

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO**

**MAURO REGIS VIEIRA**

**PRODUTIVIDADE, ANÁLISES QUÍMICO-BROMATOLÓGICAS E  
NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS DE SORGO FORRAGEIRO  
IRRIGADAS COM ÁGUAS SALINAS**

**Fortaleza**

**2006**

MAURO REGIS VIEIRA

PRODUTIVIDADE, ANÁLISES QUÍMICO-BROMATOLÓGICAS E  
NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS DE SORGO FORRAGEIRO  
IRRIGADAS COM ÁGUAS SALINAS

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Irrigação e Drenagem, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

FORTALEZA  
2006

**MAURO REGIS VIEIRA**

**PRODUTIVIDADE, ANÁLISES QUÍMICO-BROMATOLÓGICAS E  
NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS DE SORGO FORRAGEIRO  
IRRIGADAS COM ÁGUAS SALINAS**

Dissertação submetida à Coordenação do  
Curso de Pós-Graduação em Agronomia,  
área de concentração em Irrigação e  
Drenagem, como requisito parcial para a  
obtenção do grau de mestre.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Orientador)

Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido (Co-orientador)

Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Pesq. Dr. Josimar Bento Simplício (Conselheiro)

Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA

Ao altíssimo Deus por suas maravilhas, por minha vida e minha salvação. Aos meus pais, José Aldenizio Vieira e Iseuda Bezerra Vieira, meus irmãos Ricardo, Jeane, Raniere, Érika e Eduardo e, especialmente, aos meus amados filhos Emanuel e Gyovanna.

DEDICO

*“Aplica teu coração a inquirir e a investigar com sabedoria a respeito de tudo quanto existe debaixo do céu, pois essa é a (enfadonha) ocupação que Deus dá aos filhos dos homens para nela se exercitarem”.*

*Eclesiastes 1:13*

## AGRADECIMENTOS

Ao longo de 730 dias ininterruptos de muito estudo e trabalho e após realizar mais de 2560 análises em três laboratórios diferentes, louvo ao Senhor Jesus Cristo pelas suas muitas misericórdias para comigo e por me conceder a vitória. Elevo a Ti, ó Deus, a minha gratidão, porque de Ti, e por Ti, e para Ti são todas as coisas. A Deus, pois, a glória eternamente. Amém!

A minha amada família: Aline, Emanuel e Giovanna Vieira por serem parte de mim e estarem comigo em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais, José Aldenizio Vieira e Iseuda Bezerra Vieira, pelo amor incondicional, e meus irmãos, Ricardo, jeane, Raniere, Érika e Eduardo pelos momentos alegres proporcionados, meu sobrinho Baden Powell Vieira Gomes e seu pai Luiz Márcio Pereira Gomes, ao meu tio Gilberto Damaceno, meu abraço fraternal.

A Primeira Igreja Bíblica Independente de Fortaleza, na pessoa do Pr. Valmi Neto, pelas orações e apoio espiritual em cada momento de minha vida.

A Universidade Federal do Ceará (UFC), através da Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo e financiamento da pesquisa.

A todos os professores que contribuíram com meu aprendizado no decorrer da minha vida acadêmica, especialmente ao:

- Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda, meu “pai” e herói, por sua amizade, deferência, compreensão e ajuda em todos os momentos de meu mestrado.

- Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa (Newton Raphson EXCELENTE!), por colaborar de maneira extraordinária em meu desenvolvimento intelectual.

- Prof. Dr. F<sup>co</sup> Marcus Lima Bezerra, por tudo que fez e que ainda faz em prol dos discentes do Curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem.

- Prof. Dr. José Magno Duarte Cândido pela amizade e disponibilidade em ajudar e, principalmente, por ter aceitado tamanho desafio.

Ao Prof. Dr. Enéas Gomes Filho por tornar disponível o Laboratório de Fisiologia Vegetal 1 do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da UFC.

Prof. Dr. Gastão Espíndola por tornar disponível o Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFC.

Aos funcionários do DENA: Dr. Almiro Medeiros (grande abraço), Aninha de força, Alípio Leão, Firmino Canafístula, Gláucia, Graça Mendonça, Ivan Albuquerque, Josenias Barroso, Marilac Lima, Maurício chocolate, “Toinha” e Willa Silva.

A todos os amigos que conquistei durante minhas análises: Helena, Roseane e Manuel, Nathan (todos da Nutrição Animal), Cyane, Raquel, Eduardo, Ruan, Welton, Nara, Aldo, Franklin (Fisiologia Vegetal 1).

Aos amigos de curso, [Alexandre José Silva de Aquino](#) (Sujeito), [Alexandre Maia Alves](#), Antônio Evami Cavalcante de Sousa (Irmão Urso), Carlos Henrique Carvalho Sousa, [Daniel Santana Colares](#), Daniele Ferreira de Araújo, Denise Vasconcelos Vieira, Eliana Lee Jorge Rocha, [Esaú Matos Ribeiro](#) (Esinha), Francisco Aglodoaldo Jr, Francisco Sildemberny Souza dos Santos (especial), Guilherme Vieira do Bonfim, John Herbert Ferreira Sindeaux (John messenger), [José Itamar Frota Júnior](#), [José Otacílio de Assis Júnior](#) (Potencia), Kelly Tagianne Santos de Souza (Lindinha), Lilian Cristina Castro Pinto (Florzinha), Luiz Carlos Guerreiro Chaves (Pequenino), Marcelo Régis Magalhães Jovino, Maria do Socorro Medeiros de Souza, [Marcos Meireles](#), [Moacir Andrade Rabelo Filho](#), Neuzo Batista de Moraes (Tá errado!), Paulo de Cairo Perdigão, Robson Alessandro de Sousa (Negão de tirar o chapéu), Rodrigo Peixoto de Castro (Bigodin), Thalles Afonseca (intruso), Wlisses Matos Maciel. Obrigado por participarem de minha vida, amo vocês!

Aos amigos, Elibernon Alves e Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu, pela consideração e ajuda. Meu abraço!

Aos meus vizinhos, Pracival Jr., Rafael, Raquel, Sra. Marilene e o Sr. Parcival Barreto, pela amizade, consideração e paciência comigo e com meu carro, vocês são maravilhosos.

Especialmente a Ponciana Lopes de Carvalho, pela ajuda incondicional durante todo meu trabalho, você mora no meu coração minha amada.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram com esta pesquisa.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	
<b>RESUMO.....</b>	
<b>ABSTRACT.....</b>	
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1. A cultura do sorgo.....	4
2.2. Características agronômicas do sorgo.....	5
2.3. Qualidade da forragem.....	7
2.4. O problema da salinidade.....	9
2.5. Salinidade do solo e da água.....	10
2.6. Efeitos da salinidade sobre as plantas.....	10
2.7. Tolerância do sorgo a salinidade.....	12
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
3.1. Caracterização da área e do período de realização do estudo.....	13
3.2. Tratamentos, delineamento e condução experimental.....	14
3.3. Colheita e medição de parâmetros agronômicos.....	15
3.4. Análises químico-bromatológicas.....	15
3.5. Teores de elementos minerais.....	16
3.6. Acompanhamento da salinidade do solo.....	16



3.7. Análises estatísticas.....	17
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>18</b>
4.1. Variações na salinidade e na sodicidade do solo.....	18
4.2. Características agronômicas.....	22
4.2.1. Produção de massa verde.....	22
4.2.2. Rendimento de matéria seca.....	23
4.2.3. Altura das plantas.....	25
4.2.4. Partição da matéria seca nas diversas partes da planta.....	27
4.3. Composição químico-bromatológica.....	29
4.3.1. Composição químico-bromatológica da planta inteira.....	29
4.3.2. Composição químico-bromatológica das frações da planta.....	37
4.3.2.1. Folha.....	39
4.3.2.2. Colmo.....	40
4.3.2.3. Panículas.....	43
4.3.2.4. Material morto.....	44
4.4. Teores de elementos minerais.....	46
4.4.1. Sódio e cloreto.....	48
4.4.2. Potássio.....	51
4.4.3. Cálcio.....	52
4.4.4. Fósforo.....	54
4.4.5. Relação $\text{Na}^+/\text{K}^+$ nas folhas e retenção de $\text{Na}^+$ e $\text{K}^+$ nos colmos.....	56

<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>76</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b>	Valores de CE obtidos de amostras de solo coletadas antes e após o cultivo e ao final da estação chuvosa. A (0 a 0,30 m); B (0,30 a 0,60 m); C (0,60 a 0,90 m).....	<b>19</b>
<b>FIGURA 2.</b>	Valores de PST obtidos de amostras de solo coletadas antes e após o cultivo e ao final da estação chuvosa. A (0 a 0,30 m); B (0,30 a 0,60 m); C (0,60 a 0,90 m).....	<b>21</b>
<b>FIGURA 3.</b>	Produção de massa verde no primeiro corte em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com águas com crescentes concentrações de sais.....	<b>23</b>
<b>FIGURA 4</b>	Rendimento de matéria seca em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com águas com crescentes concentrações de sais.....	<b>25</b>
<b>FIGURA 5.</b>	Altura das plantas, no primeiro corte de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com águas com crescentes concentrações de sais.....	<b>26</b>
<b>FIGURA 6.</b>	Proporção de material morto em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	<b>28</b>
<b>FIGURA 7.</b>	Teor de proteína bruta, com base na MS, em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	<b>31</b>

<b>FIGURA 8.</b>	Teor de fibra em detergente neutro (FDN), com base na MS, em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais. níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....	<b>32</b>
<b>FIGURA 9.</b>	Teor de fibra em detergente ácido (FDA), com base na MS, em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	<b>32</b>
<b>FIGURA 10.</b>	Teores de matéria seca em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	<b>33</b>
<b>FIGURA 11.</b>	Teor de resíduo mineral, com base na MS, em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	<b>34</b>
<b>FIGURA 12.</b>	Teor de hemicelulose, com base na MS, em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	<b>35</b>
<b>FIGURA 13.</b>	Rendimento de proteína em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	<b>36</b>
<b>FIGURA 14.</b>	Teores de carboidrato solúveis em água de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	<b>37</b>
<b>FIGURA 15.</b>	Teores de proteína bruta no colmo de dois genótipos de sorgo	

	forageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	41
<b>FIGURA 16.</b>	Teores de carboidratos solúveis em água no colmo de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	41
<b>FIGURA 17.</b>	Teores de resíduo mineral no colmo de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	42
<b>FIGURA 18.</b>	Teores de proteína bruta no material morto de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	45
<b>FIGURA 19.</b>	Teores de sódio nos limbos foliares (A), colmos + bainhas (B), panículas (C) e material morto (D) de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	49
<b>FIGURA 20.</b>	Teores de cloreto nos limbos foliares (A), colmos + bainhas (B), panículas (C) e material morto (D) de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	50
<b>FIGURA 21.</b>	Teores de potássio nos limbos foliares (A), colmos + bainhas (B), panículas (C) e material morto (D) de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.....	52

- FIGURA 22.** Teores de cálcio nos limbos foliares (A), colmos + bainhas (B), panículas (C) e material morto (D) de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais..... 53
- FIGURA 23.** Teores de fósforo nos limbos foliares (A), colmos + bainhas (B), panículas (C) e material morto (D) de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais..... 55
- FIGURA 24.** Relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  nos limbos foliares de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais..... 57
- FIGURA 25.** - Relações entre os teores de  $\text{Na}^+$  (A) e  $\text{K}^+$  (B) nos colmos e bainha em relação aos respectivos teores desses íons nos limbos foliares de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.. 58

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b>	Dados meteorológicos médios obtidos durante a estação seca (27 de outubro de 2004 a 16 de fevereiro de 2005) e a estação úmida (16 de fevereiro a 21 de junho de 2005) correspondentes aos períodos de coletas <sup>1</sup> , Fortaleza, Ceará, 2004-2005.....	<b>13</b>
<b>TABELA 2.</b>	Valores dos quadrados médios e da significância estatística para a produção de massa verde de plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....	<b>22</b>
<b>TABELA 3.</b>	Valores dos quadrados médios e da significância estatística para o rendimento de matéria seca de plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....	<b>24</b>
<b>TABELA 4.</b>	Valores dos quadrados médios e da significância estatística para a altura das plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....	<b>26</b>
<b>TABELA 5.</b>	Valores dos quadrados médios e da significância estatística para a partição percentual da folha, do colmo, da panícula e do material morto na matéria seca de plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigados com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....	<b>27</b>
<b>TABELA 6.</b>	Partição percentual da folha, do colmo, da panícula e do material morto da planta na matéria seca <sup>1</sup> de dois genótipos de sorgo	

	(CSF 18 e CSF 20) irrigados com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....	
		<b>29</b>
<b>TABELA 7.</b>	Valores dos quadrados médios e da significância estatística para a composição químico-bromatológica da planta de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigados com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....	<b>30</b>
<b>TABELA 8.</b>	Valores de quadrados médios e significância estatística para a composição químico-bromatológica das frações da planta de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigados com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....	<b>38</b>
<b>TABELA 9.</b>	Composição químico-bromatológica da folhas <sup>1</sup> de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....	<b>39</b>
<b>TABELA 10.</b>	<b>Composição químico-bromatológica dos colmos e bainhas<sup>1</sup> de plantas de dois genótipos de sorgo irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....</b>	<b>43</b>
<b>TABELA 11.</b>	Composição químico-bromatológica das panículas <sup>1</sup> de plantas de dois genótipos de sorgo irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....	<b>44</b>
<b>TABELA 12.</b>	Composição químico-bromatológica do material morto <sup>1</sup> de plantas de dois genótipos de sorgo irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....	<b>46</b>



- TABELA 13.** Valores de quadrados médios e significância estatística para os teores de sódio, cloreto, cálcio, potássio e fósforo das frações da planta de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigados com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....
- 47**
- TABELA 14.** Valores de quadrados médios e significância estatística para as relações sódio/potássio na folha, sódio colmo/folha e potássio colmo/folha de planta de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigados com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.....
- 56**

## RESUMO

A utilização de águas salinas ou o manejo inadequado em projetos de irrigação acarretam acúmulo de sais no solo, os quais quando em excesso, afetam diversos processos fisiológicos, a nutrição mineral e o crescimento e produtividade das culturas. Neste trabalho, avaliou-se a produtividade, a composição químico-bromatológica e os teores de elementos minerais ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  e P) de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigados com águas de diferentes níveis de salinidade, 0,90 (água do poço), 2,60, 4,20 e 5,80  $\text{dS m}^{-1}$ . Também foi avaliado o acúmulo de sais no solo durante o cultivo sob irrigação com água salinas e o efeito das chuvas no processo de lavagem desses sais. O experimento obedeceu a um delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, em esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições; o estudo foi desenvolvido em condições de campo, na estação seca, em um Argissolo Vermelho Amarelo com espaçamento de 0,80 x 0,10 m. Após 112 dias da semeadura, foi medida a altura das plantas, que foram colhidas para se avaliar a produtividade de biomassa verde e seca. Plantas com panículas abertas foram colhidas e, nas amostras pré-secas e trituradas em moinho tipo Wiley, realizaram-se as análises laboratoriais. Amostras de solo foram coletadas antes e após o cultivo e ao final da estação chuvosa. A aplicação de águas salinas provocou aumento da salinidade e da sodicidade do solo e o período chuvoso foi eficiente em promover a lavagem do excesso de sais do perfil do solo, porém não apresentou a mesma eficiência em reduzir os riscos de sodicidade. A salinidade da água de irrigação reduziu a altura da planta e a produtividade de matéria seca, especialmente no genótipo CSF 18, porém, teve pouca influência sobre os teores de elementos potencialmente tóxicos e de nutrientes essenciais nos tecidos vegetais. A salinidade reduziu os teores de proteína bruta no genótipo CSF 20 e provocou decréscimos lineares no rendimento de proteína, nos dois genótipos, e nos teores de carboidrato apenas no genótipo CSF 18. Por outro lado, não se constataram efeitos da salinidade sobre o teor de fibra, em detergente neutro e ácido. Os resultados obtidos, tanto em termos qualitativo como quantitativos, sugerem o uso potencial de sorgo forrageiro mesmo quando irrigado com águas com moderados níveis de salinidade.

**Palavras-chave:** Estresse salino, *Sorghum bicolor*, irrigação, produtividade de forragem, análises bromatológicas.

## ABSTRACT

The use of saline water or inadequate management in irrigated fields can cause soil salt accumulation, which affect several plant physiological processes, mineral nutrition, and crops growth and yield. The dry matter yield, chemical composition, and mineral contents ( $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$  and P) of two sorghum genotypes, CSF 18 and CSF 20, irrigated with waters of different salt levels, 0.90 (well water), 2.60, 4.20 and 5.80  $dS\ m^{-1}$ , were evaluated. A completely randomized block design, in a factorial arrangement (2 x 4), with four replicates was adopted. The experiment was set up in the field, during the dry season, in spacing of 0.80 x 0.10 m. At 112 days after sowing, the plant height was measured and the plants were harvested to evaluate biomass production. Plants containing completely open panicles were harvested and those pre dried and triturated in mill type Wiley samples were used to perform bromatologic analysis. Soil samples were collected before and after the cultivation, and after the wet season. Saline water application provokes increase in soil salinity and soil sodicity, and the wet period was efficient to promote salt lixiviation, but it was not efficient to reduce sodium accumulation in the soil profile. Increase in salt levels in irrigation water reduced plant height and yield, especially in CSF 18 genotype, but it was not observed effect on toxic and essential nutrients contents in plant tissues. The highest level of salinity reduces crude protein contents in CSF 20 genotype. Salinity also causes linear decreases in protein yield in both genotypes and in soluble carbohydrates in CSF 18 genotype. On the other hand, effects of saline water on the neutral and acid detergent fiber levels were not observed. These results, both quantitative and qualitative, suggest a potential use of forage sorghum irrigated with water containing moderate levels of salts.

**Key words:** Salt stress, *Sorghum bicolor*, irrigation, forage yield, bromatologic analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

O total de precipitações no Estado do Ceará varia entre as microrregiões, podendo se encontrar precipitações médias superiores a 1200 mm e precipitações médias inferiores a 500 mm, com variações nos índices de aridez da faixa de 20 a 50, climas semi-áridos, até valores próximos de 100, climas úmidos a sub-úmidos (FUNCEME, 2006). Além da variação espacial, observa-se grande variação temporal, tanto dentro da estação chuvosa como de ano para ano. Normalmente, a época chuvosa no Estado do Ceará se concentra nos meses de fevereiro a maio com o restante do ano apresentando totais de precipitação inadequados para o cultivo da maioria das espécies. Em função dessas características climáticas, devem-se encontrar alternativas vislumbrando a estabilidade de produção das culturas inseridas nesse contexto. Por exemplo, se pode vislumbrar a produção de forragem o ano inteiro, utilizando águas salinas na estação seca e água de chuva na estação úmida, sem alterar significativamente o ambiente. Nesse caso, deve-se trabalhar com culturas que apresentem ao mesmo tempo, elevados graus de resistência à seca e à salinidade da água de irrigação, além de utilizar práticas que permitam a lavagem do solo evitando a degradação do mesmo pela salinização.

A agricultura irrigada se constitui em um dos principais fatores para o desenvolvimento de regiões semi-áridas do mundo, sendo responsável por grande parte do fornecimento de alimentos para o homem e os animais domésticos (SOUZA, 2000); no entanto, a região semi-árida do Nordeste brasileiro, além da escassez de recursos hídricos para atender às necessidades da população, também se defronta com o problema do alto teor de sais em parte das fontes de água subterrâneas e superficiais. Essas fontes de águas salinas, embora possam ser consideradas inadequadas para o consumo humano, poderão tornar-se cada vez mais necessárias para a agricultura irrigada devido à escassez de recursos hídricos e ao aumento da demanda (RHOADES et al., 1992; SECKLER et al., 1998).

A utilização de águas salinas ou o manejo inadequado em projetos de irrigação acarretam acúmulo de sais no solo, os quais, quando em excesso, afetam diversos processos fisiológicos, a nutrição mineral e o crescimento e a produtividade das culturas em todo o mundo (MUNNS, 2002). Além disso, a degradação do solo associada a sua salinização pode se tornar um fator de importância sócio-econômica, abalando a economia regional e trazendo problemas sociais como falência, abandono das terras e migração para os centros urbanos (OLIVEIRA, 1997). As possíveis soluções para o problema da salinidade incluem a aplicação

das técnicas de manejo, a utilização de espécies adaptadas à salinidade e a correção do solo, relacionadas, respectivamente, à prevenção, à convivência e à recuperação (GHEYI, 2000).

A convivência com o problema da escassez hídrica e das fontes de águas salinas pressupõe o conhecimento das características dos recursos salinos utilizados (água e solo), dos graus de tolerância das culturas e de técnicas de controle e prevenção da salinidade. Dentre as várias técnicas de manejo, citam-se: o emprego de plantas forrageiras em períodos de entressafra agrícolas para manter o solo coberto, evitando elevadas taxas de evaporação de água de sua superfície (OLIVEIRA, 1997), a utilização de lâminas de irrigação adequadas, aplicações regulares de gesso ao utilizar-se águas ricas em sódio, além dos estudos sobre os efeitos da irrigação a longo prazo e do monitoramento do lençol freático (GHEYI, 2000).

A utilização de fontes de águas salinas pode, dependendo de sua constituição, alterar de forma negativa as propriedades físicas e químicas do solo e, dependendo da sua forma de aplicação, pode provocar graus variados de estresse aos vegetais. Em geral, o estresse salino em plantas é acompanhado de acúmulo de íons potencialmente tóxicos e de efeitos osmóticos nutricionais, que podem afetar a fisiologia, a produtividade, os teores de moléculas orgânicas (LACERDA, 2000) e a qualidade de biomassa (O'LEARY, 1984). Estas respostas dependem da espécie vegetal, podendo-se encontrar diferenças, também, entre genótipos da mesma espécie (LACERDA, 2000). Portanto, a utilização de águas salinas na irrigação de determinadas culturas deve ser precedida de estudos científicos que comprovem o seu impacto sobre a quantidade e a qualidade dos produtos agrícolas e, também, sobre as propriedades do solo (SHARMA e RAO, 1998; GHEYI, 2000). Vale salientar, que informações dos efeitos da salinidade na qualidade da produção agrícola ainda são escassas, embora tais efeitos sejam aparentes e tenham sido observados sob condições de campo (RHOADES et al, 1992).

Alternativas para o uso de águas salinas na agricultura irrigada incluem o uso de halófitas forrageiras ou oleaginosas (GLENN et al., 1998) e de espécies não halófitas (OSTER, 1984; SHARMA e RAO, 1998), mediante o manejo de solo, a rotação de culturas, mistura de águas de diferentes qualidades e o uso de fontes de água nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta. Dentre as espécies não halófitas, o sorgo, reconhecido por sua tolerância moderada ao estresse salino (AYERS e WESTCOT, 1999) e sua moderada resistência à seca (TABOSA et al., 1999a) se constitui em uma alternativa para o semi-árido brasileiro (FERNANDES et al., 1994; IGARTUA et al., 1995; LACERDA et al., 2003). O seu uso é justificado também por suas características químico-bromatológicas que, à semelhança

do milho, possibilitam fermentação adequada e, conseqüente, armazenamento sob forma de silagem, pelos teores elevados de carboidratos solúveis e de proteína bruta em algumas variedades (PESCE et al., 2000).

Em regiões semi-áridas pode-se obter produção de forragem o ano inteiro, utilizando águas salinas na estação seca e água de chuva na estação úmida, sem alterar significativamente o ambiente. O acúmulo de sais durante a irrigação de culturas na estação seca pode ser revertido, total ou parcialmente, durante o período chuvoso, sendo que esse processo de lavagem dependerá do total de precipitação anual, da intensidade das precipitações e das características físicas do solo. Não se pode descartar, no entanto, que os sais acumulados no período seco podem afetar o desenvolvimento inicial das culturas, afetando a sua produtividade final. Além disso, se considerarmos a variabilidade temporal da estação chuvosa nas regiões semi-áridas, particularmente, no semi-árido brasileiro, deve-se trabalhar com culturas que apresentem ao mesmo tempo, elevados graus de tolerância à salinidade e de resistência à seca, além de utilizar práticas que auxiliem na lavagem do solo evitando a degradação do mesmo pela salinização. Em função da instabilidade de produção no semi-árido (TABOSA et al., 1999b; PITOMBEIRA et al., 2002), a cultura do sorgo forrageiro pode oferecer grande contribuição para minimizar os problemas decorrentes da estacionalidade da produção de forragem (ZAGO, 1991).

