



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

VITOR ABEL DA SILVA LINO

**UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS DE ALTA CONCENTRAÇÃO DE SAIS COMO
ALTERNATIVA PARA A IRRIGAÇÃO DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)
NA REGIÃO DE MOSSORÓ-RN**

MOSSORÓ-RN

2018

VITOR ABEL DA SILVA LINO

**UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS DE ALTA CONCENTRAÇÃO DE SAIS COMO
ALTERNATIVA PARA A IRRIGAÇÃO DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)
NA REGIÃO DE MOSSORÓ-RN**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição e Irrigação

Orientador: José Francismar de Medeiros,
Prof. Dr.

MOSSORÓ-RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998 . O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L735u Lino, VItor Abel da Silva. Utilização de águas de alta concentração de sais como alternativa para a irrigação de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) moench) na região de Mossoró / VItor Abel da Silva Lino. - 2018. 81 f. : il.

Orientador: José Francismar de Medeiros.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2018.

1. *Sorghum bicolor*. 2. Água de baixa qualidade. 3. Irrigação localizada. 4. Salinidade da água de irrigação. I. Medeiros, José Francismar de, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

VITOR ABEL DA SILVA LINO

**UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS DE ALTA CONCENTRAÇÃO DE SAIS COMO
ALTERNATIVA PARA A IRRIGAÇÃO DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)
NA REGIÃO DE MOSSORÓ-RN**

Dissertação apresentada ao Mestrado em
Fitotecnia do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia da Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Mestre em Fitotecnia.

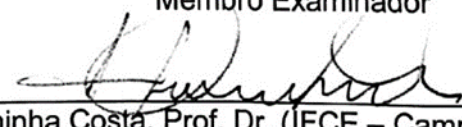
Linha de Pesquisa: Nutrição e Irrigação

Defendida em: 21, 02, 2018.

BANCA EXAMINADORA


José Francismar de Medeiros, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente


Andréa Raquel Fernandes Carlos da Costa, Prof. Dr. (FACENE)
Membro Examinador


Solerne Caminha Costa, Prof. Dr. (IFCE – Campus Limoeiro do Norte)
Membro Examinador

A José Floriano Lino e Maria Verlônia da Silva, por seus ensinamentos, lições de vida e base para todo o meu desenvolvimento como pessoa. A Francisca Karla Kelly da Silva, pelo apoio e compreensão.

DEDIDO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, e por ser a força que nos rege e nos guia.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, assim como à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, pela oportunidade de cursar o mestrado.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa, que foi de grande valia durante todo o período do curso.

Agradeço ao CNPq, pelo apoio financeiro para desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço ao orientador Prof. D. Sc. José Francismar de Medeiros, por todos os ensinamentos, paciência e disponibilidade em sanar dúvidas corriqueiras tanto no período do experimento quanto no de elaboração do trabalho.

Agradeço à Banca Examinadora, em nome de Solerne Caminha Costa e Andréa Raquel Fernandes Carlos da Costa, pela atenção e prontidão em participar desse momento ímpar.

Agradeço aos meus amigos Tatiane Severo, Carla Sabrina, Eleonora Santiago, Marlenildo Ferreira e demais colegas de curso, pelo companheirismo e apoio durante todo o período do curso.

A José Floriano Lino e Maria Verlônia da Silva, por serem a minha base e por serem os responsáveis pelo que sou.

A Francisca Karla Kelly da Silva pela união, companheirismo, conforto durante todos os períodos difíceis, pelas palavras de motivação proferidas nos momentos certos.

E a todos, que direta ou indiretamente, fizeram parte dessa conquista, os meus mais sinceros agradecimentos.

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

José de Alencar

RESUMO

A salinidade é um problema que afeta as regiões áridas e semiáridas. Devido às baixas precipitações pluviométricas e alta evaporação da água, os sais se concentram no solo e na água, em sua maioria salobras. A irrigação se faz necessária nessas regiões, mas o volume requerido pelas culturas é alto. Uma forma de remediar esse volume é uma irrigação deficitária, utilizando um volume menor do que o requerido pela planta, mas sem afetar produtivamente a cultura. O sorgo é uma planta C4, de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas, mais tolerante ao déficit e excesso de umidade no solo do que a maioria dos outros cereais e pode ser cultivada numa ampla faixa de condições de solo. Assim, este trabalho teve como objetivo verificar a influência exercida pela lâmina e salinidade da água de irrigação na cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) no âmbito produtivo, biométrico e nutricional. O experimento foi realizado no período de março a julho de 2016, em Mossoró/RN. Os tratamentos estudados foram constituídos de três fatores, concentração de sais da água de irrigação de 0,8; 2,4; 3,43 e 4,81 dS m⁻¹ (S1, S2, S3 e S4), lâminas de irrigação de 80, 98 e 127% da ETc (L1, L2 e L3) aplicados via gotejamento e cultivares de sorgo BRS 506, IPA 2502 e Ponta Negra (C1, C2 e C3), arranjos em esquema fatorial com parcelas subdivididas, ficando as cultivares nas sub-parcelas (4x3)x3. Conclui-se com o trabalho que a salinidade da água de irrigação aumenta a concentração de sais no solo, ao passo que o aumento da lâmina de irrigação até 125% da ETc o reduz. A salinidade da água de irrigação não exerceu influência sobre as características biométricas, reduzindo de forma pouco significativa a altura das plantas (entre 6,75 e 8,71%). A lâmina de irrigação, assim como a salinidade, não influenciou os aspectos biométricos da cultura, demonstrando que a redução em 25% da lâmina tida como a definida não acarretará danos na produção. Para a concentração de nutrientes nos diferentes órgãos da planta, o estudo mostrou que a exigência de macronutrientes (NPK) está ligada à aptidão das cultivares estudadas.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, água de baixa qualidade, irrigação localizada, salinidade da água de irrigação.

ABSTRACT

Salinity is a problem that affects arid and semi-arid regions. Due to the low rainfall and high evaporation of the water, the salts are concentrated in the soil and water, which is mostly brackish. Irrigation is necessary in these regions, but the volume required by the crops is high. A way to remedy this volume is a deficit irrigation, using a volume smaller than the one required by the plant, but without affecting the crop productively. Sorghum is a short-day C4 plant with high photosynthetic rates that tolerates deficit and excess moisture in the soil more than most other cereals, and can be grown in a wide range of soil conditions. The objective of this work was to verify the influence exerted by the leaf and salinity of the irrigation water in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in the productive, biometric and nutritional field. The experiment was carried out from March to July 2016, in Mossoró/RN. The treatments studied were composed of three factors, concentration of irrigation water salts of 0.8; 2.4; 3.43 and 4.81 dS m⁻¹ (S1, S2, S3 and S4), irrigation slides of 80, 98 and 127% of ET_c (L1, L2 and L3) applied via drip irrigation and sorghum cultivars BRS 506, IPA 2502 and Ponta Negra (C1, C2 and C3), arranged in a factorial scheme with subdivided plots, leaving the cultivars in the subplots (4x3) x3. It is concluded that the salinity of the irrigation water increases the concentration of salts in the soil, and the increase of the irrigation depth up to 125% of the ET_c reduces it. The salinity of the irrigation water did not influence the biometric characteristics, reducing plant height (between 6.75 and 8.71%). The irrigation blade as well as the salinity did not influence the biometric aspects of the crop, demonstrating that the 25% reduction of the blade as defined will not cause any damage to the production. For the nutrient concentration in the different organs of the plant, the study showed that the requirement of macronutrients (NPK) is linked to the suitability of the cultivars studied.

Keywords: *Sorghum bicolor*, low quality water, localized irrigation, irrigation water salinity.

Lista de Figuras

Figura 1 – Representação esquemática do delineamento experimental.	18
Figura 2 – Representação gráfica dos dados de ETc estimados diariamente.....	21
Figura 3 – Representação gráfica dos dados diários de ETo durante o período de cultivo do sorgo.	21
Figura 4 – Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo em função da salinidade da água de irrigação para cada lâmina de irrigação estudada no município de Mossoró-RN/2016.	26
Figura 5 – Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo em função da lâmina de irrigação para cada cultivar de sorgo estudada no município de Mossoró-RN/2016.	28
Figura 6 – Condutividade elétrica do extrato de saturação em função da salinidade da água de irrigação para cada cultivar de sorgo estudada no município de Mossoró-RN/2016.	29
Figura 7 – Altura da folha 1 em função da salinidade da água de irrigação para cada cultivar de sorgo estudada no município de Mossoró-RN/2016.	31
Figura 8 – Altura do cacho da planta em função da salinidade da água de irrigação para cada cultivar de sorgo estudada no município de Mossoró-RN/2016.	32
Figura 9 – Número de folhas fotossinteticamente ativas para cada cultivar estudada na região de Mossoró/RN.....	33
Figura 10 – Produção total de matéria fresca em função das cultivares de sorgo na região de Mossoró-RN/2016.	35
Figura 11 – Produção total de matéria fresca de cultivares de sorgo em função das lâminas de irrigação na região de Mossoró-RN/2016.	36
Figura 12 – Produção de grãos em função das cultivares de sorgo estudadas na região de Mossoró-RN/2016.	37
Figura 13 – Sólidos solúveis totais em função da salinidade da água de irrigação para cada cultivar de sorgo estudada na região de Mossoró-RN/2016.....	38
Figura 14 – Produção total de matéria seca em função de cada cultivar de sorgo estudada na região de Mossoró-RN/2016.....	39
Figura 15 – Produção de matéria seca do colmo em função da salinidade da água de irrigação para cada cultivar de sorgo estudada na região de Mossoró-RN/2016.....	40
Figura 16 – Produção de matéria seca da folha em função da salinidade da água de irrigação para cada lâmina de irrigação estudada na região de Mossoró-RN/2016. .	41
Figura 17 – Teor de N no colmo para cada cultivar de sorgo estudada na região de Mossoró-RN/2016.	43

Figura 18 – Teor de P em na folha (PFOL) (a) e no colmo (PCOL) (b) em função das cultivares de sorgo estudadas na região de Mossoró-RN/2016.	44
Figura 19 – Teor de K na folha (KFOL) (a) e no colmo (KCOL) (b) em função das cultivares de sorgo estudadas na região de Mossoró-RN/2016.	45
Figura 20 – Teor de P na folha em função da salinidade da água de irrigação para cada lâmina de irrigação estudada na região de Mossoró-RN/2016.	46
Figura 21 – Teor de P na folha em função das lâminas de irrigação para cada cultivar estudada na região de Mossoró/RN.	47
Figura 22 – Teor de N no colmo em função da salinidade da água de irrigação para cada cultivar estudada na região de Mossoró-RN/2016.	48
Figura 23 – Conteúdo de P na folha (a) e no colmo (b) em função das cultivares de sorgo submetidas à salinidade da água de irrigação na região de Mossoró-RN/2016.	50
Figura 24 – Conteúdo de K em função da salinidade da água de irrigação para cada lâmina de irrigação e cultivar de sorgo estudada na região de Mossoró-RN/2016. ..	51
Figura 25 – Conteúdo de K no colmo em função das cultivares de sorgo estudadas na região de Mossoró-RN/2016.	52
Figura 26 – Conteúdo de N na folha em função das cultivares de sorgo estudadas na região de Mossoró-RN/2016.	53
Figura 27 – Conteúdo de N no colmo em função da lâmina de irrigação (a) e cultivares de sorgo (b) estudadas na região de Mossoró-RN/2016.	54
Figura 28 – Soma do conteúdo de P na parte aérea da planta em função das cultivares de sorgo estudadas na região de Mossoró-RN/2016.	56
Figura 29 – Soma do conteúdo de N na parte aérea da planta em função da lâmina de irrigação (a) e cultivares de sorgo (b) estudadas na região de Mossoró-RN/2016.	57

Lista de tabelas

Tabela 1 – Média mensal dos dados climáticos durante o período do experimento.	17
Tabela 2 – Quadro do resultado das análises de solo e de água.....	18
Tabela 3 - Quadro de ANOVA para a característica de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo do experimento com diferentes cultivares de sorgo submetidas a diferentes lâminas e salinidades da água de irrigação no município de Mossoró-RN/2016.	25
Tabela 4 – Quando de ANOVA para as características biométricas de altura da folha 1 (AF1), altura do cacho (AC), diâmetro da base (DB), diâmetro do terço médio (DTM) e número de folhas fotossinteticamente ativas (NFFA) em diferentes cultivares de sorgo submetidas a lâminas de irrigação e salinidade da água de irrigação no município de Mossoró-RN/2016.	30
Tabela 5 – Resumo de ANOVA para as características de produção total de matéria fresca (PT), produção de grãos frescos (PG), sólidos solúveis totais (SST), produção de matéria seca total (PMST), produção de matéria seca do colmo (PMSC) e produção de matéria seca da folha (PMSF) de cultivares de sorgo submetidas a lâminas e salinidade na água de irrigação na região de Mossoró-RN/2016.	34
Tabela 6 – Resumo de ANOVA para as características de teor de NPK na folha e no colmo em diferentes cultivares de sorgo submetidas à lâmina e salinidade da água de irrigação na região de Mossoró-RN/2016.....	42
Tabela 7 – Quadro de ANOVA para as características de conteúdo de P na folha e no colmo (CPF e CPC), conteúdo de K na folha e no colmo (CKF e CKC) e conteúdo de N na folha e no colmo (CNF e CNC) em cultivares de sorgo submetidas a diferentes lâminas e salinidades da água de irrigação na região de Mossoró-RN/2016.	49
Tabela 8 - Quadro de ANOVA para as características de conteúdos de NPK em cultivares de sorgo submetidas a diferentes lâminas e salinidades da água de irrigação na região de Mossoró-RN/2016.....	55

