



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**MATHEUS CARLOS DE FREITAS**

**EFEITO DO ESTRESSE SALINO NA GERMINAÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO  
INICIAL DE CULTIVARES DE SORGO**

**FORTALEZA**

**2020**

MATHEUS CARLOS DE FREITAS

EFEITO DO ESTRESSE SALINO NA GERMINAÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO  
INICIAL DE CULTIVARES DE SORGO

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita.

Coorientadora: Ma. Letícia Kenia Bessa de Oliveira.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

F937e Freitas, Matheus Carlos de.  
Efeito do estresse salino na germinação e no desenvolvimento inicial de cultivares de sorgo / Matheus Carlos de Freitas. – 2020.  
45 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2020.

Orientação: Profa. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita.

Coorientação: Profa. Ma. Letícia Kenia Bessa de Oliveira.

1. Estresse abiótico. 2. Salinidade. 3. Sorghum bicolor (L.) Moench. 4. Vigor. I. Título.

CDD 630

---

MATHEUS CARLOS DE FREITAS

EFEITO DO ESTRESSE SALINO NA GERMINAÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO  
INICIAL DE CULTIVARES DE SORGO

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: 15/10/2020.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Ma. Letícia Kenia Bessa de Oliveira (Coorientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Me. Johny de Souza Silva  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Agrônoma Analya Roberta Fernandes Oliveira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Kerginaldo Luiz de Freitas e Ana Karine Rocha Carlos, por toda a educação que me foi dada desde a infância, pelo apoio e afeto incondicionais e por todo o amparo dado junto a minha família ao longo de minha trajetória até aqui.

Ao meu irmão, Arthur Carlos de Freitas, que por muitas vezes foi minha melhor companhia e meu conselheiro.

À professora Rosilene Oliveira Mesquita, pela orientação e pela oportunidade que me foi dada de concluir minha graduação, pela confiança e por todo apoio.

À minha coorientadora e também membro da banca examinadora, Letícia Kenia Bessa de Oliveira, por toda coorientação, pelo apoio e pelo tempo dedicado, tendo importância crucial para que este trabalho fosse finalizado. Agradeço por tudo o que me foi ensinado.

Aos membros da banca examinadora, Johny de Souza Silva e Analya Roberta Fernandes Oliveira, por todo tempo cedido disponibilizado e pelas valiosas colaborações ao longo deste trabalho.

A todos os membros do Laboratório de Análises de Sementes que me acolheram e proporcionaram momentos de distração e ensinamentos valiosos enquanto fiz parte da equipe.

À minha companheira, Gabriela de Campos Almeida, que sempre se fez presente, deu apoio e afeto incondicional, incentivo e toda ajuda possível, sendo a companhia mais valiosa que tive nesse processo.

Aos amigos que a universidade me trouxe: Jesimiel Viana, Júlia Queiros, Leonardo Quirino, Maria Fgenia, Sharon Ribeiro, Idayane Souza e Rubens Zimmermann por todo o companheirismo.

Agradeço imensamente aos amigos: Rafael Silva, Hector Leonardo, Leonardo Barth, Lucas Araújo, Pedro Antônio, Yuri Mota, Maria Moreira, Vivian Sousa, Evandro Batista, Karoline Ferreira, André Luíz, Océlio Soares, Aurélio Soares e Lucas Avner por todos os momentos inesquecíveis que me proporcionaram ao longo da vida.

## RESUMO

A salinidade é um dos fatores abióticos que mais afeta o crescimento e a produtividade das culturas. Na germinação, a salinidade pode afetar tanto causando toxidez como alterando o potencial osmótico do meio. Deste modo, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos da salinidade em quatro cultivares de sorgo durante a fase germinativa e de desenvolvimento inicial de plântulas. O experimento foi conduzido nos Laboratórios de Análise de Sementes e de Fisiologia Vegetal, da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada em Fortaleza–CE. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial 4 x 5, sendo quatro cultivares de sorgo (BRS-373, BRS-380, BRS-658 e BRS-716) e cinco concentrações de NaCl (0, 50, 100, 150 e 200 mM), com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: porcentagem final de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, comprimentos da radícula e da parte aérea, relação dos comprimentos radícula/parte aérea, massas frescas e secas da radícula e da parte aérea, extravasamento de eletrólitos da radícula e da parte aérea e teores de íons potássio ( $K^+$ ) e sódio ( $Na^+$ ) na radícula e na parte aérea das plântulas. Os resultados foram submetidos a análise de variância e os que apresentaram diferença significativa a nível de 1% tiveram comportamento representado por meio de modelos de regressão. Os testes de germinação e vigor foram eficientes para separar as cultivares em dois lotes, mostrando que a cultivar BRS 373 teve desempenho inferior as demais. Conclui-se que os níveis de salinidade interferiram negativamente no processo de germinação e no desenvolvimento inicial de plantas de todas as cultivares analisadas, a cultivar BRS 373 apresentou os piores índices de germinação em relação as demais cultivares, a cultivar BRS 658 foi a mais afetada pela salinidade em relação ao acúmulo de sódio e, por consequência, baixo teor de potássio, a cultivar BRS 716 apresentou maior potencial para ser tolerante à salinidade mostrando rápida resposta fisiológica ao acréscimo do conteúdo de sal no meio.

**Palavras-Chave:** Estresse abiótico. Salinidade. *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Vigor.

## ABSTRACT

Salinity is one of the abiotic factors that most affects crop growth and productivity. In germination, salinity can affect both causing toxicity and altering the osmotic potential of the medium. Thus, the objective of the present work was to evaluate the effects of salinity in four sorghum cultivars during the germinative phase and initial seedling development. The experiment was conducted at the Seed Analysis and Plant Physiology Laboratories, at the Federal University of Ceará (UFC), located in Fortaleza – CE. The experimental design used was completely randomized, in a 4 x 5 factorial arrangement, with four sorghum cultivars (BRS-373, BRS-380, BRS-658 and BRS-716) and five NaCl concentrations (0, 50, 100, 150 and 200 mM), with four repetitions. The variables analyzed were: final germination percentage, first germination count, germination speed index, average germination time, radicle and shoot lengths, radicle / shoot length ratio, fresh and dry radicle and seed masses aerial part, extravasation of electrolytes from the radicle and aerial part and contents of potassium (K<sup>+</sup>) and sodium (Na<sup>+</sup>) ions in the root and in the aerial part of the seedlings. The results were subjected to analysis of variance and those that showed a significant difference at the level of 1% had behavior represented by regression models. The germination and vigor tests were efficient to separate the cultivars in two lots, showing that the cultivar BRS 373 had an inferior performance than the others. It is concluded that the salinity levels negatively interfered in the germination process and in the initial development of plants of all the cultivars analyzed, the cultivar BRS 373 presented the worst germination indexes in relation to the other cultivars, the cultivar BRS 658 was the most affected by salinity in relation to sodium accumulation and, consequently, low potassium content, the cultivar BRS 716 showed greater potential to be tolerant to salinity showing a quick physiological response to the increase in salt content in middle.

**Keywords:** Abiotic stress. Salinity. *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Force.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – [A] Porcentagem final de germinação (%G) e [B] primeira contagem de germinação (PCG) em sementes de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....22
- Figura 2 – [A] Índice de velocidade de germinação (IVG) e [B] tempo médio de germinação (TMG) em sementes de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....24
- Figura 3 – [A] Comprimento da radícula (CR) e [B] comprimento da parte aérea (CPA) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....26
- Figura 4 – Relação entre o comprimento da radícula e o comprimento da parte aérea (CR/CPA) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....28
- Figura 5 – [A] Massa fresca da raiz (MFR) e [B] massa fresca da parte aérea (MFPA) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....29
- Figura 6 – Massa seca da radícula (MSR) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....30
- Figura 7 – Massa seca da parte aérea (MSPA) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....31
- Figura 8 – Índice de Tolerância à Salinidade (IT) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....32
- Figura 9 – [A] Extravasamento de eletrólitos da radícula (Ext R) e [B] da parte aérea (Ext PA) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....34

- Figura 10 – [A] Teores de  $\text{Na}^+$  e [B] Teores  $\text{K}^+$  na radícula de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....36
- Figura 11 – Teores de  $\text{Na}^+$  de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....37
- Figura 12 – Teores de  $\text{K}^+$  de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....38
- Figura 13 – Relação entre teores de sódio e potássio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ) tanto na radícula quanto na parte aérea de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.....39

## LISTAS DE TABELAS

- Tabela 1 – Resumo da análise de variância para porcentagem de germinação (%G), índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem de germinação (PCG) e tempo médio de germinação (TMG) de quatro cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidas a cinco concentrações de NaCl. Fortaleza – Ceará, 2020.....21
- Tabela 2 – Resumo da análise de variância para comprimento da radícula (CR), comprimento da parte aérea (CPA), relação radícula/parte aérea (CR/CPA), massa fresca da radícula (MFR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da radícula (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) de quatro cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidas a cinco concentrações de NaCl. Fortaleza – Ceará, 2020.....25
- Tabela 3 – Resumo da análise de variância para extravasamento de eletrólitos na radícula (Ext R) e na parte aérea (Ext PA), teores de K<sup>+</sup> na radícula (K<sup>+</sup> R) e na parte aérea (K<sup>+</sup> PA) e teores de Na<sup>+</sup> na radícula (Na<sup>+</sup> R) e na parte aérea (Na<sup>+</sup> PA) de quatro cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidas a cinco concentrações de NaCl. Fortaleza – Ceará, 2020.....33

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	Aspectos Gerais do Sorgo.....	13
2.2	Germinação e estabelecimento de plântulas.....	14
2.3	Efeito da salinidade na germinação e no crescimento inicial de plantas.....	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1	Local do experimento e material vegetal utilizado.....	17
3.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	17
3.3	Germinação e vigor.....	17
3.4	Extravasamento de eletrólitos.....	19
3.5	Determinação de solutos inorgânicos: K <sup>+</sup> e Na <sup>+</sup> .....	19
3.6	Análise estatística.....	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1	Teste de Germinação .....	21
4.2	Testes de Vigor.....	25
4.3	Extravasamento de Eletrólitos e solutos inorgânicos.....	32
4.3.1	Extravasamento de Eletrólitos.....	33
4.3.2	Teores de Na <sup>+</sup> e K <sup>+</sup> .....	35
5	CONCLUSÕES.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42

## 1 INTRODUÇÃO

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], gramínea cultivada desde os primórdios da agricultura, vem ganhando espaço no mercado mundial devido a sua ampla adaptabilidade, versatilidade e rusticidade (SANTOS et al., 2015). No Brasil, a sua produção tem aumentado consideravelmente e, muito desse incremento, se deve à expansão da área plantada, à utilização de tecnologias de cultivo adequadas e ao uso de cultivares mais produtivas e adaptadas a diversas condições edafoclimáticas (TERRA et al., 2010; GALVÃO et al., 2015).

A cultura do sorgo se destaca como uma boa alternativa de cultivo para o semiárido brasileiro por ser uma espécie típica de clima quente, de fácil cultivo e rápido estabelecimento e crescimento, e também por apresentar alta eficiência fotossintética, baixa exigência de fertilidade do solo, bom valor nutricional e moderada tolerância a estresses ambientais, tais como a salinidade (TABOSA et al., 2007; BOTELHO et al., 2010; DIAS; BLANCO, 2010; SANTOS et al., 2013).

O acúmulo excessivo de sais nos solos das regiões semiáridas é bastante comum e está associado, dentre outros fatores, à baixa precipitação, à alta demanda evaporativa, e, muitas vezes, pode também ser decorrente do manejo inadequado do solo e da água (GUIMARÃES et al., 2016). A acumulação dessas espécies iônicas, principalmente sódio ( $\text{Na}^+$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), pode acarretar diminuição do potencial osmótico, desbalanceamento nutricional devido à elevada concentração iônica e toxicidade nas plantas (MUNNS; TESTER, 2008; TAIZ et al., 2017).

Inicialmente, os efeitos negativos da salinidade sobre o desenvolvimento das plântulas estão relacionados à redução do potencial hídrico do meio de cultivo, provocado pelo decréscimo do potencial osmótico (OLIVEIRA et al., 2011; TAIZ et al., 2017). Essa redução dificulta a absorção de água pela semente e acaba comprometendo processos como os de divisão e alongamento celular, bem como o de mobilização das reservas, que são indispensáveis para o processo de germinação (MARCOS FILHO, 2015).

Os sais quando acumulados nos tecidos vegetais, também podem causar toxidez e desbalanceamento nutricional, acarretando mudanças na capacidade da plântula em absorver, transportar e utilizar os íons necessários ao seu crescimento (ARAGÃO et al., 2010; LIMA et al., 2017). No entanto, vale ressaltar que os efeitos da salinidade vão depender e variar de acordo com o nível de tolerância das plantas e o grau de salinidade imposto, uma vez que existem diferenças até mesmo entre cultivares de uma mesma espécie (MELGAR et al. 2008; HERNÁNDEZ et al., 2014).