Este trabalho avaliou a produtividade de dois genótipos de sorgo forrageiro cultivados na época seca sob irrigação com águas de diferentes níveis de sais e os efeitos da aplicação dessas águas sobre a composição químico-bromatológica da forragem, sobre os teores de elementos minerais nas plantas e sobre o acúmulo de sais no solo. Também foi avaliado o efeito das chuvas no processo de lavagem desses sais.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A cultura do sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma gramínea originária da região central do continente africano. É uma cultura muito antiga cultivada muito antes da era cristã. Foi domesticado, provavelmente, na Etiópia, há cerca de 5000 anos e em seguida foi cultivada na África ocidental, desde o Sudão até o rio Níger (FERNANDES, 1981).

É uma cultura anual cultivada, principalmente, nas regiões tropicais com latitude de até 45° norte ou sul, que apresentam clima quente e seco, onde a cultura do milho, geralmente, não apresenta bom desempenho. O sorgo é uma espécie C<sub>4</sub> que apresenta alta produção de matéria seca e características específicas de tolerância à seca e ao calor, porém de baixa tolerância ao frio, o que dificulta seu cultivo nas regiões frias ou temperadas (TABOSA et al., 1999a). Com relação à natureza e a forma de utilização, existem quatro tipos básicos de sorgo: o sorgo granífero, o forrageiro, o sacarino e o vassoura. Existem também suas combinações, os chamados de dupla aptidão, como o granífero-forrageiro, o granífero-sacarino e o forrageiro-sacarino. Possui múltipla utilização, desde a alimentação humana, caso da maioria dos países da África e da Ásia, até a alimentação animal, o que é o caso da maioria dos países ocidentais que o utilizam como principal substituto do milho.

O sorgo é o quinto cereal mais produzido no mundo, ficando atrás do milho (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) e cevada (*Secale cereale* L.). Aproximadamente 90% da área cultivada encontram-se nos países em desenvolvimento da Ásia e África (FAOSTAT, 2004), no entanto, as maiores produções são encontradas nos Estados Unidos, em decorrência do nível tecnológico utilizado nos últimos 25 anos.

No Brasil, a introdução do sorgo é relativamente recente e se deu no Rio Grande do Sul, onde foram realizados ensaios pioneiros nas extintas estações experimentais da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (VEIGA, 1986). A partir da década de 70, tornou-se uma cultura comercialmente significativa ao alcançar uma área de plantio de 80 mil hectares concentrados, principalmente, no Rio Grande do Sul e São Paulo (LIRA, 1981). Nas décadas de 70 e 80, na região Nordeste, o sorgo recebeu os maiores incentivos de órgãos oficiais para sua expansão, entretanto, esse esforço governamental não conseguiu estabelecer essa cultura na região de forma desejada (PITOMBEIRA, 2001).

Trabalhos e projetos governamentais relativamente recentes têm impulsionado a cultura do sorgo, particularmente nos estados do Ceará e Pernambuco (TABOSA et al, 2002).

O Brasil, no ano de 2005, apresentou uma área plantada de 813.571 ha de sorgo granífero e 268.729 ha de sorgo forrageiro, sendo o Centro-Oeste e o Sudeste as regiões de maiores áreas plantadas com sorgo granífero, 446,426 e 286,335 ha, respectivamente, e as regiões Sudeste e Sul as que possuem as maiores áreas plantadas com sorgo forrageiro, 100.210 e 108.349 ha, respectivamente. A região Nordeste apresentou em 2005 uma área plantada de 36.933 ha com sorgo granífero e 6.278 ha com sorgo forrageiro, correspondendo a 4,35% e 2,24%, respectivamente, da área plantada com sorgo no Brasil (APPS, 2006).

A cultura do sorgo tem maiores possibilidades de solucionar o problema da carência de fonte energética principalmente na região Nordeste, em virtude da alta produtividade, boa adequação a mecanização, resistência às estiagens, menor exigência de solo e, conseqüentemente, menores riscos e maior receita líquida. Assim, o sorgo pode ser utilizado nas rações de monogástricos e ruminantes, podendo ser fornecido na forma direta de grãos como ingrediente na ração, como corte verde em cochos, pastejo ou ainda conservados na forma de feno e silagem (POMPEU, 2003).

## **2.2. Características agronômicas do sorgo**

O sorgo é uma gramínea anual, típica de clima quente, de baixa exigência quanto à fertilidade do solo e tolerante/resistente aos fatores abióticos, tais como: o estresse hídrico, a salinidade e o encharcamento (TABOSA, 1987). Essa resistência/tolerância a fatores abióticos é devido a características morfo-fisiológicas do sistema radicular e da parte aérea dos diferentes genótipos de sorgo. O sistema radicular é composto de raízes finas e ramificadas com desenvolvimento subsuperficial, o qual permite que a planta absorva uma maior quantidade de água em um mesmo volume de solo. O acúmulo de água em maior quantidade nas raízes, colmos e bainhas do que nas folhas, juntamente com uma camada espessa de cera que recobre a epiderme das folhas (cutina), colaboram para uma menor taxa de transpiração e desidratação e maior tolerância ao estresse hídrico. A tolerância à seca é diferenciada conforme o genótipo (MASOJIDEK et al., 1991, DONATELLI et al., 1992 e LACERDA, 2000), dentro da mesma espécie vegetal. Assim, diferentes materiais genéticos de uma mesma espécie podem responder de maneiras distintas ao estresse hídrico.



A planta de sorgo possui características fisiológicas que permitem parar o seu crescimento e reduzir suas atividades metabólicas durante o período de estresse hídrico, sendo capaz de reiniciar seu crescimento e aumentar suas atividades metabólicas logo que a água se tornar disponível (MASOJIDEK et al., 1991). Provavelmente, no início do estresse hídrico a planta acumula fotoassimilados, os quais podem induzir a um nível mais acelerado de crescimento após o término do estresse (DONATELLI et al., 1992).

Segundo a Wisconsin Corn Agronomy (2001), citado por Silva (2003), para alcançar altas produtividades, o sorgo requer dias e noites quentes, com temperaturas médias acima de 25°C, atingindo a maturidade entre 90 e 140 dias. É uma espécie indicada para regiões que apresentam regime hídrico desfavorável com precipitações variando de 400 a 600 mm por ano ou menos. Em regiões isentas de geada o sorgo comporta-se como uma cultura semiperene. Esta característica permite duas ou mais colheitas em um só plantio, podendo aumentar a quantidade de material verde produzido (SWERINGIN et al., 1971), dependendo das condições edafoclimáticas, da disponibilidade mínima de água e dos níveis da adubação de reposição.

Apesar do alto potencial produtivo da cultura do sorgo e da grande disponibilidade de cultivares com características que possibilitam grande adequação destes materiais às diferentes regiões, observa-se, na prática, uma produção baixa e irregular. Estas variações na produtividade podem também afetar as qualidades nutricionais das forragens. Alta produtividade de forragem está relacionada com boas práticas culturais. É importante que, além de boa produção de matéria seca (MS) esse alimento seja de boa qualidade. A qualidade da semente, a correção química, o preparo do solo, as adubações, a quantidade e a qualidade da água de irrigação, o controle de plantas invasoras, as pragas e doenças, as condições climáticas adequadas, a época de plantio, o espaçamento, entre outros, são fatores que, comprovadamente, afetam a quantidade de material produzido por unidade de área.

O Nordeste brasileiro compreende uma área de 1.548.672 km<sup>2</sup>, da qual 52% correspondem a região Semi-árida, com secas periódicas que afetam sua estrutura social e econômica (LIRA et al., 1989). A produção de alimentos volumosos no semi-árido é tida como modesta e sazonal devido às condições edafoclimáticas desfavoráveis ao crescimento e ao desenvolvimento da maioria das culturas, principalmente, no que se relaciona com a escassez e má distribuição de chuvas e às características inerentes ao tipo de solo, os quais são, em grande parte, rasos e com excesso de sais. A falta de alimento para os rebanhos no semi-árido nordestino tem, de certo modo, motivado criadores a investirem na produção de

forragem de melhor qualidade, tendo o sorgo despontado como uma alternativa desejável. Entretanto, esse objetivo encontra-se limitado pela falta de materiais genéticos adaptados às condições impostas pela região. Assim, a estacionalidade na produção de forragem promove um ciclo alternante de fartura e escassez de alimentos ofertados aos rebanhos gerando uma quebra na produção de alimentos.

Uma solução para o problema de escassez de forragem é o seu armazenamento em períodos de fartura e uma alternativa viável é a ensilagem. Várias plantas forrageiras, anuais ou perenes, podem ser ensiladas. Por suas características de cultivo e valor nutritivo o sorgo tem sido estudado como substituto do milho na alimentação de ruminantes sob a forma de silagem, rolão (planta inteira seca) ou corte verde. O sorgo para silagem, de modo geral, tem apresentado produções de matéria seca mais elevadas que o milho, custo entre 80 a 85% do custo da silagem de milho, consumo equivalente a cerca de 90% da silagem de milho, valor nutritivo entre 85 e 92% da silagem de milho e elevado potencial de produção, boa adequação à mecanização, reconhecida qualificação como fonte energética, adaptação a regiões mais secas e capacidade de rebrota, podendo atingir até 60% da produção obtida no primeiro corte (SEIFFERT e PRATES, 1978; VALENTE et al., 1984; GOMIDE et al., 1987; ZAGO, 1991; BERNARDINO et al., 1996; BORGES et al., 1997). Pode, ainda, ser plantado em áreas marginais de cultivo, com solos de fertilidade mais baixa e local onde a ocorrência de estiagens longas é freqüente, recuperando-se e produzindo grãos após um período de falta de água (ALVARENGA, 1994).

### **2.3. Qualidade da forragem**

A cultura do sorgo vem se destacando cada vez mais no setor agropecuário brasileiro sendo seu uso justificado por suas características bromatológicas semelhantes a do milho, suas características de cultivo, principalmente por sua tolerância a estresses abióticos, e seu valor nutritivo, podendo ser fornecida *in natura*, na forma de silagem ou de feno aos animais. Devido às exigências impostas à cultura do milho quanto ao clima, características físicas e químicas do solo e déficit hídrico em grandes áreas agrícolas do país, o sorgo vem sendo apontado como substituto do milho na alimentação de ruminantes e no arraçãoamento de monogástricos. O sorgo, além apresentar alta produtividade de forragem, propicia uma boa fermentação e um armazenamento adequado sob a forma de silagem devido aos elevados teores de carboidratos solúveis e proteína bruta em algumas variedades.

Atualmente, os componentes dos constituintes da parede celular fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina são referências fundamentais para os sistemas modernos de predição de ganhos, como o NRC (National Research Council). As plantas forrageiras, de modo geral, apresentam correlação negativa entre a fração fibrosa e a digestibilidade e, conseqüentemente, com valor energético das forragens, sendo que isso interfere diretamente no consumo voluntário. Os níveis de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina no sorgo limitam a qualidade final das silagens, já que estas não apresentam redução após o processo fermentativo, permanecendo como principais barreiras à atuação dos microrganismos presentes no silo. Assim, forragens de híbridos de sorgo de menor concentração de FDN apresentam maiores taxas de consumo voluntário, desde que não hajam outros fatores envolvidos (VAN SOEST, 1994).

Em sorgo, o potencial de produção de MS aumenta e a porcentagem de panícula decresce com o aumento da altura da planta, sendo a taxa de decréscimo menor nos híbridos de portes baixo e médio, e maior quando a altura da planta excede a três metros (ZAGO, 1991). O valor nutritivo de uma forrageira é função da composição química e de sua digestibilidade. A eficiência na produção animal quer utilizando-se material fresco, quer material conservado, requer um alto consumo de MS do alimento, e que este alimento seja eficientemente digerido (RAYMOND et al., 1978).

Os trabalhos em melhoramento genético do sorgo, atualmente, visam o desenvolvimento de híbridos que tenham um bom equilíbrio entre colmo, folhas e panícula, aliando boa produtividade de matéria seca (MS) e bom valor nutritivo. A panícula e as folhas da planta apresentam maior coeficiente de digestibilidade total. A maior porcentagem de panícula, além de contribuir para o aumento na qualidade da silagem em função do seu melhor valor nutritivo, tem ainda participação muito grande no aumento da porcentagem de matéria seca do material ensilado, em função do seu menor conteúdo de água (ZAGO, 1991).

Híbridos de sorgo de colmo seco geralmente apresentam teor de matéria seca elevado mais precocemente com a maturação. O desenvolvimento de híbridos com essa característica pode contribuir para a produção de silagem de melhor valor nutritivo, com menor perda durante o processo de ensilagem e melhor consumo voluntário pelos animais. A suculência do colmo das plantas de sorgo (colmo seco ou succulento) tem um controle genético simples e conhecido (CUMMINS, 1972).

O sorgo possui alto conteúdo de carboidratos não estruturais, o que resulta em alta digestibilidade e energia comparado-se com outras forrageiras embora o conteúdo de proteína bruta seja baixo em relação a outras gramíneas, especialmente de clima temperado (ZAGO, 1999). Os conteúdos de açúcares das forragens são importantes para sua palatabilidade e adequação a ensilagem, sendo marcadamente afetados pelas condições ambientais (HAIGH, 1990; VAN SOEST, 1994), cultivares, estágio de crescimento, espaçamento de plantio (McBEE e MILLER, 1982) e níveis de fertilização (McDONALD et al., 1991). Em plantas de sorgo, a concentração dos açúcares solúveis em água se eleva, principalmente, com o avanço da maturidade, à medida que a proporção dos tecidos do caule aumenta, sendo este efeito bem pronunciado nos genótipos com potencial de produção de carboidratos não estruturais (McBEE e MILLER, 1982; McDONALD et al., 1991). No processo fermentativo normal, estes carboidratos são convertidos a ácidos orgânicos, principalmente ácido lático, provocando a queda do pH, que inibe a ação de outros microorganismos, sobretudo as bactérias do gênero *Clostridium* que propiciam além de perdas de nitrogênio pela produção de NH<sub>3</sub>, altas perdas de matéria seca devido à extensa produção de CO<sub>2</sub> (McDONALD et al., 1991).

#### **2.4. O Problema da salinidade**

Segundo Loiola e Souza (2001) o Brasil apresentava, em 1996, aproximadamente 3,1 milhões de hectares cultivados com irrigação. O Nordeste está em terceiro lugar com 752 mil hectares irrigados, cerca de 24% da área irrigada do Brasil, com o Sul e o Sudeste nas primeiras colocações, com 35 e 30%, respectivamente.

O aumento no teor de sais no solo vem se tornando um dos principais problemas inerentes à agricultura, principalmente nos perímetros irrigados. O excesso de sais na solução do solo, além de provocar a degradação do mesmo, afeta negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas (RHOADES et al., 1992). No Brasil, esse assunto tem maior importância na região Nordeste, onde a evapotranspiração supera as chuvas e, por consequência, impossibilita a percolação da água através do perfil e a lixiviação dos sais do solo (LIMA, 1998). Geralmente o acúmulo de sais é resultado da utilização de água de irrigação de baixa qualidade, excesso de adubação e manejo inadequado da irrigação. Este problema vem aumentando a cada ano em virtude da escassez de chuvas e da demanda sempre crescente de água e fertilizantes observada na agricultura moderna. Além disso, os produtores a utilizarem cada vez mais solos marginais, inclusive os salinos, pois embora a

presença de sais possa inibir o desenvolvimento das culturas, quando manejados adequadamente seus efeitos podem ser significativamente reduzidos. Esses fatores têm aumentado a necessidade do desenvolvimento de tecnologias alternativas de uso desses solos, bem como da busca de espécies potencialmente promissoras para estas áreas.

## **2.5. Salinidade do solo e da água**

Os problemas de salinidade na agricultura estão relacionados com a utilização dos recursos de água e solo, alterados nos seus aspectos físico-químicos pelo acúmulo de sais solúveis e/ou sódio em níveis capazes de prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das plantas ou alterar de forma negativa as propriedades do solo. Estes efeitos combinados contribuem para a redução da produtividade das culturas (LACERDA, 2000).

A linha divisória entre solos salinos e solos não salinos têm estabelecido o valor de  $4,00 \text{ dS m}^{-1}$  para extratos de pasta saturada do solo. Entretanto, podem-se observar reduções no rendimento de culturas em solos cujo extrato de saturação apresenta condutividade elétrica entre  $2,00$  e  $4,00 \text{ dS m}^{-1}$  (FAGERIA e GHEYI, 1997). O comitê de terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo tem recomendado baixar o limite entre solos salinos e não salinos para  $2,00 \text{ dS m}^{-1}$  (BOHN et al., 1987, citado por FAGERIA e GHEYI, 1997). Os sais solúveis mais encontrados em solos salinizados consistem, normalmente, de várias proporções de cátions  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+}$ , dos ânions  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^{-}$  e, às vezes, de  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$  e  $\text{NO}_3^{-}$  (FAGERIA e GHEYI, 1997).

Nas últimas décadas foram estabelecidas diversas classificações de qualidade das águas para irrigação que, em geral, foram perdidas por serem muito generalistas, portanto pouco precisas, ou excessivamente restritivas, portanto não extrapoláveis a outras situações. De qualquer forma, nestas classificações se consideram comumente (1) o efeito da salinidade (expressa como condutividade elétrica, CE) sobre o rendimento das culturas, e (2) os efeitos combinados da salinidade (CE) e da sodicidade (expressa como Relação de Adsorção de Sódio, RAS) sobre a estabilidade estrutural dos solos. O efeito tóxico de alguns microelementos e os efeitos nutricionais devem ser considerados em certas circunstâncias (RHOADES et al, 1992).

## 2.6. Efeitos da salinidade sobre as plantas

A redução da produtividade das culturas está diretamente relacionada a três principais efeitos: o fechamento estomático que limita a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, e que é consequência dos efeitos osmóticos dos sais; a inibição da expansão foliar que reduz a área destinada ao processo fotossintético, sendo consequência do acúmulo excessivo de íons tóxicos, de distúrbios na nutrição mineral e/ou da redução na turgescência; e a aceleração da senescência de folhas maduras que também reduz a produção de fotoassimilado (BERNSTEIN et al., 1993; MUNNS, 2002; LACERDA et al., 2003).

A alta salinidade do solo é um sério problema causado principalmente pelos sais de sódio, em particular pelo cloreto de sódio (NaCl) com efeitos injuriantes às culturas. Os efeitos sobre a nutrição mineral são decorrentes, principalmente, da toxicidade de íons, por causa da absorção excessiva de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, e do desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção ou distribuição dos nutrientes (AZEVEDO NETO e TABOSA, 2000; LACERDA, 2005).

A salinidade na rizosfera acarreta redução na permeabilidade das raízes para água, podendo dar origem ao estresse hídrico. Em consequência, as plantas fecham os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, o que constitui uma das causas do reduzido crescimento das espécies sob condições de estresse salino (O'LEARY, 1971). Além desse fato, o NaCl afeta a síntese e a translocação para a parte aérea da planta de hormônios sintetizados nas raízes, indispensáveis para o metabolismo foliar (PRISCO, 1980).

De acordo com Greenway e Munns (1980) plantas expostas a altos níveis de salinidade usualmente respondem por osmorregulação dentro da célula, devido ao aumento da absorção de íons. O grau de sensibilidade das plantas à salinidade é controlado pela absorção, translocação e exclusão dos íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>. Segundo os mesmos autores, as plantas tolerantes absorvem esses íons rapidamente e os distribuem uniformemente nas diferentes partes da planta. Plantas muito sensíveis à salinidade absorvem água do solo juntamente com os sais, possibilitando a toxidez pelo excesso de sal absorvido, além da baixa capacidade de compartimentalizar adequadamente os íons potencialmente tóxicos. Tal excesso promove desbalanços no citoplasma e induz o processo de desidratação foliar, fazendo com que os danos apareçam principalmente nas bordas e nos ápices das folhas (LIMA, 1998). A adaptação das plantas a estas condições pode depender de um aumento de solutos orgânicos específicos (osmorregulação) ou à habilidade de prevenir o acúmulo dos sais no citoplasma.

## 2.7. Tolerância do sorgo a salinidade

O estudo comparativo entre genótipos contrastantes permite a determinação do grau de sensibilidade, expresso em função da redução na produção de biomassa e na qualidade da produção (MASS e HOFFMAN, 1977). Para o sorgo, após as plantas já estabelecidas, a salinidade limiar do extrato de saturação é de  $6,80 \text{ dS m}^{-1}$ , no entanto, os níveis de salinidade necessários para que ocorra uma redução de 50% tanto na emergência, como na produção é de  $13,00$  a  $15,00 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente (RHOADES et al., 1992). Por outro lado, a salinidade limiar da água de irrigação corresponde a  $4,50 \text{ dS m}^{-1}$  (AYERS e WESTCOT, 1999). Vale ressaltar que em sorgo, como em outras espécies cultivadas, tem sido verificada a ocorrência de variabilidade genética em relação à tolerância ao estresse salino (IGARTUA et al., 1995) e algumas respostas fisiológicas, como o acúmulo diferencial de íons tóxicos, de solutos orgânicos e de minerais essenciais nos tecidos foliares têm sido utilizadas para explicar a existência de genótipos contrastantes (BERNSTEIN et al., 1993 e 1995; LACERDA et al., 2001).

Respostas com correlações positivas entre a produção de biomassa e qualidade da produção e os mecanismos fisiológicos de tolerância à salinidade nem sempre têm sido observadas (LUTTS et al., 1996; LACERDA et al., 2003). Essas discrepâncias podem estar relacionadas com a espécie ou cultivar utilizada no estudo, o estágio de desenvolvimento em que o estresse foi aplicado, os níveis e a forma de aplicação de sais no ambiente radicular, o tempo de duração do estresse (MUNNS, 2002) e às condições ambientais nas quais as plantas são cultivadas (YEO, 1999).

Segundo Maas et al. (1994), os cereais, de maneira geral, têm maior sensibilidade à salinidade durante o estágio de crescimento vegetativo e início do reprodutivo devido a fatores de supressão da formação das estruturas reprodutivas. Esta afirmativa é válida para o sorgo, sendo o mesmo mais sensível a salinidade durante a germinação e o estágio de florescimento e enchimento de grãos (FRANÇOIS et al., 1984). Assim, o sorgo vem sendo uma alternativa viável para a exploração de áreas agrícolas marginais e áreas afetadas por níveis de sais acima do considerado normal.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização da área e do período de realização do estudo

O experimento foi instalado no campo, em uma área de Argissolo Vermelho Amarelo, localizada no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, em Fortaleza (3° 45'S; 38° 33' W e altitude de 19 metros em relação ao nível do mar). Segundo a classificação de Köppen, a área do experimento está localizada numa região de clima do tipo Aw', por possuir um clima tropical chuvoso, com precipitações de outono a verão e temperatura média maior de 18°C durante o ano inteiro. O experimento teve duração total de cerca de nove meses, incluindo o cultivo do sorgo sob irrigação com água salina na estação seca (outubro de 2004 a janeiro de 2005) e as medições dos níveis de salinidade do solo que foram realizadas tanto na estação seca (outubro de 2004 e janeiro de 2005) como após o término da estação úmida (junho de 2005). O total de precipitação durante as estações seca e úmida e demais condições climáticas são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Dados meteorológicos médios obtidos durante a estação seca (27 de outubro de 2004 a 16 de fevereiro de 2005) e a estação úmida (16 de fevereiro a 21 de junho de 2005) correspondentes aos períodos de coletas<sup>1</sup>, Fortaleza, Ceará, 2004-2005.