Sumário

1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	3
2.1 Salinidade e Águas Salinas	3
2.2 Sorgo	6
2.2.1 Características da cultura do sorgo	8
2.2.2 Necessidade hídrica	10
2.2.3 Efeito da Salinidade no sorgo	12
2.2.4 Necessidade nutricional do sorgo	13
3. Material e Métodos	17
3.1 Localização e caracterização da área experimental	17
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	18
3.3 Instalação e condução do experimento	19
3.3.1 Preparo do solo e adubação	19
3.3.2 Plantio	20
3.3.3 Manejo da Irrigação	20
3.3.4 Tratos culturais	22
3.4 Características avaliadas	22
3.4.1 Salinidade do solo	22
3.4.2 Biometria das plantas	22
3.4.2.1 Altura das plantas	22
3.4.3 Acúmulo de biomassa seca das plantas	23
3.4.4 Concentração de macronutrientes	23
3.4.5 Acúmulo de macronutrientes	24
3.4.6 Produtividade dos colmos	24
3.4.7 Sólidos Solúveis Totais (SST)	24
3.5 Análises estatísticas	24
4. Resultados e Discussões	25
4.1 Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo	25
4.2 Biometria da planta	30

4.3 Produção de biomassa, grãos e sólidos solúveis totais.....	33
4.4 Teor e conteúdo de NPK	41
5. Conclusão	58
REFERÊNCIAS.....	59

1. Introdução

O sorgo é uma cultura bastante rústica, se desenvolvendo de forma satisfatória nas mais diversas combinações climáticas: apenas em algumas condições pontuais, o sorgo não consegue se desenvolver. Além dos fatores de adaptabilidade e grande fronteira agrícola, o sorgo ainda possui atratividade por seus múltiplos usos, podendo ser utilizado como forragem, para a produção de grão, para o artesanato e, mais recentemente, se utiliza o sorgo como matéria prima para a produção de biocombustíveis, podendo vir a ser um concorrente bastante interessante da cana de açúcar, tendo em vista que o sorgo é totalmente mecanizável, desde a semeadura até a colheita, além de possuir ciclo menor, podendo ser colhido duas vezes no mesmo ano agrícola.

O sorgo é uma cultura que, no contexto da agropecuária brasileira, vem se destacando a cada dia, por ser uma gramínea bastante energética, por sua produtividade e adaptação a ambientes secos e quentes, nos quais é difícil o cultivo de outras espécies. Mesmo sendo considerada uma cultura moderadamente tolerante ao estresse salino, pesquisas têm mostrado que o grau de tolerância do sorgo ao estresse salino varia entre genótipos (LACERDA et al., 2003).

No Rio Grande do Norte, a área plantada com sorgo em 2016/2017 atingiu a marca de 1,3 mil hectares plantadas com uma produção de 1,6 mil toneladas de grãos. No nordeste, apenas quatro estados obtiveram produção de sorgo nesse ano agrícola: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba; o RN ficou em terceiro na produção (CONAB, 2018).

A produção dessa cultura no semiárido tem se adequadado à necessidade hídrica da cultura, que, devido à evaporação bastante alta, necessita da irrigação para suprir o déficit hídrico da planta, pois as precipitações não conseguem oferecer de água suficiente para o desenvolvimento da cultura. Além disso, a má distribuição torna a expectativa de produção dependente desses fenômenos cada vez menores. Como a cultura do sorgo é considerada tolerante ao estresse hídrico, pode-se fazer uso de manejos para otimizar a água, como a aplicação de lâmina deficitária.

Além da necessidade de irrigação, ainda existe a preocupação com os

reservatórios de água de qualidade; com os períodos de precipitação cada vez mais irregulares e com pluviosidade abaixo da média, se está recorrendo à obtenção de água subterrânea. Porém, como não houve aporte tanto nos reservatórios superficiais quanto nos subterrâneos, a qualidade da água não atingiu os níveis necessários ao uso em irrigação no que tange à salinidade (Condutividade elétrica).

A concentração de sais no solo pode afetar significativamente a absorção de nutrientes, pois alguns elementos presentes nos sais solúveis do solo competem com nutrientes essenciais pelo mesmo sítio de absorção na planta, reduzindo a concentração dos nutrientes nos órgãos da planta, podendo reduzir o potencial produtivo das culturas.

Sabendo que o sorgo é uma cultura amplamente exposta na literatura como moderadamente tolerante à salinidade, o objetivo do trabalho foi verificar a influência de níveis de salinidade, assim como diferentes lâminas de irrigação, para diferentes cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) com aptidões distintas, no que tange a aspectos de concentração de sais no solo, biométricos, produção de biomassa e teores e concentrações de macronutrientes particionados.

2. Revisão de Literatura

2.1 Salinidade e Águas Salinas

O processo de salinização consiste na concentração de sais mais solúveis do que o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), cuja solubilidade é de $2,41 \text{ g L}^{-1}$, nos horizontes ou camadas do perfil de solo. Os principais sais solúveis encontrados nos solos salinos são cloretos, sulfatos e bicarbonatos de Na, Ca e Mg. Em menor quantidade, podem ocorrer potássio (K^+), amônio (NH_4^+), nitratos (NO_3^-) e carbonatos (CO_3^{2-}). As fontes fornecedoras dos sais solúveis são, primordialmente, os minerais primários formadores das rochas, por intemperismo químico, sendo a água o principal agente carreador (RIBEIRO, 2010).

A salinização dos solos ocorre, sobremaneira, nas regiões de clima árido e semiárido, onde constitui fator limitante da produção agrícola. Nesses ambientes, as principais causas dos processos de salinização das áreas agricultáveis são decorrentes da baixa precipitação pluviométrica, alta evaporação, material de origem dos solos e irrigação, além de drenagem inadequada (DASGAN et al., 2002).

Segundo Zhu (2001), aproximadamente 20% das áreas cultivadas em todo o mundo e quase metade das áreas irrigadas estão afetadas por sais, com solos salinos amplamente distribuídos nessas áreas secas.

Em diversos países, as áreas salinizadas vêm sendo exploradas com sucesso graças à utilização de espécies tolerantes à salinidade (SILVA JUNIOR et al., 2012).

As regiões de clima seco necessitam de intensa irrigação para a produção das culturas. Em geral, nessas regiões ocorrem fontes de água salina, o que, aliado à alta evapotranspiração, provoca o acúmulo de sais no solo (MAHAJAN & TUTEJA, 2005; KUDO et al., 2010).

A exploração agrícola sustentável em regiões áridas e semiáridas depende, devido à instabilidade climática, dentre outras práticas, do uso de irrigação. No entanto, por causa da pressão antrópica para as águas de boa qualidade e da

crescente necessidade de expansão da produção agrícola em todo o mundo, o uso de águas consideradas de baixa qualidade tem aumentado (NOBRE et al., 2011).

Na região produtora de melão do Estado do Rio Grande do Norte, o alto custo de obtenção de água de boa qualidade para irrigação, oriunda de poços artesianos profundos, tem motivado grande parte dos produtores a buscar fontes alternativas de água, como poços abertos no calcário Jandaíra (MEDEIROS et al., 2003), visto que a utilização esgotante das fontes de água de boa qualidade torna necessário o uso de fontes alternativas, mesmo sendo, na sua grande maioria, de qualidade duvidosa, razão pela qual tem aumentado a utilização de águas salobras, sobretudo na irrigação em regiões semiáridas (ALENCAR et al., 2003).

Entretanto, esta fonte de água – calcário Jandaíra – tem o inconveniente de apresentar níveis elevados de sais, sendo então considerada de baixa qualidade em virtude de sua salinidade ser, em média, de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, o que pode resultar na salinização dos solos, em caso de manejo da irrigação inadequado (MEDEIROS et al., 2003).

Águas salinas utilizadas na irrigação podem representar risco à produção agrícola das culturas. Em certos casos, essas águas promovem alterações nas condições físico-químicas em proporções que desfavorecem o crescimento e o desenvolvimento da maioria das culturas (ALENCAR et al., 2003).

Conforme Medeiros et al. (2007), tanto a escassez de água de boa qualidade para a irrigação quanto a concorrência de outros usuários (companhia de abastecimento de água, indústrias) legam aos agricultores a dificuldade para acessar este insumo, passando a utilizar água de qualidade inferior, em geral salina, para a prática de irrigação.

O uso de água com excesso de sais pode limitar a produção agrícola em virtude da diminuição do potencial osmótico da solução do solo e as possíveis ocorrências de toxicidade iônica e de desequilíbrios nutricionais, ambos causados pela alta concentração de certos íons nos tecidos vegetais (ASSIS JÚNIOR et al., 2007; KHAN & PANDA, 2008). Todavia, a tolerância das plantas à salinidade varia em função da espécie vegetal, das cultivares de uma mesma espécie e de fatores

como tipo e concentração de sal, tempo de exposição, estágio fenológico e condições edafoclimáticas, tal como da interação entre eles (NEVES et al., 2008).

O uso de água de baixa qualidade em regiões áridas e semiáridas gerou vários problemas ambientais, como a salinização do solo, porque as suas fontes de água normalmente têm altos teores de sais (RHOADES et al., 1992). Para Leite et al. (2007), o uso de água salina na exploração agrícola é suscetível à tolerância das culturas à salinidade e às práticas de irrigação e adubação de gestão, que deve evitar, tanto quanto possível, os impactos sobre o meio ambiente e os consequentes danos para as culturas e o solo. Sob condições de stress salino e/ou déficit de água, as culturas são conhecidas por sofrer de várias desordens fisiológicas que levam à redução de crescimento e, em consequência, queda de produtividade (VIEIRA et al., 2016).

Com a baixa precipitação e a alta evaporação nas regiões áridas e semiáridas, observa-se a ocorrência de solos salinos e sódicos, sendo que nessas condições os sais não são lixiviados, acumulando-se no solo e na água em quantidades prejudiciais ao crescimento normal das plantas (FAGERIA; GHEYI, 1997). Em solos de regiões tropicais, a água subterrânea é a principal fonte de suprimento hídrico para as espécies florestais e está sujeita à salinização (PEREZ; JARDIM, 2005).

A resistência à salinidade é descrita como a habilidade de evitar que excessivas quantidades de sal provenientes do substrato alcancem o protoplasma e de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento da concentração de sais (LARCHER, 2000). Segundo Mayer e Poljakoff-Mayber (1989), plantas com baixa tolerância à salinidade nos vários estágios de desenvolvimento, incluindo a germinação, são denominadas glicófitas e as mais tolerantes, halófitas.

A salinidade é um dos fatores abióticos que mais afetam o crescimento e a produtividade das culturas (MUNNS & TESTER, 2008). Este processo está associado ao acúmulo excessivo de sais muitas vezes decorrente do manejo inadequado do solo e da água, podendo levar ao abandono de áreas, por torná-las inviáveis à exploração agrícola (WILLADINO et al., 1999). Em regiões áridas e semiáridas, este problema é ainda maior devido a fatores como baixa precipitação e

alta demanda evaporativa, que contribuem naturalmente para o acúmulo de sais na superfície (VIÉGAS et al., 2001).

Inicialmente, os efeitos negativos dos sais sobre o crescimento das plantas têm sido associados ao componente de tensão osmótica, provocada pela diminuição do potencial de água no solo e, por conseguinte, pela restrição de absorção de água pelas raízes (OLIVEIRA et al., 2011).

Segundo Santana et al. (2007), as culturas respondem diferentemente à salinidade, podendo ser desde sensíveis a altamente tolerantes ao ambiente salino. Em geral, plantas tolerantes à salinidade realizam ajustes osmóticos por meio da acumulação de solutos osmoticamente ativos, para permitir a absorção de água sob essas condições (YAMAGUCHI & BLUMWALD, 2005).

O sorgo é caracterizado por sua tolerância moderada ao estresse salino (LACERDA et al., 2005). Esta capacidade de adaptação é bastante útil e permite a utilização dessa espécie com rendimentos economicamente aceitáveis, sobremaneira quando o cultivo em condições salinas é inevitável (AQUINO et al., 2007).

2.2 Sorgo

O sorgo é uma planta da família *poaceae*, do gênero *sorghum*, na qual está dividido em duas subfamílias: *Panicoideae* e *Festucoideae*, da espécie *Sorghum bicolor* L. Moench, sendo originado a partir da domesticação feita pelo homem. Existe uma grande diversidade de sorgos, por ser um gênero muito amplo e polimorfo, cujas espécies estão disseminadas tanto na África como na Ásia. Sua origem está provavelmente na África, embora algumas evidências indiquem que possa ter havido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia. A domesticação do sorgo, segundo registros arqueológicos, deve ter acontecido por volta de 3000 AC, ao tempo em que a prática da domesticação e cultivo de outros cereais era introduzida no Egito Antigo, a partir da Etiópia (RIBAS, 2003; FILHO; FORNASIERI, 2009).