No caso do sorgo, embora ele seja bem adaptado a diversos ambientes e seja considerado moderadamente tolerante a estresses abióticos, alguns estudos vêm demonstrando que o acúmulo de sais no solo é um dos fatores que mais prejudica o desenvolvimento dessa cultura, uma vez que pode afetar negativamente a germinação e o crescimento do estande de plantas, causando limitações na produção e na produtividade agrícola (OLIVEIRA; GOMES FILHO, 2009; COELHO et al., 2014).

Estudos sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de sorgo em condições de estresse salino são importantes para que se possa entender os efeitos dos sais nos estádios iniciais da cultura e podem também ser determinantes em indicações de cultivares mais tolerantes a determinada condição edafoclimática. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da salinidade em quatro cultivares de sorgo durante a fase germinativa e de desenvolvimento inicial de plântulas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais do sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma planta pertencente à família das gramíneas (Poaceae) com um número vasto de variedade distribuídas entre quatro grupos: granífero, forrageiro, sacarino e vassoura, (SOUSA, 2007). Sua origem é atribuída ao continente africano, mais especificamente na Etiópia, onde foi domesticada por volta de 3000 a.C. e posteriormente difundido na África ocidental, entre o Sudão e o rio Níger (VIEIRA, 2006).

Segundo Ribas (2000), no Brasil, supõe-se que o sorgo tenha chegado de forma semelhante que no resto da América: através de escravos africanos, contudo, somente da metade do século XX até o fim dos anos 60 é que o sorgo foi de fato introduzido de forma ordenada, tornando-se cultura comercial entre os anos 70 e 80 ao ganhar notório destaque para produção de grãos e forragem em regiões com condições ambientais desfavoráveis para a maior parte dos cereais.

O sorgo figura entre os cereais mais cultivados no mundo, segundo Mota (2016), ocupa a colocação de quinto cereal mais cultivado ficando atrás apenas do milho (*Zea mays* L.), do trigo (*Triticum aestivum* L.), do arroz (*Oryza sativa* L.) e da cevada (*Secale cereale* L.), servindo de fonte de alimento para milhões de habitantes em diferentes regiões da África, no Oriente Médio e até na Ásia. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2019), o Brasil apresentava até abril do ano passado uma estimativa de 816,6 mil hectares de área plantada em grãos para sorgo. A produção estimada em 2019, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2019), foi de 2.482.260 toneladas de grãos, o que representa um acréscimo de 10,2% nas 2.251.862 toneladas produzidas no mesmo período em 2018, no mesmo período, a região nordeste apresentou uma variação de 86,6% em produção, tendo produzido 157.108 toneladas de grão de sorgo em 2018 e 293.542 toneladas no mesmo período em 2019. No Ceará, a estimativa para a safra de 2019, segundo o Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (2020), foi de 1.120 toneladas de grãos, sofrendo um aumento de 150% março de 2020, atingindo a produção de 2.800 toneladas em 1.000 hectares de área plantada.

O sorgo é uma planta de características xerófilas e tolerante a seca, sendo bem adaptado a climas quentes, tem seu crescimento otimizado com temperaturas por volta de 33°C, porém temperaturas acima de 38°C e abaixo 16°C podem limitar o desenvolvimento da cultura, por ser uma planta C4 é capaz de tolerar elevados níveis de radiação solar, reduzindo a perda

de água através do mecanismo de redução de abertura dos estômatos, dessa forma, desde que as demais condições sejam regulares, uma maior incidência de radiação favorece a produtividade da cultura (LANDAU; SANS, 2015). Segundo Madeiros e Duarte (2020), a cultura do sorgo exige de 300 a 400 mm de precipitações distribuídas regularmente durante seu ciclo e crescimento e desenvolvimento para expressar níveis satisfatórios de produtividade.

Para Sousa (2007), a cultura do sorgo possui uma exigência média de água ao longo do ciclo que varia entre 380 mm a 600 mm podendo variar de acordo com as condições climáticas onde a cultura está inserida, com o desenvolvimento da cultura e com o estágio fenológico no qual ela se encontra. Segundo Magalhães et al. (2015) o sorgo é uma planta autógama com baixa taxa de fecundação cruzada que, no geral, precisa de temperaturas acima de 25°C para expressar bom desenvolvimento e crescimento, além disso, a planta de sorgo também tem como característica sua capacidade de tolerar a baixa disponibilidade de água e excesso de umidade no solo com melhor desempenho que outros cereais.

## **2.2 Germinação e estabelecimento de plântulas**

Germinação é o nome dado ao processo que começa com a absorção de água pela semente seca e termina com a emergência do eixo embrionário transpondo seus tecidos circundantes, geralmente a radícula. O processo de germinação ainda se subdivide em duas categorias: a germinação epígea que ocorre quando as plântulas erguem seus cotilédones acima do solo e a germinação hipógea que, ao contrário da epígea, se dá quando seu cotilédone permanece submerso no solo (TAIZ et al., 2017).

Para as gramíneas como milho, milheto ou sorgo, o tipo de germinação é hipógea, ou seja, ocorre de forma que a porção compreendida entre o cotilédone e a primeira folha, denominado hipocótilo, é suprimido fazendo com que semente permaneça no solo por consequência (FONTANELI et al., 2012).

Para que ocorra a germinação é necessário que exista quantidade adequada de luz, oxigênio, temperatura, nitrato e água que, dentre os citados, é o componente mais essencial. Sementes secas e maduras têm em média de 5 a 15% de teor de água, o que é bem inferior ao mínimo necessário para o metabolismo completamente ativo, ressaltando ainda que a absorção de água é necessária para gerar a pressão de turgor que potencializa a expansão celular, base do crescimento e do desenvolvimento vegetativo (TAIZ et al. 2017).

A água é o componente de maior influência no processo de germinação, tendo em vista que, dentro de proporções adequadas, quanto maior a sua disponibilidade para as

sementes, mais rápido se dá o processo de embebição (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Segundo Kermode (1997), a retomada dos processos metabólicos no decorrer da germinação, começa instantes após o contato da semente seca com a água. Isto acontece devido ao fato de que enzimas e metabólitos exibem duas funções somente após a hidratação do meio em que estão (VOET & VOET, 2004).

Taiz et al. (2017) afirmam que a membrana é a primeira estrutura celular a sofrer alteração por meio da embebição de água. Membranas celulares são estruturadas por uma bicamada de fosfolipídios, que possuem extremidades hidrofílicas voltadas para o meio externo e cadeias hidrofóbicas que ficam associadas à parede interna da membrana. Guimarães et al. (2008) concluiu que, para algumas sementes, a embebição em água pode aumentar a porcentagem e velocidade de germinação, além de permitir a reorganização e ativação de processos celulares que estavam desorganizados e inativos devido ao processo de dessecação.

O padrão de resposta de semente de uma espécie é determinado pela ação simultânea de um conjunto determinado de fatores bióticos e abióticos (GORAI; NEFFAT, 2007). Segundo Hobbs e Obendorf (1972), cada espécie possui um potencial hídrico no solo, abaixo do qual as sementes são incapazes de germinar. Potenciais hídricos muito baixos afetam a absorção de água, inviabilizando diversos processos fisiológicos, em especial no começo da embebição. Por sua vez, a embebição prolongada sob baixos potenciais hídricos pode ser muito prejudicial a germinação das sementes podendo acarretar na morte do embrião.

### **2.3 Efeito da salinidade na germinação e no crescimento inicial de plantas**

Os problemas com salinidade são oriundos da intemperização das rochas, que envolvem processos químicos, físicos e biológicos sujeitos a fatores como clima, relevo, organismos vivos e o próprio tempo (DIAS, 2004). A FAO (2011), classifica os solos degradados no mundo como, 25% degradados, 8% como moderados e 36% como levemente degradados. O excesso na concentração de sais limita de forma severa as práticas e a produção agrícola, principalmente em regiões classificadas como áridas ou semiáridas, onde aproximadamente 25% da área irrigada encontra-se salinizada (PEDROTTI et al, 2015).

Segundo Viana (2017), o problema de salinização no Brasil, concentra-se basicamente na região nordeste, visto que suas condições edafoclimáticas apresentam elevado déficit hídrico e baixa infiltração, o que favorece a salinização, além disso o manejo inadequado da água e do solo também são contribuintes na elevação dos níveis de sais no solo. Oliveira (1997) diz que ambientes de elevada evapotranspiração e baixa precipitação pluviométrica no

curso do ano tornam mais perceptível a salinização induzida pelo homem. No nordeste semiárido, a maior incidência de áreas salinizadas se encontra em perímetros irrigados que são terras mais intensamente cultivadas com o uso da irrigação. Solos com condutividade elétrica maior que  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$  detêm um elevado acúmulo de sais capaz de alterar o desenvolvimento de espécies vegetais, reduzindo o crescimento de plantas (FLOWERS, 2004).

Vieira (2006) afirma que de uma forma geral, a redução da produtividade das culturas está diretamente relacionada a três principais fatores, são eles: o fechamento estomático que limita a assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ , sendo consequência dos efeitos osmóticos dos sais; a inibição da expansão foliar, reduzindo a área destinada ao processo fotossintético, que é efeito do acúmulo excessivo de íons tóxicos, de distúrbios na nutrição mineral e/ou da redução na turgescência; e, por fim, a aceleração da senescência de folhas maduras que também reduz a produção de fotoassimilado.

Segundo Viana (2017) a salinidade poderá afetar a cultura tanto pela toxidez gerada pelos elementos como o sódio, boro, bicarbonatos e cloretos que, em elevados níveis de concentração, causam distúrbios fisiológicos nas plantas, como pelo decréscimo do potencial osmótico do solo. Freitas et al. (2010) afirma que a salinidade está entre os principais fatores que afetam negativamente as práticas e a produção agrícola, pois causa alterações morfológicas relacionadas ao desenvolvimento na planta, que vão desde a germinação até sua produção.

A salinidade, portanto, constitui um dos mais sérios fatores limitantes da produção agrícola. As culturas agrícolas num geral não são tolerantes a níveis altos de salinidade, de modo que aquelas mais sensíveis são drasticamente afetadas pelos efeitos deletérios dos sais que podem restringir ou mesmo impedir o crescimento de muitas espécies vegetais tanto pelo menor potencial osmótico do solo, quanto pela obstrução de processos metabólicos essenciais a nutrição e também pela toxicidade elevada fruto da concentração salina principalmente de íons como  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  (AMORIM, 2009). Dessa forma, estudos sobre a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas sob estresse salino são necessários para determinar a capacidade de tolerância das espécies às concentrações de sais, tendo em vista que esse é um atributo que constitui vantagem ecológica em detrimento de espécies ou cultivares mais vulneráveis (LIMA, 2019).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local do experimento e material vegetal utilizado**

O experimento foi conduzido durante os meses de agosto e setembro de 2020, nos Laboratórios de Análise de Sementes e de Fisiologia Vegetal, pertencentes, respectivamente, ao Departamento de Fitotecnia e de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada em Fortaleza–CE. Para esse estudo foram utilizadas sementes de sorgo das cultivares BRS-373 (sorgo), BRS-380, BRS-658 e BRS-716 recebidas da Embrapa Milho e Sorgo, as quais foram submetidas a condições de estresse salino e avaliados seus aspectos fisiológicos e bioquímicos.

#### **3.2 Delineamento experimental e tratamentos**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial 4 x 5, sendo quatro cultivares de sorgo (BRS-373, BRS-380, BRS-658 e BRS-716) e cinco concentrações de NaCl (0, 50, 100, 150 e 200 mM), com quatro repetições, totalizando 20 tratamentos.

#### **3.3 Germinação e Vigor**

Inicialmente, foram selecionadas as sementes mais uniformes e com tegumento intacto de cada uma das cultivares. Para o teste de germinação, as sementes foram dispostas uniformemente entre três folhas de papel substrato mata borrão umedecidas com água destilada ou solução de cloreto de sódio (NaCl) na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009), obedecendo as diferentes concentrações de NaCl estabelecidas (0, 50, 100, 150 e 200 mM).

Para cada tratamento, foram utilizadas 200 sementes divididas em quatro repetições de 50 sementes, sendo cada grupo distribuído entre três folhas de papel substrato mata borrão (Germitest), usando duas folhas como base e uma para cobrir. Em seguida, as três folhas serão enroladas e os rolos provenientes serão colocados dentro de potes de polietileno cobertos com plástico transparente, sendo estes, mantidos em câmara de germinação do tipo BOD a uma temperatura constante de 25°C (BRASIL, 2009), com variação ajustada para  $\pm 2^\circ\text{C}$  e sob fotoperíodo de 12h de claro/12 h de escuro.