Elementos meteorológicos	Estação seca	Estação úmida
Precipitação total (mm)	23,20	1085,10
Umidade relativa do ar (%)	74,80	81,60
Temperatura média do ar (°C)	27,70	27,40
Temperatura mínima média (°C)	25,30	25,00
Temperatura mínima absoluta (°C)	23,80	23,00
Temperatura máxima média (°C)	31,10	30,60
Temperatura máxima absoluta (°C)	32,10	32,80
Velocidade do vento (ms <sup>-1</sup> )	3,70	2,70
Insolação total (h)	1046,60	867,40
Pressão atmosférica (mbar)	1009,50	1010,00

<sup>1</sup> Fonte: Estação Meteorológica da UFC



### 3.2. Instalação, aplicação dos tratamentos, delineamento e condução experimental

O preparo da área experimental consistiu de uma aração seguida de duas gradagens. As sementes de dois genótipos de sorgo forrageiro provenientes de cruzamentos entre variedades semi-sacarinas de colmo seco, CSF 18 e CSF 20, cedidas pelo IPA (Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária), após passar por teste padrão de germinação, foram postas para germinar no campo, em sulcos nivelados e fechados, utilizando-se espaçamento de 0,80 x 0,10 m. Após o estabelecimento (10 dias após a sementeira), as plantas passaram a ser irrigadas com água com quatro diferentes condutividades elétricas: 0,90 (água de poço), 2,60; 4,20 e 5,80 dS m<sup>-1</sup>. Para o preparo das soluções salinas, utilizaram-se os sais de NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O dissolvidos na água do poço, na proporção de 7:2:1, obedecendo-se à relação entre a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e sua concentração (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> = CE x 10), extraída de Rhoades et al. (1992). A razão de adsorção de sódio (RAS) para os níveis crescentes de sais da água de irrigação foram, respectivamente, 6,50; 11,00; 14,00 e 16,50. A água foi aplicada em sulcos nivelados e fechados e sua quantidade foi calculada para atender às necessidades da cultura, de acordo com o coeficiente de cultivo (Kc), correspondente ao estágio fenológico de desenvolvimento (DOORENBOS e KASSAM). Os dados necessários para o cálculo da lâmina de irrigação foram coletados de uma estação meteorológica localizada a cerca de 40 m do local do experimento, adicionando-se a fração de lixiviação calculada de acordo com Ayers e Westcot (1999). A lâmina total aplicada durante a condução do experimento em campo foi de 585 mm.

A adubação seguiu a recomendação de Fernandes (1993), utilizando-se uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Durante a realização do experimento foram realizadas capinas manuais durante todo o período da cultura no campo e a aplicação de defensivos agrícolas de acordo com as necessidades.

O experimento obedeceu a um delineamento experimental em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, em esquema fatorial 2 x 4 (dois genótipos de sorgo x quatro níveis de salinidade da água), com quatro repetições. As parcelas foram formadas pelos níveis de salinidade da água de irrigação (quatro) e as subparcelas corresponderam aos genótipos (dois). Cada subparcela teve o comprimento de 3,00 m e três linhas de plantio com uma densidade de 30 plantas por fileira, sendo a fileira central correspondente à área útil de 2,40 m<sup>2</sup>.

### 3.3. Colheita e medição de parâmetros agrônômicos

A colheita foi realizada a partir de 112 dias da germinação quando as plantas apresentavam panículas completamente abertas, o que é recomendado para genótipos de sorgo semi-sacarino. Foi medida a altura das plantas da fileira central, em seguida, as mesmas foram cortadas à cerca de 10 cm acima do solo e divididas em quatro frações: folhas, colmos, panícula e material morto. Foram avaliadas ainda: a produção de biomassa e o rendimento de matéria seca, estimadas a partir da produção individual das plantas e expressas em  $\text{kg m}^{-2}$ .

Com os dados de produção de matéria seca de cada parte da planta e da planta inteira, calculou-se a partição de matéria seca na planta, a qual foi expressa em percentagem.

### 3.4. Análises químico-bromatológicas

Para avaliação da qualidade da forragem e o teor de elementos minerais, colheram-se amostras de 500g de cada fração das plantas, as quais foram acondicionadas em saco de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada para a secagem a  $65^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas, para a determinação da matéria pré-seca. As amostras pré-secas foram trituradas em moinho tipo Wiley com peneira de 1,00 mm dos orifícios. As amostras moídas foram acondicionadas em embalagens plásticas devidamente identificadas para a utilização nas determinações químico-bromatológicas.

As análises químico-bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará. Em cada parte da planta foram determinados: teor de matéria seca (%MS), de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente ácido (FDA), de proteína bruta (PB) e de resíduo mineral (RM). O teor de hemicelulose (HCEL) foi calculado pela diferença entre os teores de FDN e FDA.

O teor de proteína bruta foi calculado a partir do teor de nitrogênio total, determinado pelo método de Kjeldahl (A.O.A.C., 1980), multiplicado pelo fator de 6,25. Os teores de FDN e FDA foram determinados pelo método alternativo desenvolvido por Souza et al. (1999).

Os teores de carboidrato solúveis em água (CHO) foram determinados pelos métodos de Dubois et al., 1976, no Laboratório de Fisiologia Vegetal 1, do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Ceará.

### 3.5. Teores de elementos minerais

Nas amostras pré-secas e finamente trituradas em moinho tipo Wiley das diversas frações da planta foram determinados os teores de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$  e P (MIYAZAWA et al., 1984; MALAVOLTA et al., 1989) e de  $\text{Cl}^-$  (GAINES et al., 1984).

Para determinação dos teores de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$  e P, foi preparado um extrato utilizando 150 mg do pó moído diluído em 15 mL de HCl 1N, e em seguida agitado por 60 minutos e filtrado, utilizando-se papel de filtro de filtragem rápida (MIYAZAWA et al., 1984). Os teores de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{K}^+$  foram determinados através de fotometria de chama, os teores de P por espectrofotometria (MALAVOLTA et al., 1989).

Os teores de  $\text{Cl}^-$ , foram determinados em extratos aquosos, feitos à partir da diluição de aproximadamente 150 mg do material seco e moído, das diversas frações, com 15 mL de água destilada deionizada. O homogeneizado foi mantido em agitação durante aproximadamente uma hora e, posteriormente, filtrado em papel de filtro. Para a determinação do  $\text{Cl}^-$ , utilizou-se um volume adequado do extrato, completado para 3 mL com água desmineralizada. Em seguida, adicionaram-se 0,50 mL de mistura de  $\text{Hg}(\text{SCN})_2$  13,20 mM, em metanol, e de  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  20,20% (4 + 1), lendo-se a absorbância a 460 nm após 15 minutos. Os teores de  $\text{Cl}^-$  foram determinados por meio de uma curva de calibração, utilizando-se o NaCl como padrão, preparada nas condições anteriores (GAINES et al., 1984). Cada repetição foi dosada por uma amostra simples, sem replicata.

### 3.6. Acompanhamento da salinidade do solo

Para avaliação do acúmulo de sais no solo, coletou-se amostras de solo em diferentes profundidades (0 a 0,30; 0,30 a 0,60 e 0,60 a 0,90 m), nas seguintes datas: na estação seca, antes da instalação do experimento (outubro de 2004); no final do cultivo sob irrigação com água salina (em fevereiro de 2005), que coincidiu com o final da estação seca; e ao final do período chuvoso (junho de 2005). Foram coletadas quatro sub-amostras em diferentes subparcelas nas diferentes profundidades e após homogeneização, retiraram-se amostras de cerca de 500 g, as quais foram levadas ao Laboratório de Análise de Solos e Plantas do Departamento de Ciências do Solo/UFC para realização de análises físico-químicas (SILVA, 1999). Os resultados de todas as análises realizadas são apresentados no ANEXO.

### 3.7. Análises estatísticas

Os dados experimentais foram submetidos a análise de variância e de regressão. A escolha dos modelos baseou-se na significância dos coeficientes de determinação, ao nível de 1 e 5% de probabilidade. Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, adotou-se o procedimento do programa SAEG/UFV (RIBEIRO JÚNIOR, 2001), segundo o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \omega_k + \varepsilon_{ij}, \text{ em que:}$$

$Y_{ijk}$  = valor referente à observação do genótipo  $i$ , no nível de salinidade da água de irrigação  $j$ , na parcela  $k$ ;

$\mu$  = média geral;

$\alpha_i$  = efeito do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2$ );

$\beta_j$  = efeito do nível de salinidade da água de irrigação  $j$  ( $j = 1,2,3,4$ );

$(\alpha\beta)_{ij}$  = efeito da interação do genótipo  $i$  com o nível de salinidade da água de irrigação  $j$ ;

$\omega_k$  = efeito da parcela  $k$ ;

$\varepsilon_{ijk}$  = erro experimental associado à observação do genótipo  $i$ , no nível de salinidade da água de irrigação  $j$ , na parcela  $k$  ( $k = 1,2,3,4$ ).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Variações na salinidade e na sodicidade do solo

O aumento da salinidade da água de irrigação resultou em incrementos na condutividade elétrica (CE) do solo nas três camadas avaliadas (Figura 1). Os maiores valores de CE foram verificados na camada de 0,30 a 0,60 m, seguida da camada superficial de 0 a 0,30 m, e os menores valores foram observados na camada de 0,60 a 0,90 m. Isso evidencia a ocorrência de diferentes graus de lixiviação dos sais presentes na água de irrigação nas diferentes camadas. É importante notar que a classe textural da camada de 0 a 0,30 m é franco-arenosa, enquanto as camadas inferiores são de textura franco-argilo-arenosa, o que contribuiu para o maior acúmulo de sais na camada intermediária. Vale ressaltar que os valores de CE observados nas três camadas ficaram abaixo dos valores limites propostos para a classificação dos solos como salinos, tanto pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (RICHARDS, 1954) como pela Sociedade Americana de Ciência do Solo (BOHN et al., 1985). Os baixos valores de CE encontrados ao final do experimento em todas as camadas do solo podem ser explicados, em parte, pelo fato de se ter adicionado 15% a mais da água de irrigação necessária para atender a necessidade da cultura (AYERS e WESTCOT, 1999).

As medições da condutividade elétrica após o período chuvoso evidenciaram a boa capacidade de lavagem dos sais das três camadas avaliadas, especialmente, das camadas de 0 a 0,30 m e de 0,30 a 0,60 m (Figura 1). Ao final do período experimental (fevereiro de 2005), a salinidade do solo atingiu valores 6, 9 e 4 vezes maiores do que antes da instalação do experimento, respectivamente, nas camadas de 0 a 0,30; 0,30 a 0,60 e 0,60 a 0,90 m. No entanto, os valores de CE decresceram durante o período chuvoso, atingindo valores similares aos observados antes do uso das fontes de água salinas, notadamente nas primeiras duas camadas.

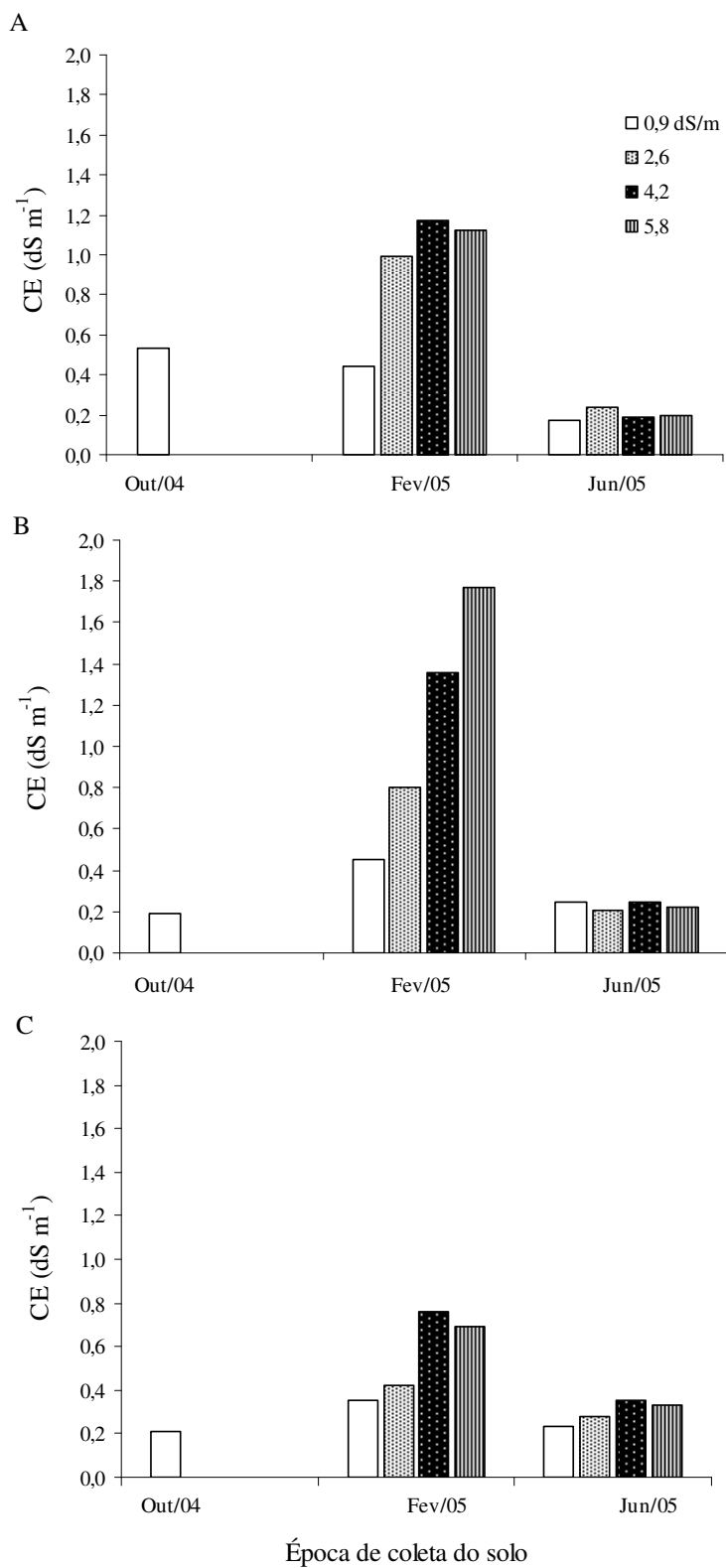


FIGURA 1. Valores de condutividade elétrica (CE) obtidos de amostras de solo coletadas antes e após o cultivo e ao final da estação chuvosa. A (0 a 0,30 m); B (0,30 a 0,60 m); e C (0,60 a 0,90 m).

Os valores da percentagem de sódio trocável (PST) atingiram valores superiores a 15 (limite usado para classificar solos sódicos) na camada de 0 a 0,30 m, o que pode representar riscos para a estrutura do solo nessa camada (Figura 2). Diferente do comportamento dos valores de condutividade elétrica, os valores de PST foram maiores na camada superficial e o incremento na camada de 0,60 a 0,90 m foi bem inferior ao incremento observado para a condutividade elétrica. Esses resultados devem-se, em grande parte, à composição da água utilizada na irrigação, que tinha uma proporção 7:3 de  $\text{Na}^+$  em relação aos principais cátions divalentes ( $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ ) encontrados nas fontes de água do semi-árido do Nordeste brasileiro (HOLANDA e AMORIM, 1997). Os valores de PST foram maiores nos tratamentos com maiores concentrações totais de sais, em função dos maiores valores da razão de adsorção de sódio (RAS) nesses tratamentos. Os valores da RAS foram 6,50; 11,00; 14,00 e 16,50, respectivamente, para os tratamentos com 0,90; 2,60; 4,20 e 5,80  $\text{dS m}^{-1}$ .

Os valores de PST decresceram na camada de 0 a 0,30 m após o período chuvoso (Figura 2), porém a água da chuva não foi suficiente para promover eficiente lavagem desse cátion no perfil do solo. Os valores de PST nas camadas de 0,30 a 0,60 e de 0,60 a 0,90 m permaneceram maiores do que os observados antes da aplicação das águas salinas e, na camada de 0,60 a 0,90 m os valores foram superiores até aos valores observados após a realização do cultivo irrigado com águas salinas. Isso foi devido, principalmente, à lixiviação do  $\text{Na}^+$  da camada superficial para a camada mais profunda, resultando no aumento no teor desse íon nessa última camada após a passagem do período chuvoso (ANEXO). Esse resultado reforça a necessidade de utilização de práticas de manejo, em adição ao processo de lavagem, quando se utilizam águas salinas na agricultura irrigada, particularmente as fontes ricas em sais de sódio comuns no semi-árido nordestino (WRIGHT, 1981). Algumas práticas, como utilização de frações de lixiviação a aplicação de gesso auxiliam na lixiviação do sódio no perfil do solo, contribuindo para convivência com o problema de baixa qualidade da água aplicada à irrigação (SANTOS e HERNADEZ, 1997).

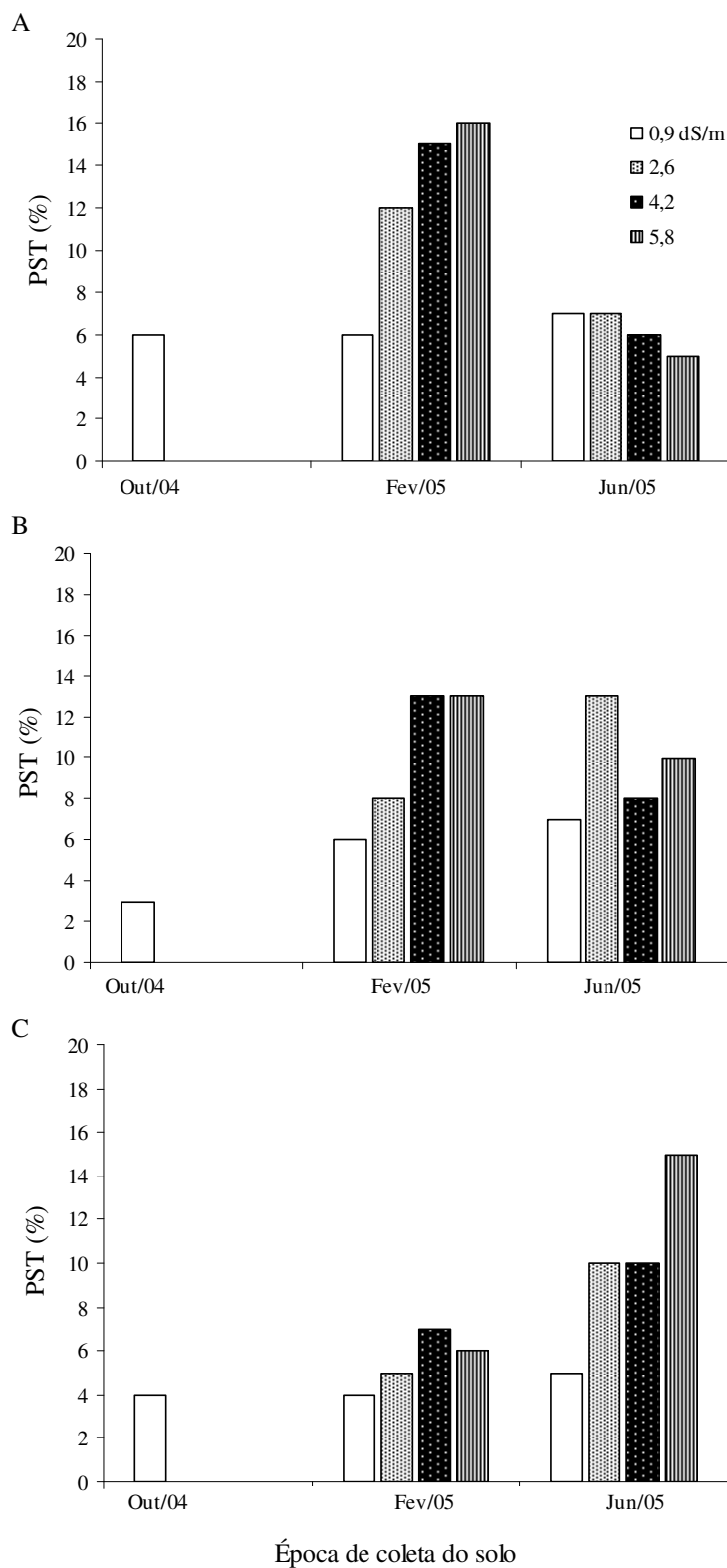


FIGURA 2. Valores de percentagem de sódio trocável (PST) obtidos de amostras de solo coletadas antes e após o cultivo e ao final da estação chuvosa. A (0 a 0,30 m); B (0,30 a 0,60 m); e C (0,60 a 0,90 m).



## 4.2. Características agronômicas

### 4.2.1. Produção de biomassa

A produção de biomassa das plantas do genótipo CSF 18 decresceu significativamente com o aumento da salinidade na água de irrigação (Tabela 2), tendo se ajustado um modelo linear ( $p < 0,01$ ) para essa resposta (Figura 3). O genótipo CSF 18 teve sua produção de biomassa entre 5,33 a 4,08 kg m<sup>-2</sup>, respectivamente, para os tratamentos extremos, isto é, água com CE de 0,90 dS m<sup>-1</sup> e 5,80 dS m<sup>-1</sup>. O genótipo CSF 20 apresentou produção de biomassa entre 6,47 e 5,70 kg m<sup>-2</sup> para os tratamentos extremos, respectivamente (Figura 3). Essas variações na produção de biomassa representaram reduções de 24 e 12% nos genótipos CSF 18 e CSF 20, respectivamente, embora a redução não tenha sido significativa nesse último genótipo.

TABELA 2. Valores dos quadrados médios e da significância estatística para a produção de biomassa de plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

Fonte de variação	Quadrado médio
Tratamento	1,36**
Genótipo	13,88**
Tratamento x Genótipo	0,20 <sup>ns</sup>
Resíduo	0,34
CV (%)	10,88

\*\*Significativo pelo teste F a 1%; ns = Não significativo

A produção de biomassa de ambos os genótipos estudados, CSF 18 e CSF 20, (Figura 3) manteve-se superior a produção de biomassa encontrada em 11 cultivares de sorgo forrageiro estudados por Gomes, (2004), e também se mostrou superior aos seis cultivares estudados por Casela, (1986).

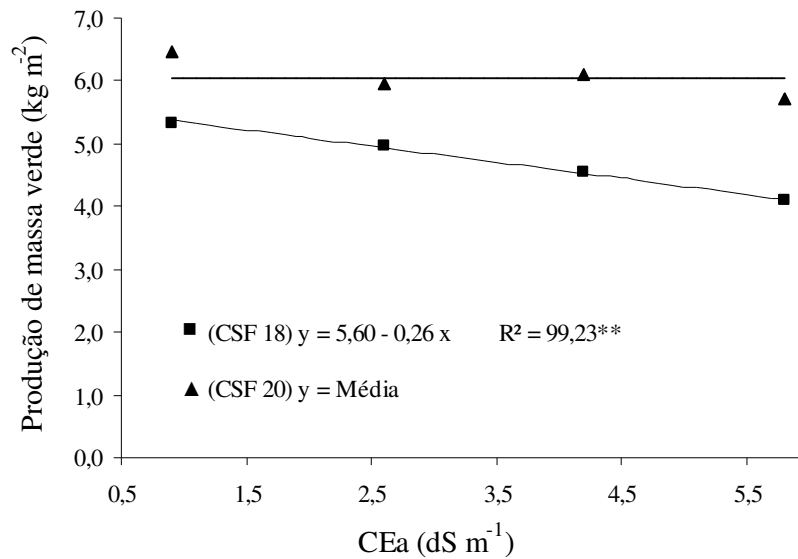


FIGURA 3. Produção de biomassa de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com águas com crescentes concentrações de sais.

\*\*Significativo pelo teste F a 1%

#### 4.2.2. Rendimento de matéria seca

Os resultados das análises estatísticas evidenciaram diferenças significativas no rendimento de matéria seca ( $p < 0,05$ ) entre os genótipos CSF 18 e CSF 20 com o aumento dos níveis de sais na água de irrigação (Tabela 3). O rendimento de matéria seca foi afetado significativamente nas plantas de sorgo do genótipo CSF 18 (genótipo considerado sensível), ajustando-se melhor a um modelo linear ( $p < 0,05$ ) (Figura 4), porém, o genótipo CSF 20 (considerado tolerante) não teve seu rendimento de matéria seca influenciado significativamente, ficando com média de  $1,44 \text{ kg m}^{-2}$ .

