748755>. Acesso em: 05 jul. 2024.

MAGALHÃES, P. C., DURAES, F. O., RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da planta do sorgo**. Sete lagoas, MG: Embrapa milho e sorgo. Comunicado Técnico, v.86, 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/487527>. Acesso em: 05 jul. 2024.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Cultivo do sorgo**. 4 ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35247/1/Ecofisiologia.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2024.

MANTOVANI, E. C. RIBAS, P. M. **Plantio: cultivo do sorgo**. 9.ed. Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/748792>. Acesso em: 07 jul. 2024.

MARTINS, A. B. N.; MONTEIRO, M. A.; XAVIER, F. M.; COSTA, C. J. Efeito da submersão em água no comportamento germinativo de sementes de soja. In: XVII Encontro de Pós- Graduação. **Anais...Pelotas**, RS, 2015.

MATTOS, J. L. S.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M. Crescimento de espécies do gênero Brachiaria sob alagamento em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 765-763, 2005.

MENEZES, C. B. de. **Sorgo granífero: estenda sua safrinha com segurança**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 65p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 176).

MENEZES, C. B.; SILVA, K. J.; SANTOS, C. V. **Melhoramento Genético de Sorgo Granífero**. In: MENEZES, C. B. (ed). Melhoramento Genético de Sorgo. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 216- 240.

MENEZES, C.B. **Melhoramento Genético de Sorgo**. 1. ed. Brasília-DF : Embrapa, 2021.

546 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229446/1/Melhoramento-genetico-de-sorgo.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2024.

MOTERLE, L. M.; LOPES, P. C.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, MG, v.28, n.3, p.169-176, 2006.

NEUMANN, M. et al. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.302-312, 2002.

NEUMANN, M., RESTLE, J., FILHO, D. C. A., MACCARI, M., SOUZA, A. N. M., PELLEGRINI, L. G., FREITAS, A. K. Produção de forragem e custo de produção da pastagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L.), fertilizada com dois tipos de adubo, sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Agrociência**, 11(2), 215-220,2005.

PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 327p.

PEREIRA, O. G., GOBBI, K. F., PEREIRA, D. H., & RIBEIRO, K. G. Conservação de forragens como opção para o manejo de pastagens. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 43., 2006, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p. 507-539.

PINHO, R. G., FIORINI, I. V. A., SANTOS, A. O. Botânica. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELA, R. **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, p.37– 57. 2014.

QUEIROZ, V. A. V., de BARROS, F. A. R., CARDOSO, L. D. M., MARTINO, H. S. D., PINHEIRO-SANT'ANA, H. M., & de MENEZES, C. B. **Sorgo para alimentação humana**. 2021.

RIBAS, P. M. **Sorgo: introdução e importância econômica**. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/-486642>. Acesso em: 15 jul. 2024.

RIBAS, P. M.; et al. **Eficiência da cadeia produtiva do sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo - Capítulo em livro científico. 2014. cap. 9, p. 72-87.

ROSA, W. J. **Cultura do sorgo**. Belo Horizonte: Emater-MG, 2012.

SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. **Época de plantio de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico 80, 2003.

SANTOS, F. D., CASELA, C. R., & WAQUIL, J. M. **Melhoramento de sorgo**. In BORÉM A. (org). **Melhoramento de espécies cultivadas**, 2 (2a ed.). (pp. 605-658). Viçosa: UFV. (2005).

SANTOS, F. G; TARDIN, F. D. Cultivares. In: Embrapa Milho e Sorgo (Ed.). **Cultivo de Sorgo**. 3 ed. Embrapa Milho e Sorgo, 2007. Disponível em:<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32251/1/Plantio-implantacao-1.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2024.

SANTOS, G. C. L., GARCIA, P. H. M., VIANA, T. B. L., BORGES, P. F., ARAUJO, L. S., & GONZAGA NETO, S. Crescimento e eficiência do uso da água do sorgo sob distintos regimes hídricos contínuos. **Archivos de zootecnia**, 2020, 164-171.

SILVA, A. J. R.; SPIERING, B.; MENEZES, C. B.; TARDIN, F. D. **Avaliação de genótipos de sorgo em Sinop-MT**. XIII Seminário de Iniciação Científica PIBIC/BIC Júnior, p. 1-4, 2018.

SILVA, D. F.; GARCIA, P. H. M.; SANTOS, G. C. L.; FARIAS, I. M. S. C.; PÁDUA, G. V. G.; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E.; BATISTA, R. F.; NETO, S. G.; CABRAL, A. M. D. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3. 2021.

SILVA, D. M. P. da; TABOSA, J. N. BRITO, J. Z. de; FRANÇA, J. G. E. de; WANDERLEY, M. de B.; SANTOS FILHO, A. S. dos; GOMES, E. W. F.; LOPES, G. M. B.; OLIVEIRA, J. de P.; SANTIAGO, A. D.; SILVA, F. G. da; PACHECO, M. I. N.; SILVA, C. C. F. da. (eds.). **Tecnologias potenciais para uma agricultura sustentável**. Recife: IPA/EMATER/SEAGRI-AL, 2013a. p. 133–162.

SOUZA, C.L. de. et al. Aspectos comparativos entre milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench): diferenças e semelhanças. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 4, p. 2337-2357, 26 out. 2020. Disponível: <https://doi.org/10.17648/diversitas-journalv5i4-891>. Acesso em: 14 jun.2024.

TABOSA, J. N. **Cadernos do Semiárido riquezas e oportunidades: Sorgo**. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco CREA-PE. Recife: Editora UFRPE. v. 15, n. 2. 2020.

TABOSA, J. N. et al. **Importância do melhoramento genético de diferentes tipos de sorgo para as mesorregiões do Agreste, Sertão e afins do Semiárido Brasileiro**. XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L. da; BRITO, L. T. de L. (Ed). Tecnologias de convivência com o Semiárido brasileiro. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019.

TABOSA, J. N.; BARROS, A. H. C.; BRITO, A. R. de M. B.; SIMPLÍCIO, J. B. Cultivo do sorgo no semiárido brasileiro: potencialidades e utilizações. In: FIGUEIREDO, M. do V. B.; SILVA, D. M. P. da; TABOSA, J. N. BRITO, J. Z. de; FRANÇA, J. G. E. de; WANDERLEY, M. de B, J. de P.; SANTIAGO, A. D.; SILVA, F. G. da; PACHECO, M. I. N.; SILVA, C. C. F. da. (eds.). **Tecnologias potenciais para uma agricultura sustentável**. Recife: IPA/EMATER/SEAGRI-AL, 2013a. p. 133–162

TAIZ, L; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TARDIN, F. D.; RODRIGUES, J. A. S. **Cultivo do Sorgo**. Embrapa milho e sorgo. Sistema de produção 2. Versão eletrônica. e. 4, setembro, 2008. Disponível: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/994083>. Acesso em: 14 jun.2024.

VAZ-DE-MELO, A.; SANTOS, L. D. T.; FINOTO, E. L.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M. Germinação e vigor de sementes de milho-pipoca submetidas ao estresse térmico e hídrico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.5, p.687-695, 2012.

**APÊNDICES**

**Figura 4:** Início do experimento.



Fonte: Autor (2023)

**Figura 5:** Desenvolvimento do experimento em casa de vegetação.



Fonte: Autor (2023)

**Figura 6:** Experimento em desenvolvimento.



Fonte: Autor (2023)

**Figura 7:** Avaliações das plantas coletadas.



Fonte: Autor (2023)