A avaliação da porcentagem de sementes germinadas (%G) foi realizada no décimo dia após a semeadura (BRASIL, 2009), de acordo com fórmula proposta por Brasil (2009), sendo considerado como critério de germinação a emissão da radícula com no mínimo 2,0 mm

de comprimento em cada tratamento (ROSA et al., 2005). A primeira contagem de germinação (PCG) e o índice de velocidade de germinação (IVG) foram realizados juntamente com o teste de germinação. A PCG foi determinada a partir da porcentagem de sementes germinadas no quarto dia após a instalação do ensaio (BRASIL, 2009) e o IVG pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a sementeira e a germinação, de acordo com a fórmula definida por Maguire (1962). Também foi calculado o tempo médio de germinação (TMG), o qual foi obtido através de contagens diárias das sementes germinadas até o décimo dia após a sementeira e calculado através de fórmula proposta por Labouriau (1983), sendo os resultados expressos em dias.

Para as demais avaliações dos aspectos relacionados ao vigor e às análises de extravasamento de eletrólitos e determinação de solutos inorgânicos, foi conduzido um experimento nas mesmas condições do teste de germinação, no entanto, as quatro repetições de cada tratamento apresentaram vinte sementes cada, conforme metodologia proposta por Nakagawa (1999). Aos dez dias após a sementeira, foram selecionadas aleatoriamente dez plântulas normais de cada repetição e foram realizadas as medições dos comprimentos de parte aérea (CPA) e radícula (CR), com auxílio de uma régua graduada em centímetros. De posse dessas medições, foi calculada a relação entre essas variáveis pela fórmula CR/CPA.

Após a mensuração do comprimento, as plântulas de cada repetição tiveram parte aérea e radícula seccionadas, sendo estas pesadas em balança de precisão 0,001g para a obtenção das variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca da radícula (MFR). Posteriormente, as amostras seccionadas em partes aéreas e radículas foram acondicionadas, separadamente, em sacos de papel devidamente identificados e levadas à estufa com circulação de ar forçada a 65°C por 48 horas. Após este período, cada repetição teve sua massa pesada em balança de precisão 0,001g e assim foram obtidos os dados de massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da radícula (MSR) (NAKAGAWA, 1999). Os resultados médios foram expressos em gramas por plântula.

A massa seca total (MST) foi calculada a partir da soma da MSPA e MSR para que pudesse ser determinado do índice de tolerância à salinidade, o qual foi obtido através da seguinte fórmula:

$$IT (\%) = \frac{\text{Produção de MST no tratamento salino}}{\text{rodução de MST no tratamento controle}} \times 100 \quad (1)$$

Além das características de crescimento, também foram estimadas a tolerância protoplasmática das cultivares a partir da análise de extravasamento de eletrólitos, bem como

foram determinados, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, os teores de solutos inorgânicos potássio ( $K^+$ ) e sódio ( $Na^+$ ). Após a determinação dos solutos, foi feita a relação entre eles através da fórmula  $Na^+/K^+$ . As metodologias utilizadas estão descritas a seguir.

### 3.4 Extravasamento de eletrólitos

O nível de dano provocado pelo estresse salino sobre as membranas celulares de folhas e raízes foi estimado pelo vazamento de eletrólitos dos tecidos (VE), como descrito por Singh et al. (2007). Para isso, cerca de 100 mg de amostras de discos foliares (0,5 cm de diâmetro) foram colocadas em tubos de ensaio contendo 10 mL de água deionizada e foram deixadas em repouso à temperatura ambiente (25°C) por 24 horas.

Após esse período, foi determinada a condutividade inicial do extrato (C1), utilizando-se um condutivímetro. Em seguida, os tubos contendo as amostras foram colocados em banho-maria a 95°C, por 30 minutos, para que os eletrólitos fossem liberados. As amostras foram, então, resfriadas até alcançar a temperatura ambiente e a condutividade do extrato (C2) foi medida novamente. O percentual do vazamento de eletrólitos foi calculado através da fórmula:  $VE (\%) = (C1/C2) \times 100$ .

### 3.5 Determinação de solutos inorgânicos: $K^+$ e $Na^+$

Para as análises de solutos inorgânicos, amostras de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular das plântulas foram retiradas e maceradas até formar um pó fino, sendo este armazenado em tubos de eppendorf devidamente identificados para posterior utilização. Os extratos brutos foram preparados de acordo com o método de Rinne et al. (2012), utilizando 50 mg de pó da parte aérea ou raiz para 5 mL de água deionizada. Em tubos de ensaio foram adicionados separadamente os pós liofilizados de folhas e raízes à água deionizada. As amostras foram, então, agitadas vigorosamente e incubadas a 85°C por 30 min. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 4.000 x g, a 25°C por 20 min, sendo o sobrenadante (extrato) coletado, filtrado e armazenado em frascos de vidro a -20°C para uso posterior. A determinação dos teores de  $K^+$  e  $Na^+$  foi realizada através de leituras no fotômetro de chama para cada extrato devidamente diluído.

### 3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente, quando significativos a 1 e 5% pelo teste F, foram realizadas análises de regressão. Para as análises estatísticas e confecção dos gráficos foram utilizados os programas computacionais "R" v. 4.0.2

(R Core Team, 2020) e “SigmaPlot 11.0” (Copyright © 2014 Systat Software Inc.), respectivamente.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Teste de germinação

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 1, pode-se observar que todas as variáveis sofreram influências significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, tanto para os fatores isolados (Cultivares e Concentrações Salinas) quanto para a interação entre eles.

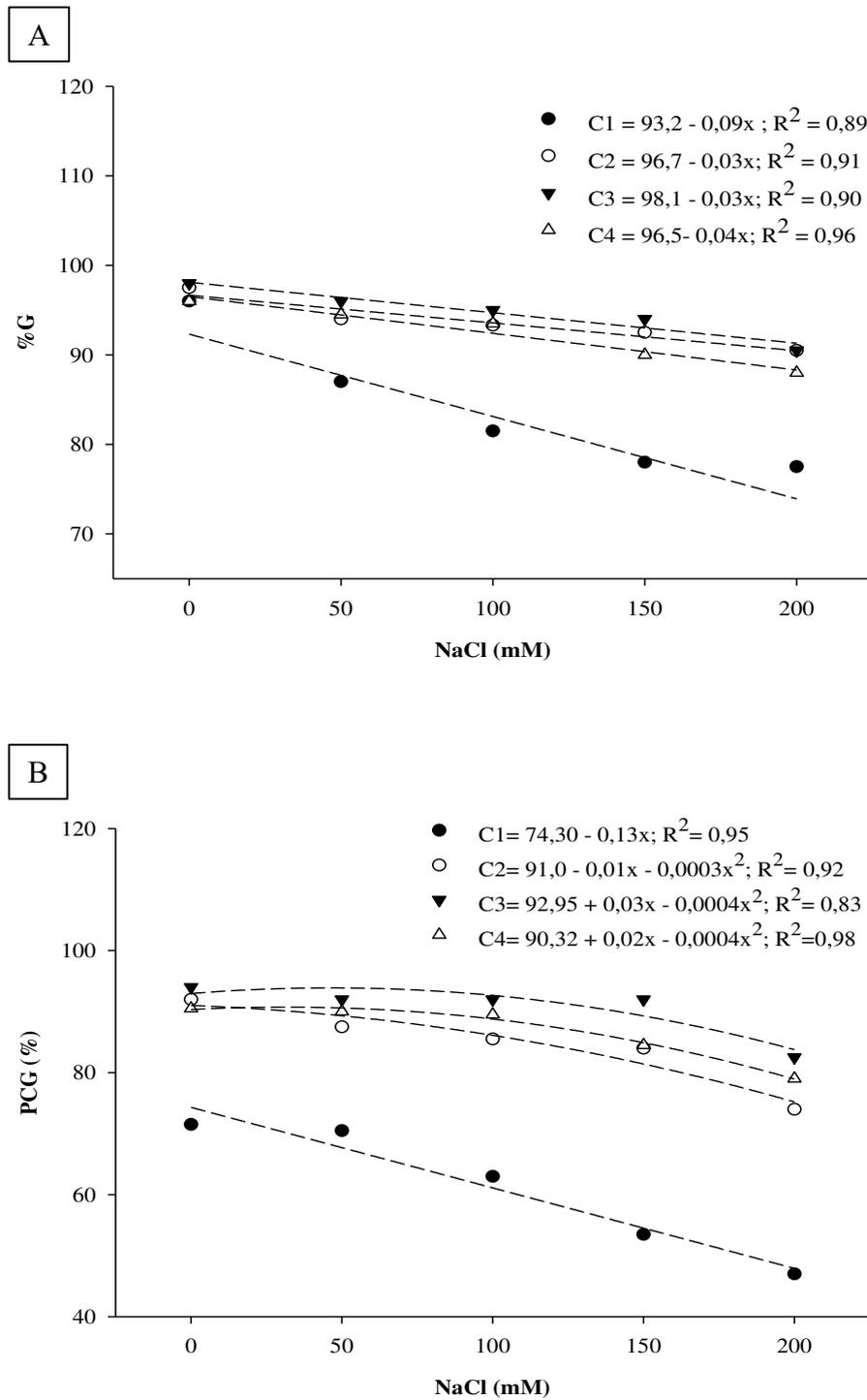
Tabela 1 – Resumo da análise de variância para porcentagem de germinação (%G), índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem de germinação (PCG) e tempo médio de germinação (TMG) de quatro cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidas a cinco concentrações de NaCl. Fortaleza – Ceará, 2020.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		%G	IVG	PCG	TMG
Cultivares (C)	3	481,65**	120,70**	3542,7**	4,12**
Concentrações Salinas (CS)	4	245,80**	149,99**	671,0**	2,80**
Int. C x CS	12	29,90**	1,85**	47,5**	0,07**
Resíduo	60	8,15	0,56	21,1	0,03
Total	79	-	-	-	-
CV %	-	3,13	4,85	5,68	4,99

FV = Fontes de Variação; GL = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação; \*\* Significativo pelo teste F a 0,01; \* Significativo pelo teste F a 0,05; ns = não significativo. Fonte: O autor.

A Figura 1A mostra o comportamento das quatro cultivares estudadas quanto a porcentagem de germinação quando submetidas a cinco concentrações diferentes de NaCl. É possível observar que, com o aumento das concentrações de sal, há a redução da porcentagem final de germinação de todas as cultivares de forma muito similar, com exceção da cultivar BRS-373 (C1) que se mostra mais sensível, pois à medida que os tratamentos aumentam a concentração de NaCl, essa diferença vai se tornando mais discrepante. Em relação ao tratamento testemunha, a cultivar C1 (BRS373) apresentou uma redução percentual de 19,3% para o teste de germinação no tratamento de 200 mM atingindo um percentual de 75,2%, em comparação com os 93,2% obtidos no tratamento de 0 mM, ainda é possível destacar que no tratamento 200 mM o percentual obtido pela cultivar C1 (BRS 373) foi 16,8% menor que a média das demais cultivares para o mesmo tratamento.

Figura 1 – [A] Porcentagem final de germinação (%G) e [B] primeira contagem de germinação (PCG) em sementes de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.

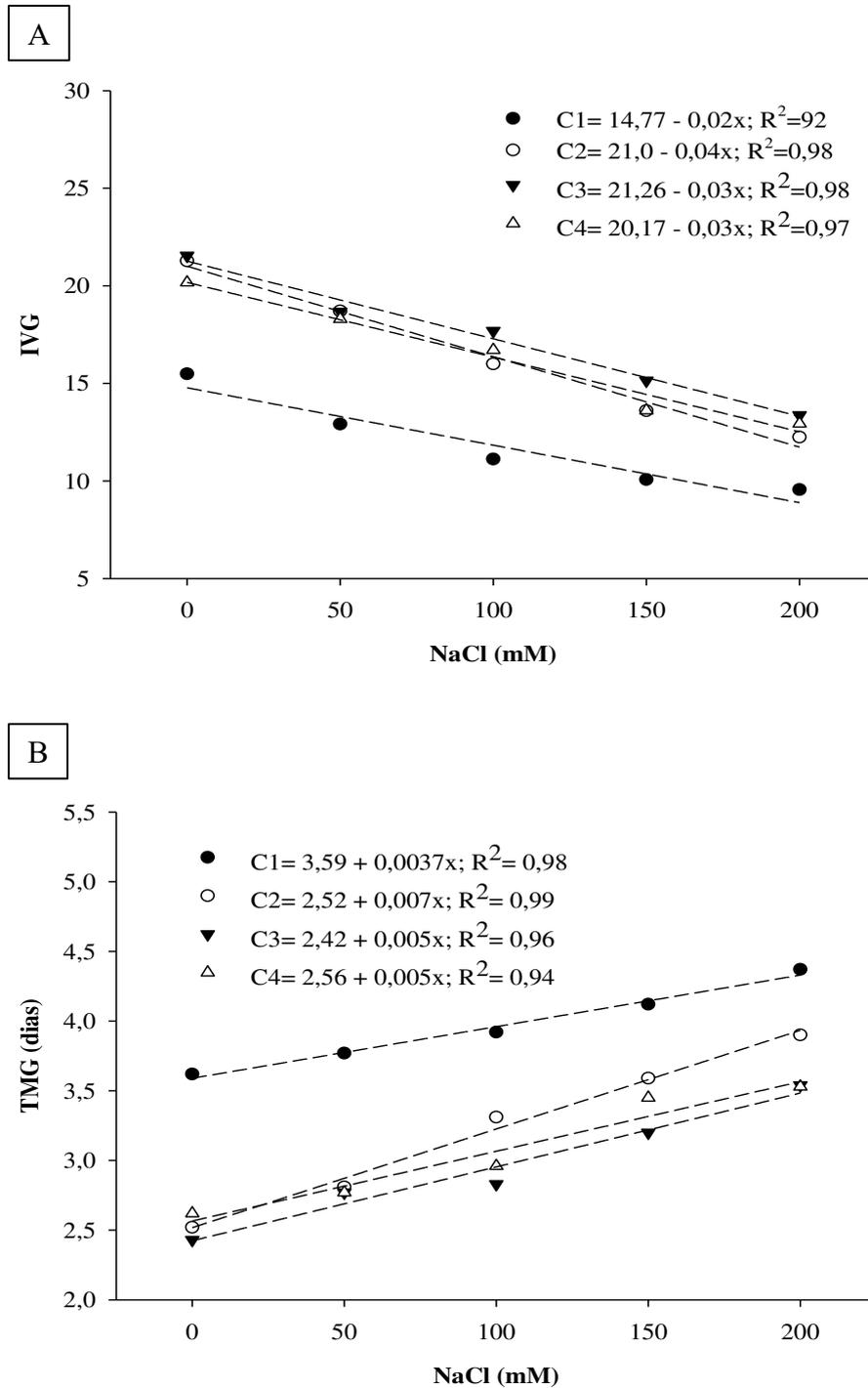


Fonte: O autor.