TABELA 3. Valores dos quadrados médios e da significância estatística para o rendimento de matéria seca de plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

Fonte de variação	Quadrado médio
Tratamento	0,075*
Genótipo	0,196**
Tratamento x Genótipo	0,026 <sup>ns</sup>
Resíduo	0,023
CV (%)	10,59

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\*Significativo pelo teste F a 1%; ns = Não significativo

A produção de matéria seca não diferiu entre os dois genótipos quando eles foram irrigados com água do poço, ou seja, água de baixa salinidade (Figura 4), e os valores encontrados estão dentro das variações observadas por outros autores. Por exemplo, Corrêa (1996), em estudo comparativo com treze híbridos de sorgo, encontrou produção de matéria seca variando de 0,41 a 1,47 kg m<sup>-2</sup>, constituindo-se nos maiores valores relativos aos híbridos de maior altura. O aumento na concentração de sais na água de irrigação reduziu a produção de matéria seca, sendo que os efeitos foram maiores no genótipo CSF 18, confirmando resultados obtidos por outros autores (LACERDA et al., 2001). Comparando-se a produtividade das plantas submetidas aos tratamentos extremos, isto é, águas de irrigação com 0,90 e 5,80 d Sm<sup>-1</sup>, notou-se redução de 22,71% no genótipo CSF 18 e de 7,70% no genótipo CSF 20, o que representariam decréscimos estimados na matéria seca de 0,35 e 0,11 kg m<sup>-2</sup>, respectivamente.

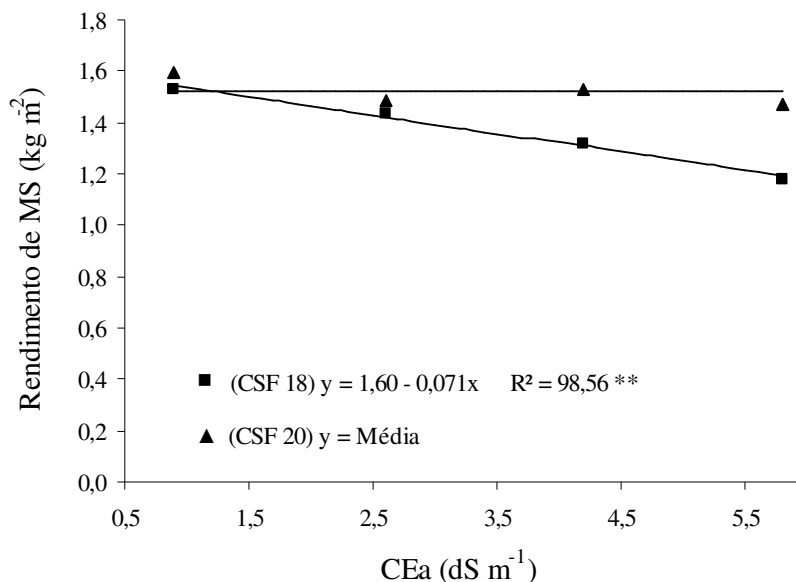


FIGURA 4. Rendimento de matéria seca de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com águas com crescentes concentrações de sais.

\*\*Significativo pelo teste F a 1%

#### 4.2.3. Altura das plantas

A altura das plantas de sorgo dos dois genótipos estudados diferiu significativamente ( $p < 0,01$ ) com o aumento da salinidade na água de irrigação (Tabela 4). A altura foi afetada significativamente nas plantas de sorgo do genótipo CSF 18 (genótipo considerado sensível), ajustando-se melhor a um modelo linear (Figura 5), porém, o genótipo CSF 20 (considerado tolerante) não teve sua altura influenciada significativamente.

A altura das plantas (Figura 5) não se mostrou tão sensível à aplicação de águas salinas quanto ao rendimento de matéria seca (Figura 4), sendo observadas, portanto, reduções de até 10 e 6% nos genótipos CSF 18 e CSF 20, para os tratamentos extremos, respectivamente. O genótipo CSF 18 apresentou maior altura que o genótipo CSF 20, porém apresentou menor produção de matéria seca. Estes resultados divergem dos obtidos por outros autores, que têm constatado correlação positiva entre essas duas variáveis de crescimento (GONTIJO NETO et al., 2002).

TABELA 4. Valores dos quadrados médios e da significância estatística para a altura de plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

Fonte de variação	Quadrado médio
Tratamento	0,16**
Genótipo	6,32**
Tratamento x Genótipo	0,02 <sup>ns</sup>
Resíduo	0,02
CV (%)	4,16

\*\*Significativo pelo teste F a 1%; ns = Não significativo

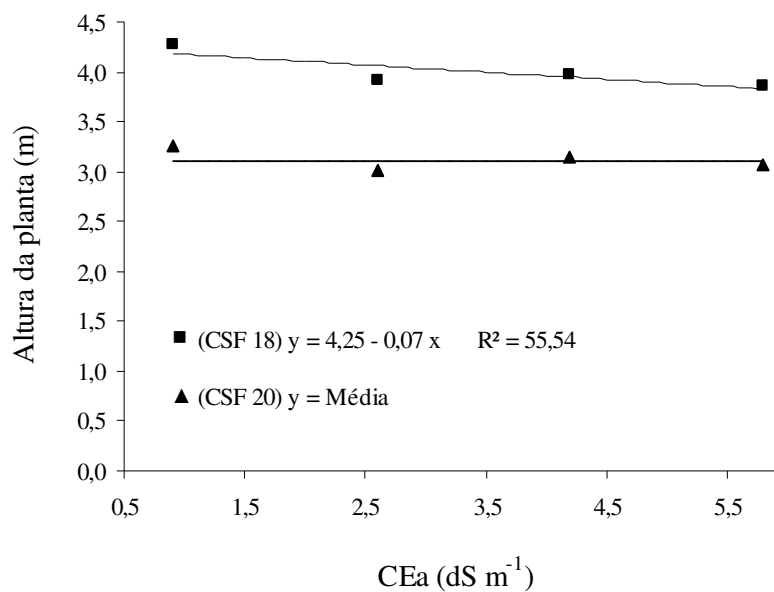


FIGURA 5. Altura de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com águas com crescentes concentrações de sais.

#### 4.2.4. Partição da matéria seca nas diversas partes da planta

Na análise estatística da partição de matéria seca na planta não foi constatada diferença ( $p>0,05$ ) com o aumento dos níveis de sais na água de irrigação (Tabela 5). Também não houve diferença ( $p>0,05$ ) entre os genótipos CSF 18 e CSF 20, exceto no percentual de material morto (Figura 6). Essa diferença existente entre os percentuais de material morto deve-se, provavelmente, a características inerentes aos genótipos, sendo que a diferença entre os mesmos foi de 48,43%, com as maiores percentagens de material morto sendo observadas no genótipo CSF 20.

TABELA 5 - Valores dos quadrados médios e da significância estatística para a partição percentual da folha, do colmo, da panícula e do material morto na matéria seca de plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

Fonte de variação	Quadrado médio			
	% Folha	% Colmo	% Panícula	% M. morto
Tratamento	5,54 <sup>ns</sup>	1,67 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>
Genótipo	1,68 <sup>ns</sup>	10,07 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>	16,36**
Tratamento x Genótipo	1,19 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>	1,79 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
Resíduo	3,16	2,86	1,08	0,83
CV (%)	11,18	2,29	16,14	24,38

\*\*Significativo pelo teste F a 1%; ns = Não significativo

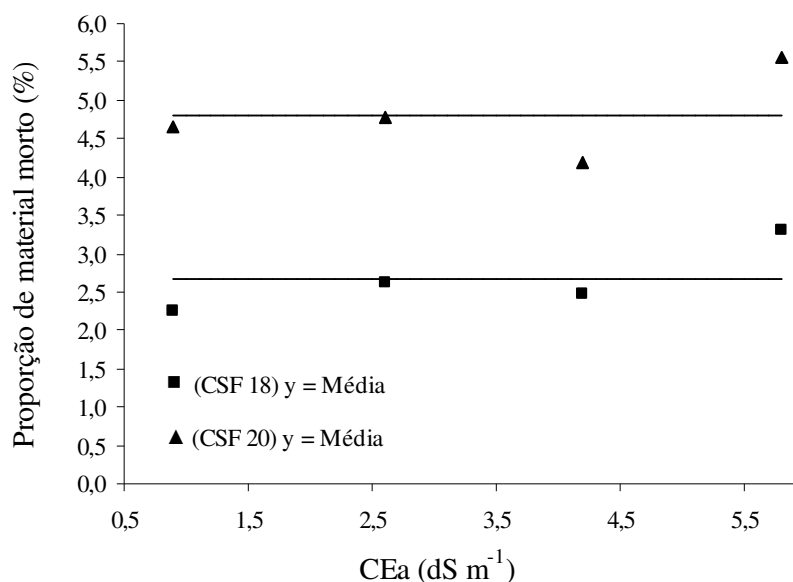


FIGURA 6. Proporção de material morto em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

A percentagem de folha na matéria seca da planta ficou em torno de 16,14 e 15,68%, para os genótipos CSF 18 e CSF 20, respectivamente, sendo que os valores não diferiram significativamente entre si (Tabela 5). Resultados semelhantes foram obtidos em ensaios com o híbrido de sorgo AG-2002 para silagem, colhidos no estágio de grão farináceo (ZAGO, 1991). Por outro lado, Brito et al., (2000), encontraram valores, em média, 50% mais baixos na partição de folha em híbridos de porte alto em relação aos valores encontrados no presente estudo.

O percentual de colmo na planta também não diferiu entre os genótipos com o aumento da concentração de sais na água de irrigação ficando em torno de 74,50% para o genótipo CSF 18 e 73,40% para o CSF 20 (Tabela 5). Esses valores se justificam por se tratarem de genótipos de porte alto, onde predomina a proporção colmo acima de 60% do total da matéria seca da planta. Segundo Zago (1997), plantas de porte alto apresentam maiores percentagens de colmo, o que compromete o valor nutritivo do material, mas favorece o crescimento e a produção de matéria seca da forragem.

O percentual de panícula na planta não diferiu significativamente entre os genótipos com o aumento da concentração de sais na água de irrigação ficando em torno de 6,70% para o genótipo CSF 18 e 6,15% para o genótipo CSF 20 (Tabela 6). Baixos

percentuais na partição de panícula podem ser explicados pela correlação negativa entre o percentual de panícula e a altura da planta. Esse decréscimo ocorre em maiores taxas quando a altura da planta excede a três metros (ZAGO, 1991). Os dois genótipos em estudo, CSF 18 e CSF 20, são classificados como plantas de porte alto e apresentaram altura média da planta em torno de 4,30 metros e 3,50 metros, respectivamente (Figura 5).

TABELA 6. Partição percentual da folha, do colmo, da panícula e do material morto na matéria seca<sup>1</sup> de plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

Variável	Genótipo	CEa (dSm <sup>-1</sup> )			
		0,90	2,60	4,20	5,80
% Folha	CSF 18	15,18 ± 0,89	16,82 ± 1,46	17,33 ± 1,44	15,25 ± 2,93
	CSF 20	15,83 ± 1,87	15,94 ± 0,93	16,28 ± 2,59	14,69 ± 2,88
% Colmo	CSF 18	74,95 ± 3,74	74,26 ± 1,17	73,75 ± 1,70	75,02 ± 1,79
	CSF 20	73,7 ± 2,41	72,54 ± 2,90	73,66 ± 2,34	73,59 ± 2,47
% Panícula	CSF 18	7,63 ± 2,53	6,29 ± 0,64	6,45 ± 0,86	6,43 ± 0,73
	CSF 20	5,82 ± 0,90	6,75 ± 1,84	5,88 ± 0,45	6,16 ± 1,22
% M. morto	CSF 18	2,24 ± 0,79	2,63 ± 0,60	2,47 ± 0,49	3,31 ± 1,28
	CSF 20	4,64 ± 0,29	4,47 ± 1,18	4,18 ± 0,72	5,56 ± 2,22

<sup>1</sup> valores médios ± desvio padrão

### 4.3. Composição químico-bromatológica e rendimento de proteína

#### 4.3.1. Composição químico-bromatológica da planta inteira

Nas análises químico-bromatológicas foram determinados os seguintes componentes na planta: Proteína bruta (PB), Fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria seca (MS), resíduo mineral (RM), hemicelulose (HCEL) e carboidratos solúveis em água (CHO).

Os resultados das análises estatísticas evidenciaram que houve diferença ( $p < 0,01$ ) nos teores de PB e RM com o aumento dos níveis de sais na água de irrigação (Tabela 7). Os



teores de FDN, FDA, MS e HCEL não diferiram ( $p>0,05$ ) com o aumento dos níveis de sais na água de irrigação, mas diferiram significativamente entre os genótipos. O RP e o teor de CHO também apresentaram diferença significativa ( $p<0,01$ ) com o aumento nos níveis de sais na água de irrigação.

TABELA 7. Valores dos quadrados médios e da significância estatística para a composição químico-bromatológica de plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

Fonte de variação	Quadrado médio							
	PB	FDN	FDA	MS	RM	HCEL	RP	CHO
Tratamento	0,68**	3,26 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,62**	0,83 <sup>ns</sup>	0,01*	120,97**
Genótipo	0,17 <sup>ns</sup>	226,68**	30,07**	68,90**	2,44**	131,27**	0,00**	37,38**
Tratamento x Genótipo	0,39 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	1,45*	0,40 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	90,43**
Resíduo	0,04	1,38	0,35	2,12	0,04	1,17	0,00	1,30
CV (%)	4,23	2,51	2,18	5,47	4,94	5,67	5,3	6,91

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\*Significativo pelo teste F a 1%; ns = Não significativo

Os teores de PB só diferiram com o aumento das concentrações de sais na água de irrigação no genótipo CSF 20 (Figura 7), o qual apresentou um valor médio de PB de 4,89% na matéria seca. O genótipo CSF 18 apresentou um valor médio de 4,74% de PB na matéria seca da planta inteira. Esses valores são considerados baixos quando comparados com outros dados da literatura obtidos para a cultura do sorgo (OLIVEIRA, 1983; GONTIJO NETO et al., 2002; CÂNDIDO et al., 2002). Por exemplo, Gontijo Neto et al. (2002), trabalhando com cinco genótipos de sorgo, encontraram valores na faixa de 5,36 a 8,08%, cujas variações ocorreram em função das características dos genótipos e do nível de adubação NPK. Segundo Casela (1986) e Gaggiotti et al. (1992), os teores de PB das plantas de sorgo podem variar bastante, atingindo valores de 2,50 a 13,60%, em decorrência do tipo de cultivar, do estágio de maturação, dos níveis de adubação, dentre outros fatores. Os baixos valores encontrados no presente estudo são devidos, em parte, à elevada proporção de colmos nos dois genótipos estudados (Tabela 6), a qual apresentou correlação negativa com a proteína bruta da planta inteira ( $r = -0,41^{**}$ ) e apresentou um teor médio de proteína bruta inferior a 2,50%. As

reduções nos teores de PB podem ser conseqüências de reduções na aquisição de nitrogênio pela planta ou de alterações na alocação e partição de assimilados dentro da planta.

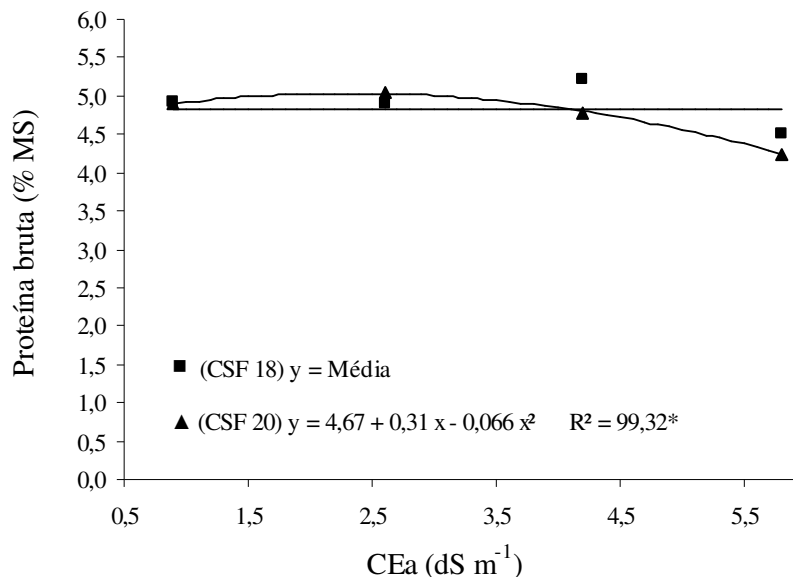


FIGURA 7. Teor de proteína bruta (PB), com base na MS, em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

\*Significativo pelo teste F a 5%

O aumento nos níveis de sais na água de irrigação afetou o rendimento e a qualidade da forragem, não sendo, porém, verificadas alterações significativas nos teores de fibras (Tabela 7). Os valores encontrados para os teores de FDN variaram de 44 a 50% (Figura 8), estando próximos, porém abaixo da maioria dos dados reportados na literatura (GOMIDE, 1987; GONTIJO NETO et al., 2004). Por outro lado, os teores de FDA oscilaram de 25 a 28% (Figura 9), dentro, portanto, da faixa encontrada para outros genótipos de sorgo por Gontijo Neto et al. (2004), que foi de 25 a 31%. De modo geral, os teores de FDN e FDA foram maiores no genótipo CSF 18, porém não se verificou efeito algum da salinidade da água de irrigação sobre essas duas variáveis. Os teores de FDN e FDA aqui reportados caracterizam os dois genótipos de sorgo estudados, como bons recursos forrageiros já que, segundo Van Soest (1965), teores de FDN apenas acima de 50 a 60% é que podem comprometer o consumo de forragem pelo animal.

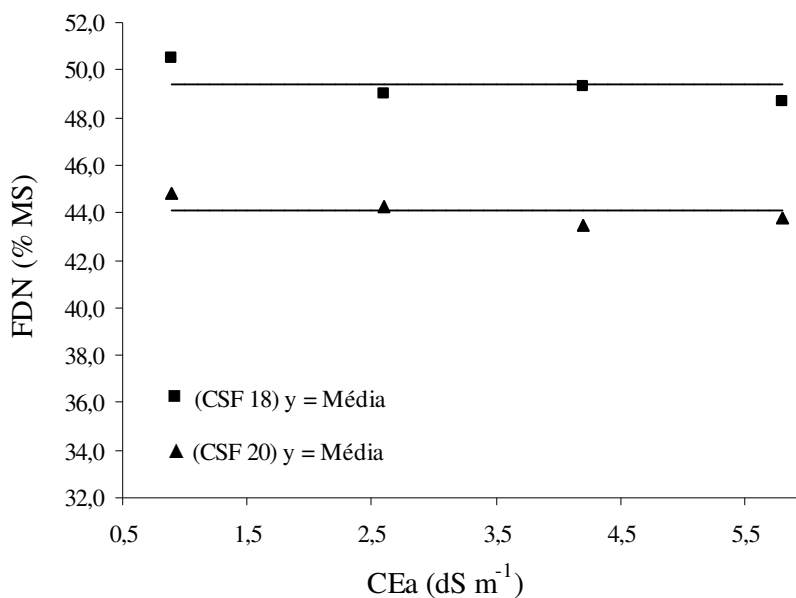


FIGURA 8. Teor de fibra em detergente neutro (FDN), com base na MS, em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

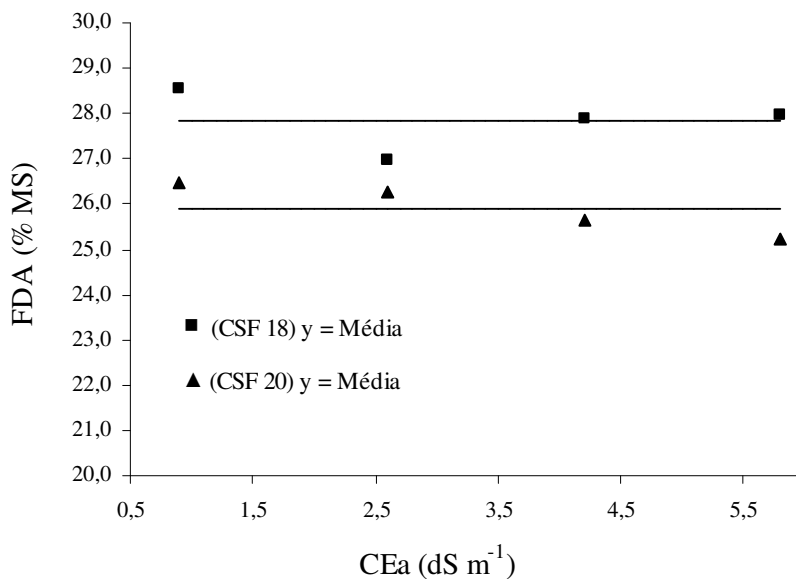


FIGURA 9. Teor de fibra em detergente ácido (FDA), com base na MS, em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

O teor de MS não foi influenciado ( $p > 0,05$ ) pela salinidade, mas diferiu ( $p < 0,01$ ) entre os genótipos (Tabela 7). O percentual de matéria seca apresentou uma variação de 24 a 29% (Figura 10), mostrando que os genótipos não foram colhidos dentro da faixa recomendada para a obtenção de silagem, a qual, segundo Molina et al. (2000), é de 30 a 35%. No genótipo CSF 18 o teor de matéria seca, ficou em média de 28%, enquanto que no genótipo CSF 20 o teor de matéria seca ficou em média de 25%.

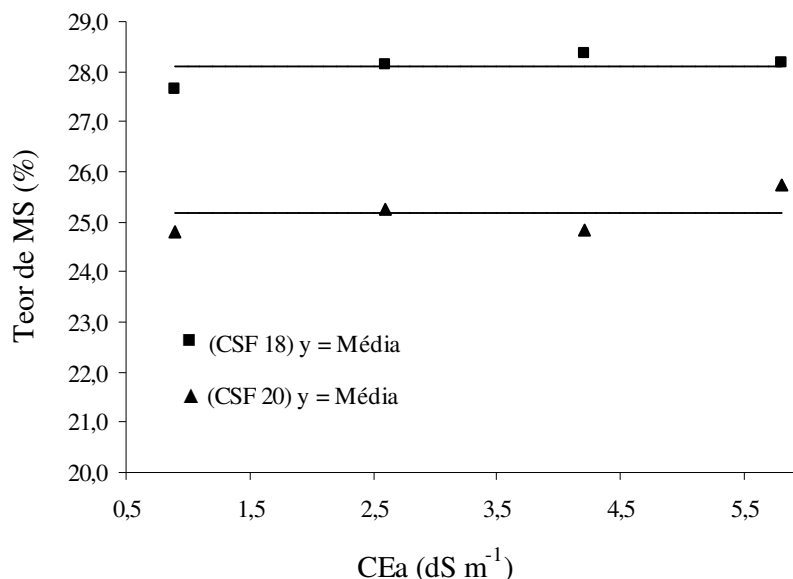


FIGURA 10. Teores de matéria seca (MS) em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

O aumento nos níveis de sais da água de irrigação afetou significativamente o teor de RM no genótipo CSF 20 (Figura 11). Os dois genótipos avaliados apresentaram correlação negativa entre o teor de RM e a proporção de colmo. Vale ressaltar que, mesmo no maior nível de salinidade, os teores de cinza foram baixos não comprometendo a composição químico-bromatológica da forragem. Provavelmente os baixos teores de RM nos genótipos estudados sejam devido à alta proporção de colmo nas plantas (Tabela 6), já que há correlações negativas entre as variáveis estudadas.