Segundo Doggett (1988), os sorgos cultivados atualmente se originam do silvestre *Sorghum bicolor* subsp. *arundinaceum*, e a maior variação do gênero *Sorghum* se encontra no quadrante centro-oeste da África, abaixo do Saara, na região da Etiópia-Sudão, de onde o gênero ancestral, com um número básico de cinco cromossomos, provavelmente se originou há 5.000-6.000 anos (DAHLBERG et al., 2011).

A cultura do sorgo é, entre as espécies alimentares, uma das mais versáteis e mais eficientes, tanto do ponto de vista fotossintético quanto em velocidade de maturação. Sua reconhecida versatilidade se estende desde o uso de seus grãos como alimento humano e animal; como matéria prima para produção de etanol, bebidas alcoólicas, colas e tintas; o uso de suas panículas para produção de vassouras; extração de açúcar de seus colmos; até as inúmeras aplicações de sua forragem na nutrição de ruminantes (EMBRAPA, 1997).

O sorgo foi introduzido no Brasil no início do século XX, mas até hoje não se formou com características comerciais marcantes. No Brasil, a cultura do sorgo avançou de modo significativo a partir da década de 1970. O maior uso de grãos de sorgo no Brasil está na alimentação animal, principalmente na avicultura e na suinocultura. Bovinos, equinos e pequenos animais são também consumidores, mas em menor proporção (RODRIGUES, 2008; FILHO; FORNASIERI, 2009). Sendo assim, assume grandes vantagens principalmente de fundo econômico ao produtor, sendo até cogitada a possibilidade de sua substituição total e/ou parcial nas rações pelo milho, sem perdas nutricionais e qualitativas.

O Brasil atualmente está entre os 10 maiores produtores do grão, ficando atrás dos Estados Unidos, México e Nigéria, primeiro, segundo e terceiro maiores produtores, respectivamente (CONAB, 2017), o que mostra o grande potencial produtivo do país, de modo geral, graças à grande capacidade de adaptação a diferentes condições edáficas.

De acordo com Franco (2011), a cultura do sorgo se destaca pela sua rusticidade, elevada produção de biomassa e pela grande tolerância ao déficit hídrico. Por essas características, associadas à aplicação de novas tecnologias, como sistemas de irrigação e plantas melhoradas, essa cultura pode ser cultivada

em regiões onde a pluviosidade é mal distribuída tanto de forma temporal como espacial, favorecendo que regiões áridas e semiáridas ganhem destaque na produtividade. No Nordeste, a cultura é normalmente plantada na estação das chuvas ou de “inverno”; porém, devido a essas tecnologias, ela pode ser suplementada nos períodos mais secos do ano e ainda ter um desempenho significativo devido à sua característica de ser mais resistentes aos veranicos (RODRIGUES, 2008).

Agronomicamente, os sorgos são classificados em 4 grupos: 1) granífero; 2) forrageiro para silagem e/ou sacarino; 3) forrageiro para pastejo; 4) vassoura. O primeiro grupo inclui tipos de porte baixo (híbridos e variedades) adaptados à colheita mecânica dos grãos. O segundo grupo inclui tipos de porte alto (híbridos e variedades) apropriados à produção de silagem e/ou produção de açúcar e álcool. O terceiro grupo inclui tipos utilizados principalmente para pastejo, corte verde, fenação e cobertura morta (variedades de capim sudão ou híbridos inter-específicos de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*). O quarto grupo inclui tipos cujas panículas são usadas para produção de vassouras. Dos quatro grupos, o sorgo granífero tem maior expressão econômica e está entre os cinco cereais mais cultivados no mundo, atrás do arroz, trigo, milho e cevada (RODRIGUES, 2008).

2.2.1 Características da cultura do sorgo

O sorgo é uma planta C4, autógama, com baixa taxa de fecundação cruzada, de dias curtos, com altas taxas fotossintéticas, de clima quente, apresentando características xerófilas e mecanismos eficientes de tolerância à seca (BELLO, 1997).

Embora o sorgo responda à interação dos diversos fatores edafoclimáticos, os de maior influência sobre a cultura são a temperatura do ar, a radiação solar, a precipitação e a disponibilidade de água no solo. A temperatura ótima para o desenvolvimento de cada plantio varia conforme a cultivar considerada. De forma geral, a literatura tem mostrado que temperaturas superiores a 38°C ou inferiores a

16°C limitam o desenvolvimento da maioria das cultivares (RODRIGUES et al., 2015).

De modo geral, seu ciclo pode ser dividido em 3 fases: A fase vegetativa, a reprodutiva e o período de maturação dos grãos. Embora alguns autores (VANDERLIP; REEVES 1972 apud RODRIGUES et al., 2015) prefiram apresentar diferentes estádios de desenvolvimento a partir da emergência com fases que vão do estágio EC0, que corresponde à emergência, até o estágio EC9 (onde aconteceria a maturação fisiológica do grão).

Durante o ciclo, a planta de sorgo depende das folhas como os principais órgãos fotossintéticos, e a taxa de crescimento da planta depende tanto da taxa de expansão da área foliar como da taxa de fotossíntese por unidade de área foliar. À medida que a copa da planta se fecha, outros incrementos no índice de área foliar têm pouco ou nenhum efeito sobre a fotossíntese, a qual passa a depender da radiação solar incidente e da estrutura da copa vegetal (FERNANDES, 2013).

Filho; Fornasieri (2009) afirmam que todas essas características possibilitam a planta, durante todo o seu período vegetativo de crescimento, grande capacidade de se recuperar das condições de estresse, durante as quais se reduz a fotossíntese por latência e enrolamento foliar.

As taxas fotossintéticas das folhas do sorgo vão de 30 a 100 mg CO₂ dm⁻² h⁻¹, dependendo do material genético, intensidade de luz fisiologicamente ativa e da idade das folhas. O número total de folhas numa planta varia de 7 a 30, sendo geralmente de 7 a 14 para genótipos adaptados de sorgo granífero e sacarino. Folhas de sorgo contêm grande número de estômatos, estimando-se que possuem 50% a mais de estômatos por unidade de área do que a planta de milho, porém os estômatos do sorgo são menores (MAGALHÃES et al., 2000). Além do mais, o comportamento estomático também é diferente, caracterizado por ter maior capacidade de regulação e melhor adaptação às condições áridas (FILHO E FORNASIERI 2009).

Durante as três etapas de crescimento, a fotossíntese, o particionamento de fotoassimilados e a divisão e expansão celular devem estar ajustados visando ao bom rendimento da cultura (DOGGET, 1970).

Sua estrutura radicular é composta por raízes que – por possuírem sílica na endoderme, grande quantidade de pelos absorventes e altos índices de lignificação de periciclo – conferem à cultura maior tolerância ao déficit hídrico e o excesso de umidade no solo do que os demais cereais. O caule, por sua vez, é dividido em nós e entrenós e folhas ao longo de toda a planta, Sua inflorescência é uma panícula e seu fruto é uma cariopse ou grão seco. Atinge 1 a 4 metros de altura, gerando uma inflorescência terminal do tipo paniculado. Apresenta uma espiga séssil, fértil, acompanhada por duas espiguetas estéreis pedunculadas que caracterizam o gênero (MAGALHÃES et al., 2010).

A maior parte das raízes está localizada nos primeiros 60 cm do solo, com maior concentração nos 25 cm superficiais, podendo alcançar profundidade de 1,5 m ou mais. Comparativamente com o milho, o sorgo tem raízes mais abundante, finas e fibrosas. Por influência das características de suas raízes, a planta de sorgo apresenta o dobro de capacidade de absorção de água relativamente ao milho e, com isso, maior resistência a déficits hídricos (FILHO; FORNASIERI, 2009).

A planta apresenta a inflorescência conhecida como panícula, formada a partir de um conjunto de racemos. A forma da panícula é variável entre curta e compacta ou solta e aberta, com 4 a 25 cm de comprimento e 2 a 20 cm de largura. O fruto é uma cariopse ou grão seco, de forma mais ou menos esférica e um pouco achatada dos lados, apresenta ao redor de 84% de endosperma, 10% de germe e 6% de pericarpo. Uma panícula bem desenvolvida pode produzir 1.200 a 2.000 grãos, em média (FILHO; FORNASIERI, 2009).

2.2.2 Necessidade hídrica

A necessidade hídrica de uma cultura se refere à quantidade de água que as plantas exigem para crescer e desenvolver-se, concluindo seu ciclo de vida. Desse modo, a necessidade hídrica das culturas varia de acordo com as condições edafoclimáticas do local onde a planta está estabelecida, além de sua fisiologia. Tal consumo depende diretamente do conhecimento da ETo (Evapotranspiração de referência) para ser determinado (LIMA, 2013).

A evapotranspiração (ETc) e o coeficiente de cultura (Kc) exercem grande importância na determinação da demanda hídrica. Essas variáveis estabelecem o momento e a quantidade de água para a cultura (ANTUNES, 2000; NETO et al., 2001). De acordo com Doorenbos e Kassam (1979), a evapotranspiração da cultura (ETc) é resultado do produto da evapotranspiração de referência (ETo) pelo coeficiente da cultura (Kc), que, para o sorgo, segundo a FAO, é de 1,10. Em outros trabalhos, se encontrou valores de 1,05 (ALBUQUERQUE; GUIMARÃES, 2004).

Doorenbos; Kassam (1994) relatam que, em geral, a percentagem total média de água utilizada nos diferentes estágios de desenvolvimento fica em torno de 20% durante o período vegetativo, 55% no florescimento e 25% no período de enchimento de grãos. Lima et al. (2015) encontraram em seu trabalho eficiência de 0,91 kg MS m⁻³ de água; Santos (2012), por sua vez, para a cultura do milho, encontrou valor de 0,59.

A planta de sorgo se adapta a uma gama de ambientes, principalmente sob condições de deficiência hídrica, desfavoráveis à maioria dos outros cereais. Esta característica permite que a cultura seja apta para desenvolvimento e expansão em regiões de cultivo com distribuição irregular de chuvas e em sucessão a culturas de verão (DINIZ, 2010).

A resistência à seca é uma característica complexa, pois envolve simultaneamente aspectos de morfologia, fisiologia e bioquímica. Existem três mecanismos relacionados à seca: resistência, tolerância e escape. O sorgo parece apresentar duas características: escape e tolerância. O escape se dá por meio de um sistema radicular profundo e ramificado, eficiente na extração de água do solo. A tolerância está relacionada ao nível bioquímico. A planta diminui o metabolismo, murcha (hiberna) e tem um poder extraordinário de recuperação quando o estresse é interrompido (EMBRAPA, 2009)

Segundo Aldrich et al. (1982), o sorgo é uma das únicas plantas que requerem menos água para se desenvolver, quando comparado com outros cereais, sendo que o período mais crítico para falta de água é o florescimento, chegando a necessitar 330kg de água para produzir 1kg de matéria seca. De acordo com Dodget

(1970), para produzir grãos o sorgo são necessários cerca de 25 mm de água após o plantio, 250 mm durante o crescimento e 25 a 50 mm durante a maturidade.

2.2.3 Efeito da Salinidade no sorgo

As plantas estão frequentemente expostas a estresses bióticos e abióticos que prejudicam seu crescimento, desenvolvimento e sua produtividade. A salinidade está entre os estresses ambientais mais limitantes da produtividade das plantas, afetando seu metabolismo geral e causando alterações morfológicas e fisiológicas. As principais causas dos processos de salinização das áreas agricultáveis são a baixa precipitação pluviométrica, alta evaporação, material de origem dos solos, irrigação mal conduzida, além de drenagem inadequada e emprego incorreto e excessivo de adubos químicos (DANTAS et al., 2006).

O problema da salinidade é mais acentuado em regiões áridas e semiáridas, que apresentam clima quente e seco e que, devido a isso, praticamente dispensam o uso da irrigação. Nessas regiões, em que as culturas não dispõem de água suficiente para suprir suas necessidades hídricas durante todo o ciclo vegetativo, a irrigação assume papel de fundamental importância no que se refere à garantia de boas safras agrícolas (SILVA, 2015).

Atualmente, várias regiões antes agricultáveis, no Brasil, encontram-se acometidas por esse processo. As regiões com maiores incidências são as regiões áridas e semiáridas, onde normalmente as precipitações anuais são baixas e a demanda por áreas irrigadas aumentou significativamente, corroborando com as afirmações de Silva (2015).

O sorgo é uma cultura que, no contexto da agropecuária brasileira, vem se destacando a cada dia, por ser uma gramínea bastante energética, com alta digestibilidade, produtividade e adaptação a ambientes secos e quentes, nos quais é difícil o cultivo de outras espécies. Mesmo sendo considerada uma cultura moderadamente tolerante ao estresse salino, pesquisas têm mostrado que o grau de tolerância do sorgo ao estresse salino varia entre genótipos (LACERDA et al., 2003).

Pesquisas mostram que essa moderada resistência à presença do sal no solo parece ser conseguida por meio de redução do transporte dos íons Na^+ e Cl^- da raiz para a parte aérea ou de compartimentalização de parte desses íons em locais específicos da raiz e da parte aérea (LACERDA et al., 2001) ou ainda da acumulação de solutos orgânicos nas folhas (HASEGAWA et al., 2000).

O sorgo é tido como uma cultura moderadamente tolerante à salinidade, tendo em vista que, quando submetida a condições crescentes de concentração de sais, demonstrou redução de 11% na produção de colmos (COSTA; MEDEIROS, 2017).