A primeira contagem evidenciada na Figura 1B, mostra um comportamento similar em relação à porcentagem de germinação mostrada no gráfico anterior. De mesmo modo, a cultivar C1 (BRS 373) mostrou resultados inferiores às demais, sendo consideravelmente mais sensível ao aumento da concentração salina, em relação as demais cultivares, a cultivar C1 (BRS 373) apresentou um valor 40% menor no tratamento de 200 mM, sendo possível separar as quatro cultivares em dois lotes: um com as cultivares C2, C3 e C4 e outro com a cultivar C1 evidenciando sua diferença de vigor em relação as demais. É possível observar ainda que na variável Primeira Contagem de Germinação (PCG), as cultivares sofrem mais drasticamente os efeitos da salinidade a partir do tratamento de 150 mM de NaCl. O mesmo comportamento foi observado por Oliveira e Gomes-Filho (2009) que, trabalhando com duas cultivares de sorgo forrageiro (CSF 18 e CSF 20) sob estresse hídrico e salino, constataram que a germinação é afetada negativamente pelo estresse salino, o qual reduz o potencial osmótico afetando o processo de embebição das sementes.

Em concordância com as variáveis de Teste de Germinação (%G) e Primeira Contagem de Germinação (PCG), o índice de velocidade de germinação (IVG), na Figura 2A, também se mostrou afetado negativamente pelo acréscimo da quantidade de sais no meio, além disso, a cultivar C1 (BRS-373) apresentou novamente comportamento inferior para todos os tratamentos em relação as demais, obtendo os menores valores de IVG com 10,77 no tratamento de 200mM, em comparação com as cultivares C2, C3 e C4, as quais obtiveram, respectivamente, 13, 15,52 e 14,17 pra o mesmo tratamento de 200mM de NaCl, isso significa que a cultivar C1 (BRS 373) teve índice de velocidade de germinação 24,31% menor que as demais cultivares no mesmo tratamento, indicando uma resposta mais lenta ao incremento de salinidade. No que se refere ao tempo médio de germinação (TMG), fica evidenciado na Figura 2B, que a cultivar C1 foi a que mais demorou para germinar, desde a testemunha até o tratamento máximo de 200mM de NaCl, onde atingiu o valor médio de 4,33 dias. As demais cultivares não passaram de 4 dias, foram respectivamente 3,92, 3,42; e 3,56 para as cultivares C2, C3 e C4. Neste caso, para a cultivar C1 houve um crescimento percentual de 69,67% no tempo em dias em relação à média das demais cultivares, o que denota um potencial maior de sensibilidade à salinidade por parte desta cultivar.

Figura 2 – [A] Índice de velocidade de germinação (IVG) e [B] tempo médio de germinação (TMG) em sementes de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.



Fonte: O autor.

Segundo Coelho et al. (2013), os resultados podem sofrer interferência da composição salina, dos métodos de determinação utilizados e, também, das variedades

selecionadas, o que poderia explicar o comportamento destoante da cultivar BRS 373 em relação às cultivares BRS-380, BRS-658 e BRS-716, todas similares entre si. Oliveira e Gomes-Filho (2009) afirmam que o índice de velocidade de germinação e o tempo de germinação médio estão entre as variáveis mais afetadas pelo estresse salino, verificando que o estresse salino promove redução do vigor e da velocidade de germinação das sementes de sorgo.

#### 4.2 Testes de vigor

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 2, pode-se observar que todas as variáveis sofreram influências significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, tanto para os fatores isolados (Cultivares e Concentrações Salinas) quanto para a interação entre eles.

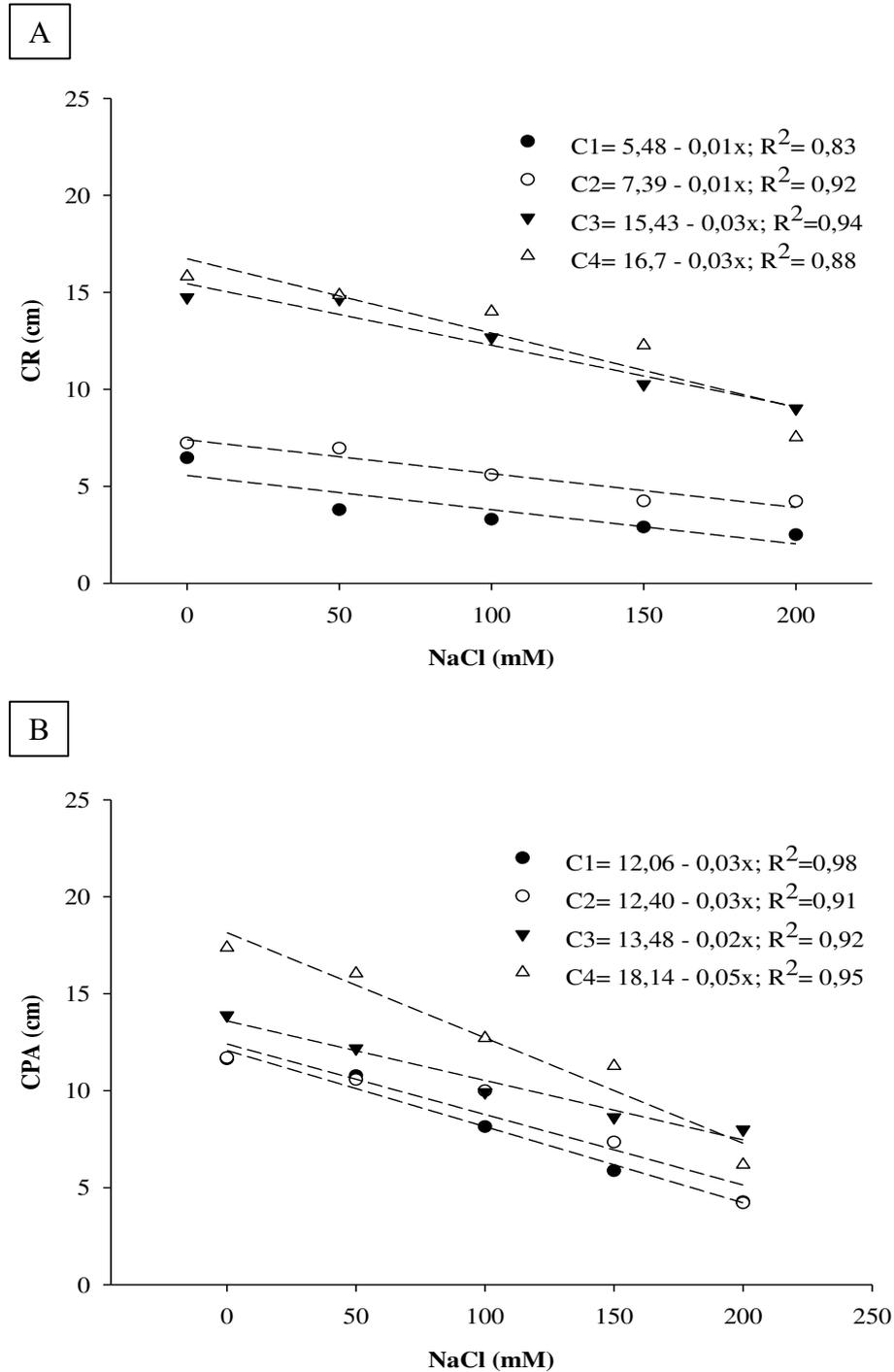
Tabela 2 – Resumo da análise de variância para comprimento da radícula (CR), comprimento da parte aérea (CPA), relação radícula/parte aérea (CR/CPA), massa fresca da radícula (MFR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da radícula (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e índice de tolerância à salinidade (IT) de quatro cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidas a cinco concentrações de NaCl. Fortaleza – Ceará, 2020.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio							
		CR	CPA	CR/CPA	MFR	MFPA	MSR	MSPA	IT
Cultivares (C)	3	433,09**	84,92*	2,04**	0,0007**	0,36**	0,0003**	0,002*	216,3**
Concentrações Salinas (CS)	4	68,93*	158,58**	0,10**	0,004* *	0,41**	0,0009**	0,005* *	4902,6**
Int. C x CS	12	6,82**	5,39**	0,07**	0,0004**	0,013* *	0,00002**	0,0001**	84,6* *
Resíduo	60	0,86	0,67	0,02	0,00004	0,0009	0,000004**	0,00004	26,6
Total	79	-	-	-	-	-	-	-	-
CV %	-	10,67	8,13	15,18	5,55	4,79	6,99	7,4	6,5

FV = Fontes de Variação; GL = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação; \*\* Significativo pelo teste F a 0,01; \* Significativo pelo teste F a 0,05; ns = não significativo. Fonte: O autor.

A Figura 3A e 3B mostram, respectivamente, os comprimentos da radícula e da parte aérea em função dos diferentes níveis de salinidade. De forma geral, é possível observar que todas as cultivares foram afetadas de forma negativa pelo aumento das concentrações de NaCl, principalmente na parte aérea.

Figura 3 – [A] Comprimento da radícula (CR) e [B] comprimento da parte aérea (CPA) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.



Fonte: O autor.

Na Figura 3A, pode-se verificar que as cultivares BRS-658 (C3) e BRS-716 (C4) obtiveram valores superiores de comprimento de radícula em relação as cultivares BRS-373

(C1) e BRS-380 (C2) com valores médios de 15,43 cm e 16,7 cm, respectivamente, para o tratamento de 0mM de NaCl, ao passo que para o tratamento de 200mM as cultivares C3 e C4 atingiram 9,43 cm e 10,7 cm, respectivamente. As cultivares apresentaram redução percentual de 36,49%; 27,06%; 39,46 e 35,92% para as cultivares C1, C2, C3 e C4 respectivamente, entre os tratamentos testemunha e 200 mM.

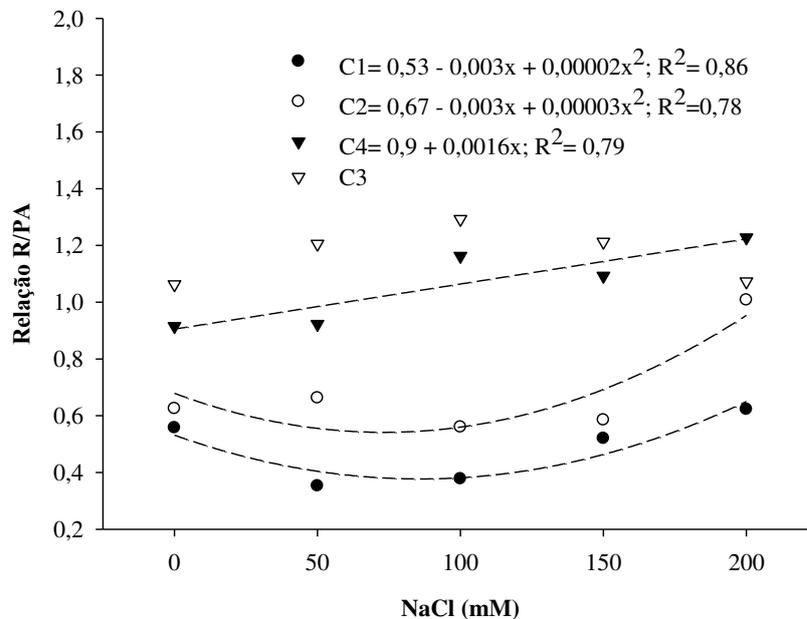
Para os comprimentos de parte aérea a Figura 3B mostra que a cultivar C4 destoa das demais no tratamento 0mM onde seu comprimento médio foi de 18,14 cm, valor bem superior as demais cultivares C1, C2 e C3 que tiveram 12,06 cm, 12,40 cm, e 13,48 cm de comprimento da parte aérea, respectivamente, para o mesmo tratamento. Contudo, quando observados os valores para o tratamento máximo de 200mM, tem-se que a cultivar C4 atingiu o valor de 8,14 cm, ao passo que as cultivares C1, C2 e C3 atingiram, respectivamente, 6,06 cm, 6,04 cm, 9,48 cm de comprimento da parte aérea, desse forma a redução percentual para as cultivares C1, C2, C3 e C4 respectivamente são de 49,75%; 48,38%; 29,67% e 55,12%. É possível perceber que a cultivar C4 teve maior redução da parte a área, o que sugere que ela teve a melhor resposta na mobilização de reservar para raízes, em virtude da salinização.