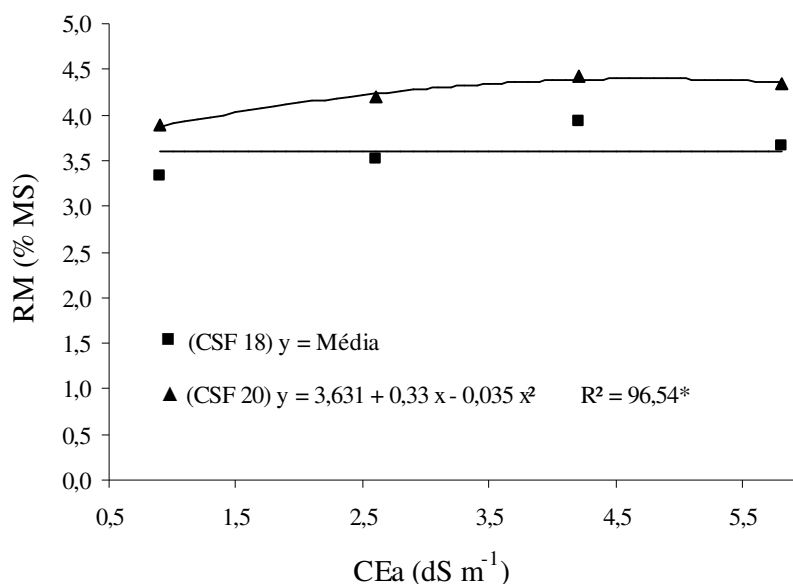


FIGURA 11. Teor de resíduo mineral (RM), com base na MS, em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

\*Significativo pelo teste F a 5%

O teor de HCEL não sofreu influência significativa com o aumento dos níveis de sais na água de irrigação (Tabela 7). Porém, os genótipos mostraram respostas diferenciadas quanto ao teor de HCEL na planta (Figura 12). Os genótipos CSF 18 e CSF 20 apresentaram, em média, teores de HCEL de 21 e 17%, respectivamente. Gomes (2004), avaliando a composição químico-bromatológica de 11 cultivares de sorgo forrageiro, encontrou valores semelhantes aos do presente estudo, os quais apresentaram, em média, 18,50% de HCEL. Conforme MUCK (1988), McDONALD et al. (1991) e HENDERSON (1993), a hemicelulose parece ser a principal fonte adicional de substrato para a fermentação, podendo ocorrer consumo de até 40-50% dessa fração.

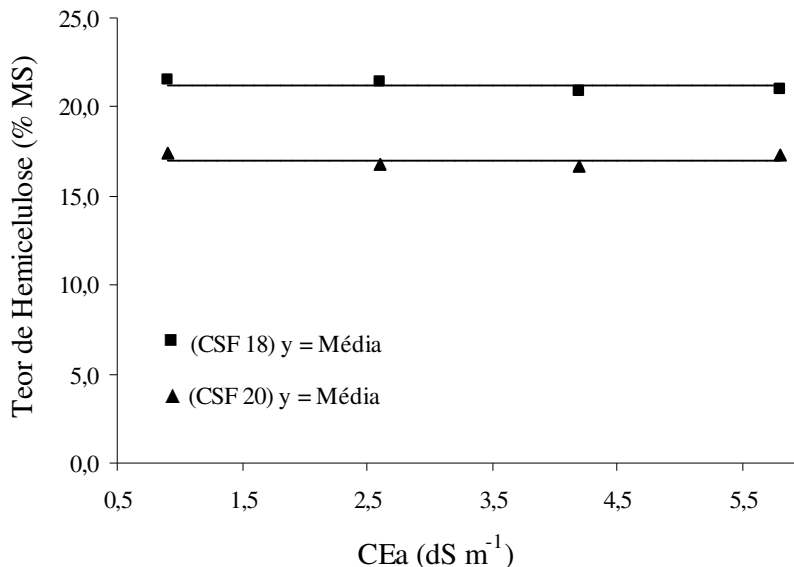


FIGURA 12. Teor de hemicelulose (HCEL), com base na MS, em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

Os teores de CHO foram influenciados pelo aumento dos níveis de sais na água de irrigação (Tabela 7). Os valores médios encontrados para teor de CHO (Figura 14) obedecem aos valores encontrados em sorgo por outros autores, sendo que esses teores se elevam com a maturidade da planta devido à maior proporção dos colmos nessa fase do desenvolvimento (OLIVEIRA, 1983; GONTIJO NETO et al., 2004). Por ocasião da colheita, cerca de 75% da matéria seca dos dois genótipos eram compostas de colmos e bainhas (Tabela 6), justificando os elevados teores de CHO encontrados. Os carboidratos solúveis são importantes para a palatabilidade e adequação do processo fermentativo na massa ensilada, cujos teores são bastante influenciados pelas condições ambientais (GONTIJO NETO et al., 2004).

No presente estudo, verificou-se que o aumento da salinidade reduziu os teores de CHO em ambos os genótipos, principalmente no genótipo CSF 18, como consequência principalmente da redução dos teores nos colmos ( $r = 0,99^{**}$ ). Embora esta redução nos CHO possa prejudicar a palatabilidade e o valor nutritivo, ela não chegou, no entanto, a afetar o potencial desse genótipo para a ensilagem, visto seu teor ter ficado acima de 6,00 a 8,0 % (com base na matéria seca) necessários para que ocorra boa fermentação (McCULLOUGH, 1973, citado por GOURLEY e LUSK, 1977).

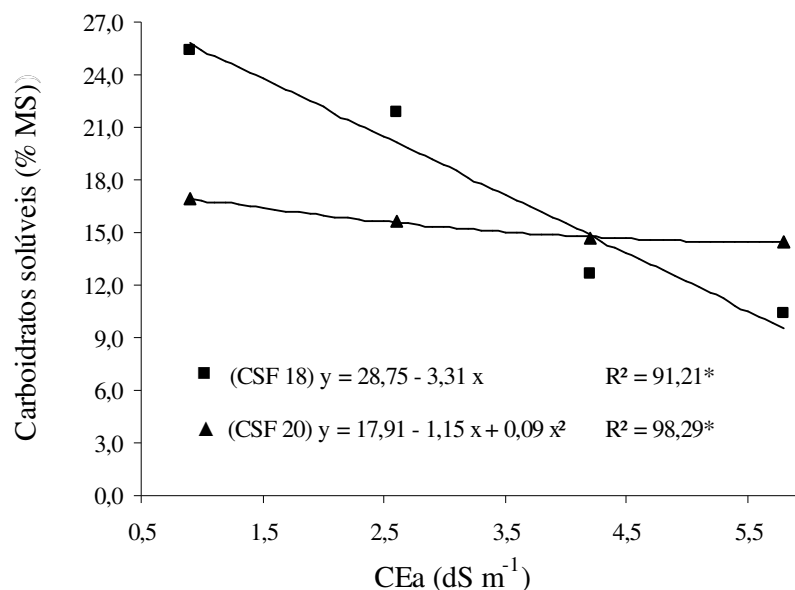


FIGURA 13. Teores de carboidrato solúveis em água (CHO) de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

\*Significativo pelo teste F a 5%

#### 4.3.2. Rendimento de proteína

O rendimento de proteína bruta ( $\text{kg m}^{-2}$ ) apresentou diferença significativa com o aumento dos níveis de sais na água de irrigação (Tabela 7). No genótipo CSF 18 esta redução foi devido à redução no rendimento de matéria seca (Figura 4), com correlação positiva entre o RP e o RMS ( $r = 0,94^{**}$ ). Por outro lado, no genótipo CSF 20 a redução no RP foi devido, principalmente, à redução no teor de proteína bruta com correlação positiva ( $r = 0,89^*$ ). No nível mais elevado de sais na água de irrigação, notou-se redução de 29% no rendimento de proteína por hectare no genótipo CSF 18 e 21% no CSF 20 (Figura 13), representando decréscimo estimado de aproximadamente  $0,03$  e  $0,02 \text{ kg m}^{-2}$ , respectivamente.

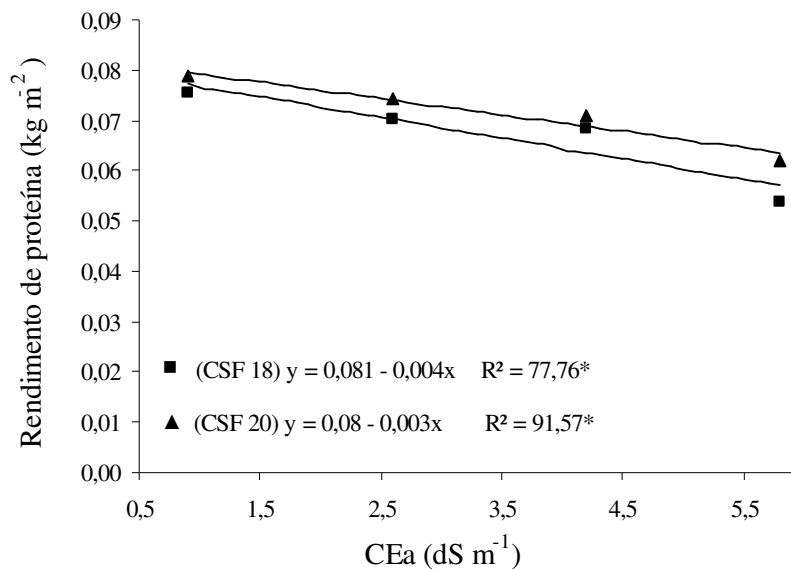


FIGURA 14. Rendimento de proteína em plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

\*Significativo pelo teste F a 5%

#### 4.3.3. Composição químico-bromatológica das frações da planta

Os resultados das análises estatísticas evidenciaram que houve diferença significativa apenas no teor de PB, RM e CHO do colmo e PB e MS do material morto com o aumento dos níveis de sais na água de irrigação dos genótipos avaliados (Tabela 8).



TABELA 8. Valores de quadrados médios e significância estatística para a composição químico-bromatológica das frações de plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

	Fração da planta	Fonte de variação				Resíduo	CV (%)
		Tratamento	Genótipo	Tratamento x Genótipo			
PB (% MS)	Folha	1,69 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,75	7,52	
	Colmo	0,38**	0,66*	0,07 <sup>ns</sup>	0,03	7,60	
	Panícula	0,02 <sup>ns</sup>	5,15**	0,12 <sup>ns</sup>	0,22	4,48	
	M. Morto	1,38**	4,77**	0,26 <sup>ns</sup>	0,23	10,30	
FDN (% MS)	Folha	0,30 <sup>ns</sup>	5,42 <sup>ns</sup>	12,65*	3,21	3,74	
	Colmo	8,01 <sup>ns</sup>	417,38**	1,89 <sup>ns</sup>	2,17	3,23	
	Panícula	3,51 <sup>ns</sup>	375,08**	8,96 <sup>ns</sup>	23,12	9,85	
	M. Morto	4,07 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	4,34 <sup>ns</sup>	6,28	4,88	
FDA (% MS)	Folha	0,99 <sup>ns</sup>	3,25 <sup>ns</sup>	3,37 <sup>ns</sup>	1,73	5,22	
	Colmo	2,54 <sup>ns</sup>	40,90**	1,81*	0,53	2,63	
	Panícula	1,10 <sup>ns</sup>	173,76**	2,36 <sup>ns</sup>	11,11	15,16	
	M. Morto	0,47 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	6,26 <sup>ns</sup>	2,5	5,73	
RM (% MS)	Folha	0,15 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,09	5,52	
	Colmo	0,84**	4,03**	0,13 <sup>ns</sup>	0,06	7,13	
	Panícula	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,15	10,93	
	M. Morto	100,16 <sup>ns</sup>	174,55 <sup>ns</sup>	95,23 <sup>ns</sup>	99,36	110,87	
(% MS)	Folha	1,69 <sup>ns</sup>	55,18**	1,46 <sup>ns</sup>	1,20	3,91	
	Colmo	0,33 <sup>ns</sup>	119,91**	0,36 <sup>ns</sup>	1,89	5,69	
	Panícula	1,86 <sup>ns</sup>	304,40**	1,39 <sup>ns</sup>	1,70	3,80	
	M. Morto	547,57**	2085,70**	78,70 <sup>ns</sup>	96,53	14,02	
CHO (% MS)	Folha	3,56 <sup>ns</sup>	153,67**	1,16 <sup>ns</sup>	1,59	16,23	
	Colmo	263,16**	141,00**	181,32**	4,03	9,71	
	Panícula	4,08 <sup>ns</sup>	472,79**	2,31 <sup>ns</sup>	3,91	22,31	
	M. Morto	0,23 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,83*	0,22	8,42	
HCEL (% MS)	Folha	0,87 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	17,85 <sup>ns</sup>	7,72	12,20	
	Colmo	1,76 <sup>ns</sup>	196,96**	1,68 <sup>ns</sup>	1,52	6,91	
	Panícula	1,29 <sup>ns</sup>	38,29**	7,58 <sup>ns</sup>	4,32	7,74	
	M. Morto	2,25 <sup>ns</sup>	2,57 <sup>ns</sup>	10,97 <sup>ns</sup>	8,13	12,00	

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\*Significativo pelo teste F a 1%; ns = Não significativo

## 4.3.3.1. Folha

A fração folha não apresentou diferença significativa entre os genótipos para os teores de PB (Tabela 8). Os genótipos apresentaram um teor médio de PB na folha de 11,54% (Tabelas 9). Neumann et al. (2002), encontraram valores de PB na folha de quatro híbridos de sorgo forrageiro e de duplo propósito bem abaixo dos valores encontrados no presente estudo.

TABELA 9. Composição químico-bromatológica da folhas<sup>1</sup> de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

Variável	Genótipo	CEa (dSm <sup>-1</sup> )			
		0,90	2,60	4,20	5,80
PB	CSF 18	11,86 ± 0,85	11,42 ± 0,66	11,78 ± 0,73	10,70 ± 1,06
	CSF 20	11,87 ± 1,93	11,98 ± 0,65	11,68 ± 1,42	11,01 ± 0,71
FDN	CSF 18	49,37 ± 0,99	48,69 ± 0,54	46,70 ± 1,02	48,75 ± 1,14
	CSF 20	46,17 ± 0,90	47,00 ± 1,70	49,41 ± 2,12	44,64 ± 4,15
FDA	CSF 18	25,70 ± 1,01	24,16 ± 2,38	25,59 ± 0,51	26,53 ± 0,88
	CSF 20	25,03 ± 0,35	25,20 ± 0,28	24,78 ± 0,52	24,41 ± 2,17
HCEL	CSF 18	23,60 ± 1,96	24,53 ± 2,52	21,10 ± 0,65	22,22 ± 0,76
	CSF 20	21,14 ± 0,71	21,80 ± 1,66	24,62 ± 2,56	23,23 ± 5,59
MS	CSF 18	28,17 ± 0,67	29,27 ± 1,25	29,91 ± 0,89	30,00 ± 2,18
	CSF 20	26,63 ± 0,73	26,82 ± 0,95	26,36 ± 0,31	27,02 ± 2,20
RM	CSF 18	5,70 ± 1,15	5,23 ± 0,16	5,54 ± 0,24	5,15 ± 0,51
	CSF 20	5,12 ± 0,80	5,15 ± 0,26	5,50 ± 0,31	5,64 ± 0,42
CHO	CSF 18	5,91 ± 0,61	5,39 ± 0,85	4,96 ± 2,11	6,06 ± 1,02
	CSF 20	11,37 ± 2,09	9,58 ± 1,10	9,18 ± 1,28	9,72 ± 2,12

<sup>1</sup> valores médios ± desvio padrão

Os constituintes da parede celular na folha, FDN, FDA e HCEL, não diferiram significativamente entre os genótipos, apresentando um teor médio de 48, 25 e 23% respectivamente (Tabelas 9). Os teores de RM na matéria seca da folha também não diferiram significativamente entre os genótipos e teve um valor médio de 5,38%. Os teores de MS e

CHO na folha diferiram entre os genótipos com valores médios de 29,34 e 26,71% para MS e 5,58 e 9,96% para CHO nos genótipos CSF 18 e CSF 20, respectivamente. Valores semelhantes de MS na folha foram obtidos por Gontijo Neto et al. (2004), avaliando híbridos de sorgo cultivados sob níveis crescentes de adubação.

#### 4.3.3.2. Colmo

A fração colmo apresentou diferença significativa nos teores médios de PB, CHO e RM entre os genótipos avaliados (Tabela 8). Também apresentou diferença significativa entre os genótipos em todas as análises químico-bromatológicas realizadas (Tabela 8).

Os teores médios de PB no colmo variaram de 2,86 a 2,33% para o genótipo CSF 18 e de 2,55 a 1,97% no CSF 20 (Figura 15). O teor de CHO sofreu redução de 77 e 18,60% no tratamento com maior nível de salinidade, em relação ao menor nível, respectivamente, nos genótipos CSF 18 e CSF 20 (Figura 16). As médias obtidas para os valores de CHO no colmo dos genótipos CSF 18 e CSF 20, respectivamente, 22,27 e 18,57%, encontram-se acima dos níveis mínimos desejáveis de 6 a 8 % da MS (GOURLEY e LUSK, 1977), sendo capazes de propiciar boa preservação da forragem. O teor de RM na matéria seca do colmo também diferiu significativamente entre os genótipos e teve um valor médio de 2,97 e 3,68% para o os genótipos CSF 18 e CSF 20, respectivamente (Figura 17). Esses valores são considerados baixos.

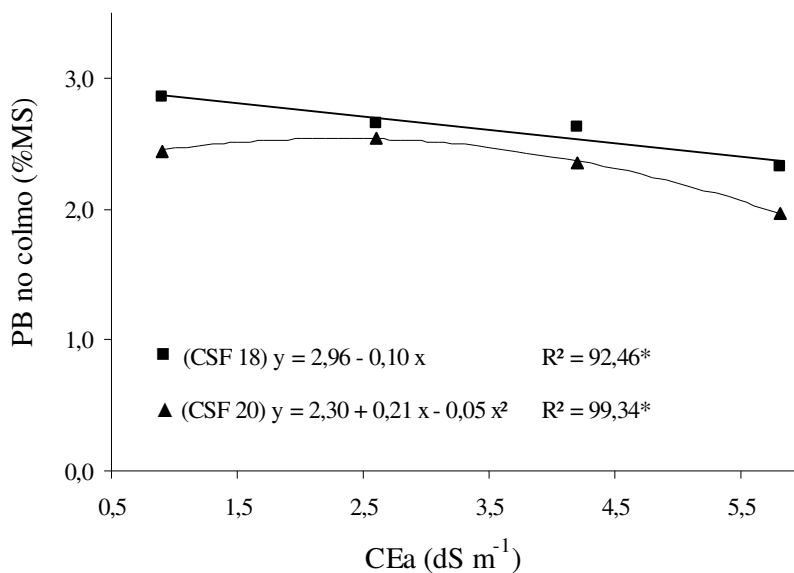


FIGURA 15. Teores de proteína bruta no colmo de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

\*Significativo pelo teste F a 5%

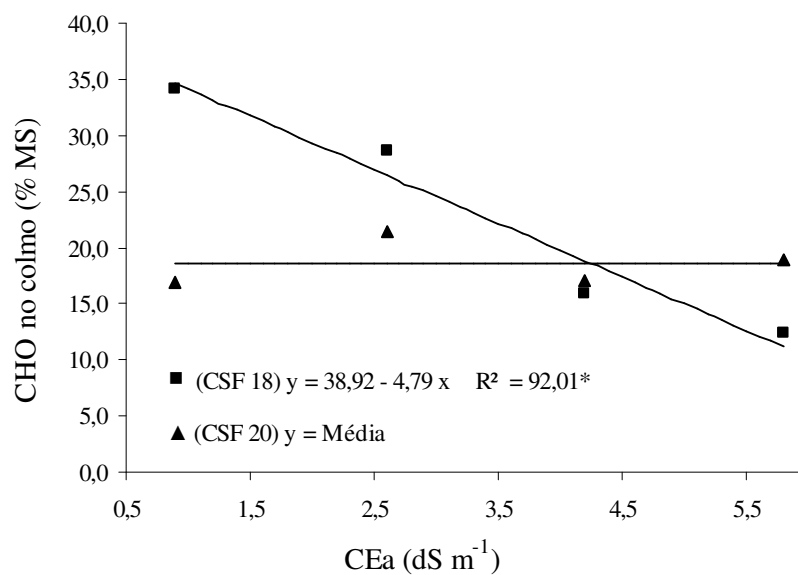


FIGURA 16. Teores de carboidratos solúveis em água no colmo de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

\*Significativo pelo teste F a 5%

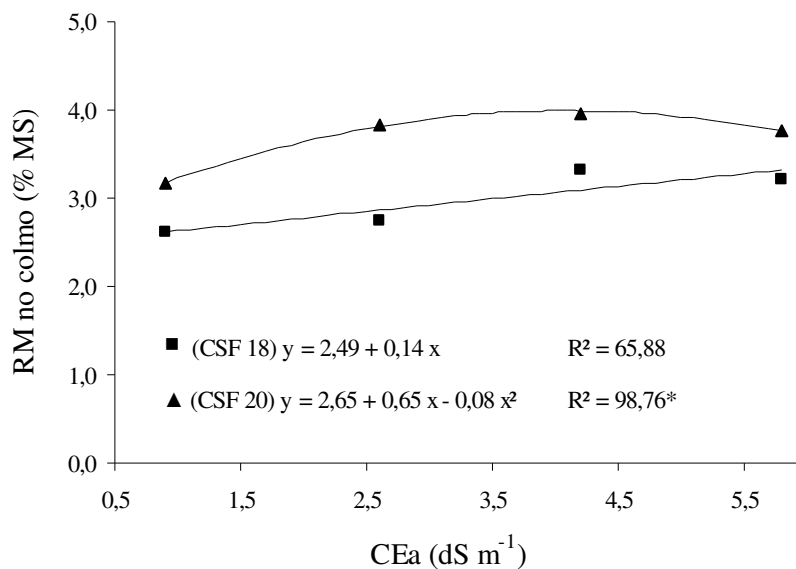


FIGURA 17. Teores de resíduo mineral no colmo de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

\*Significativo pelo teste F a 5%

Os teores médios de FDN, FDA e HCEL na matéria seca do colmo dos genótipos CFS 18 e CSF 20 foram de 49,20 e 41,98%, 28,91 e 26,65% e 20,29 e 15,33%, respectivamente (Tabela 10). Esses valores foram inferiores aos encontrados por Gomes (2004), ao estudar a composição químico-bromatológica de 11 cultivares de sorgo, os quais apresentaram valores médios de 57,35, 34,69 e 22,64% para FDN, FDA e HCEL, respectivamente. Os teores de MS no colmo dos genótipos CSF 18 e CSF 20 foram de 26,12 e 22,25%, respectivamente.

TABELA 10. Composição químico-bromatológica dos colmos e bainhas<sup>1</sup> de plantas de dois genótipos de sorgo irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

Variável	Genótipo	CEa (dSm <sup>-1</sup> )			
		0,90	2,60	4,20	5,80
FDN	CSF 18	50,71 ± 1,84	48,57 ± 3,67	49,42 ± 1,57	48,12 ± 2,16
	CSF 20	43,40 ± 1,79	42,18 ± 2,70	40,86 ± 1,62	41,49 ± 0,79
FDA	CSF 18	29,87 ± 0,77	27,91 ± 2,78	29,05 ± 1,16	28,82 ± 1,94
	CSF 20	27,35 ± 1,67	27,05 ± 2,39	26,26 ± 0,82	25,93 ± 1,00
HCEL	CSF 18	20,84 ± 1,63	20,66 ± 1,20	20,37 ± 1,52	19,30 ± 1,83
	CSF 20	16,05 ± 1,15	15,12 ± 0,36	14,59 ± 1,17	15,56 ± 1,74
MS	CSF 18	26,09 ± 1,00	26,10 ± 1,22	26,20 ± 1,45	26,08 ± 1,13
	CSF 20	21,86 ± 1,66	22,10 ± 1,02	22,20 ± 1,08	22,83 ± 0,97

<sup>1</sup> valores médios ± desvio padrão

#### 4.3.3.3. Panículas

A fração panícula apresentou diferença significativa entre os genótipos para todas as análises químico-bromatológicas, exceto para o RM (Tabela 8), porém não foram observados efeitos dos níveis de sais da água de irrigação sobre nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 11). Os valores médios de PB na panícula dos genótipos CSF 18 e CSF 20 foram de 10,04 e 10,84%, respectivamente. Os teores de FDN, FDA e HCEL na panícula dos genótipos CSF 18 e CSF 20 foram de 52,26 e 45,41%, 24,32 e 19,65% e 27,95 e 25,76%, respectivamente. O teor de MS na panícula teve valores médios de 37,45 e 31,28% para o CSF 18 e CSF 20, respectivamente. O valor médio de RM na panícula dos genótipos CSF 18 e CSF 20 foi de 3,53%. Os teores de CHO na panícula dos genótipos CSF 18 e CSF 20 foram de 5,02 e 12,71%, respectivamente.