2.2.4 Necessidade nutricional do sorgo

Ao contrário do que muitos pensam, a característica de rusticidade atrelada ao sorgo não é justificativa de que a planta não necessita de nutrientes ou até mesmo de que a planta não responde a uma adubação equilibrada. Assemelhando-se a outras culturas anuais, a exigência do sorgo por nutrientes pode ser considerada alta, principalmente quando se está buscando alta produtividade. Comparativamente à colheita apenas dos grãos, a colheita das plantas inteiras para uso como forragem promove intensa remoção de nutrientes das áreas de cultivo, com destaque para a elevada exportação de nitrogênio (N) e potássio (K) (RESENDE et al., 2009).

Cantarella et al. (1996), estudando a extração de macronutrientes pela cultura do sorgo, concluíram que para a produção de uma tonelada de grãos são exportados 17 kg N, 4 kg P e 5 kg K. Entretanto, para a planta inteira, observaram que para cada tonelada de grãos são exportados 30, 6 e 23 kg de N, P e K, respectivamente.

Soares et al. (2014), estudando o acúmulo de nutrientes em diferentes cultivares de sorgo, encontraram que nas cultivares estudadas a exportação de N variou de 68 a 114 kg ha^{-1} , P variando de 5 a 14 kg ha^{-1} e K variando de 183 a 242 kg ha^{-1} , para colheita apenas de colmo. Com relação à colheita da planta inteira, os valores são de 187 a 236, de 21 a 36 e 199 a 268 kg ha^{-1} de N, P e K,

respectivamente, corroborando com o autor anterior em que a colheita da planta inteira extrai mais nutrientes das áreas cultivadas.

A exigência nutricional das plantas está diretamente relacionada ao seu potencial produtivo. O sorgo segue a mesma lógica: Pitta et al. (2001), estudando a extração média de nutrientes pela cultura do sorgo em diferentes níveis de produtividade, verificaram que a extração de N, P, K, Ca e Mg aumenta com o acréscimo na produtividade e que a maior exigência do sorgo refere-se ao N e K, seguidos pelo Ca, Mg e P. Segundo Martinez et al. (1999), os teores foliares de referência considerados adequados para a cultura do sorgo são para N de 2,31-2,90%, P de 0,44% e para K de 1,30 a 3,00%.

No que tange à exportação dos nutrientes pelo sorgo, P e N são quase todos translocados para os grãos, logo em seguida são Mg, K e Ca. O sorgo devolve ao solo parte dos nutrientes, onde K, Ca e Mg são os principais elementos contidos na palhada. Todavia, mesmo com a manutenção da palhada na área de produção e, em decorrência das grandes quantidades de nutrientes exportados pelos grãos, se faz necessária a reposição de tais nutrientes em cultivos seguintes (FRIBOURG et al., 1976). Em cultivos para a produção de forragem, as recomendações de adubações são especiais, tendo em vista que a colheita é realizada e o material vegetal removido antes que a planta encerre o ciclo.

Fonseca et al. (2008), trabalhando com solução nutritiva para omissão de nutrientes na cultura do sorgo, concluíram que as omissões de N, P, K foram as que mais limitaram a produção de massa seca da planta inteira do sorgo cv. BRS 304. As plantas do tratamento completo e da omissão apresentaram os seguintes teores de nutrientes (g kg^{-1}) na parte aérea: N = 26,9 e 7,0; P = 4,0 e 0,5; K = 37,3 e 4,2. Além da redução no teor de nutrientes na planta, os parâmetros fenológicos também foram afetados de forma significativa, quando omitidos N, P e K, reduzindo de forma significativa a altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, assim como a massa total da planta, a massa de raiz e parte aérea separadamente.

Prado et al. (2007), em seu trabalho com omissão de nutrientes, apontaram que os efeitos da omissão do N, no desenvolvimento e na nutrição das plantas, resultaram no aparecimento de sintomas visuais de deficiência. Notou-se,

inicialmente, uma clorose uniforme da parte vegetativa, intensificando-se nas folhas mais velhas. Segundo Malavolta et al. (1997), esse sintoma está associado à menor produção de clorofila, ocasionando modificação nos cloroplastos. Mendes (1959) acrescentou a grande importância do elemento não só no crescimento, como também na divisão celular. Em um experimento com girassol em solução nutritiva, Carelli et al. (1996) observaram que a deficiência de N provocou diminuição de 31% na taxa de fotossíntese, que, por sua vez, está relacionada ao decréscimo na quantidade da enzima rubisco, visto que parte do nitrogênio total da folha está alocada nesta enzima.

Santi et al. (2006), trabalhando com omissão de nutrientes, descobriram que os sintomas de deficiência de P apareceram oito dias após a aplicação do tratamento com omissão desse nutriente, no qual toda a planta exibia uma coloração sem brilho, dando às plantas um aspecto de coloração verde mais escuro quando comparadas com o tratamento completo. Verificou-se ainda presença de folhas estreitas, colmos finos e diminuição dos ângulos de inserção das folhas em relação ao colmo, de forma que as folhas se apresentaram mais eretas. Além dos já citados, a planta ainda pode apresentar folhas com tons arroxeados, sintoma decorrente do acúmulo de fotoassimilados nos tecidos, o que favorece a síntese de antocianina, pigmento que confere essa coloração (MENGEL; KIRKBY, 1987). As plantas deficientes em fósforo têm seu crescimento retardado por estarem ligadas à função estrutural do nutriente e ao processo de transferência e armazenamento de energia (MALAVOLTA et al., 1989), afetando vários processos metabólicos, entre eles, a síntese de proteínas e ácido nucléico (MENGEL & KIRKBY, 1987).

Fonseca et al. (2008), em seu trabalho com omissão de nutrientes, apontaram que com a omissão do elemento K apareceram sintomas visuais, caracterizados inicialmente pela clorose das pontas e margens das folhas mais velhas, seguida por secamento e necrose, dando um aspecto de queima nas folhas, observando-se ainda redução no porte das plantas e internódios mais curtos nos colmos. Com a omissão de K na solução nutritiva das plantas de sorgo, houve aumento na concentração de outros nutrientes como Ca e Mg, provocado pela relação do K com Ca e Mg nas plantas, devido à competição entre os elementos na absorção, e a

interação entre os mesmos (MALAVOLTA et al., 1997). Foram encontrados valores dessa relação de nutrientes indo desde 4 vezes (PRADO et al., 2007) até a marca de 18 vezes maior (FONSECA et al., 2008) quando comparado ao tratamento sem omissão de nutrientes.

3. Material e Métodos

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no período de março a junho de 2016, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada em Alagoinha – município de Mossoró-RN, pertencente à Universidade Federal Rural do Semiárido, situando-se na latitude 5°03'37"S e longitude de 37°23'50"W Gr, com altitude de aproximadamente 72 m, distando 20 km da cidade de Mossoró-RN.

Mossoró encontra-se na região noroeste do Estado do Rio Grande do Norte, sendo o clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, do grupo BSw^h, isto é, tropical semiárido muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9% (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995). Durante o experimento, os dados climáticos foram determinados em estação meteorológica instalada no local, acusou os dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Média mensal dos dados climáticos durante o período do experimento.

	T. Máxima (°C)	T. Mínima (°C)	U (%)	Precipitação (mm)
Fevereiro	33,2	24	74,8	21,8
Março	34,5	25	69,9	16,2
Abril	33,3	24,6	74,2	56,8
Maiο	36	22,7	70,6	0

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico, conforme EMBRAPA (2013). Para fins de fertilidade do solo, foram realizadas análises antes da instalação do experimento (Tabela 2).

Tabela 2 – Quadro do resultado das análises de solo e de água.

Solo (Profundidade 0-20 cm)										
P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Soma de Bases	Al ³⁺	pH (H ₂ O)			
mg kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³									
30	0,28	3,20	1,00	0,31	4,79	0,05	6,00			
Análise da água (Poço Profundo)										
CE	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ³⁻	HCO ³⁻	pH	RAS	RAS _{aj}
dS m ⁻¹	mmol _c dm ⁻³									
0,8	3,1	0,44	0,9	2,16	2,4	1,4	4,6	8,8	1,97	1,80

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos estudados foram constituídos de três fatores, concentração de sais da água de irrigação (S1, S2, S3 e S4), lâminas de irrigação (L1, L2 e L3) e cultivares de sorgo (C1, C2 e C3), arranjados em esquema fatorial 4 (S) x 3 (L) com parcelas subdivididas, ficando as cultivares nas sub-parcelas, (4x3)x3.

Figura 1 – Representação esquemática do delineamento experimental.

L1S1	C3	C2	C1
L3S3	C1	C3	C2
L2S1	C3	C2	C1
L3S1	C2	C3	C1
L3S3	C1	C2	C3
L1S4	C1	C3	C2
L1S3	C3	C1	C2
L2S4	C1	C2	C3
L1S2	C2	C1	C3
L3S4	C3	C2	C1
L2S2	C3	C1	C2
L3S2	C2	C3	C1

Para o fator concentração de sais na água de irrigação, a de menor concentração (0,8 dS m⁻¹) foi proveniente de poço artesiano profundo e a água de maior concentração (5,0 dS m⁻¹) foi baseada na tolerância à salinidade da cultura do sorgo para um rendimento potencial de 50 % (CE_a = 5,0 dS m⁻¹), de acordo com Ayers; Westcot (1999), e produzida previamente com a adição de sais (NaCl,

CaCl₂H₂O e MgSO₄7H₂O), para uma proporção molar de cargas de 7:2:1 de Na, Ca e Mg, que representa a composição média das águas salobras do semiárido nordestino. As outras duas concentrações de sais (2,0 e 3,5 dS m⁻¹) da água foram obtidas da mistura dessas duas águas, sendo monitoradas diariamente, com auxílio de um condutivímetro portátil. Durante o ciclo, as médias da condutividade elétrica da água ponderada com os volumes aplicados foram 0,8, 2,4, 3,43 e 4,81 dS m⁻¹, respectivamente.

O fator lâminas de irrigação foi determinado a partir de estimativas da evapotranspiração da cultura (80, 98 e 127%) utilizando-se o método de Penman-Monteith (Equação 1), proposto pela FAO (ALLEN et al., 2006) para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) e K_c estimados pelo método do K_c dual. As lâminas de irrigação realmente aplicadas durante o ciclo da cultura para L1, L2 e L3 foram de 306, 378 e 490 mm, correspondendo a 80, 98 e 127% da ET_c da cultura estimada.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (\text{Equação 1})$$

As cultivares de sorgo escolhidas para o estudo foram BRS 506, IPA 2502 e Ponta Negra. A cultivar Ponta Negra destaca-se como uma cultivar promissora, por ter um bom rendimento de panícula como também de forragem, tendo boa adaptabilidade no estado do Rio Grande do Norte. Por sua vez, as cultivares BRS 506 e IPA 2502, embora fossem muito ricas em sacarose, ainda não se conhece sua adaptabilidade a região.

3.3 Instalação e condução do experimento

3.3.1 Preparo do solo e adubação

O preparo do solo foi realizado 15 dias antes da instalação do experimento, e consistiu-se de uma aração, seguida por uma gradagem, abertura dos sulcos de

plantio e realização da adubação de fundação. Em seguida, foi realizado o fechamento dos sulcos, deixando a área apta para instalação do sistema de irrigação. Após instalação do sistema de irrigação, foi aplicado o filme de polietileno preto-preto de 1,0 m de largura, cobrindo o camalhão (mulch) para controlar o desenvolvimento de ervas daninhas e evitar lavagem direta do solo por água de chuva.

Para a adubação do solo, foram utilizadas as recomendações de IPA (2008), conforme os resultados da análise do solo e de acordo com as exigências nutricionais da planta. Para N, a dose padrão foi de 30 kg ha⁻¹, utilizando-se como fonte a ureia. Para K (K₂O) e P (P₂O₅), as doses foram determinadas de acordo com o teor desses elementos no solo, sendo aplicados 20 kg de K₂O e 40 kg de P₂O₅.

3.3.2 Plantio

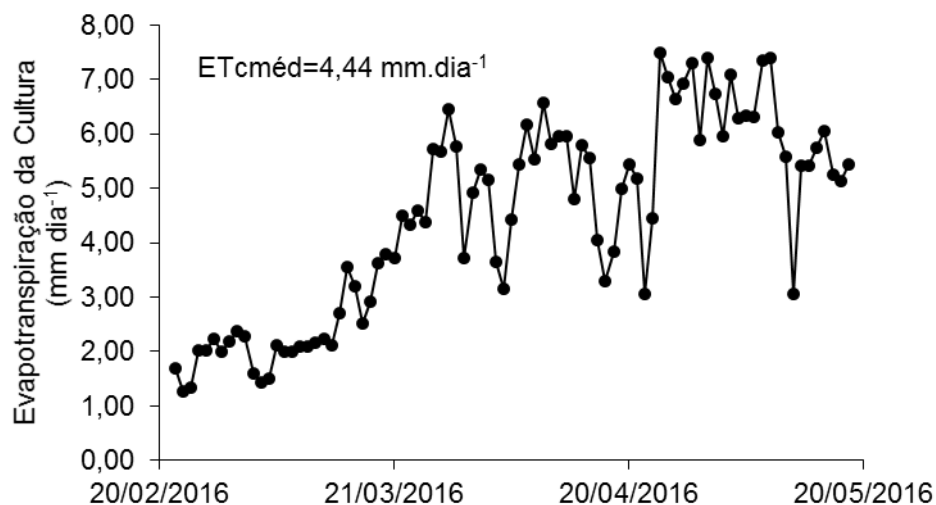
O sorgo foi plantado no espaçamento em fileira dupla 1,2 x 0,3 x 0,15 m, colocando-se três sementes por cova, com desbaste 15 dias após a semeadura, fixando o número definitivo de plantas por metro linear de sulco, de 12 pl m⁻¹, de acordo com o experimento.