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), as cultivares C1 e C2 correspondem a variedades de sorgo granífero, enquanto as cultivares C3 e C4 correspondem a variedades de sorgo forrageiro e biomassa, respectivamente, podendo esse ser um fator determinante na expressão dos resultados. Os valores de crescimento da parte aérea corroboram com os obtidos por Coelho et al (2014), onde os valores mais altos de salinidade proporcionaram redução significativa do comprimento da parte aérea evidenciando o efeito dos sais sobre seu crescimento. Os dados estão de acordo com os obtidos por Lacerda et al. (2004), onde afirmam que o estresse salino, de forma geral, reduziu o crescimento das plântulas e que essa redução inibiu mais o crescimento da parte aérea do que da raiz.

A Figura 4 mostra a relação entre radícula e parte aérea. A cultivar C4 apresentou um comportamento linear, sua relação R/PA para o tratamento 0mM foi de 0,9 e para os tratamentos de 100mM e 200mM foram respectivamente de 1,06 e 1,22 de forma que a medida que se aumentam as concentrações de sal aumenta também a relação entre a radícula e a parte aérea. Contudo o mesmo comportamento não foi observado nas cultivares C1 e C2, onde primeiro houve um decréscimo ou a manutenção do valor da relação R/PA no tratamento 100mM e depois um acréscimo no tratamento 200mM. Para o tratamento de 0mM as cultivares C1 e C2 apresentaram uma relação R/PA de 0,53 e 0,67 respectivamente, no tratamento 100mM essa relação foi de 0,43 para cultivar C1 e 0,67 para cultivar C2, enquanto que para o tratamento

de 200mM os valores foram de 0,73 e 1,27. Com a observação dos três gráficos, é possível avaliar que a cultivar C4 (BRS 716) obteve uma resposta mais eficiente ao aumento da salinidade do que as demais cultivares que tiveram respostas tardias quanto ao incremento na concentração de sais. Esses resultados diferem do obtidos por Sousa (2007), onde a relação entre raiz e parte aérea para sorgo diminuiu com o aumento da salinidade como consequência dos maiores efeitos dos sais no crescimento do sistema radicular.

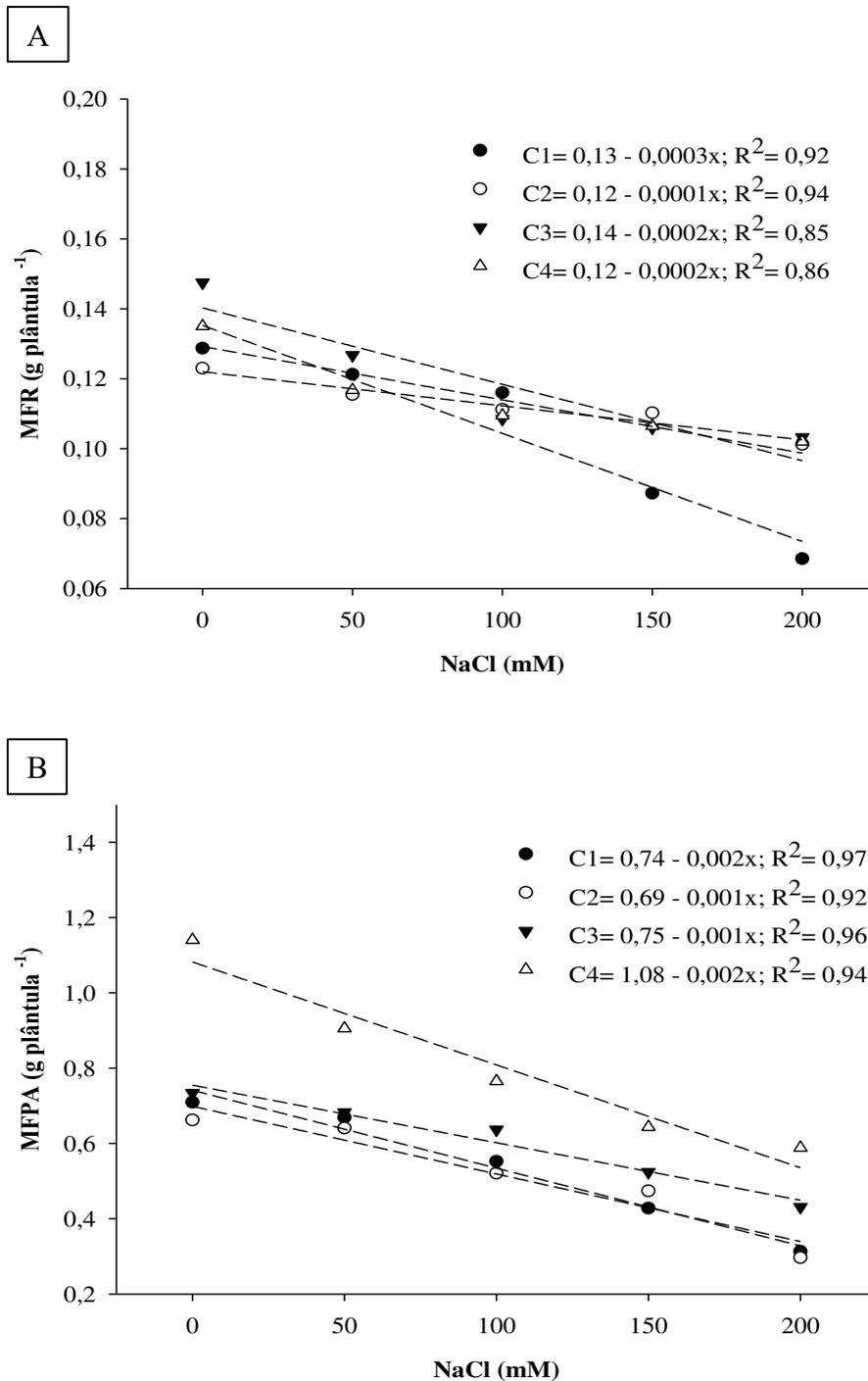
Figura 4 – Relação entre o comprimento da radícula e o comprimento da parte aérea (CR/CPA) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.



Fonte: O autor.

Quanto a produção de massa fresca da radícula, mostrada na Figura 5A, todas as cultivares foram afetadas negativamente de forma similar, exceto pela cultivar C1 que se mostrou mais susceptível ao aumento do estresse salino. Para o tratamento de 0mM, as cultivares obtiveram respectivamente 0,13 g; 0,12 g; 0,14 g e 0,12 g para as cultivares C1, C2, C3 e C4, de forma respectiva, enquanto no tratamento final de 200mM os valores obtidos foram de 0,10 g; 0,10 g e 0,08 g para as cultivares C2, C3 e C4, respectivamente, ao passo que para cultivar C1, o valor para o mesmo tratamento foi de 0,07 g, evidenciando uma menor tolerância para os níveis mais altos de salinidade.

Figura 5 – [A] Massa fresca da raiz (MFR) e [B] massa fresca da parte aérea (MFPA) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.



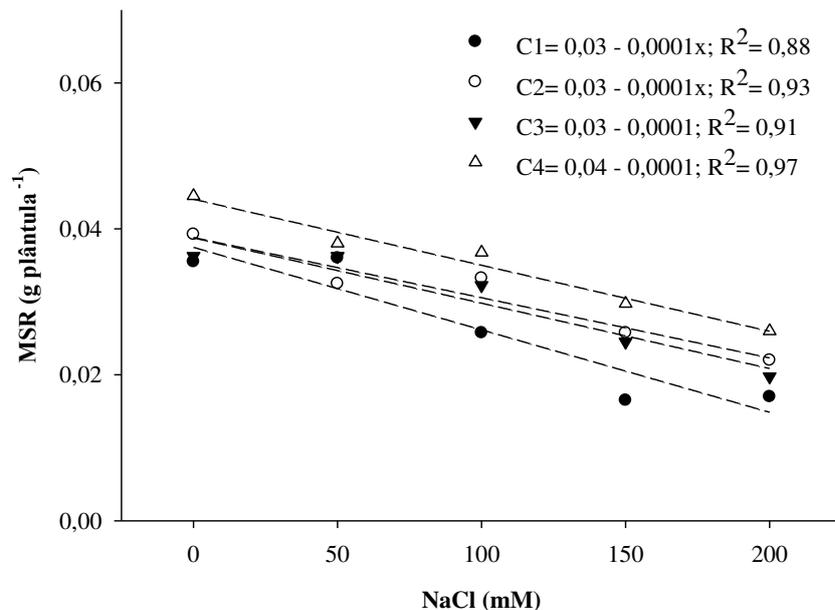
Fonte: O autor.

Para massa fresca da parte aérea, como mostra na Figura 5B, todas as cultivares foram afetadas negativamente pelo acréscimo de salinidade no meio, porém a cultivar C4 se

destacou em relação as demais cultivares em todos os tratamentos, foi a única cultivar a atingir média maior que 1 g (1,08 g) no tratamento de 0mM, quando as demais cultivares C1, C2 e C3 obtiveram 0,74 g; 0,69 g e 0,75 g, respectivamente. Já no tratamento máximo de 200mM a cultivar C4 atingiu 0,86 g enquanto as demais cultivares atingiram, respectivamente, os valores de 0,34 g; 0,49 g e 0,55 g para C1, C2 e C3. A cultivar C4 conseguiu absorver mais água que as demais cultivares, mesmo com o incremento da salinidade, uma menor redução em razão as demais. Vale destacar que a cultivar C4 (BRS 716) trata-se de uma variedade de sorgo biomassa que, segundo a EMBRAPA (2017), é um híbrido de alta produtividade que atinge, em média, de 120 a 150 toneladas por hectares.

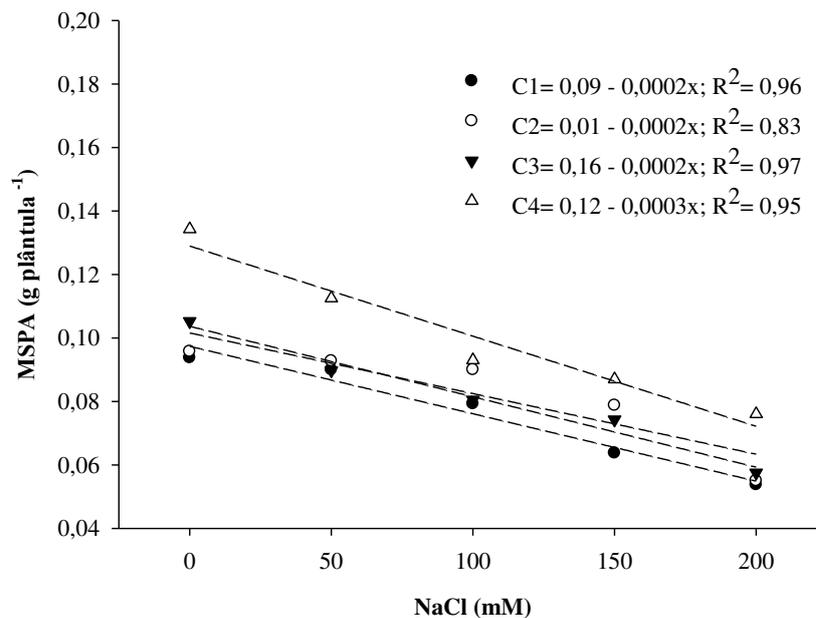
Na massa seca da radícula, apresentada na Figura 6, as cultivares C1 e C2 se mostraram mais suscetíveis ao aumento do estresse hídrico do que as cultivares C3 e C4. No tratamento de 0mM todas as cultivares obtiveram valores similares sendo a C4 a única a distinguir das demais com uma massa média de 0,4 g enquanto as outras cultivares obtiveram 0,3 g na pesagem. Já para o tratamento de 200mM, as cultivares C3 e C4 atingiram valores de 0,29 g e 0,39 g denotando maior tolerância, sobre as cultivares C1 e C2 que pesaram 0,1 g cada.

Figura 6 – Massa seca da radícula (MSR) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.