TABELA 11. Composição químico-bromatológica das panículas<sup>1</sup> de plantas de dois genótipos de sorgo irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

Variável	Genótipo	CEa (dSm <sup>-1</sup> )			
		0,90	2,60	4,20	5,80
PB	CSF 18	9,93 ± 0,34	9,90 ± 0,28	10,08 ± 0,19	10,25 ± 0,57
	CSF 20	10,91 ± 0,34	10,95 ± 0,48	10,72 ± 0,71	10,80 ± 0,68
FDN	CSF 18	50,34 ± 4,86	53,19 ± 1,95	53,54 ± 2,31	51,97 ± 3,36
	CSF 20	46,65 ± 3,23	45,53 ± 2,02	45,30 ± 4,95	44,17 ± 6,13
FDA	CSF 18	23,98 ± 2,78	25,49 ± 2,16	24,20 ± 1,81	23,59 ± 4,09
	CSF 20	20,10 ± 2,49	19,22 ± 2,38	19,95 ± 3,27	19,35 ± 3,13
HCEL	CSF 18	26,37 ± 2,32	27,70 ± 2,34	29,34 ± 1,14	28,38 ± 1,80
	CSF 20	26,55 ± 1,09	26,31 ± 0,65	25,35 ± 2,19	24,82 ± 3,33
MS	CSF 18	37,79 ± 1,23	36,95 ± 1,09	37,13 ± 1,66	37,93 ± 1,78
	CSF 20	30,63 ± 1,40	31,71 ± 2,17	30,64 ± 1,95	32,14 ± 2,47
RM	CSF 18	3,46 ± 0,45	3,59 ± 0,61	3,63 ± 0,17	3,43 ± 0,58
	CSF 20	3,62 ± 0,76	3,51 ± 0,18	3,42 ± 0,19	3,54 ± 0,25
CHO	CSF 18	3,73 ± 0,45	4,75 ± 0,55	5,81 ± 0,60	5,81 ± 1,07
	CSF 20	12,93 ± 2,00	11,66 ± 2,56	12,73 ± 2,14	13,53 ± 4,72

<sup>1</sup> valores médios ± desvio padrão

#### 4.3.3.4. Material morto

A fração material morto apresentou diferença significativa com o aumento nos níveis de sais na água de irrigação para os teores de PB (Tabela 8). Os teores de PB no material morto variaram de 5,09 a 4,27% para o genótipo CSF 18 e de 4,51 a 3,87% para o CSF 20 (Figura 18).

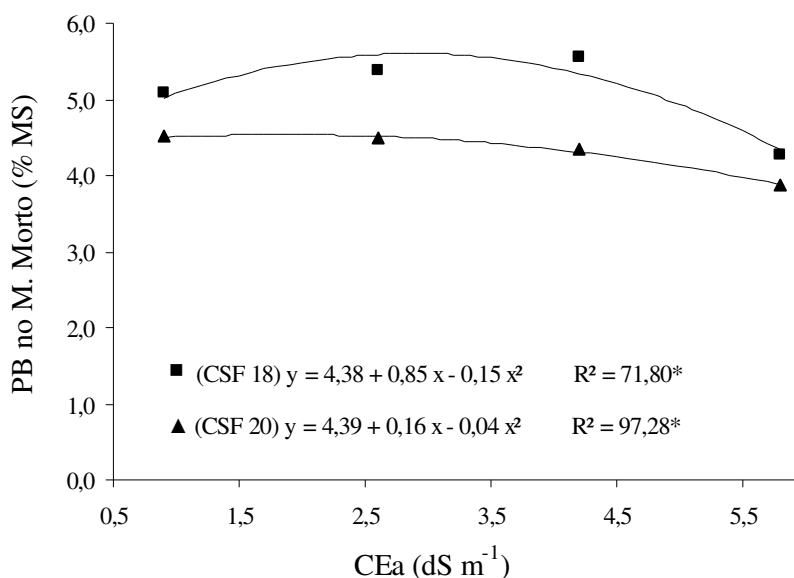


FIGURA 18. Teores de proteína bruta no material morto de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

\*Significativo pelo teste F a 5%

Os constituintes da parede celular na matéria seca do material morto, FDN, FDA e HCEL, não diferiram significativamente entre os genótipos apresentando um teor médio de 51, 27 e 23% respectivamente (Tabelas 12). O teor de RM na matéria seca do material morto também não diferiu significativamente entre os genótipos avaliados e teve valor médio de 7,27%. O teor de CHO na matéria seca do material morto também não diferiu entre os genótipos e teve valor médio de 5,50%. Como a partição percentual do material morto na composição da planta foi baixa (Tabela 6), esses valores são irrelevantes para o presente trabalho, não influenciando na qualidade da forragem.



TABELA 12. Composição químico-bromatológica do material morto<sup>1</sup> de plantas de dois genótipos de sorgo irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

Variável	Genótipo	CEa (dSm <sup>-1</sup> )			
		0,90	2,60	4,20	5,80
FDN	CSF 18	53,12 ± 5,41	49,85 ± 1,29	51,21 ± 0,99	51,86 ± 0,47
	CSF 20	50,95 ± 1,40	51,24 ± 2,21	50,81 ± 2,22	51,94 ± 2,72
FDA	CSF 18	27,48 ± 0,94	26,84 ± 2,17	26,61 ± 1,36	28,88 ± 1,66
	CSF 20	28,25 ± 0,81	28,14 ± 1,32	28,03 ± 0,66	26,55 ± 1,73
HCEL	CSF 18	25,64 ± 5,40	23,01 ± 1,92	24,60 ± 1,98	22,98 ± 1,81
	CSF 20	22,69 ± 1,50	23,10 ± 1,71	22,78 ± 2,33	25,38 ± 2,84
MS	CSF 18	51,10 ± 10,27	69,28 ± 20,47	71,44 ± 22,74	56,17 ± 9,61
	CSF 20	74,22 ± 21,78	77,24 ± 15,34	89,13 ± 5,57	71,99 ± 17,98
RM	CSF 18	8,52 ± 1,58	8,60 ± 0,90	7,92 ± 0,82	6,52 ± 1,14
	CSF 20	6,95 ± 1,50	5,73 ± 0,43	6,86 ± 0,53	7,07 ± 0,88
CHO	CSF 18	4,89 ± 0,70	5,82 ± 0,77	5,74 ± 0,50	5,15 ± 0,57
	CSF 20	5,70 ± 0,55	5,55 ± 0,49	5,46 ± 0,50	6,02 ± 0,67

<sup>1</sup> valores médios ± desvio padrão

#### 4.4. Teores de elementos minerais

No presente estudo, não foram observados efeitos significativos do aumento da salinidade da água de irrigação sobre os teores de íons potencialmente tóxicos e sobre os teores de macronutrientes (K<sup>+</sup> e P), tendo se observado efeito significativo apenas nos teores de Ca<sup>+2</sup> nos colmos (Tabela 13). Por outro lado, foram observadas diferenças significativas nos teores de elementos minerais entre os genótipos para praticamente todos os íons avaliados.

De acordo com a maioria dos autores, a salinidade reduz o crescimento das plantas em decorrência dos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais. No entanto, alguns estudos mais específicos têm mostrado que a redução no crescimento é inicialmente afetada pelos efeitos osmóticos e posteriormente pelo acúmulo excessivo de íons tóxicos (MUNNS, 2002). No presente trabalho, no entanto, os efeitos específicos de íons não pareceram se tornar relevantes, sugerindo que os efeitos osmóticos podem ter sido os

principais fatores relacionados com a redução da produtividade observada no genótipo CSF 18, com o aumento da salinidade da água de irrigação.

TABELA 13. Valores de quadrados médios e significância estatística para os teores de sódio, cloreto, cálcio, potássio e fósforo das frações de plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

	Fração da planta	Fonte de variação				CV (%)
		Tratamento	Genótipo	Tratamento x Genótipo	Resíduo	
Na <sup>+</sup>	Folha	0,10 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,43**	0,06	24,01
	Colmo	0,61 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,10	15,46
	Panícula	0,29 <sup>ns</sup>	1,32*	0,36 <sup>ns</sup>	0,17	29,90
	M. Morto	0,20 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,12	22,62
Cl <sup>-</sup>	Folha	0,07 <sup>ns</sup>	1,23**	0,03 <sup>ns</sup>	0,03	10,20
	Colmo	0,09 <sup>ns</sup>	0,31*	0,13 <sup>ns</sup>	0,04	11,99
	Panícula	1,46 <sup>ns</sup>	30,07**	1,45*	0,35	2,18
	M. Morto	0,72 <sup>ns</sup>	68,90**	0,40 <sup>ns</sup>	2,12	5,47
K <sup>+</sup>	Folha	0,16 <sup>ns</sup>	29,45**	0,10 <sup>ns</sup>	0,04	3,43
	Colmo	0,74 <sup>ns</sup>	7,90**	0,06 <sup>ns</sup>	0,14	7,01
	Panícula	0,24 <sup>ns</sup>	2,37*	0,33 <sup>ns</sup>	0,36	14,63
	M. Morto	0,57 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,22	12,32
Ca <sup>+2</sup>	Folha	0,57 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,24	25,33
	Colmo	2,58**	187,21**	1,29*	0,29	16,71
	Panícula	0,18 <sup>ns</sup>	2080**	0,09 <sup>ns</sup>	0,13	33,46
	M. Morto	0,76 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01	0,90
P	Folha	1,07 <sup>ns</sup>	5,23**	0,37 <sup>ns</sup>	0,16	7,83
	Colmo	0,08 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,06	13,89
	Panícula	0,46 <sup>ns</sup>	8,28**	1,84 <sup>ns</sup>	0,87	13,12
	M. Morto	0,49 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,12	18,54

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\*Significativo pelo teste F a 1%; ns = Não significativo

#### 4.4.1. Sódio e cloreto

Os teores de  $\text{Na}^+$  não foram influenciados pela salinidade e também pouco diferiram entre os genótipos (Figura 19). De modo geral, os teores de  $\text{Na}^+$  foram baixos, o que representa uma boa capacidade de exclusão desse íon em plantas de sorgo (TRINDADE, 2002), e sugere que os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre o rendimento de matéria seca não podem ser atribuídos ao acúmulo de íons potencialmente tóxicos. Independente do genótipo, os maiores teores foram observados nos colmos, seguido do material morto, ao passo que os menores teores desse íon foram observados nas folhas e panículas. A maior retenção de íons potencialmente tóxicos nos caules é uma característica observada em muitas glicófitas e, particularmente em sorgo parece ser um mecanismo de tolerância ao excesso de sais de sódio no meio (LACERDA et al., 2003).

O aumento da salinidade da água de irrigação não provocou acúmulos significativos nos teores de  $\text{Cl}^-$  em nenhum dos genótipos estudados (Figura 20). No entanto, observou-se diferença significativa entre os genótipos, sendo que o genótipo CSF 20 apresentou maiores teores de  $\text{Cl}^-$  nas lâminas foliares, enquanto o genótipo CSF 18 apresentou teores mais elevados desse íon nos colmos e bainhas. Independente do genótipo observou-se, de modo geral, maiores teores de cloreto nas folhas e colmos e menores nas panículas.

Os teores de cloreto encontrados no presente estudo ficaram abaixo dos observados por outros autores trabalhando com os mesmos genótipos sob condições de casa de vegetação (SILVA et al., 2003; AQUINO, 2005) e por outros autores em trabalho com outros genótipos sob condições de campo (IGARTUA et al, 1995). Esses autores também observaram acúmulo de cloreto nos tecidos das plantas em função da salinidade do meio, porém, os níveis de salinidade utilizados foram superiores aos utilizados no presente estudo. No entanto, Trindade (2002), trabalhando com o genótipo CSF 18, não encontrou aumento do teor de cloreto em função da salinidade do meio até 20 dias após o estabelecimento do estresse. Esses resultados mostram que as variações nos teores de cloreto podem estar associadas às condições de cultivo estabelecidas no experimento. É possível que no presente estudo a taxa de absorção de cloreto não tenha sido aumentada em valores muito superiores à taxa de crescimento da planta, o que permitiu a manutenção dos teores nos tecidos das plantas.

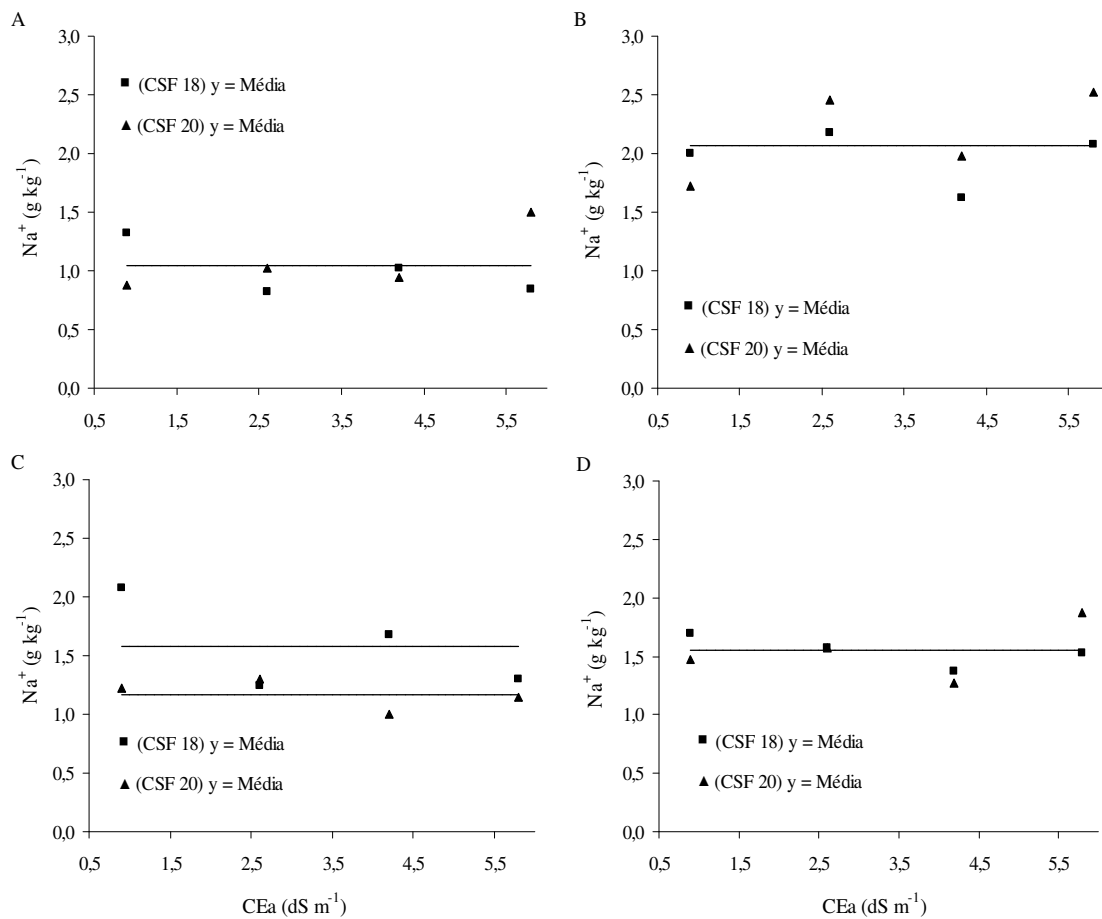


FIGURA 19. Teores de sódio nos lâminas foliares (A), colmos + bainhas (B), panículas (C) e material morto (D) de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

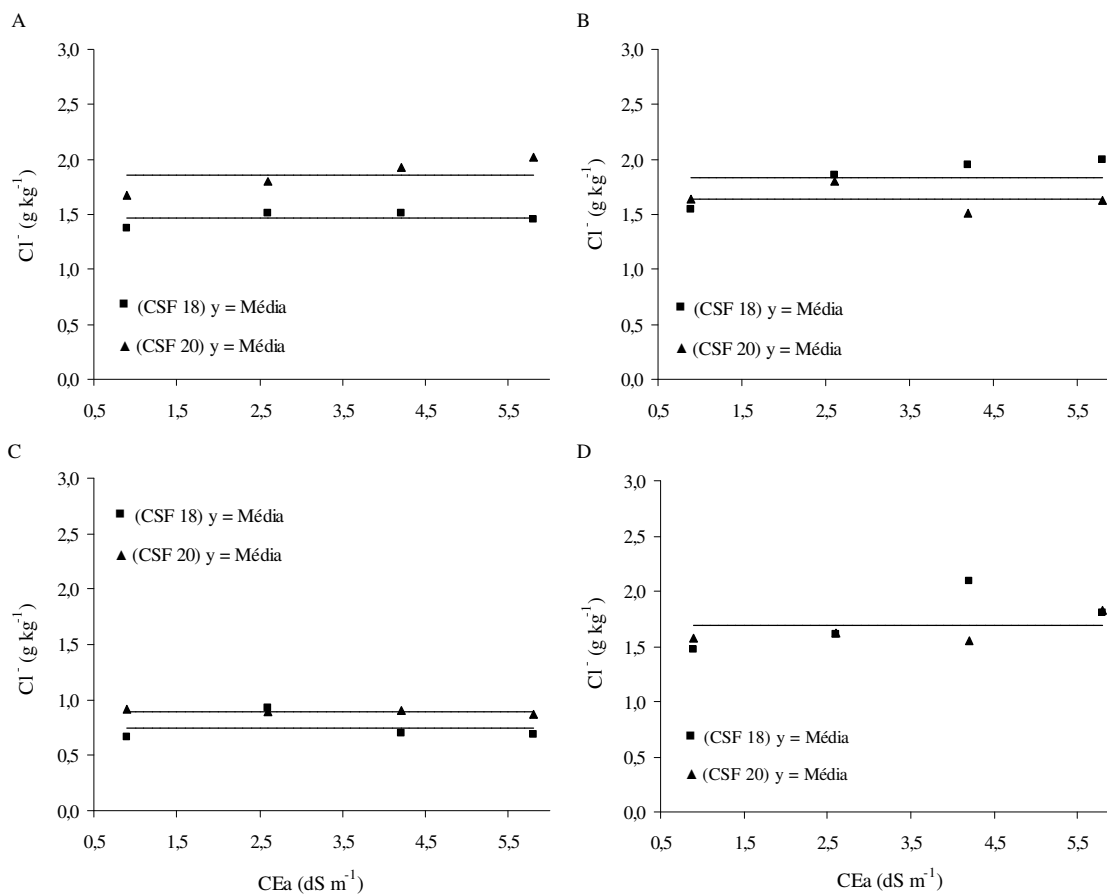


FIGURA 20. Teores de cloreto nos lâminas foliares (A), colmos + bainhas (B), panículas (C) e material morto (D) de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

#### 4.4.2. Potássio

O potássio foi, dentre os elementos estudados, aquele que mais se acumulou nos tecidos da planta (Figura 21), o que é explicado, em grande parte, pelo fato do  $K^+$  ser o principal nutriente relacionado com funções osmóticas de plantas, podendo atingir concentrações relativamente altas no citoplasma sem afetar as reações metabólicas (TAIZ e ZEIGER, 2002). No entanto, os teores foliares de  $K^+$  estão abaixo dos valores de referência desse nutriente considerados adequados para a cultura do sorgo (MARTINEZ et al., 1999). Os valores encontrados no presente estudo (Figura 21A) se encontram na faixa de 5,00 (genótipo CSF 18) e 7,20 (genótipo CSF 20), enquanto a faixa adequada vai 13 a 30  $g\ kg^{-1}$ .

Sob condições de estresse salino, a concentração de  $K^+$  decresce influenciando negativamente o crescimento das plantas. No presente estudo, no entanto, os teores de  $K^+$  não foram influenciados pelo aumento da salinidade da água de irrigação, resultado semelhante ao obtido por Aquino (2005), porém divergente dos resultados obtidos pela maioria dos autores (IGARTUA et al., 1995; OLIVEIRA, 2002; SILVA et al., 2003). De acordo com esses últimos autores, a redução nos teores de  $K^+$  em meios salinos se deve, em grande parte, à menor absorção de  $K^+$ , causada pela competição dos íons  $Na^+$  pelos mesmos sítios no sistema de absorção na membrana plasmática das células radiculares (MARSCHNER, 1995). Vale salientar que as reduções nos teores de  $K^+$  ocorrem, principalmente, quando se aplica apenas o NaCl como fonte salina, o que não aconteceu no presente estudo em que se utilizou sais de sódio, de cálcio e de magnésio.

Os teores de  $K^+$  diferiram significativamente entre os genótipos, com os teores sendo maiores no genótipo CSF 20 (Figura 21). Esses resultados confirmam observações de outros autores estudando os mesmos genótipos (LACERDA et al, 2001; OLIVEIRA, 2002; SILVA et al., 2003; AQUINO, 2005), que encontraram maiores teores de  $K^+$  no genótipo tolerante (CSF 20) em relação ao considerado genótipo sensível (CSF 18). Essa observação está de acordo com muitos outros autores que têm correlacionado a tolerância à salinidade com a manutenção dos teores de potássio nas folhas (SATTI e LOPEZ, 1994; TALEISNIK e GRUNBERG, 1994). Deve-se ressaltar que, embora a nutrição potássica tenha permanecido abaixo daquela considerada adequada (MARTINEZ et al., 1999), é possível sugerir que a maior capacidade do genótipo CSF 20 de extrair o  $K^+$  do solo tenha favorecido seu melhor desempenho quando irrigado com águas com crescentes níveis de salinidade (Figuras 3, 4 e 5).

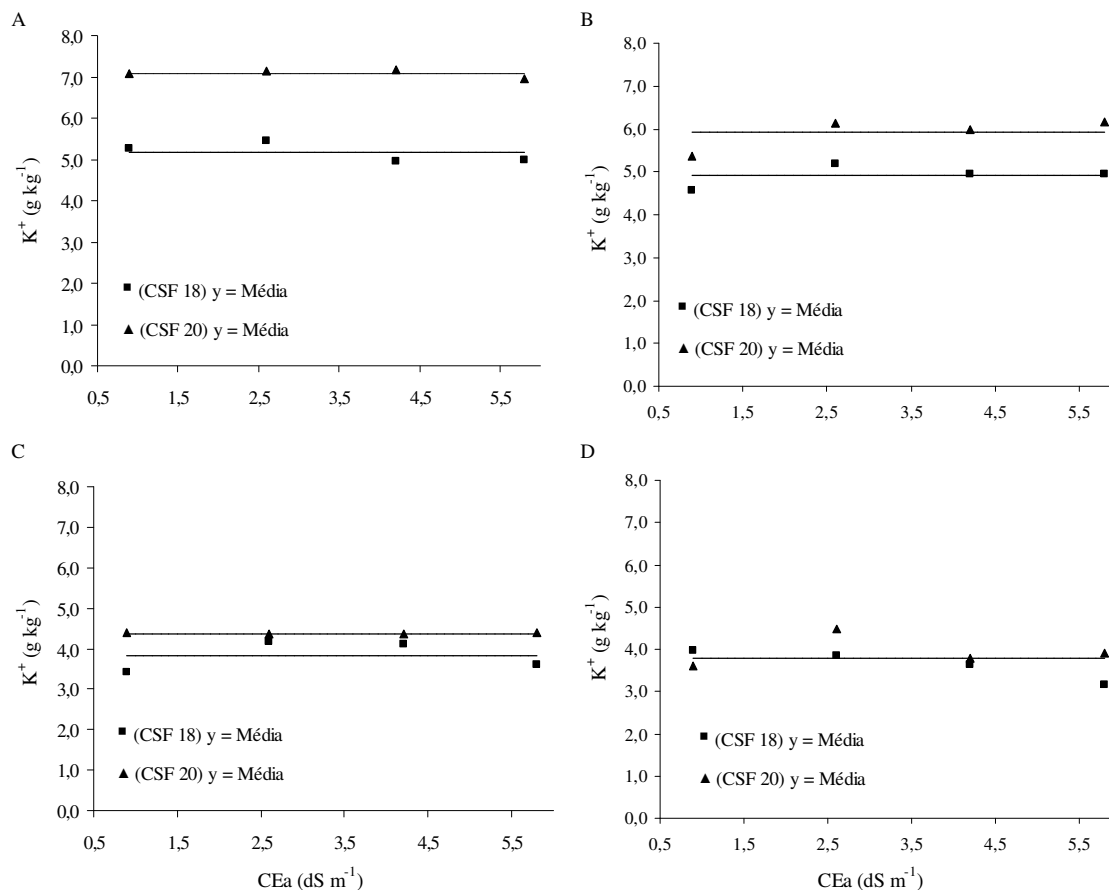


FIGURA 21. Teores de potássio nos lâminas foliares (A), colmos + bainhas (B), panículas (C) e material morto (D) de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

#### 4.4.3. Cálcio

O aumento da salinidade da água de irrigação não influenciou negativamente a nutrição de cálcio nas plantas, tendo, porém, promovido o aumento nos teores desse íon nos colmos, especialmente no genótipo CSF 20 (Figura 22). Esse aumento no teor de cálcio pode ser explicado pela presença desse nutriente em concentrações crescentes na água de irrigação. Independente do tratamento salino e do genótipo, os teores de cálcio foram maiores no material morto, o que é explicado pela participação do cálcio na estruturação das paredes celulares e pela sua baixa mobilidade na planta quando comparado com os demais íons estudados (TAIZ e ZEIGER, 2002). Comparando-se os genótipos, observa-se que os teores de cálcio nos colmos e nas panículas foram consideravelmente maiores no genótipo CSF 20 do que no genótipo CSF 18.