3.3.3 Manejo da Irrigação

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi o sistema de irrigação por gotejamento, com emissores de diferentes vazões (3,05, 3,8 e 4,89 L h⁻¹ m⁻¹), dependendo da lâmina de irrigação a ser aplicada na parcela.

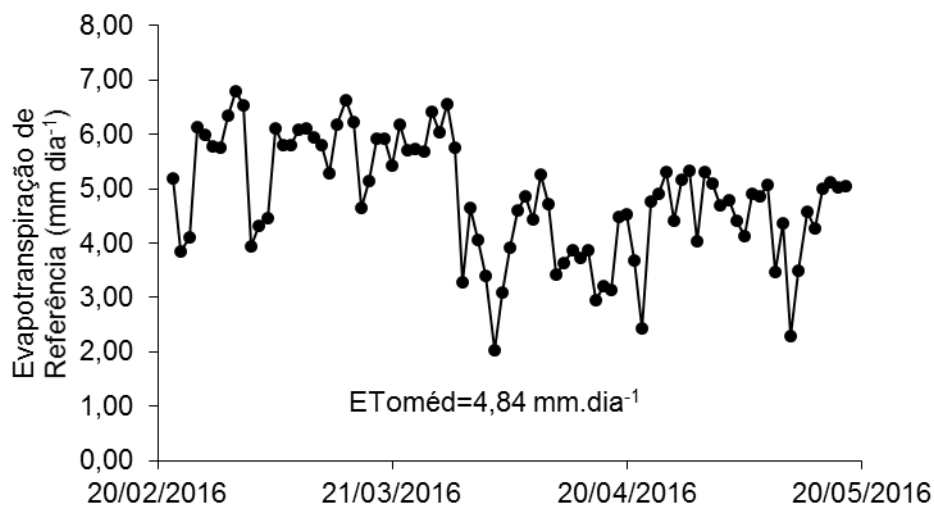
As irrigações foram realizadas diariamente, com base na evapotranspiração máxima da cultura (ET_c), estimada multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo coeficiente de cultura (K_c), conforme método proposto pela FAO 56 (ALLEN et al., 2006), aplicando-se a metodologia do K_c dual. Os valores de K_{cb} (K_c basal da cultura) recomendados pela FAO 56 são iguais a 0,15; 0,95 e 0,35 para o sorgo, nas fases inicial e intermediária e no final, respectivamente. Os dados diários de ET_c estimada diariamente estão apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Representação gráfica dos dados de ETc estimados diariamente.



A ETo foi determinada a partir de dados coletados em uma estação meteorológica localizada próxima ao local do experimento. Os números do experimento estão apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Representação gráfica dos dados diários de ETo durante o período de cultivo do sorgo.



3.3.4 Tratos culturais

Durante a condução do experimento, foram efetuados os tratos culturais e fitossanitários preconizados para a cultura. Foi realizado o controle de plantas invasoras através de capinas manuais, ou mesmo pelo uso de herbicidas indicados à cultura, além do monitoramento do surgimento de pragas e doenças, adotando-se medidas de controle quando necessário.

3.4 Características avaliadas

3.4.1 Salinidade do solo

Foram retiradas amostragens do solo com um trado holandês no perfil do solo de 0-60 cm para determinação da salinidade. As amostras foram realizadas ao início e término do experimento em campo. As análises foram realizadas seguindo duas metodologias, a metodologia do extrato de saturação do solo e a metodologia do extrato aquoso solo-água, na relação 1:2,5 para que fosse feita a conversão de $CE_{1:2,5}$ para CE_{ES} .

3.4.2 Biometria das plantas

Para analisar o crescimento das plantas de sorgo foram identificadas 10 plantas na área útil da parcela experimental, para realização de medições de altura, diâmetro do colmo e número de folhas fotossinteticamente ativas. As medições foram realizadas logo após a floração aos 50 dias após o plantio (DAP).

3.4.2.1 Altura das plantas

A altura das plantas foi mensurada com o auxílio de uma fita métrica, medindo-se duas alturas a primeira, partindo do solo até a primeira folha e a segunda, partindo do solo até a extremidade superior da panícula.

3.4.2.2 Diâmetro do Colmo

Foi determinado nas plantas identificadas o diâmetro do colmo em duas porções da planta, a primeira no terço basal e a segunda no terço médio, utilizando-se um paquímetro digital no terço médio da planta.

3.4.2.3 Número de folhas fotossinteticamente ativas

Foi determinado por meio da contagem simples das folhas fotossinteticamente ativas de cada planta das unidades experimentais.

3.4.3 Acúmulo de biomassa seca das plantas

Para obtenção dos dados de biomassa seca, foi realizada, na colheita, coleta da parte aérea de cinco plantas de cada parcela experimental. A parte aérea da planta foi separada em folhas, inflorescências e colmos. Depois de separado, esse material foi pesado para determinação da massa verde total. Em seguida, foram colocados em estufa à temperatura de circulação forçada mantida em cerca de 65°C, até atingirem massa constante, para obtenção da biomassa seca. Levando em consideração a biomassa verde da planta e a umidade existente nas diferentes partes da planta, quantificou-se a produção de biomassa seca total.

3.4.4 Concentração de macronutrientes

No final do ciclo, aos 93 DAP, após obtenção da massa seca das folhas e colmos, subamostras das plantas foram processadas em moinho do tipo Willey e feitas as determinações de N, P e K. Para determinação dos teores de nutrientes (N, P, K), foram realizadas as digestões nítrica (P e K) e sulfúrica (N), de acordo com metodologia de Tedesco (1995).

A determinação de nitrogênio foi pelo método do destilador de Kjeldahl. A concentração de potássio pela técnica de fotometria de chama e o fósforo pelo

método Colorimétrico do Molibdato-vanadato, no espectrofotômetro (TEDESCO, 1995).

3.4.5 Acúmulo de macronutrientes

A quantidade dos nutrientes extraídos pela planta foi quantificada por meio do produto entre o total de biomassa seca produzida e a concentração do nutriente encontrado em cada parte da planta.

3.4.6 Produtividade dos colmos

Foi determinada por meio da pesagem total dos colmos da área útil no momento da colheita, com o auxílio de uma balança digital e os valores foram expressos em Mg ha^{-1} .

3.4.7 Sólidos Solúveis Totais (SST)

As amostras foram submetidas à prensa hidráulica para coleta do sumo do colmo. Os Sólidos Solúveis Totais foram determinados a partir do caldo extraído do colmo de sorgo e para cada amostra, utilizando-se um refratômetro digital.

3.5 Análises estatísticas

Os dados foram interpretados por meio de análises de variância e regressão, sendo as médias dos fatores lâminas de irrigação e cultivares de sorgo comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade e os efeitos do fator concentrações de sais da água de irrigação avaliados por análise de regressão, desdobrando-se a interação sempre que for significativa a 5% utilizando o *software* SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1 para realizar a análise estatística (RIBEIRO JUNIOR et al., 1993).

4. Resultados e Discussões

4.1 Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo

Com os dados obtidos por meio da análise da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}) e após efetuado os procedimentos estatísticos, obteve-se os resultados expostos no quadro de ANOVA (Tabela 3) a seguir:

Tabela 3 - Quadro de ANOVA para a característica de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo do experimento com diferentes cultivares de sorgo submetidas a diferentes lâminas e salinidades da água de irrigação no município de Mossoró-RN/2016.

FV	GL	F
BLOCO	3	0,18
LAM	2	1,56 ^{NS}
SAL	3	196,74*
LAM*SAL	6	2,36*
ERRO (1)	33	
CULT	2	1,95 ^{NS}
CULT*LAM	4	2,54*
CULT*SAL	6	3,35*
CULT*LAM*SAL	12	1,48 ^{NS}
ERRO (2)	72	
MÉDIA		2,4722
CV 1 (%)		21,19
CV 2 (%)		15,518

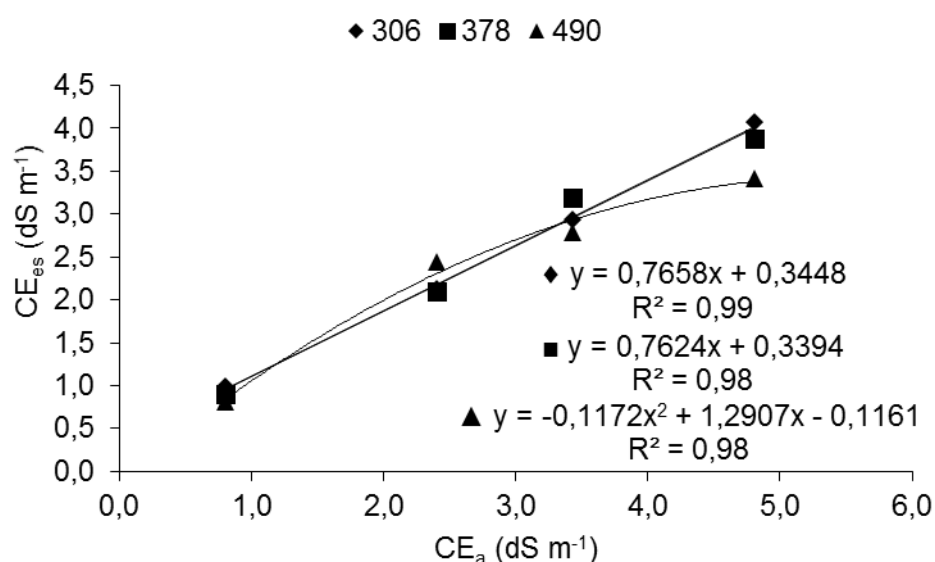
* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, ^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Como pode ser visto na Tabela 3, houve efeito significativo a 5% de probabilidade para o efeito isolado de salinidade e para as interações duplas entre os fatores de variação lâmina de irrigação-salinidade, cultivar-lâmina de irrigação e cultivar-salinidade, havendo diferença estatística em no mínimo uma das médias dos tratamentos analisados.

Na Figura 4, está disposta a representação gráfica do teste pós-ANOVA de regressão para a interação entre os fatores de variação CE_a e lâmina de irrigação,

mostrando que para as lâminas de irrigação com 306 e 378 mm no ciclo de diferentes cultivares de sorgo, correspondendo ao tratamento L1 e L2, respectivamente, houve ajuste linear crescente, variando a CE_{es} da camada de 0-60 cm de profundidade, da menor para a maior CE_a 320,74 (L1) e 322,04% (L2). Para a lâmina de irrigação com 490 mm que corresponde ao tratamento L3, houve ajuste quadrático, onde o valor máximo de CE_{es} é 3,43 dS m⁻¹ com uma CE_a de 5,5 dS m⁻¹, valor menor do que o alcançado com as duas menores lâminas. A relação entre a CE_{es} e a CE_a é de 0,76.

Figura 4 – Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo em função da salinidade da água de irrigação para cada lâmina de irrigação estudada no município de Mossoró-RN/2016.



Santana et al. (2003), em seu experimento utilizando diferentes salinidades de água na cultura do pepino, notaram que a medida que se aumentou a CE_a houve aumento proporcional da CE_{es} , variando a CE_a de 0,1 a 5,5 dS m⁻¹ para uma faixa de CE_{es} que aos 82 dias após a semeadura de 0,43 a 8,51 dS m⁻¹, um aumento de mais de 1800% no valor encontrado na menor CE_a . Mostrando que assim como os tratamentos L1 e L2, na medida em que a CE_a aumentou houve acréscimo na CE_{es} , só que em uma proporção bem maior do que a encontrada neste trabalho.

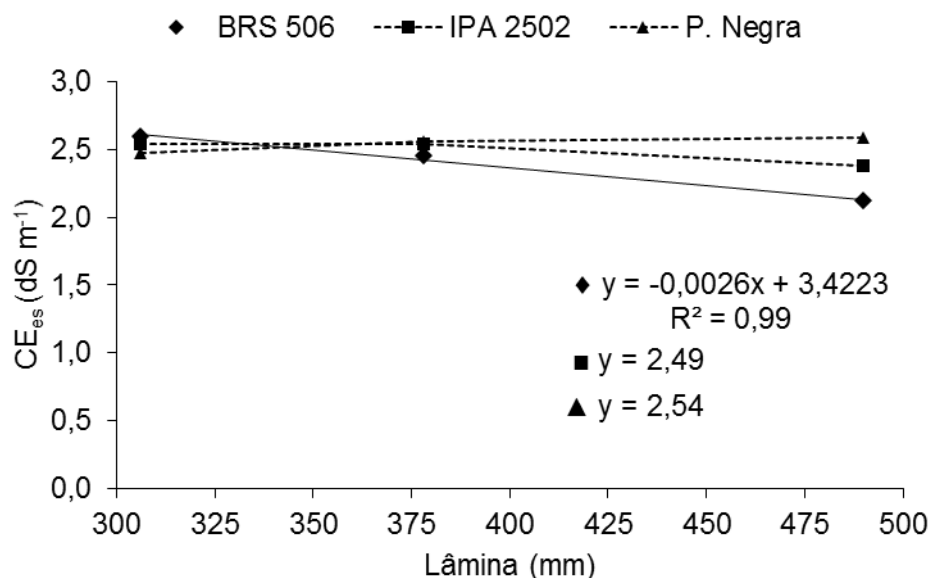
Lima et al. (2007), em seu trabalho estudando a resposta do feijão caupi a diferentes salinidades da água de irrigação, em concordância ao autor anterior, encontraram ajuste linear para a CE_{es} , onde o incremento de 0,5 para 5 dS m^{-1} aumentou em 105,4% a CE_{es} , indicando que na medida em que se aumenta a concentração de sais na água de irrigação, aumenta-se também a concentração de sais depositados no solo.