O mesmo efeito negativo da salinidade pode ser observado na massa seca da parte aérea, na Figura 7, onde no tratamento inicial de 0mM de NaCl as cultivares obtiveram massas de 0,09 g; 0,01 g; 0,16 g e 0,12 g para C1, C2, C3 e C4 respectivamente, enquanto no tratamento de 200mM as massas sofreram redução atingindo valores de 0,05 g; 0,005 g; 0,12 g; e 0,06 g respectivamente. Esses resultados discordam dos obtidos por Coelho et al. (2014) onde o efeito dos sais contribuiu para um aumento da massa seca nas plantas denotando tolerância à salinidade, contudo concordam com os resultados obtidos por Lacerda et al (2004) que observou redução na produção de massa seca da parte aérea e das raízes em virtude do estresse salino em genótipos de sorgo.

Figura 7 – Massa seca da parte aérea (MSPA) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.

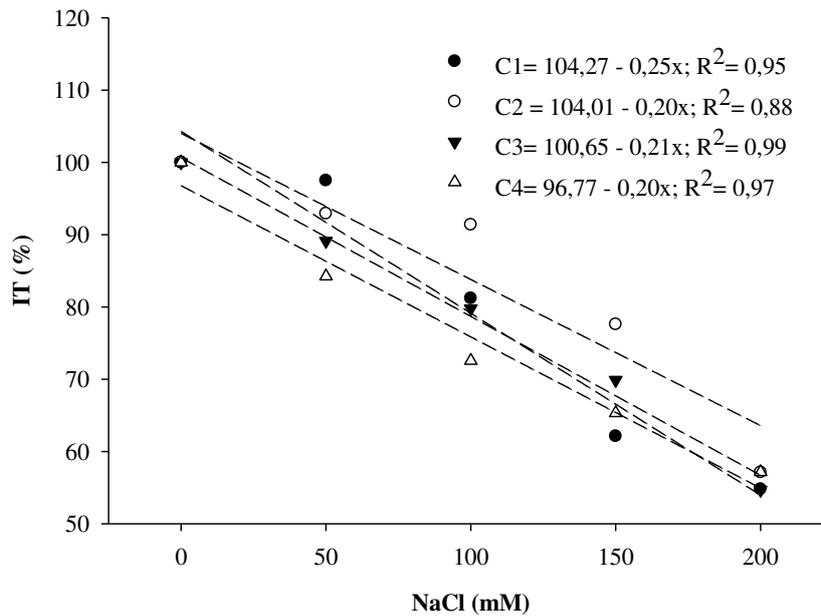


Fonte: O autor.

No que se refere ao índice de tolerância à salinidade (IT), observa-se que para o tratamento de 200mM as cultivares C1, C2, C3 e C4 apresentaram índices de 54,27%; 64,01%; 58,65% e 56,77% respectivamente, esses valores significam reduções percentuais de 47,93%; 38,45%; 41,72% e 41,33% em relação ao tratamento testemunha das cultivares, respectivamente (Figura 8). A cultivar C4 (BRS 716), obteve a segunda menor redução de matéria seca, ficando atrás somente da cultivar C2 (BRS 380). Esses resultados também foram

observados por Araújo (2016), em um experimento com cultivares de meloeiro irrigado com águas salinas, onde o incremento da salinidade inibiu o crescimento e o acúmulo de massa seca das cultivares.

Figura 8 – Índice de Tolerância à Salinidade (IT) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.



Fonte: O autor.

#### 4.3 Extravasamento de eletrólitos e solutos inorgânicos

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 3, pode-se observar que todas as variáveis sofreram influências significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, com exceção dos teores de  $K^+$  na parte aérea para a interação entre os fatores (Cultivares x Concentrações Salinas).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para extravasamento de eletrólitos na radícula (Ext R) e na parte aérea (Ext PA), teores de K<sup>+</sup> na radícula (K<sup>+</sup> R) e na parte aérea (K<sup>+</sup> PA), teores de Na<sup>+</sup> na radícula (Na<sup>+</sup> R) e na parte aérea (Na<sup>+</sup> PA) e relação Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> na radícula e na parte aérea de quatro cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidas a cinco concentrações de NaCl. Fortaleza – Ceará, 2020.

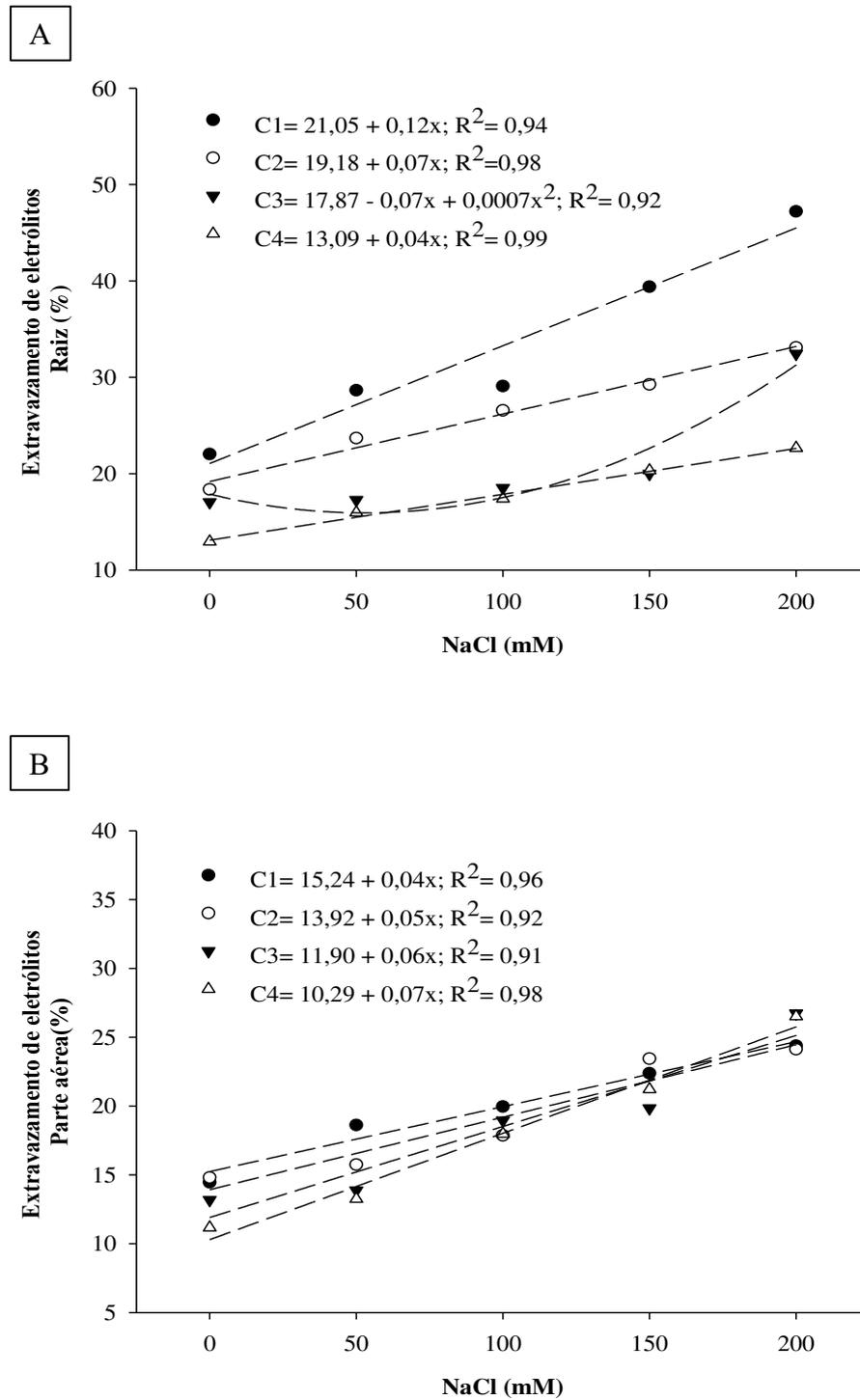
Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio							
		Ext (R)	Ext (PA)	K <sup>+</sup> (R)	K <sup>+</sup> (PA)	Na <sup>+</sup> (R)	Na <sup>+</sup> (PA)	Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> (R)	Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> (PA)
Cultivares (C)	3	905,45 **	14,10* *	49118, 0**	11367, 2**	45203 9,0**	54985,0 **	112,03 **	7,668* *
Concentrações Salinas (CS)	4	619,54 **	373,31 **	17879 9,0**	3259,0 **	33884 73,0**	489727, 0**	639,81 **	46,491 **
Int. C x CS	12	42,35* *	10,22* *	15898, 0**	278,4 ns	11547 5,0**	4753,0* *	24,81* *	1,615* *
Resíduo	60	5,98	3,54	688	172,80	8495,0	1325,0	2,18	0,124
Total	79	-	-	-	-	-	-	-	-
CV %	-	9,94	9,94	11,86	9,96	8,32	9,9	19	11,7

FV = Fontes de Variação; GL = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação; \*\* Significativo pelo teste F a 0,01; \* Significativo pelo teste F a 0,05; ns = não significativo. Fonte: O autor.

#### 4.3.1 Extravasamento de eletrólitos

A Figura 9A e 9B evidenciam o extravasamento de eletrólitos da radícula e da parte aérea, respectivamente. É possível observar que houve uma tendência de aumento na quantidade de eletrólitos liberados pelas plântulas de sorgo tanto na radícula quanto na parte aérea com o aumento do estresse salino por NaCl. Para o extravasamento de eletrólitos na radícula, presente na Figura 9, é possível observar que a cultivar C1 foi a mais afetada pela salinidade, no tratamento de 200 mM atingiu o percentual de 45,05%, enquanto as demais cultivares C2, C3 e C4 obtiveram valores de 33,18%; 31,87% e 21,09% respectivamente, também é possível observar que a cultivar C3 (BRS 658) teve comportamento diferente das demais, apresentando uma maior tendência a tolerância nos tratamentos de 50mM e 100mM. Para o tratamento de 50mM a cultivar C3 apresentou percentual de extravasamento de 16,12%, valor menor que os 17,87% obtidos no tratamento de 0mM. A cultivar C4 (BRS 716) apresentou o menor vazamento de eletrólitos, mostrando membranas mais íntegras e estáveis.

Figura 9 – [A] Extravasamento de eletrólitos da radícula (Ext R) e [B] da parte aérea (Ext PA) de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.



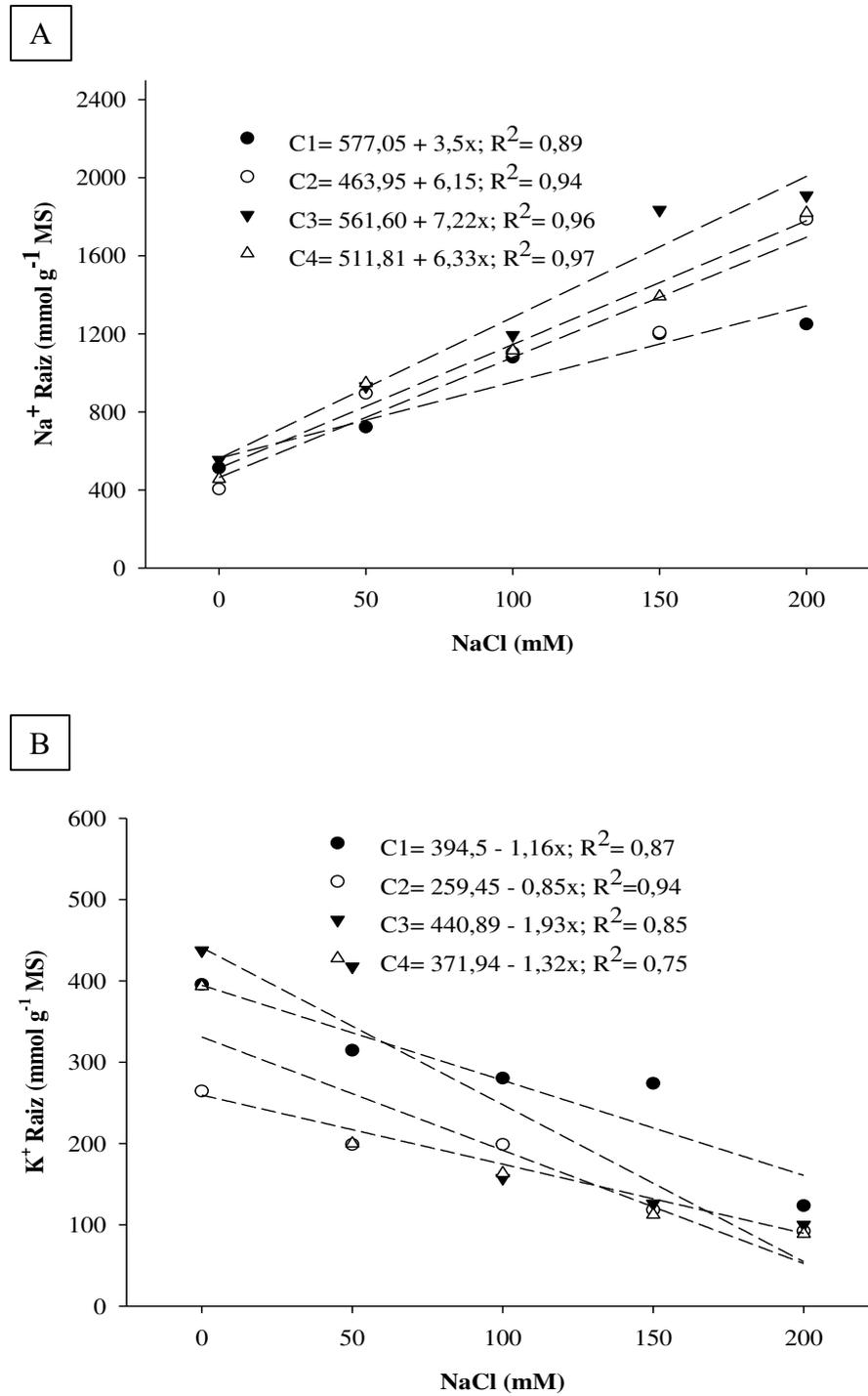
Fonte: O autor.