Os teores de cálcio nos tecidos foliares ficaram próximos do limite inferior da faixa de referência desse nutriente considerada adequada para a cultura do sorgo. Os valores encontrados no presente estudo ficaram em torno de  $2,00 \text{ g kg}^{-1}$  nos dois genótipos (Figura 22A), sendo que a faixa considerada adequada para a cultura vai de  $2,10$  a  $8,60 \text{ g kg}^{-1}$  (MARTINEZ et al., 1999). O  $\text{Ca}^{+2}$  tem grande importância no transporte seletivo ou na exclusão de  $\text{Na}^+$  e outros íons minerais pelas membranas celulares. Uma de suas principais funções, sob condições de estresse salino, é provavelmente a manutenção da estabilidade da plasmalema, promovendo o estabelecimento de uma composição iônica favorável nas células e favorecendo o crescimento da planta. Além disso, alguns resultados sugerem que este íon pode minorar os efeitos do estresse salino sobre o crescimento das raízes, favorecendo a seletividade  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  durante o processo de absorção radicular (COLMER et al., 1996).

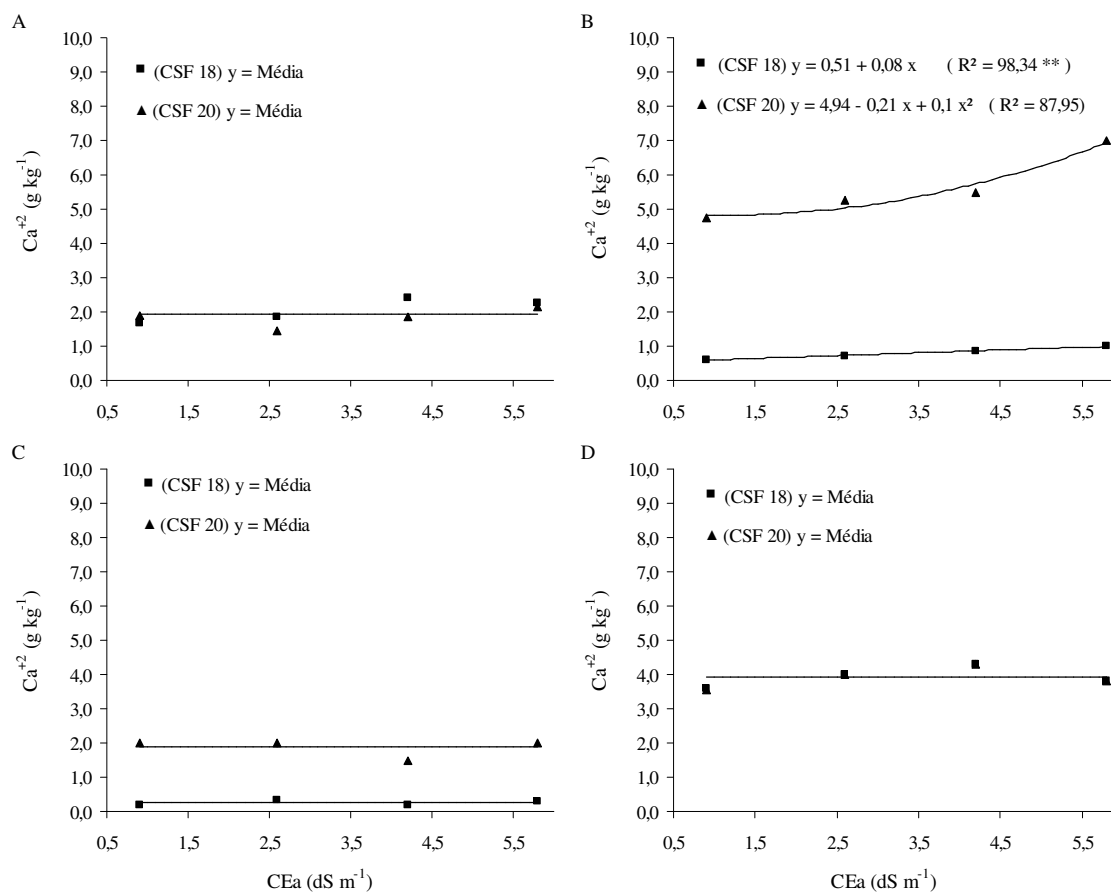


FIGURA 22. Teores de cálcio nos lâminas foliares (A), colmos + bainhas (B), panículas (C) e material morto (D) de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.



#### 4.4.4. Fósforo

Os teores foliares de P (Figura 23A) são considerados adequados para a cultura do sorgo, pelo menos quando comparados com os valores de referência desse nutriente considerados adequados (MARTINEZ et al., 1999). Os valores encontrados no presente estudo se encontram na faixa de 4,70 (genótipo CSF 18) e 5,40 g kg<sup>-1</sup> (genótipo CSF 20), enquanto a valor de referência considerado adequado é de 4,40 g kg<sup>-1</sup>. Os maiores teores de P foram encontrados nas panículas, acima de 6,0 g kg<sup>-1</sup>, e os menores valores foram encontrados nos colmos, abaixo de 2,00 g kg<sup>-1</sup>. Comparando-se os dois genótipos, observa-se que os teores de P nas folhas e nas panículas foram maiores no genótipo CSF 20 do que no genótipo CSF 18, porém não ocorreram diferenças nos teores desse nutriente nos colmos e no material morto.

Os teores de P não foram influenciados pela salinidade, em nenhuma das partes da planta (Figura 23). A interação entre salinidade e nutrição de fósforo em plantas é bastante complexa e altamente dependente da espécie vegetal ou cultivar, do estágio de desenvolvimento, da composição e concentração de sais e da própria concentração de P (GRATAN e GRIEVE, 1999). Alguns autores acreditam que o P se acumula nas folhas sob condições salinas, de modo que o nível ótimo desse nutriente, na ausência de sais, pode ser tóxico para algumas plantas quando cultivadas em meio salino (GRATAN e GRIEVE, 1999), ou seja, pode ocorrer um desajuste por excesso que pode alterar a curva dose x resposta (LACERDA, 2005).

No caso específico de sorgo, têm sido observados resultados conflitantes. Em estudos com plantas jovens de sorgo forrageiro cultivado em solução nutritiva, observou-se que os teores de P nas folhas aumentaram de acordo com a sua concentração na solução, tanto nas plantas controle como nas plantas submetidas ao estresse salino (LACERDA, 2005). No entanto, os teores de P foram maiores nas folhas das plantas estressadas, o que resultou em maior inibição do crescimento da planta. Esse acúmulo de P pode ter sido consequência do aumento na absorção desse nutriente pelas raízes, como sugerido por Roberts et al. (1984) e Navarro et al. (2001). Entretanto, não se pode descartar um possível efeito de concentração devido à redução do crescimento foliar ou às diferenças na distribuição desse elemento entre as diferentes partes da planta.

Por outro lado, alguns autores têm defendido que o aumento na absorção e no acúmulo de P em plantas estressadas é mais comum quando as concentrações de P são altas na solução de cultivo (ROBERTS et al, 1984; NAVARRO et al., 2001) e podem não ocorrer

em plantas cultivadas no campo ou em meio pobre nesse nutriente. Essa observação foi confirmada em estudo desenvolvido com dois genótipos de sorgo forrageiro cultivados condições de casa de vegetação, em vasos contendo solo arenoso, e irrigadas com águas salinas com até  $8,00 \text{ dS m}^{-1}$ . Neste estudo, não foi encontrada nenhuma tendência de acúmulo de P em folhas de plantas de sorgo (mesmo genótipo utilizado no estudo em solução nutritiva). Portanto, os resultados apresentados no presente estudo (Figura 23) reforçam essa hipótese e demonstra que muitos estudos realizados em condições controladas necessitam de ajustes para que possam melhor representar as condições reais do campo.

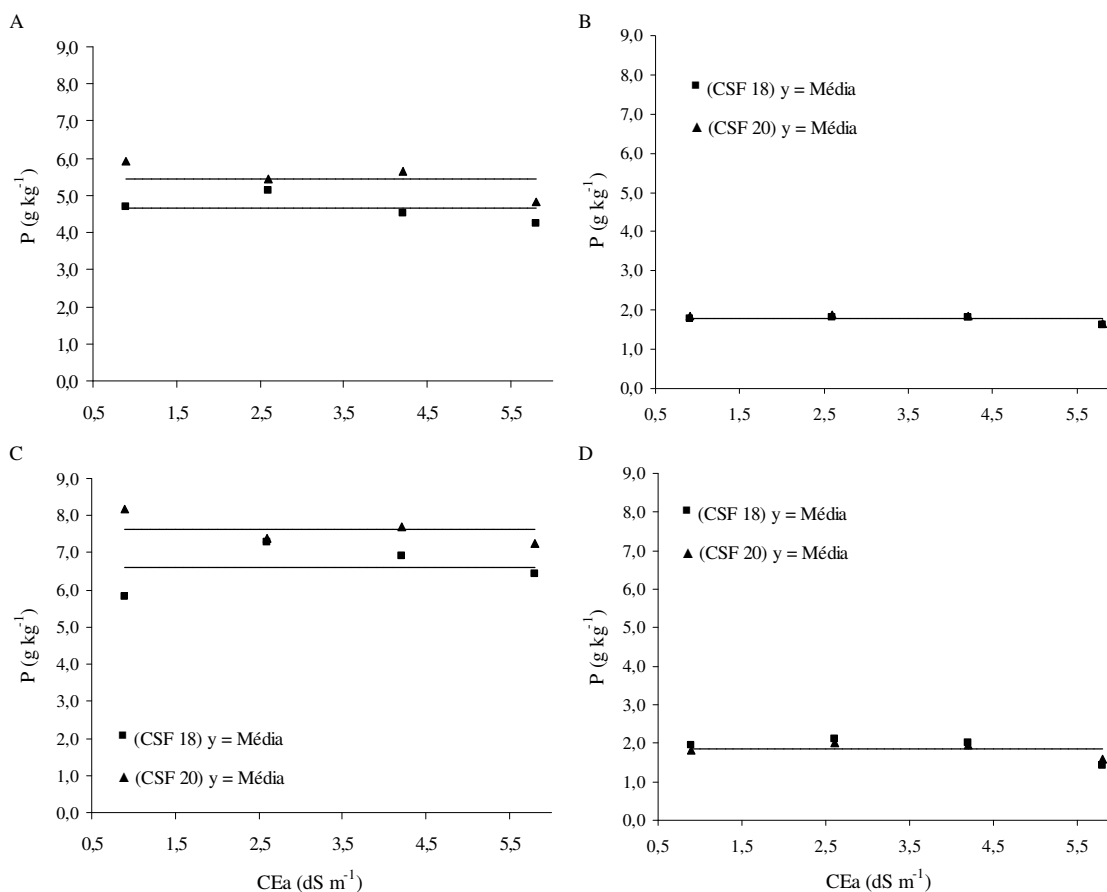


FIGURA 23. Teores de fósforo nos lâminas foliares (A), colmos + bainhas (B), panículas (C) e material morto (D) de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

#### 4.4.5. Relação $\text{Na}^+/\text{K}^+$ nas folhas e retenção de $\text{Na}^+$ e $\text{K}^+$ nos colmos

As análises estatísticas mostradas na Tabela 14 evidenciam diferenças entre os genótipos em relação à proporção entre os teores de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  nas folhas, bem como na capacidade de retenção diferencial de  $\text{K}^+$  nos colmos. Por outro lado, não foram observadas diferenças estatísticas na relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  e na capacidade de retenção de  $\text{K}^+$  nos colmos em função da salinidade da água de irrigação. Porém, a salinidade influenciou a capacidade de retenção de  $\text{Na}^+$  nos colmos.

TABELA 14 - Valores de quadrados médios e significância estatística para as relações sódio/potássio na folha, sódio colmo/folha e potássio colmo/folha de plantas de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) irrigadas com diferentes níveis de água salina, Fortaleza, Ceará, 2004.

Fonte de variação	Quadrado médio		
	$\text{Na}^+/\text{K}^+$ folha	$\text{Na}^+$ colmo/ $\text{Na}^+$ folha	$\text{K}^+$ colmo/ $\text{K}^+$ folha
Tratamento	0,00 <sup>ns</sup>	1,13*	0,02 <sup>ns</sup>
Genótipo	0,01**	0,14 <sup>ns</sup>	0,11**
Tratamento x Genótipo	0,01**	1,09 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo	0,01	0,35	0,00
CV (%)	21,20	27,78	6,33

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\*Significativo pelo teste F a 1%; ns = Não significativo

Muitos autores têm correlacionado a tolerância à salinidade com a manutenção de uma adequada nutrição potássica (TALEISNIK e GRUNBERG, 1994), podendo a relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ser utilizada como critério de seleção de materiais sensíveis e tolerantes ao estresse salino. Na realidade alguns autores têm observado a existência de múltiplos sistemas de absorção com diferentes seletividades para  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  o que pode refletir a necessidade da planta para coordenar o influxo desses cátions (SCHACHTMAN e LIU, 1999). Particularmente no caso de plantas de sorgo tem sido observado que a sensibilidade à salinidade está relacionada com o maior acúmulo de  $\text{Na}^+$  e maior relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  nos tecidos foliares (LACERDA et al., 2003; COSTA et al., 2003). No presente estudo, no entanto, não se observou aumento na relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  em função da salinidade da água de irrigação (Figura 24). No entanto, a relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  foi maior no genótipo considerado sensível e essa

diferença ocorreu em função de sua menor capacidade de acumular  $K^+$  nas folhas, visto que os teores de  $Na^+$  não diferiram entre os genótipos.

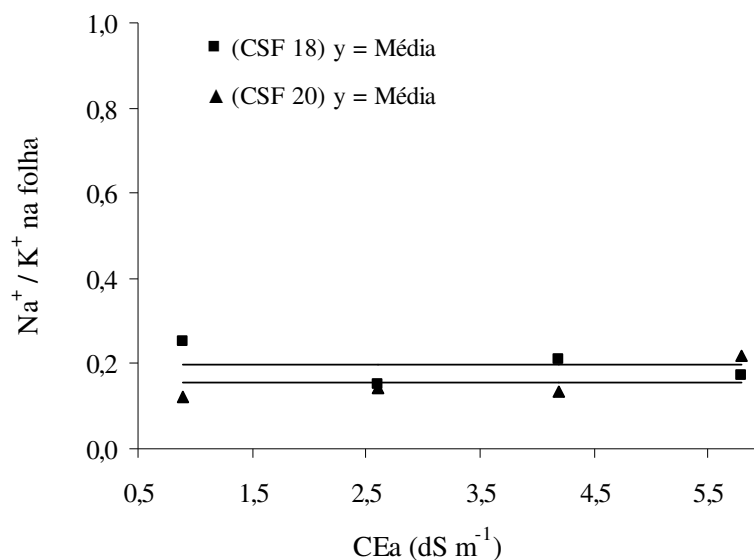


FIGURA 24. Relação  $Na^+/K^+$  nos lâminas foliares de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

A Figura 25 mostra a relação entre os teores de  $Na^+$  e  $K^+$  nos colmos e lâminas foliares de plantas de sorgo irrigadas com águas com concentrações crescentes de sais. Esta relação é um indicativo da capacidade de retenção do íon no tecido ou órgão; portanto, no presente caso, quanto maior for o aumento da relação em resposta ao estresse, maior também será a retenção do íon no caule (TRINDADE, 2002). No presente estudo observou-se aumento na capacidade de retenção de  $Na^+$  em níveis moderados de salinidade e decréscimo no nível mais elevado. Além disso, observou-se que a capacidade de retenção de  $Na^+$  nas plantas de sorgo foi mais de duas vezes superior à capacidade de retenção de  $K^+$ . Este comportamento sugere que o sorgo, além de apresentar grande capacidade de excluir o  $Na^+$  que chega à parte aérea (Figura 25), exporta também pouco  $Na^+$  do caule para as folhas evitando, deste modo, o excesso de íons potencialmente tóxicos nos tecidos fotossintetizantes (SALIM e PITMAN, 1983; AZEVEDO NETO e TABOSA, 2000). Essas respostas sugerem a existência de mecanismos seletivos de retenção de íons nos colmos e bainhas e dão suporte à hipótese de que as plantas buscam um ajuste em relação às concentrações de  $Na^+$  e de  $K^+$ , podendo o

primeiro contribuir principalmente para o ajustamento osmótico dos tecidos não fotossintetizantes (LACERDA, 2005). Isso significa que a planta pode conviver com um menor teor de  $K^+$ , mantendo, no entanto, uma relação  $Na^+/K^+$  em valores adequados, especialmente nos tecidos fotossintetizantes (LACERDA, 2005).

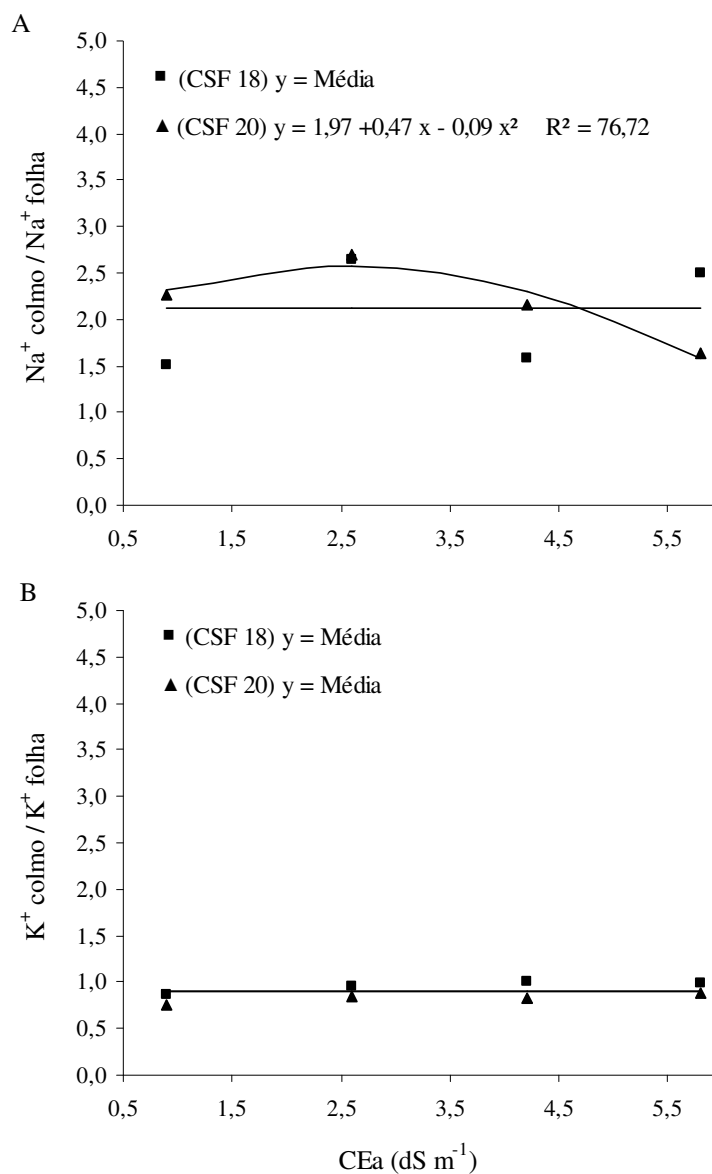


FIGURA 25 - Relações entre os teores de  $Na^+$  (A) e  $K^+$  (B) nos colmos e bainha em relação aos respectivos teores desses íons nos lâminas foliares de plantas de dois genótipos de sorgo forrageiro, CSF 18 e CSF 20, irrigadas com água com crescentes concentrações de sais.

## 5 - CONCLUSÕES

A aplicação de águas salinas provocou aumento da salinidade e da sodicidade do solo sendo o período chuvoso eficiente em promover a lavagem do excesso de sais do perfil do solo, porém, não apresentando a mesma eficiência em reduzir os riscos de sodicidade;

A aplicação de águas salinas reduziu o rendimento de matéria seca da forragem do genótipo CSF 18 e de proteína bruta dos dois genótipos sendo que os teores de proteína bruta só decresceram significativamente no genótipo CSF 20 com o aumento da salinidade da água em níveis elevados de sais (5,80 dS m<sup>-1</sup>);

O genótipo CSF 20, que apresentou maior grau de tolerância à salinidade, mostrou, também, maior estabilidade na percentagem de carboidratos solúveis na forragem;

A manutenção de níveis adequados de fibra em detergente neutro e ácido e de cinza sugere o uso potencial da forragem de sorgo, mesmo quando irrigado com águas salinas;

As plantas de sorgo irrigadas com águas salinas apresentaram acúmulo de sais, especialmente nos colmos, porém os valores observados foram bem inferiores aos de outras espécies forrageiras, especialmente das halófitas;

O aumento da salinidade da água de irrigação teve pouca influência sobre os teores de elementos potencialmente tóxicos e de nutrientes essenciais;

O genótipo CSF 20 apresentou maiores teores de K<sup>+</sup> e de Ca<sup>+2</sup> e menor relação Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, características favoráveis ao desempenho de plantas sob condições de estresse salino;

Os dois genótipos estudados apresentaram retenção diferencial de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> nos colmos;

A aplicação de água com CE de até 2,60 dS m<sup>-1</sup> (comum no semi-árido brasileiro) se mostrou viável do ponto de vista da produtividade e qualidade da forragem, sendo necessários outros estudos associados aos impactos dessa aplicação sobre a utilização dessa forragem pelos animais e também sobre os riscos de salinização e sodificação do solo;

As fontes de águas ricas em cloreto, especialmente os cloretos de sódio, de cálcio e de magnésio, podem ser utilizadas na irrigação, considerando uma boa drenagem do solo e a utilização de práticas que minimizem os riscos de sodificação do solo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. C. V. **Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo (*Sorghum vulgare Pers*) em três momentos de corte e dois tamanhos de partículas, em carneiros.** Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, (Dissertação, Mestrado), 1994, 82p.

APPS - **Associação Paulista de Produtores de Sementes e Mudas.** Área plantada e produção - Safra 200/2005. in: <www. apps.agr.br>. Acesso em: 04/04/2006.

AQUINO, A. J. S. **Avaliação do crescimento e de mecanismos de tolerância à salinidade em plantas de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas.** Fortaleza: UFC, (Dissertação Mestrado), 2005, 73p.

ASSOCIATION OFFICAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis.** 13 ed., Washington, D. C., 1980. 1015p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros e F.A.V. Damasceno. Campina Grande, UFPB, 1999. 153p

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, v.4, p.165-171, 2000.

BERNARDINO, M. L. A. **Avaliação nutricional de silagem de híbridos de sorgo de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência do colmo.** 1996. p. 87. Dissertação (Mestrado em Veterinária), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BERNSTEIN, N.; SILK, W. K.; LÄUCHLI, A. **Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress.** *Planta*, v. 191, p. 433-439, 1993.

BERNSTEIN, N.; SILK, W. K.; LÄUCHLI, A. **Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress: possible role of some mineral elements in growth inhibition.** *Planta*, v. 196, p. 699-705, 1995.

BOHN, H. L.; McNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. A. **Soil Chemiche.** New York, John Wiley and Sons. 1985. 341p.

BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. **Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e umidade no colmo.** *Pesquisa Brasileira de Medicina Veterinária Zootecnia*, v.49, n.4, p.441-452, 1997.