No tratamento L3, correspondendo à lâmina de 490 mm (127% da ET_c), o ajuste quadrático se deve provavelmente a lixiviação de sais pelo excesso de água tendo como referência a necessidade da cultura, o que em termos técnicos corresponderia a aproximadamente uma lâmina de lixiviação, sendo recomendada a utilização quando se faz uso de água com qualidade inferior.

Na Figura 5, é mostrada a representação gráfica para a interação entre os fatores de variação cultivares de sorgo e lâminas de irrigação, mostrando que apenas para a cultivar BRS 506 houve ajuste linear negativo da equação mostrando que na medida em que houve incremento na lâmina de irrigação a CE_{es} da camada de 0-60 cm de profundidade houve tendência de redução gradativa na casa de 18,21%. Para as cultivares IPA 2502 e P. Negra, não houve ajuste de equação, sendo as médias 2,49 e 2,54 dS m^{-1} , respectivamente, independentemente da lâmina de irrigação aplicada.

Houve tendência de queda de CE_{es} na medida em que se aumentou a lâmina de irrigação para cultivar BRS 506, demonstrando pequena diferença na lixiviação de íons do solo nos diferentes tratamentos de lâmina de irrigação, sendo que nas lâminas maiores a concentração de sais próximo à zona radicular é menor, pois na distribuição de sais no perfil as maiores concentrações se encontram nas bordas do bulbo molhado formado pela irrigação. Ferreira et al. (2006), em seu trabalho utilizando diferentes lâminas de lixiviação para a cultura da beterraba, notaram que na medida em que a lâmina de lixiviação era aumenta em uma faixa de 53 até 248 mm, a CE_{es} foi reduzida na camada de 0-30 cm do solo, indicando ocorrência de perda de sais do perfil do solo, confirmadas pela diminuição da concentração salina.

Figura 5 – Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo em função da lâmina de irrigação para cada cultivar de sorgo estudada no município de Mossoró-RN/2016.

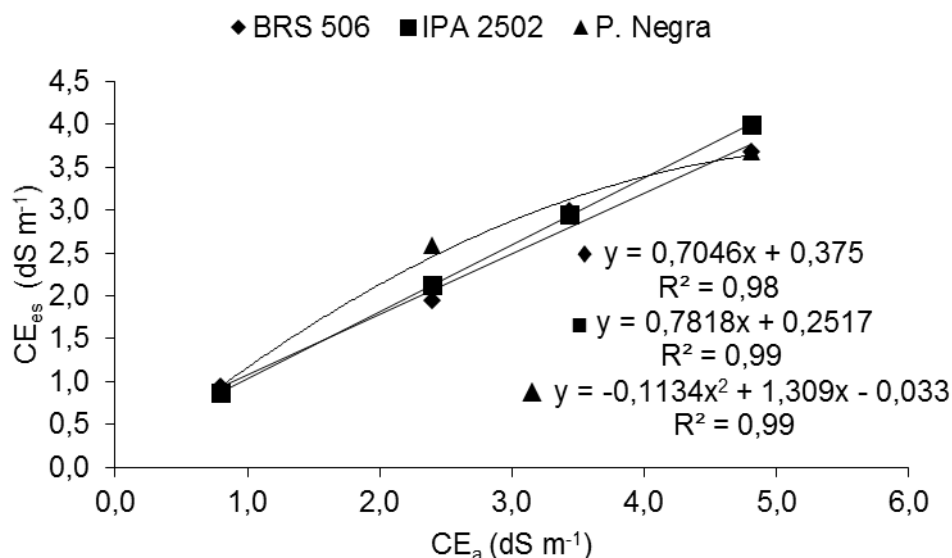


Na Figura 6, está a representação gráfica da regressão para a interação entre os fatores de variação salinidade da água de irrigação e diferentes cultivares de sorgo, mostrando que nas três cultivares estudadas houve ajuste da equação, sendo que para as cultivares BRS 506 e IPA 2502 o ajuste foi linear positivo, na medida em que houve incremento na CE_a também houve incremento na CE_{es} da camada de 0-60 cm de profundidade, na margem de 301 e 357,4%, respectivamente. Para a cultivar P. Negra, o ajuste da equação foi quadrático, tendo como ponto máximo da curva de CE_{es} o valor de 3,74 dS m⁻¹ a uma CE_a de 5,77 dS m⁻¹.

Na medida em que houve incremento na CE_a , houve nas cultivares BRS 506 e IPA 2502 aumento proporcional na CE_{es} na camada do solo de 0-60 cm de profundidade, o que ocorre porque quanto maior a concentração de sais na água de irrigação maior será a CE_{es} , pois a concentração de sais presente na água de irrigação será depositada ao solo, e só será removida por meio da lixiviação do sais do perfil do solo, através de uma lâmina de lixiviação. A salinidade média da zona radicular para as plantas é também afetada pelo grau em que a água do solo é consumida entre as irrigações (RHOADES, 1982), tendo em vista que o solo esteve

coberto por *mulching* durante todo o período do experimento, o consumo de água pelas plantas afetou diretamente a CE_{es} .

Figura 6 – Condutividade elétrica do extrato de saturação em função da salinidade da água de irrigação para cada cultivar de sorgo estudada no município de Mossoró-RN/2016.



Para a cultivar P. Negra, a salinidade cresce na medida em que se aumenta a concentração de sais da água de irrigação, mas somente até o ponto máximo determinado pela curva, provavelmente porque as plantas dessa cultivar conseguiram realizar um ajuste osmótico com o solo, para conseguir realizar a extração da água e nutrientes do solo, como afirma Sertão (2005) e Epstein & Bloom (2006), que existem plantas classificadas como halófitas ou mais tolerantes, capazes de estabelecer esse equilíbrio osmótico mesmo em condições de baixos potenciais de água no solo.

De acordo com Silva et al. (2000), essas plantas acumulam no vacúolo das células foliares os íons salinos absorvidos, mantendo a concentração salina no interior da célula em níveis baixos e, desta forma, o excesso de sais não interfere na hidratação das proteínas e nos mecanismos enzimáticos e metabólicos da planta.

4.2 Biometria da planta

Na Tabela 4, é exposto o quadro de ANOVA para as características de altura da primeira folha (AF1), altura do cacho (AC), diâmetro da base (DB), diâmetro do terço médio da planta (DTM) e número de folhas fotossinteticamente ativas (NFFA). Para as características estudadas de AF1 e AC, houve interação cultivar e salinidade da água, houve também efeito isolado para a cultivar em todas as características avaliadas e salinidade para AF1. Nas demais fontes de variação, não houve diferença estatística.

Tabela 4 – Quando de ANOVA para as características biométricas de altura da folha 1 (AF1), altura do cacho (AC), diâmetro da base (DB), diâmetro do terço médio (DTM) e número de folhas fotossinteticamente ativas (NFFA) em diferentes cultivares de sorgo submetidas a lâminas de irrigação e salinidade da água de irrigação no município de Mossoró-RN/2016.

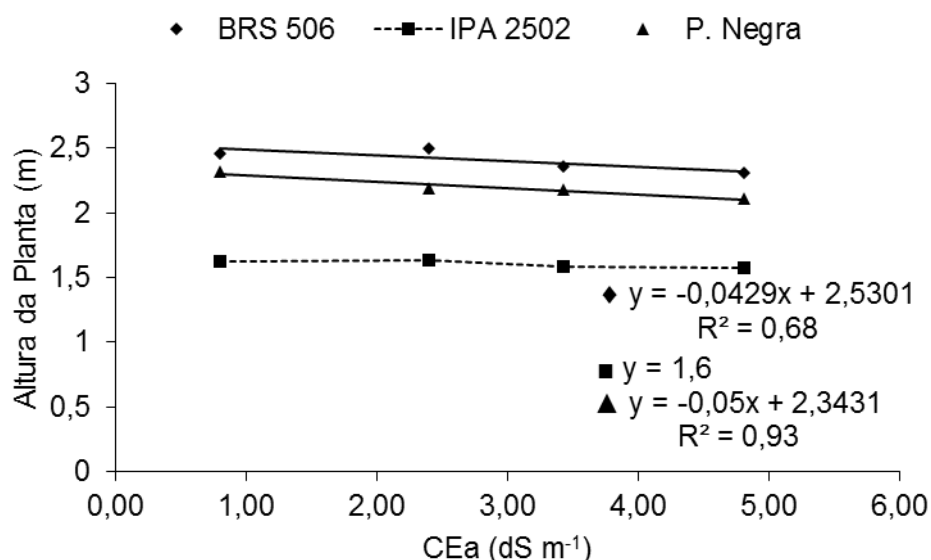
FV	GL	AF1	AC	DB	DTM	NFFA
Estatística F						
BLOCO	3	2,18	2,32	3,59	6,97	12,58
LAM	2	0,31 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,90 ^{NS}	0,07 ^{NS}	1,16 ^{NS}
SAL	3	3,24*	3,52 ^{NS}	0,50 ^{NS}	0,50 ^{NS}	0,38 ^{NS}
LAM*SAL	6	0,11 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,58 ^{NS}	1,28 ^{NS}	1,05 ^{NS}
ERRO (1)	33	-	-	-	-	-
CULT	2	807,96*	605,72*	109,23*	111,56*	786,99*
CULT*LAM	4	0,42 ^{NS}	0,33 ^{NS}	0,45 ^{NS}	0,51 ^{NS}	0,20 ^{NS}
CULT*SAL	6	2,62*	2,31*	1,25 ^{NS}	0,31 ^{NS}	0,31 ^{NS}
CULT*LAM*SAL	12	1,34 ^{NS}	1,17 ^{NS}	0,45 ^{NS}	1,49 ^{NS}	0,84 ^{NS}
ERRO (2)	72	-	-	-	-	-
MÉDIA		2,069	2,381	17,801	15,342	11,438
CV 1 (%)		9,744	9,365	11,750	12,714	6,144
CV 2 (%)		4,925	4,736	6,765	8,216	4,864

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, ^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 7, está a representação gráfica do teste pós-ANOVA de regressão para a interação entre a salinidade da água de irrigação e diferentes cultivares de sorgo para a característica de altura da folha 1 (AF1), houve ajuste linear negativo

para as cultivares BRS 506 e P. Negra; para a cultivar IPA 2502, não houve ajuste de equação.

Figura 7 – Altura da folha 1 em função da salinidade da água de irrigação para cada cultivar de sorgo estudada no município de Mossoró-RN/2016.



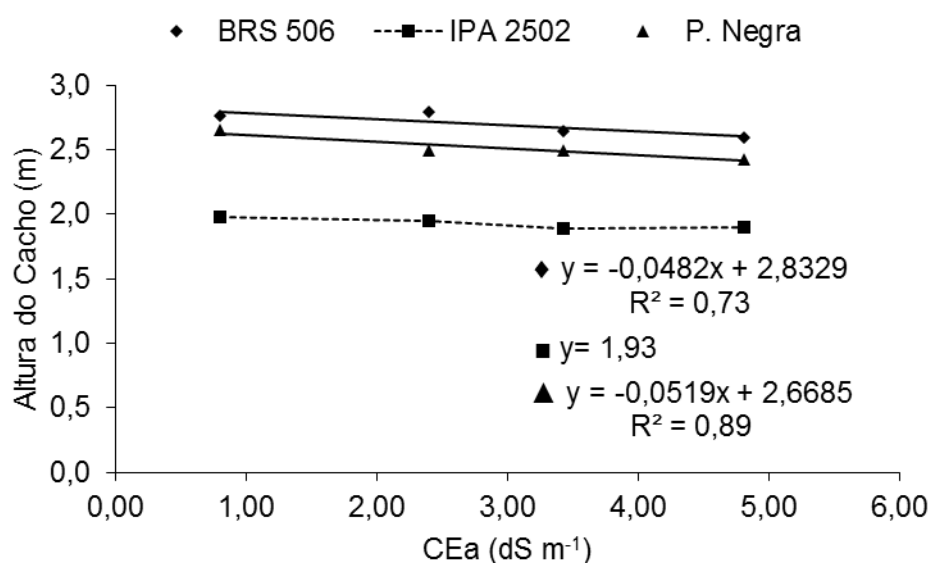
Aquino (2005), em seu estudo avaliando crescimento e mecanismos de tolerância a salinidade em duas cultivares de sorgo forrageiro, notou que na medida em que houve incremento na CE_a houve redução na altura dos colmos para as duas cultivares estudadas, o que corrobora com este trabalho, onde, para as cultivares BRS 506 e P. Negra, também houve resposta de redução da altura com o incremento da CE_a.