Para o extravasamento de eletrólitos da parte aérea, expresso na Figura 9B, todas as cultivares tiveram comportamento similar entre si. Assim como no extravasamento da radícula, no extravasamento da parte aérea, as cultivares foram afetadas pelo aumento do estresse salino aumentando também seus percentuais de liberação de eletrólitos, também foi possível observar que a cultivar C4 foi a mais afetada pelo aumento da salinidade tendo em vista que teve o menor percentual no tratamento testemunha e o maior percentual no tratamento máximo de 200mM. Para testemunha as cultivares C1, C2, C3 e C4 apresentaram percentuais de 15,24%; 13,92%; 11,90% e 10,29% respectivamente, enquanto no tratamento de 200mM os valores foram 23,24%; 23,92%; 23,90% e 24,29% respectivamente, evidenciando a maior variação entre os percentuais da cultivar C4. Sousa et al (2012) em um experimento com crescimento inicial do milho irrigado com águas salinas constatou que a condutividade elétrica se mostrava mais elevada nos tratamentos de maior salinidade, o que pode denotar o maior acúmulo de sais no conteúdo das plântulas.

#### **4.3.2 Teores de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>**

As determinações de sódio e potássio por fotometria para radícula estão evidenciadas pela Figura 10A e 10B. É possível observar que à medida que se aumenta o estresse salino aumenta também a presença de Na<sup>+</sup> na radícula, as cultivares C1, C2, C3 e C4 obtiveram respectivamente no tratamento testemunha 577,05 mmol/g; 463,95 mmol/g; 561,60 mmol/g e 511,81 mmol/g na radícula enquanto no tratamento de 200mM, os valores foram de 1277,05 mmol/g; 1639,95 mmol/g; 2005,6 mmol/g e 1777,81 mmol/g de matéria seca. Contudo, para o potássio foi observado a relação inversa, à medida que se aumentava o estresse salino, reduzia-se a quantidade de K<sup>+</sup> presente na radícula. Para o tratamento de 0mM foram observados os valores de 394,5 mmol/g; 259,45 mmol/g; 440,89 mmol/g e 371,94 mmol/g, enquanto para o tratamento de 200mM os valores foram de 162,5 mmol/g; 89,45 mmol/g; 54,89 mmol/g e 107,94 mmol/g de matéria seca respectivamente para as cultivares C1, C2, C3 e C4. Lacerda et al (2004) trabalhando com plântulas de sorgo estressadas com cloreto de sódio, observou que o aumento da salinidade induz o acúmulo de sódio e reduz os teores de potássio, indicando uma relação de competição entre os íons na sua absorção e transporte.

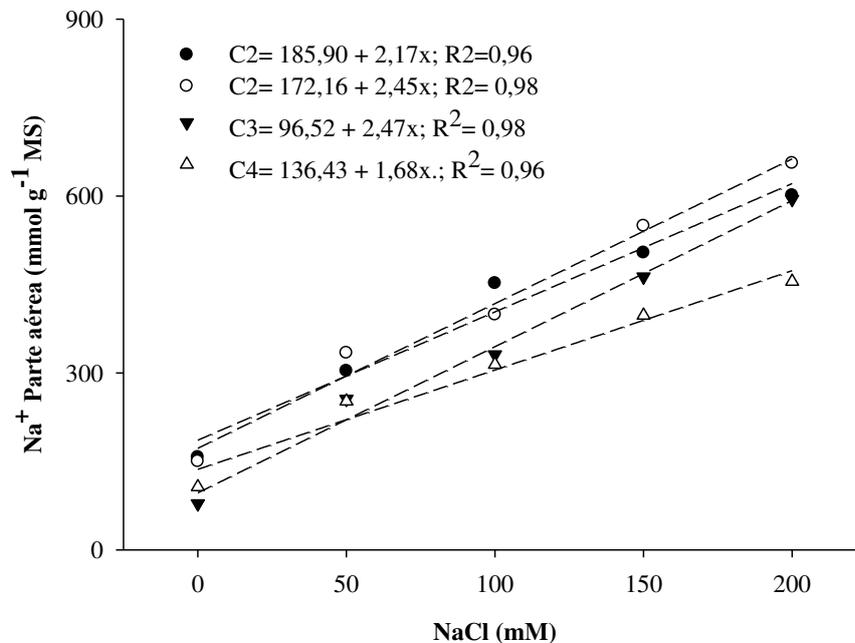
Figura 10 – [A] Teores de  $\text{Na}^+$  e [B] Teores  $\text{K}^+$  na radícula de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.



Fonte: O autor.

Semelhante ao que foi observado na radícula, as leituras de fotometria para sódio e potássio na parte aérea, mostradas nas Figuras 11 e 12, também apontaram o acúmulo de sódio em decorrência do aumento da salinidade ao passo que também foi possível observar a redução dos teores de potássio. Para o sódio, no tratamento de 0mM as cultivares C1, C2, C3 e C4 obtiveram teores de 185,90 mmol/g; 172,16 mmol/g; 96,52 mmol/g e 136,43 mmol/g, já para o tratamento de 200mM os teores aumentaram para 619,90 mmol/g; 662,16 mmol/g; 590,52 mmol/g e 472,43 mmol/g de matéria seca, respectivamente (Figura 11).

Figura 11 – Teores de Na<sup>+</sup> de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.

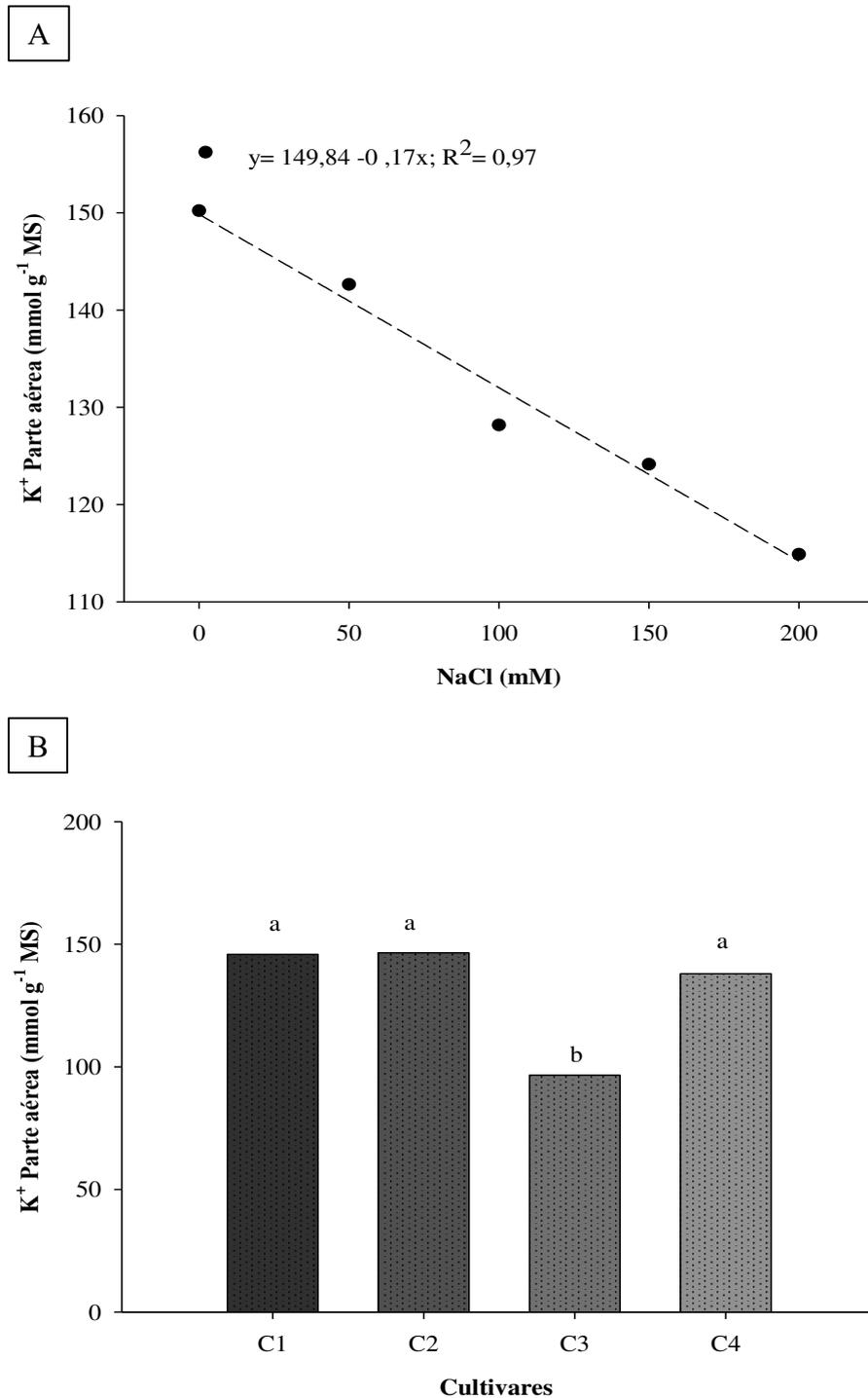


Fonte: O autor.

Ainda é possível apontar que a cultivar C3 (BRS 658) foi a mais afetada pelo estresse salino em relação as demais cultivares sendo a única a diferir no teor de potássio com uma média de 100 mmol/g de matéria seca, enquanto as demais tiveram média de 150 mmol/g de matéria seca (Figura 12). Esses dados estão de acordo com Azevedo Neto e Tabosa (2000), que trabalhando com plântulas de cultivares de sorgo de 21 dias em estresse salino, verificou que maiores teores de sódio foram encontrados nas raízes em relação a parte aérea, também

constatou que a salinidade reduziu os teores de potássio em todas as partes da planta independente da cultivar.

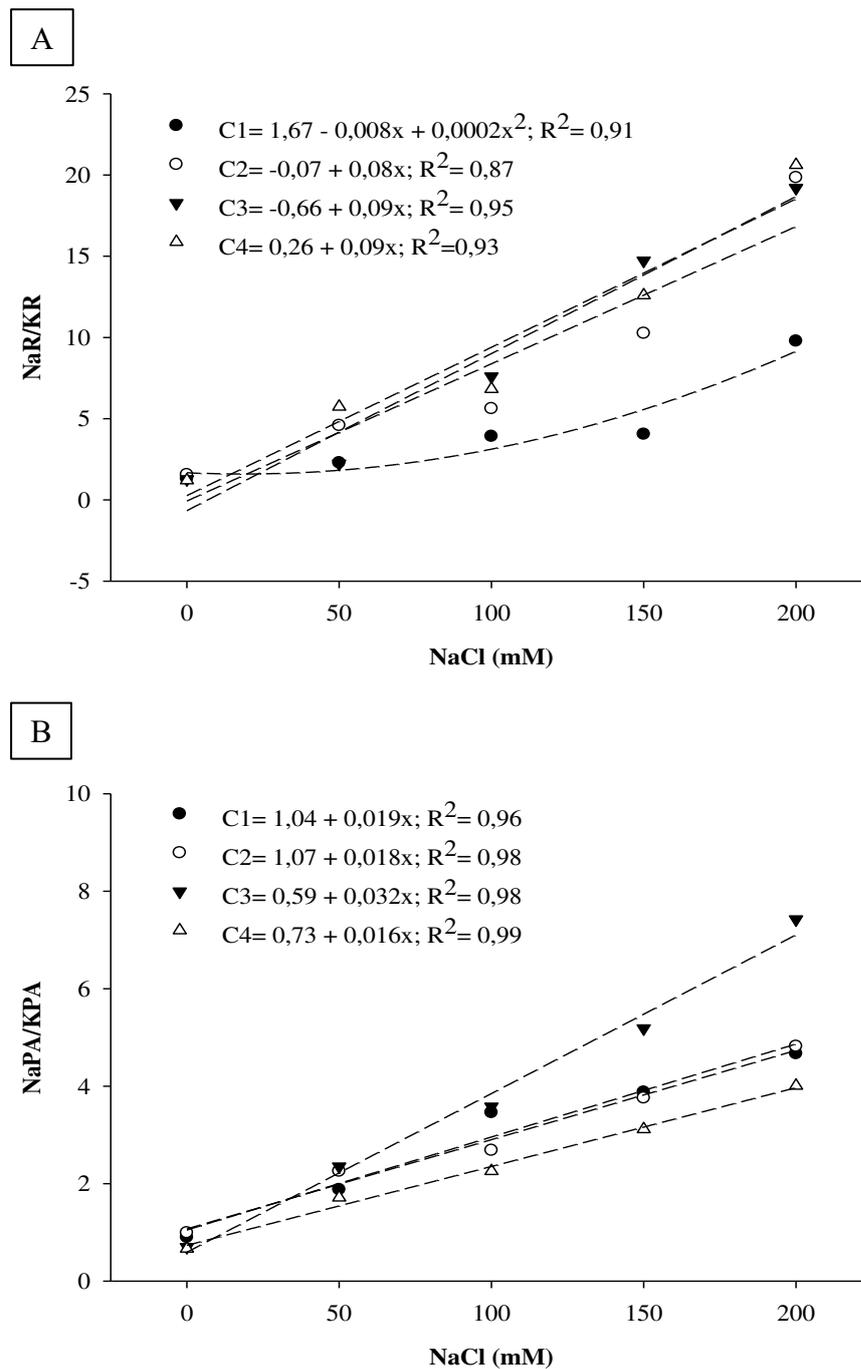
Figura 12 – Teores de  $K^+$  de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.