BRITO, A. F.; GONÇALVES L. C., RODRIGUES, J. A. S., ROCHA Jr. V .R., BORGES, I., RODRIGUEZ, N. M. **Avaliação de silagens de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). I. Características agrônômicas.** *Arquivo de Medicina Veterinária e Zootecnia*. v. 52, n. 4, p. 391-396, 2000.

CÂNDIDO, M. J. D.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. F.; GONTIJO NETO, M. M. **Valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de adubação.** *Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa*, v.31, n.1, p.20-29, 2002.

CASELA, C. R.; BORGONOV, R. A.; SHAFFERT, R. E.; SANTOS, F. G. **Cultivares de sorgo.** *Sorgo: uma opção agrícola.* EPAMIG, 12 (144): 40 – 43, 1986.

COLMER, T. D.; FAN, T. W. M.; HIGASHI, R. M.; LÄUCHLI, A. **Interactive effects of Ca<sup>+2</sup> and NaCl stress on the ionic relations and proline accumulation in the primary root tip of *Sorghum bicolor*.** *Plant Physiology*, v. 97, p. 421-424, 1996.



CORRÊA, C. E. S. **Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estágios de maturação.** Belo Horizonte: UFMG, 1996. 78p. Dissertação Mestrado.

COSTA, P.H.A.; SILVA, J.V.; BEZERRA, M.A.; ENÉAS-FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E.. **Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade.** Revista Brasileira de Botânica, 26:289-297, 2003.

CUMMINS, D. G. **Methods of evaluation and factors contributing to yield and digestibility of sorghum silage hybrids.** In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 27, London, 1972. Proceedings... London, 1972. p. 18-28.

DONATELLI, M.; HAMMER, G. L.; VANDERLIP, R. L. **Genotype and water limitation effects on phenology, growth and transpiration efficiency in grain sorghum.** Crop Science. Madison, v. 32, p. 781-786, 1992.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Tradução: GHEYI, H.R. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306 p. (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 33)

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. **Colorimetric method for determination of sugars and related substances.** Analytical Chemistry, Washington, v.28, p.350-356, 1976.

FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. **Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares.** In: GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E., MEDEIROS, J. F. (eds.) Simpósio “manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”. Campina Grande, UFPB, p. 363-383. 1997.

FAO. FAOSTAT **Agriculture Data**. Disponível em: <<http://www.apps.fao.org/cgi-bin/nphdb.pl>>. Acesso em: 15/11/2004.

FERNANDES, C. S. Sorgo - **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. In. CURSO DE EXTENSÃO SOBRE A CULTURA DO SORGO, 1980, Vitória de Santo Antão, PE. Curso de extensão sobre a cultura do sorgo. Brasília: EMBRAPA DID, p. 7-13. 1981. (IPA. Documentos, 1).

FERNANDES, V. L. B. (Coord.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. 248 p, 1993.

FERNANDES, M. B.; CASTRO, J. R.; AQUINO, B. F.; FERNANDES, V. L. B.; ALVES, J. S.; GÓIS, F. C. **Avaliação de cultivares de sorgo forrageiro em solos afetados por sais no estado do Rio Grande do Norte**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 29: 255-261, 1994.

FRANÇOIS, L. E.; DONAVAN, T.; MAAS, E. V. **Salinity effects on seed yield, growth, and germination of grain sorghum**. Agron J. 76: 741-744. 1984.

FUNCEME - FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Índice de aridez para o Estado do Ceará**. in: <http://www.funceme.br>. Acesso em 08/02/2006.

GAGGIOTTI, M. C., ROMERO, L. A., BRUNO, O. A. **Cultivares de sorgo forrajeros para silaje**. II Características fermentativas y nutritivas de los silajes. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, v.12, p.163-167, 1992.

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. **Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate**. *Agronomy Journal*, 76: 371-374, 1984.

GHEYI, H. J. **Problemas de salinidade na agricultura irrigada.** In: OLIVEIRA, T. S., ASSIS Jr., R. N., ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C., Eds. Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza, DCS/UFC: 329 -346, 2000.

GLENN, E.; TANNER, R.; MIYAMOTO, S.; FITZSIMMONS, K.; BOYER, J. **Water use, productivity and forage quality of the halophyte *Atriplex nummularia* grown on saline waste water in a desert environment.** Journal Arid Environments, 38: 45-62, 1998.

GOMES, S. O. **Comportamento agrônômico e composição químico-bromatológica de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará.** Dissertação (Mestrado) em Fitotecnia - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2004. p. 44.

GOMIDE, J. A.; ZAGO, C. P.; CRUZ, M. E. **Milho e sorgo em cultivos puros ou consorciados com soja, para produção de silagem.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.16, n.4, p.308-317, 1987.

GONTIJO NETO, M. M., OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G. **Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Cultivados sob Níveis Crescentes de Adubação: Rendimento, Proteína Bruta e Digestibilidade in Vitro.** R. Bras. Zootec., jul./ago 2002, vol.31, no.4, p.1640-1647.

GONTIJO NETO, M. M., OBEID, J. A., PEREIRA, O. G. **Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação: características agrônômicas, carboidratos solúveis e estruturais da planta.** R. Bras. Zootec., nov./dez. 2004, vol.33, no.6, supl.2, p.1975-1984.

GOURLEY, L.M., LUSK, F.W. **Sorghum silage quality as affected by soluble carbohydrate, annins and other factors.** In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESERCH ONFERENCE, 32, Mississippi, 1977. Proceedings...Mississippi: Mississippi State University, 1977. p. 157-170.

GRATAN, S. R.; GRIEVE, C. M. **Salinity-mineral nutrition relations in horticultural crops.** *Scientia Horticulturae*, 78: 127-157, 1999.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. **Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes.** *Plant Physiology*, v31, p. 149-190, 1980.

HAIGH, P. M. **Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms.** *Grass Forage Sci.*, v.45, n.3, p.263-271, 1990.

HENDERSON, N. **Silage additives.** *Anim. Feed Sci. Techn.*, 1993, v.45(1), p.35-56.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. **Qualidade da água para a irrigação.** In: GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E., MEDEIROS, J. F. (eds.) Simpósio “manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”. Campina Grande, UFPB, pp. 137-169. 1997.

IGARTUA, E.; GRACIA, M. P.; LASA, J. M. **Field responses of grain sorghum to a salinity gradient.** *Field Crop Research*, 42: 15-25, 1995.

LACERDA, C. F. **Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino.** Viçosa, MG/UFV, 2000, 163p, Dissertação (Doutorado em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa) - 2000.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. O.; RUIZ, H. A. **Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress.** *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13, 270-284. 2001.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. O.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. **Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress.** *Environmental and Experimental Botany*, 49:107-120, 2003.

LACERDA, C. F. **Interação salinidade x nutrição mineral.** In: In: NOGUEIRA, R. J. M. C., ARAÚJO, E. L., WILLADINO, L. G., CAVALCANTE, U. M. T. (eds.) “Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas”. Recife, UFRPE, p. 237-137, 2005.

LAUCHLI, A. **Calcium, salinity and the plasma membrane.** In: Calcium in plant growth and development. Leonard, R. T.; Hepler, P. K., eds., American Society of Plant Physiologists, Rockville, p. 26-35, 1990.

LIMA, G. S. de. **Estudo comparativo da resistência à seca no sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de desenvolvimento.** Recife, PE;. Dissertação de mestrado, 128p. 1998.

LIRA, M. de A. **Considerações sobre o potencial do sorgo em Pernambuco.** In: CURSO DE EXTENSÃO SOBRE A CULTURA DO SORGO, 1980, Vitória de Santo Antão, PE. Curso de extensão sobre a cultura do sorgo. Brasília: EMBRAPA DID, p. 87-88. 1981. (IPA. Documentos, 1).

LIRA, M. de A.; BRANDÃO, A. R. M.; TABOSA, J. N.; BRITO, G. Q. **Estudos preliminares de resistência à seca em genótipos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).** *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Viçosa, MG, v. 18, n. 1, p. 1-12, 1989.

LOIOLA, L. M.; SOUZA, F. **Estatísticas sobre irrigação no Brasil segundo o Censo Agropecuário 1995-1996.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v. 5, n. 1, p. 171-180, 2001.

LUTTS, S.; KINET, J. M.; BOUHARMONT, J. **Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and praline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance.** Plant Growth Regul., 19: 207-218, 1996.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicações.** Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP, 1989. 201p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2 ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G. de.; SOUZA, R. B. de. **Diagnose foliar.** In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.) **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5 Aproximação.** Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, pp.143-168, 1999.

MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A.; HALL, D. O. **The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet.** Plant Physiology, Bethesda, v. 96, p. 198-207, 1991.

MASS, E. V., HOFFMAN, G. J. **Crop salt tolerance - current assessment.** J. Irrig. Drain. Div., ASCE. 103 (IR2): 115-134, 1977.

MAAS, E. V., LESCH, S. M.; FRANÇOIS, L. E.; GRIEVE, C. M. **Tiller development in salt-stressed wheat.** Crop Sci. 34: 1594-1603. 1994.

McBEE, G. G., MILLER, F. R. **Carbohydrates in sorghum culms as influenced by cultivars, spacing, maturity over a diurnal period.** Crop Sci., v.22, n.1-2, p.381-385, 1982.

Mc DONALD, P.; HENDERSON, A R.; HERON, S. 1991. **The Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications. 340p.

MIYAZAWA, M; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. M. **Avaliação de métodos com e sem digestão para extração de elementos em tecidos de plantas**. *Ciência e Cultura*, 36: 1953-1958, 1984.

MOLINA, L. R.; GONCALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. **Avaliação agronômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, ago. 2000, vol.52, no.4, p.385-390.

MUCK, R. E. **Factors influencing silage quality and their implications for management**. *J. Dairy Sci.*, 71(11):2992- 3002, 1988.

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

NAVARRO, J. M.; BOTELLA, M. A.; CERDA, A.; MARTINEZ, V. **Phosphorus uptake and translocation in salt-stressed melon plants**. *Journal Plant Physiology*, 158: 375-381. 2001.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C. **Avaliação do Valor Nutritivo da Planta e da Silagem de Diferentes Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench)**. *Rev. Bras. Zootec.*, jan./fev. 2002, v.31, n.1, supl, p.293-301.

O'LEARY, J. W. **The role of halophytes in irrigated agriculture**. In STAPLES, R.C.; TOENNIESSEN, G. H. eds. *Salinity Tolerance in Plants*. New York, Willey, 1984. p. 285-299.

O'LEARY, J. W.; KNECHT, G. N. **The effects of relative humidity on growth, yield, and water consumption of bean plants.** J. Am. Soc. Hort. Sci., 96: 263-265, 1971.

OLIVEIRA, J. A. **Influência do estágio de maturação do sorgo forrageiro, *Sorghum bicolor* (L) Moench, sobre o rendimento e qualidade das forragens e respectivas silagens.** Fortaleza, Ce/UFC, 1983, 50p, Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará) - 1983.

OLIVEIRA, H. P. M. **Efeitos das concentrações iso-osmóticas de sais (NaCl + KCl) sobre o crescimento e o acúmulo de íons em plantas de sorgo forrageiro.** Fortaleza, CE/UFC, 2002, 32p, Monografia (Curso de Agronomia, Universidade Federal do Ceará) - 2002.

OLIVEIRA, J. S. E.; FERREIRA, R. P.; CRUZ, C. D. **Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de sorgo.** R. Bras. Zootec., abr. 2002, v.31, n.2, supl, p.883-889.

OLIVEIRA, M. **Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais.** In: GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E., MEDEIROS, J. F. (eds.) Simpósio “manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”. Campina Grande, UFPB, p. 3-35. 1997.

OSTER, J. D.; HOFFMAN, G. J.; ROBINSON, F. E. **Management alternatives: crops, water, and soil.** California Agriculture, v. 36, p. 29-32, 1984.

PESCE, D. M. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I. **Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), de porte médio e alto, pertencentes ao ensaio nacional.** Revista Brasileira de Zootecnia, 29: 978-987, 2000.

PITOMBEIRA, J.B. **Notas de aula – Grandes culturas (Cultura do Sorgo).** 44p. UFC, Fortaleza, CE, UFC, 2001.



PITOMBEIRA, J. B.; CASTRO, A. B.; POMPEU, R. C. F. F.; NEIVA, J. N. M. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo forrageiro em cinco ambientes do estado do Ceará.** Ciência Agronômica, 33: 20-24, 2002.

POMPEU, R. C. F. F. **Valor nutritivo e características fermentativas de silagens de grãos úmidos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench).** Fortaleza: UFC, 2003. 60p. (Monografia). Graduação em Agronomia Universidade Federal do Ceará, 2003.

PRISCO, J. T. Alguns **aspectos da fisiologia do estresse salino.** Revista Brasileira de Botânica, v. 3, p. 85-94, 1980.

RAYMOND, F., SHEPPERSON, G., WALTHAM, R. **Forage conservation and feeding.** 3 ed. Great Britain: Farming Press LTD, 1978.

RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use of saline waters for crop production.** Roma: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises Estatísticas no SAEG.** Viçosa: Editora UFV, 2001. 301p.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** US Salinity Laboratory Staff. US Dept. Agric. Handbook n. 60. USA. 160p. 1954

ROBERTS, J. K. M.; LINKER, C. S.; BENOIT, A. G.; JARDETZKY, O.; NIEMAN, R. H. **Salt stimulation of phosphate uptake in maize root tips studies by <sup>31</sup>P nuclear magnetic resonance.** Plant Physiology, v. 75, p. 947-950, 1984.

SALIM, M., PITMAN, M. G. **Effects of salinity on ion uptake and growth of mung bean plants (*Vigna radiata* L.).** Journal os Plant Physiology, v 10, p. 395-407, 1983.

SANTOS, R. V.; HERNANDEZ, F. F. F. **Recuperação de solos afetados por sais.** In: GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E., MEDEIROS, J. F. (eds.) Simpósio “manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”. Campina Grande, UFPB, pp. 319-361. 1997.

SATTI, S. M. E.; LOPEZ, M. **Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato.** Communications Soil Science and Plant Analysis, v. 25, n.15-16, p. 2807-2823, 1994.

SCHACHTMAN, D.; LIU, W. **Molecular pieces to the puzzle of the interaction between potassium and sodium uptake in plants.** Trends Plant Science, 4: 281-287, 1999.

SECKLER, D.; AMARASINGHE, U; MOLDEM, D.; SILVA, R., BAKER, R. **World water demand and supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues.** Colombo: International Water Management Institute, 1998. 41p. Research Report 19.

SEIFFERT, N. F.; PRATES, E. R. **Forrageiras para ensilagem. II - valor nutritivo e qualidade de silagem de cultivares de milho (*Zea mays*, L.), sorgo (*Sorghum* sp.) e milhetos (*Pennisetum americanum*, Schum).** Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia. v. 7, p. 183-192, 1978.

SHARMA, D. P.; RAO, K. V. G. K. **Strategy for long term use of saline drainage water for irrigation in semi-arid regions.** Soil and Tillage Research 48: 287-295, 1998.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos).** 3 ed. Viçosa: UFV, Imprensa. Universitária, 2002. 235p.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

SILVA, J. S. **Caracteres fisiológicos e bioquímicos de dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos à salinidade.** Fortaleza, Ce/UFC, 2003, 109p, Tese (Doutorado em Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará) - 2003.

SILVA, J. S.; LACERDA, C. F.; NETO, A.D.A.; COSTA, P. H. A.; PRISCO, J. T.; FILHO, J. E.; FILHO, E. G. **Crescimento e osmorregulação de dois genótipos de sorgo submetidos ao estresse salino.** Ciência Agronômica, v. 34, p. 125-131, 2003.

SOUZA, F. **Irrigação Desenvolvimento e Tecnologia.** Fortaleza, Imprensa Universitária/UFC, 2000. 94p.

SOUZA, G. B. de, NOGUEIRA, A. R. de A.; SUM, L. M.; BATISTA, L. A. R. **Método alternativo para a determinação de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1999. 21p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa 4).

SWERINGIN, M. L.; FOLEY, J. R.; MORRIS, W. H. M.; NEVES, J. D. **Sorgo granífero para o Nordeste Brasileiro - Estudo de viabilidade.** Relatório elaborado pela Universidade de Purdue, colaboração com a SUDENE, Ministério da Agricultura, USAID/NE, 1971.

TABOSA, J. N. **Water use efficiency in sorghum and corn cultivars under field conditions.** Sourghum Newsletter. Tucson, v. 30, p. 91-92, 1987.

TABOSA, J. N.; LIMA, G. S.; LIRA, M. A.; TAVARES FILHO, J. J.; BRITO, A. R. M. B. **Programa de melhoramento de sorgo e milho em Pernambuco.** In: QUEIROZ, M. A., GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (eds.) Simpósio "Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro". Petrolina – PE, EMPRAPA Semi-Árido/EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999a 29p

TABOSA, J. N.; BRITO, A. R. M. B.; CARVALHO, G. de S.; REIS, O. V. dos; TAVARES FILHO, J. J.; SANTOS, M. do C. S. dos; SANTOS, V. F. dos; SIMÕES, A. L.; NASCIMENTO, M. M. A. do; AZEVEDO NETO, A. D. de. **Yield stability of forage *Sorghum* in semiarid Pernambuco, Brazil.** International *Sorghum* and Millets Newsletter, Andhra Pradesh, n.40, p.1-2, 1999b.

TABOSA, J.N.; REIS, O.V. dos; BRITO, A.R. de M.B.; MONTEIRO, M.C.D.; SIMPLÍCIO, J.B.; OLIVEIRA, J.A.C. de; SILVA, F.G. da; AZEVEDO NETO, A.D. de; DIAS, F.M.; LIRA, M. de A.; TAVARES FILHO, J.J.; NASCIMENTO, M.M.A. Do; LIMA, L.E. de.; CARVALHO, H.W.L. de; OLIVEIRA, L.R. de. **Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos dos Estados de Pernambuco e Alagoas.** Rev. Bra. milho e sorgo, Sete Lagoas, v.1, n.2., p.47-58, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology 3 ed.** California: Sinauer Associates, Inc., 2002. 690p.

TALEISNIK, E., GRUNBERG, K. **Ion balance in tomato cultivars differing in salt tolerance. I. Sodium and potassium accumulation and fluxes under moderate salinity.** Physiology Plant, v. 92, p. 528-534, 1994.

TRINDADE, A. R. **Influência do acúmulo e distribuição de íons na parte aérea sobre as respostas de plantas de sorgo e de feijão-de-corda ao estresse salino.** Fortaleza, CE/UFC, 2002, 42p, Monografia (Curso de Agronomia, Universidade Federal do Ceará) - 2002.

VALENTE, J. O.; SILVA, J. F. C.; GOMIDE, J. A. **Estudo de duas variedades de milho (*Zea mays* L.) e de quatro variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), para silagem. 2. Valor nutritivo e produção de silagens.** Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia v. 13, n. 1, p. 74-81, 1984.

VAN SOEST, P. J. **Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility.** Journal of Animal Science., Champaign, v.24, n.3, p.834-843, 1965.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, p. 476, 1994.

VEIGA, A. C. **Aspectos econômicos da cultura do sorgo.** Informe Agropecuário: Sorgo: uma opção agrícola, Belo Horizonte, vol. 12, n. 144, dezembro de 1986. p. 3-5.

WRIGHT, S. **Alguns dados da física e da química das águas dos açudes nordestinos.** Boletim Técnico/DNOCS, Fortaleza, 39 (1): 21-31, 1981.

YANG, Y. W.; NEWTON, R. J.; MILLER, F. R. **Salinity tolerance.** in *Sorghum*. I. Whole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. halepense*. Crop Sci., 30: 775-781, 1990.

YEO, A. R. **Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants.** Sci. Hort., 78: 159-174. 1999.

ZAGO, C. P. **Cultura de sorgo para a produção de silagem de alto valor nutritivo.** In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4, 1991, Piracicaba. Anais..., Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 169-217.

ZAGO, C. P. **Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. Manejo cultural do sorgo para forragem.** Circular Técnica, EMBRAPA\CNPMS, v.17, p.9-26, 1997.

ZAGO, C. P. **Silagem de sorgo.** In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7, Anais... Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 47-68.

**ANEXO**  
**RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLO**

QUADRO 1. Características físico-químicas do solo da área experimental de amostras coletadas à profundidade de 0 a 0,30 m antes e após o cultivo e ao final da estação chuvosa.

Característica	Época de coleta									
	out/04	fev/05				jun/05				
Classe textural	Franco-arenosa	Franco-argilo-arenosa				Franco-argilo-arenosa				
Níveis de sais (dS m <sup>-1</sup> )	Testemunha	0,90	2,60	4,20	5,80	0,90	2,60	4,20	5,80	
$\rho$ (kg dm <sup>-3</sup> )	1,40	1,40	1,35	1,40	1,28	-	-	-	-	
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,50	1,30	0,80	1,00	
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70	0,40	1,00	0,80	0,80	
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,07	0,27	0,09	0,06	0,05	0,07	0,07	0,09	0,07	
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,27	0,07	0,49	0,54	0,52	0,20	0,22	0,22	0,20	
H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,14	2,14	1,48	1,15	1,15	1,65	0,49	1,98	1,98	
Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,05	0,05	0,15	0,10	0,10	0,30	0,20	0,35	0,30	
pH em água (1:2,5)	5,70	5,70	5,20	5,40	5,20	5,50	5,40	5,40	5,50	
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,44	0,44	0,99	1,17	1,12	0,17	0,24	0,19	0,20	

QUADRO 2. Características físico-químicas do solo da área experimental de amostras coletadas à profundidade de 0,30 a 0,60 m antes e após o cultivo e ao final da estação chuvosa.

Característica	Época de coleta								
	out/04	fev/05				jun/05			
Classe textural	Franco-arenosa	Franco-argilo-arenosa				Franco-argilo-arenosa			
Níveis de sais (dS m <sup>-1</sup> )	Testemunha	0,90	2,60	4,20	5,80	0,90	2,60	4,20	5,80
$\rho$ (kg dm <sup>-3</sup> )	1,41	1,41	1,23	1,39	1,28	-	-	-	-
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,00	1,00	0,80	1,00	0,80	0,80	0,00	1,00	1,00
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,00	1,00	0,90	1,00	0,70	0,60	1,00	0,80	0,80
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,06	0,06	0,13	0,06	0,05	0,06	0,08	0,09	0,07
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,26	0,26	0,39	0,62	0,52	0,29	0,40	0,36	0,42
H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,31	2,31	2,47	1,98	1,15	2,64	0,66	2,31	1,81
Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,30	0,30	0,55	0,45	0,10	0,85	0,45	0,60	0,45
pH em água (1:2,5)	4,60	4,60	4,40	4,30	5,20	4,80	5,30	5,20	5,40
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,45	0,45	0,80	1,36	1,12	0,25	0,21	0,25	0,22



QUADRO 3. Características físico-químicas do solo da área experimental de amostras coletadas à profundidade de 0,60 a 0,90 m antes e após o cultivo e ao final da estação chuvosa.

Característica	Época de coleta								
	out/04	fev/05				jun/05			
Classe textural	Franco-arenosa	Franco-argilo-arenosa				Franco-argilo-arenosa			
Níveis de sais ( $\text{dS m}^{-1}$ )	Testemunha	0,90	2,60	4,20	5,80	0,90	2,60	4,20	5,80
$\rho$ ( $\text{kg dm}^{-3}$ )	1,29	1,29	1,22	1,23	1,22	-	-	-	-
$\text{Ca}^{+2}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	1,60	1,60	1,00	1,50	1,30	1,30	1,00	0,90	1,20
$\text{Mg}^{+2}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	1,40	1,40	1,00	1,50	1,10	1,10	0,90	0,80	1,00
$\text{K}^{+}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,05	0,05	0,12	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,06
$\text{Na}^{+}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,17	0,17	0,24	0,36	0,25	0,29	0,39	0,44	0,54
$\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	1,15	1,15	2,31	1,65	1,32	3,13	1,48	1,98	0,66
$\text{Al}^{+3}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,15	0,15	0,25	0,20	0,15	0,60	0,25	0,35	0,25
pH em água (1:2,5)	4,60	4,60	4,70	4,70	4,80	4,90	5,30	5,10	5,40
CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	0,35	0,35	0,42	0,76	0,69	0,23	0,28	0,35	0,33