Vieira (2006), avaliando produtividade de duas cultivares de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas, encontrou que com o incremento da CE_a houve decréscimo na altura de plantas apenas para a cultivar CSF 18, tendo uma variação da menor CE_a (0,9 dS.m⁻¹) plantas com 4,19 m; para a maior CE_a (5,8 dS.m⁻¹) plantas com 3,84 m, ou seja, uma redução de aproximadamente 8,19%. No presente trabalho, houve redução de 6,75 e 8,71% para as cultivares BRS 506 e P. Negra, respectivamente.

Na Figura 8, é mostrada a interação entre os fatores de variação salinidade da água de irrigação e diferentes cultivares de sorgo para a característica de AC,

havendo ajuste da equação para as cultivares BRS 506 e P. Negra, sendo o mesmo linear negativo, demonstrado que o aumento da salinidade da água de irrigação afetou o rendimento da cultura no que tange à altura do cacho. Para a cultivar IPA 2502, não houve ajuste de equação, sendo a média dos tratamentos igual a 1,93 m.

Figura 8 – Altura do cacho da planta em função da salinidade da água de irrigação para cada cultivar de sorgo estudada no município de Mossoró-RN/2016.

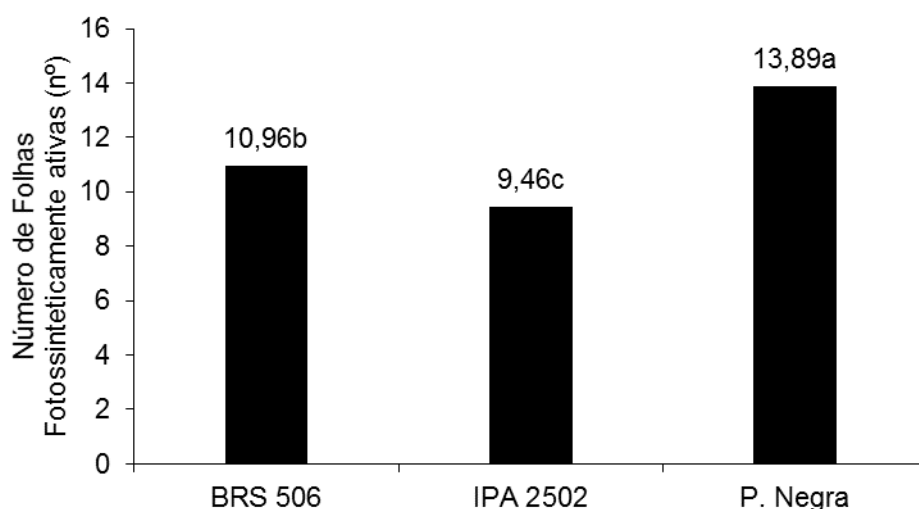


Silva (2015), avaliando a tolerância a salinidade de diferentes cultivares de sorgo sacarino, encontrou que para as cultivares estudadas SF 11, P 76 e P 298; houve redução de 30,92; 31,23 e 44,64% de redução na altura das plantas com o aumento da salinidade da água de irrigação de 0,5 para 10 dS m⁻¹ e para a cultivar SF 15, que teve o ponto de menor altura da planta (130,52 cm) a uma salinidade da água de irrigação de 8,45 dS m⁻¹.

No presente trabalho, se encontrou redução de apenas 6,92 e 7,92% de redução na altura do cacho das plantas das cultivares BRS 506 e P. Negra, respectivamente, com variação na salinidade da água que partindo de 0,8 e chegando a 4,81 dS m⁻¹. Dessa forma, as cultivares estudadas nesse trabalho se mostraram mais tolerantes às mudanças na salinidade da água de irrigação, pois mesmo havendo diferença estatística entre as cultivares a redução ocasionada foi muito pequena, interferindo de forma mínima na característica de altura do cacho.

Para as características de diâmetro da base e diâmetro do terço médio, não houve efeito significativo para nenhum dos fatores de variação em estudo. A característica de número de folhas fotossinteticamente ativas teve efeito significativo para cultivares (Figura 9).

Figura 9 – Número de folhas fotossinteticamente ativas para cada cultivar estudada na região de Mossoró/RN.



Como mostra a Figura 9, a cultivar P. Negra possuiu um número maior de folhas ativas, se diferenciando das demais cultivares, sendo 21,09% e 31,89% superior à cultivar BRS 506 e IPA 2502. As cultivares estudadas se mostraram tolerantes à concentração de sais na água de irrigação até o limiar da cultura de 5 dS m⁻¹, além de suportarem uma irrigação deficitária com uma redução de 25% no volume de água com reduções biométricas da planta inferiores a 10%.

4.3 Produção de biomassa, grãos e sólidos solúveis totais

Na Tabela 5, está disposto o resumo de ANOVA para as características relacionadas à produção de biomassa, tanto fresca, quanto seca. Para as características de produção de grãos (PG) e produção total de matéria fresca (PT), houve significância para os fatores de variação isolado de cultivar para ambas as características, e o efeito interação cultivar e lâmina de irrigação para a

característica PT. Nas demais características – produção de matéria seca total (PMST), sólidos solúveis totais (SST), produção de matéria seca do colmo (PMSC) e produção de matéria seca da folha (PMSF), houve efeito do fator isolado de cultivar. Houve significância para a interação cultivar e salinidade para as características de SST e PMSC; para PMSF, houve efeito para a interação lâmina e salinidade.

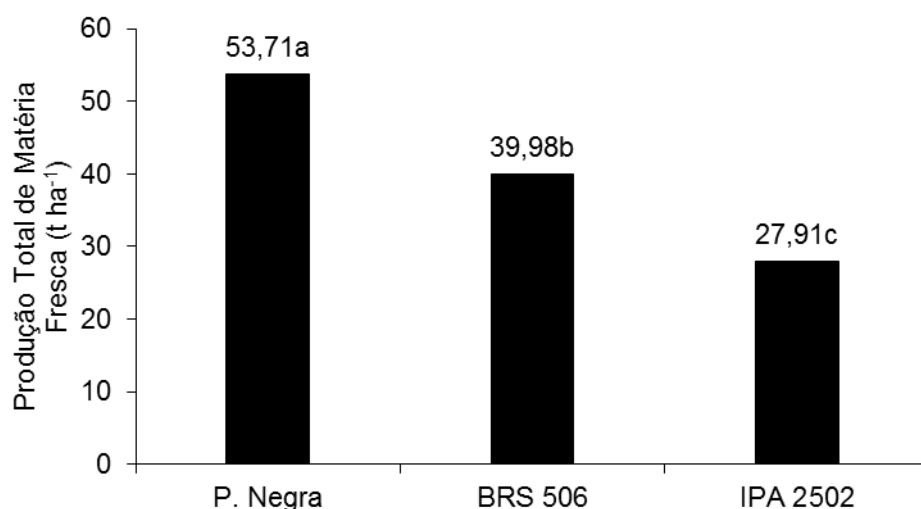
Tabela 5 – Resumo de ANOVA para as características de produção total de matéria fresca (PT), produção de grãos frescos (PG), sólidos solúveis totais (SST), produção de matéria seca total (PMST), produção de matéria seca do colmo (PMSC) e produção de matéria seca da folha (PMSF) de cultivares de sorgo submetidas a lâminas e salinidade na água de irrigação na região de Mossoró-RN/2016.

FV	GL	PT	PG	SST	PMST	PMSC	PMSF
Estatística F							
BLOCO	2	0,04	0,59	0,46	0,11	0,47	3,06
SAL	3	0,93 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,93 ^{NS}	0,5 ^{NS}	0,92 ^{NS}	0,88 ^{NS}
LAM	2	2,4 ^{NS}	1,36 ^{NS}	1,48 ^{NS}	2,41 ^{NS}	2,56 ^{NS}	2,74 ^{NS}
LAM*SAL	6	0,73 ^{NS}	0,58 ^{NS}	0,41 ^{NS}	1,53 ^{NS}	1,34 ^{NS}	2,4*
ERRO (1)	22						
CULT	2	276,05*	257,15*	458,99*	159,83**	234,34**	17,81**
CULT*SAL	6	1,6 ^{NS}	0,24 ^{NS}	2,63*	2,20 ^{NS}	2,42*	1,12 ^{NS}
CULT*LAM	4	2,66*	0,35 ^{NS}	1,41 ^{NS}	1,51 ^{NS}	2,18 ^{NS}	0,37 ^{NS}
CULT*LAM*SAL	12	1,2 ^{NS}	0,48 ^{NS}	0,97 ^{NS}	1,21 ^{NS}	1,14 ^{NS}	1,19 ^{NS}
ERRO (2)	48						
CV 1 (%)		24,10	22,42	22,61	11,18	31,80	30,36
CV 2 (%)		11,50	22,43	13,96	11,08	21,78	30,46
MÉDIA		40,53	4,57	11,40	12,47	5,44	1,94

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, ^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Para a característica de PT, está exposta na Figura 10 a representação gráfica do fator de variação cultivares de sorgo, mostrando que a cultivar P. Negra obteve maior produção de matéria fresca quando comparada às demais cultivares, sendo 34,3 e 92,4% superior às cultivares BRS 506 e IPA 2502, respectivamente.

Figura 10 – Produção total de matéria fresca em função das cultivares de sorgo na região de Mossoró-RN/2016.



Parrela et al. (2011), estudando o desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa, encontraram que a média das variedades estudadas (7) em diferentes locais foi de 52,36 t ha⁻¹, valor próximo ao encontrado neste trabalho para a cultivar P. Negra (53,71 t ha⁻¹). Parrela et al. (2010), estudando cultivares de sorgo sacarino, entre as cultivares estudadas estava a BRS 506, identificaram que a média de produção de matéria fresca nos mais diferentes locais estudados foi de 47,67 t ha⁻¹, superior ao encontrado no presente trabalho (39,98 t ha⁻¹).

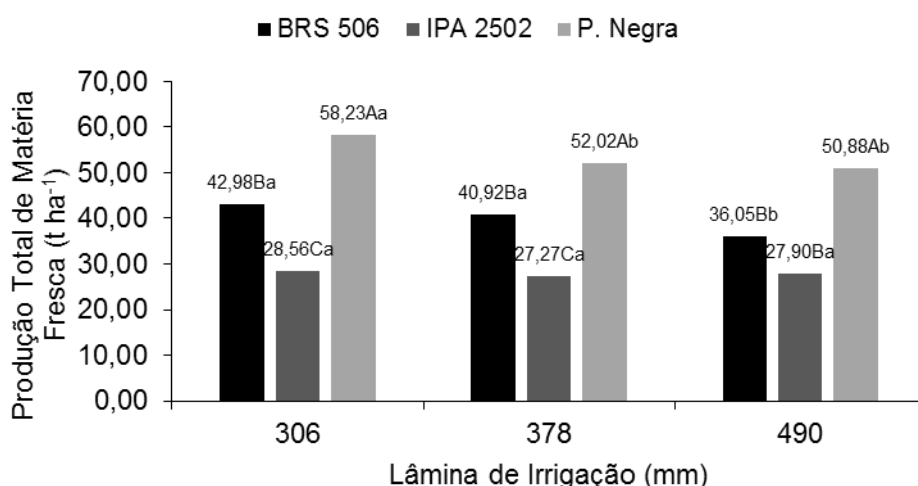
Elias et al. (2016), estudando características agrônômicas de cultivares de sorgo em sistema de plantio direto, encontraram para a cultivar IPA 2502 produção total de matéria fresca de 20,77 t ha⁻¹. Dessa forma, se mostrou que a capacidade produtiva das cultivares com aptidão para a produção de biomassa se sobressaiu quando comparada às demais cultivares estudadas que possuem outras aptidões produtivas.

Na

Figura 11 Figura 11, está apresentado o gráfico da interação para a característica de produção total de matéria seca. Em todas as cultivares estudadas, houve tendência à redução na produção de matéria seca com o aumento da lâmina de irrigação, tendo a cultivar P. Negra sobressaído quando comparada às demais cultivares,

demonstrando que a redução do volume de água aplicada favoreceu uma maior produção, dadas as condições a que foram submetidas.

Figura 11 – Produção total de matéria fresca de cultivares de sorgo em função das lâminas de irrigação na região de Mossoró-RN/2016.