Fonte: O autor.

Ao observar a relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  para radícula e parte aérea na Figura 13, é possível observar que o aumento da salinidade nos tratamentos influencia no aumento dessa relação evidenciando, por sua vez, o aumento nos teores de sódio em detrimento do potássio por competição.

Figura 13 – Relação entre teores de sódio e potássio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ) tanto na radícula quanto na parte aérea de quatro cultivares de sorgo submetidas a diferentes concentrações salinas. C1: BRS-373; C2: BRS-380; C3: BRS-658; C4: BRS-716. Fortaleza – CE, 2020.



Fonte: O autor.

Para a radícula (Figura 13A), a relação entre sódio e potássio para o tratamento de 200 mM foi de 8,07 para C1; 16,07 para C2; 18,66 para C3 e 18,26 para C4. A cultivar C1 (BRS 373) apresentou um valor para essa relação 54,3% menor que a média das demais cultivares. Para a parte aérea, no tratamento de 200 mM, os valores foram de 4,84 para C1; 4,67 para C2; 6,99 para C3 e 3,93 para C4. Dessa forma é possível constatar que apesar de terem acumulado sódio, as cultivares mantiveram os maiores teores de sódio nas radículas, em especial, a cultivar C4 (BRS 716) que teve o menor valor para relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  na parte aérea para o tratamento de 200 mM, sendo 28,3% menor que a média das demais cultivares, isso sugere que a cultivar C4 pode ter sido eficiente em compartimentalizar o sódio na radícula e não exportar para parte aérea, reduzindo os efeitos de toxidez e competição. Resultado semelhante foi observado por Aquino (2007), que trabalhando com cultivares de sorgo CSF 18 e CSF 20, concluiu que essa retenção do sódio pode prevenir seu acúmulo nos tecidos foliares.

## 5. CONCLUSÕES

1. Os níveis de salinidade interferiram negativamente no processo de germinação e no desenvolvimento inicial de plântulas de todas as cultivares analisadas.

2. A cultivar BRS 373 (C1) apresentou os piores índices de germinação e de desenvolvimento, em relação as demais cultivares.

3. A cultivar BRS 658 (C3) foi a mais afetada pela salinidade em relação ao acúmulo de sódio e, por consequência, baixo teor de potássio.

4. A cultivar BRS 716 (C4), se destacou em relação as demais cultivares, apresentando potencial para ser classificada como tolerante, contudo, novos estudos devem ser elaborados com a finalidade de afirmar sua tolerância com maior precisão.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, J. R. A. Salinidade em áreas irrigadas: origem do problema, consequências e possíveis soluções. 2009
- AQUINO, A. J. S.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E.; COSTA, R. N. T. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **R. Bras. Ci. Solo**. 31:961-971, 2007.
- ARAGÃO, R. M.; SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, E. N.; LOBO, A. K. M.; DUTRA, A. T. B. Absorção, fluxo no xilema e assimilação do nitrato em feijão-caupi submetido à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 01, p. 100-106, 2010.
- ARAÚJO, E. B. G.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. K. do N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade de água. **Ver. Ambient. Água**. vol. 11, n. 2, Taubaté, abr – jun, 2016.
- AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v4. n.2, p.165-171, 2000.
- BOTELHO, P. R. F.; PIRES, D. A. A.; SALES, E. C. J.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; REIS, S. T. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 287-297, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária/Mapa/ACS, 2009.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4 nd ed. Jaboticabal, FUNEP, 2000. 588p.
- COELHO, D. S.; SIMÕES, W. L.; MENDES, A.; DANTAS, B. F.; RODRIGUES, J. A.; SOUZA, M. A. D. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 25-30, 2014.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v6, Safra 2018/19, n.7 – Sétimo levantamento, abril 2019.
- DIAS, N. S. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido. Piracicaba, 2004. 110p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudo básico e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p.129-140.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Sorgo Biomassa BRS 716, 2017. Disponível em < <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4654/sorgo-biomassa-brs-716> >. Acesso em 10 de outubro de 2020.

FAO, **The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW)** — managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London, 2011.

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p.307-319, 2004.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira: Morfologia de Gramíneas Forrageiras. cap. 2. Brasília, 2012, 274p.

FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; OLIVEIRA, F. N.; COSTA, E.M.; RIBEIRO, M.C.C. Efeito da irrigação com água salina na emergência e crescimento inicial de plântulas de Jucá. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p.54-58, 2010.

GALVÃO, J. R.; FERNANDES, A. R.; PINHEIRO, D. P.; MELO, N. C. Adubação potássica em híbridos de sorgo forrageiro cultivados em sistemas de manejo do solo na Amazônia oriental. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 70-79, 2015.

GORAI, M.; NEFFAT, M.; Germination responses of *Reaumuria vermiculata* to salinity and temperature. **Annals of Applied Biology**, v. 151, p. 53-59, 2007.

GUIMARÃES, M. D. A., DIAS, D. C. F. dos S., & EHLERS, M. L. Hidratação de sementes Seed hydration. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Bilógicas**, v. 2, n. 1, p. 31–39, 2008.

GUIMARÃES, M. J. M.; SIMÕES, W. L.; TABOSA, J. N.; SANTOS, J. E.; WILLADINO, L. Cultivation of forage sorghum varieties irrigated with saline effluent from fish-farming under semiarid conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 461-465, 2016.

HERNÁNDEZ, E. I.; MELENDEZ-PASTOR, I.; NAVARRO-PEDREÑO, J.; GÓMEZ, I. Spectral indices for the detection of salinity effects in melon plants. **Scientia Agrícola**, v. 71, n. 4, p. 324-330, 2014.

HOBBS, P.R.; OBENDORF, R.L. 1972 Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. **Crop Science**, v. 13, p. 664-667.

IBGE: Elaboração BNB/ETENE, com dados do IBGE. Nota (1): Participação das regiões em relação ao País e participação dos estados do Nordeste em relação a esta Região, 2019.

KERMODE, A.R. Approaches to elucidate the basis of desiccation-tolerance in seeds. **Seed Science Research**, v. 7, p. 75-95. 1997.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA, 1983.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; Influência do Cálcio Sobre o Crescimento e Solutos em Plantas de Sorgo Estressadas com Cloreto de Sódio, 8p. 2004.

LANDAU E. C.; SANS L. M. A. Clima. Cultivo do sorgo. 9 ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2). Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducaolf6\\_1galceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id)>

=column-1&p\_p\_col\_count=1&p\_r\_p\_-76293187\_sistemaProducaoId=8301&p\_r\_p\_-996514994\_topicoId=1304>. Acesso em 29 de setembro de 2020.

LIMA, R. K. O. Germinação e Vigor de Sementes de Soja em Condições de Estresse Térmico e Salino. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2019. 45p.

LIMA, Y. B.; SÁ, F. V. S.; FERREIRA NETO, M.; PAIVA, E. P.; GHEYI, H. R. Accumulation of salts in the soil and growth of cowpea under salinity and phosphorus fertilization. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5spe, p. 765-773, 2017.

MAGALHÃES, P.C.; SCHAFFERT, R. E.; SOUZA, T.C. Ecofisiologia. Cultivo do sorgo. 9 ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2).

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

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

MEDEIROS, R. M.; DUARTE, J. F. de M. Caju versus sorgo e sua aptidão climática no município de Recife – PE – Brasil. **Revista Percursos – NEMO**. Maringá, v. 12, n. 1, p. 03-18, 2020

MELGAR, J. C.; SYVERTSEN, J. P.; MARTÍNEZ, V.; GARCÍA-SÁNCHEZ, F. Leaf gas exchange, water relations, nutrient content and growth in citrus and olive seedlings under salinity. **Biologia Plantarum**, v. 52, n. 2, p. 385-390, 2008.

MOTA, J. H., et al. Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha em Jataí-GO. Jataí. 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153521/1/Avaliacao-cultivares-7.pdf>. Acesso em: 21 de outubro de 2020.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 6, p. 651-681, 2008.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 20-31.

OLIVEIRA, A. B.; ALENCAR, N. L. M.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Accumulation of organic and inorganic solutes in NaCl-stressed sorghum seedlings from aged and primed seeds. **Scientia Agrícola**, v. 68, n. 6, p. 632-637, 2011.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES FILHO, E. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. **Revista brasileira de sementes**, v. 31, n. 3, p. 48-56, 2009.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GUEYI, H. R.;

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. do N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. de S. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista**

**Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental.** v. 19, n. 2, mai-ago. 2015, p. 1308-1324.

QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS J. F. (Ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB, 1997. cap.1, p.1-35.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020.

RIBAS, P. M.; Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2. 2000. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27507/1/Importancia-economica.pdf>>. Acesso em: 01 de outubro de 2020.

RINNE, K. T.; SAURER, M.; STREIT, K.; SIEGWOLF, R. T. W. Evaluation of a liquid chromatography method for compound-specific  $\delta^{13}C$  analysis of plant carbohydrates in alkaline media. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, v. 26, n. 18, p. 2173-2185, 2012.

ROSA, L. S.; FELIPPI, M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F. 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.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; RODRIGUES, J. A. S.; COSTA, C. T. F.; OLIVEIRA, G. F. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lower middle San Francisco Valley. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, n. 1, p. 13-19, 2013.

SANTOS, R. F. ; PLACIDO, H. F. ; GARCIA, E. B. ; CANTU, C. ; ALBRECHT, A. J. P. ; ALBRECHT, L. P. ; FRIGO, K. D. A. Sorgo sacarino na produção de agroenergia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2015.

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática, Levantamento sistemático de produção agrícola, março, 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/ceara>>. Acesso em: 01 de outubro de 2020.

SILVA, M. C. C.; MEDEIROS, A. F. A.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M.; COELHO, F. S.; BRAUN, H. Efeito do estresse hídrico e térmico na germinação e no vigor de sementes de cenoura. **Idesia**, v. 29, n. 3, p. 39–44, 2011.

SINGH, H. P.; BATISH, D. R.; KOHLI, R. K.; ARORA, K. Arsenic-induced root growth inhibition in mung bean (*Phaseolus aureus* Roxb.) is due to oxidative stress resulting from enhanced lipid peroxidation. **Plant Growth Regulation**, v. 53, n. 1, p. 65-73, 2007.

SOUSA, G. G.; MARINHO, A. B.; ALBUQUERQUE A. H. P.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO B M. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronomia**. v. 43, n. 2, p. 237-245, abr-jun, 2012.

SOUSA, C. H. C. Análise da tolerância à salinidade em plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão. Fortaleza. 2007. 73p (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Fortaleza. 2007.

TABOSA, J.N.; COLAÇO, W.; REIS, O.V.; SIMPLÍCIO, J.B.; CARVALHO, H.W.L.; DIAS, F.M. Sorghum genotypes evaluation under salinity levels and gamma ray. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.3, p.339-350, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MØLLER, I. M; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TERRA, T. G. R.; LEAL, T. C. A. B; SIEBENEICHLER, S. C.; CASTRO, D. V.; DIAS NETO, J. J.; ANJOS, L. M. Desenvolvimento e produtividade de sorgo em função de diferentes densidades de plantas. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 208-215, 2010.

VOET, D.; VOET, J.G. **Biochemistry**. 3rd ed. Wiley, United States of America. 2004. 1591p.

VIANA, J. S. Tolerância à Salinidade de Sementes de Sorgo Tratadas com Plasma Frio. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2017. 39p.

VIEIRA, M. R. Produtividade, composição químico-bromatológica e nutrição e nutrição mineral de plantas de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas. Fortaleza. 2006. 97f. (Mestrado em Irrigação em Drenagem). Fortaleza. 2006.