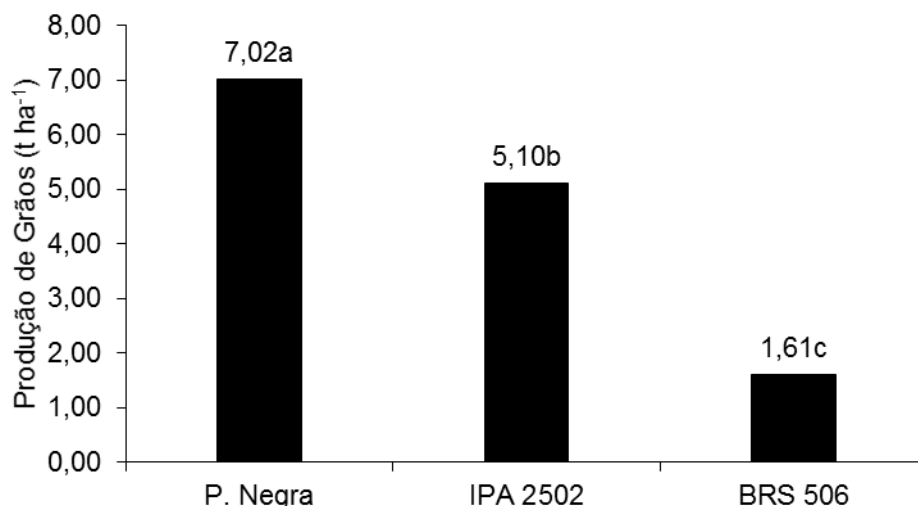


Diferenças das cultivares dentro de cada lâmina indicada por média seguida de letras maiúsculas, diferenças de lâmina dentro de cada cultivar indicada por médias seguidas letras minúsculas.

Na Figura 12, está disposta a representação gráfica da característica de PG para o fator de variação cultivar. A cultivar que obteve a maior produção de grãos foi a P. Negra, com uma produção de 7,01 t ha⁻¹, valor maior que os encontrados para a cultivar IPA 2502 (5,1 t ha⁻¹) e BRS 506 (1,6 t ha⁻¹), demonstrando boa aptidão da cultivar tanto para a produção de biomassa quanto para a produção de grãos.

Silva et al. (2009), avaliando cultivares de sorgo granífero na safrinha, encontraram valores médios para as cultivares estudadas de 1,71 t ha⁻¹ de grãos, valor equiparado ao menor valor encontrado nesse trabalho com a cultivar BRS 506 (1,6 t ha⁻¹), que não possui aptidão para a produção de grãos. Dessa forma, a produção de grãos nas condições impostas nesse trabalho foi superior às condições de produção na safrinha.

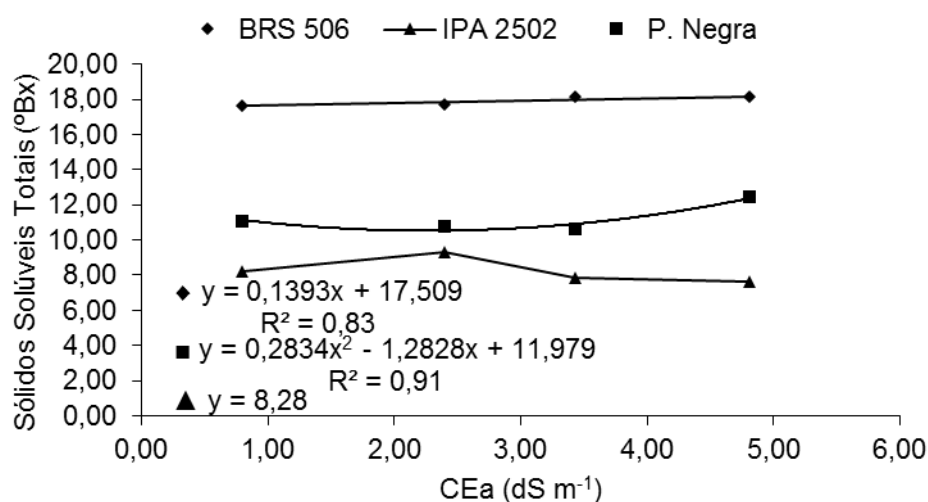
Figura 12 – Produção de grãos em função das cultivares de sorgo estudadas na região de Mossoró-RN/2016.



Na Figura 13, está apresentada a Interação entre os fatores de interação cultivar de sorgo e lâmina de irrigação para a característica de SST. Não houve ajuste de equação para nenhuma das cultivares estudadas. A cultivar BRS 506 demonstrou pequeno decréscimo no teor de SST com o aumento da lâmina de irrigação, sendo essa diferença de 2,71%, com a média sendo igual a 17,91 °Bx. Com relação à cultivar P. Negra, não houve ajuste de equação, sendo a média de 11,24 °Bx. Para cultivar IPA 2502, não houve ajuste de equação que se adequasse ao fenômeno, sendo a média da cultivar o valor de 8,28 °Bx.

Parrela et al. (2010), avaliando 25 diferentes cultivares de sorgo, encontraram valor médio dos diferentes locais estudados de 18,62 °Bx. Pereira Filho et al. (2013), estudando diferentes densidades de semeadura para cultivares de sorgo sacarino, encontraram para a cultivar BRS 506 o valor de 15,55 °Bx, sendo os maiores valores encontrados nas cultivares BBS 501 e 505. No presente trabalho, os valores se assemelham aos encontrados pelo primeiro autor. A maior concentração de SST nos tratamentos com maior salinidade se deve provavelmente ao ajuste osmótico promovido pelas plantas com a finalidade de não perder água para o ambiente salino ao qual a planta foi submetida.

Figura 13 – Sólidos solúveis totais em função da salinidade da água de irrigação para cada cultivar de sorgo estudada na região de Mossoró-RN/2016.

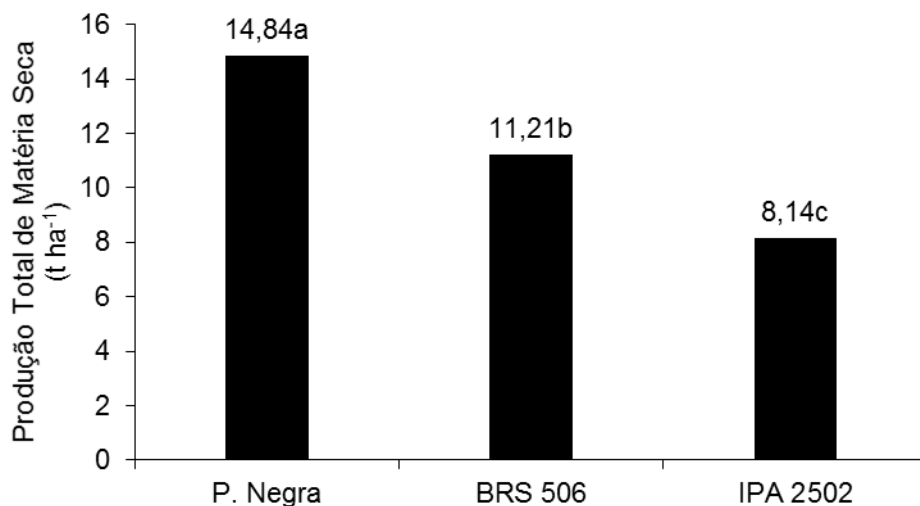


Na Figura 14, está apresentado resultado da interação entre os fatores de variação cultivar e salinidade para a característica de produção de matéria seca total. Como pode ser observado, na interação entre os fatores, para nenhuma das cultivares estudadas houve ajuste de equação, sendo as médias 11,21; 8,15 e 14,85 t ha⁻¹ das respectivas cultivares BRS 506, IPA 2502 e P. Negra. Mesmo sem o ajuste das equações, a cultivar P. Negra mostrou maior produção de matéria seca, chegando a ser 32,4 e 82,2% superior às cultivares BRS 506 e IPA 2502, respectivamente.

May et al. (2012), trabalhando sistemas agroindustriais de sorgo, encontraram valores de produção de MS para as cultivares BRS 511, 508 e 509, de 13,81, 13,00 e 12,96 t ha⁻¹. Gomes et al. (2006), estudando o comportamento agrônomo de diferentes cultivares de sorgo forrageiro, encontraram valores médios entre as cultivares de 11,08 t ha⁻¹; dentre as cultivares estudadas, estava a BRS 506 com uma produção de MS de 12,28 t ha⁻¹. Botelho et al. (2010), avaliando genótipos de sorgo primeiro corte e rebrota para a produção de silagem, estudaram quatro cultivares, encontrando valor médio de 15,54 t ha⁻¹. Com isso nota-se que os valores encontrados nesse trabalho pouco se alteraram com o aumento da concentração de sais da água de irrigação, de modo que o aumento da concentrações de sais não influenciou de forma significativa a produção de MS das plantas até o valor limiar da

cultura, assim como as produções são coerentes com os valores encontrados na literatura.

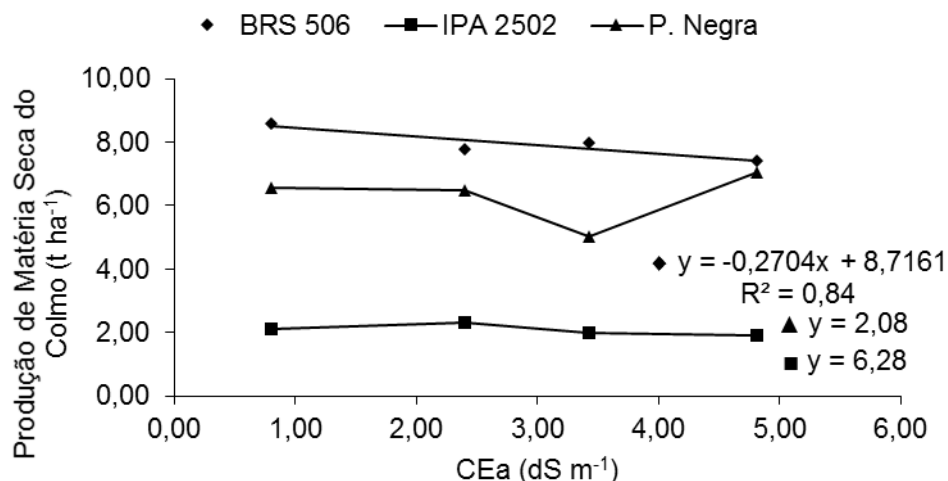
Figura 14 – Produção total de matéria seca em função de cada cultivar de sorgo estudada na região de Mossoró-RN/2016.



Na Figura 15, está a representação gráfica da interação entre cultivares de sorgo e salinidade da água de irrigação para a característica PMSC. Para todas as cultivares estudadas, não houve ajuste de equação que se aplicasse aos fenômenos. As médias das cultivares foram 7,94, 2,08 e 6,28 t ha⁻¹ para as cultivares BRS 506, IPA 2502 e P. Negra, respectivamente.

Tavian et al. (2014), estudando o efeito da adubação nitrogenada no acúmulo de biomassa de sorgo forrageiro, encontraram valores variando de 4,2 a 6,9 t ha⁻¹, dependendo da dose de N aplicada. Silva et al. (2012), avaliando diferentes genótipos de sorgo para forragem e silagem, encontraram valores médios entre as cultivares de 5,57 t ha⁻¹. Neste trabalho, o aumento da concentração de sais da água de irrigação não influenciou de forma significativa, resultados diferentes dos encontrados por Silva (2015), avaliando a tolerância de cultivares de sorgo a salinidade, para quem o aumento da salinidade da água de irrigação provocou redução na produção de matéria seca das cultivares do fruto estudado.

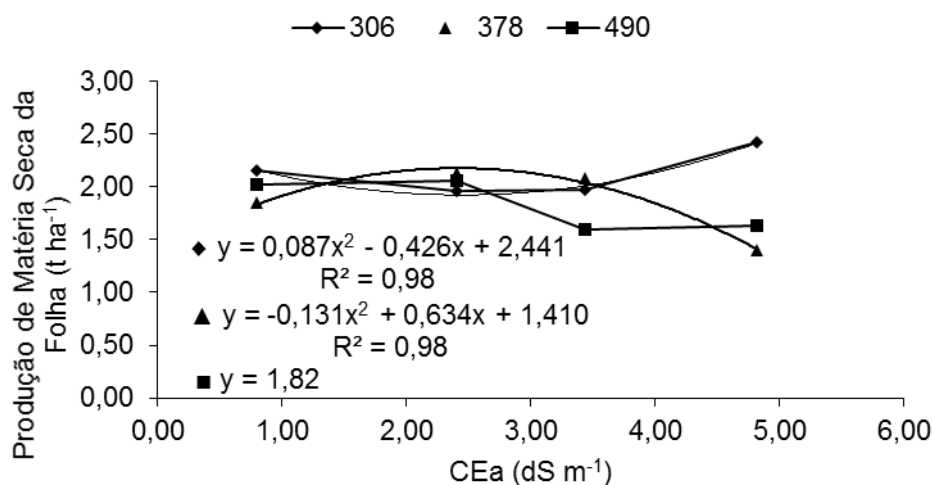
Figura 15 – Produção de matéria seca do colmo em função da salinidade da água de irrigação para cada cultivar de sorgo estudada na região de Mossoró-RN/2016.



Na Figura 16, está exposta a representação da interação entre os fatores de variação lâmina e salinidade da água de irrigação para a característica de PMSF. Dentre as lâminas de irrigação estudadas, apenas a lâmina de 378 mm, correspondente a 100% ETC, se ajustou à equação, sendo quadrática, estando o ponto de máxima 2,17 t ha⁻¹ com salinidade da água de irrigação de 2,41 dS m⁻¹. As demais lâminas não se ajustaram a equações que se adequassem ao fenômeno, suas médias foram para a lâmina de 306 mm, 2,12 t ha⁻¹ e para a lâmina de 490 mm, 1,82 t ha⁻¹.

Silva et al. (2012) encontraram valores médios de MS da folha das cultivares estudadas de 1,21 t ha⁻¹. Tavian et al. (2014) encontraram valores mais elevados, chegando a 6,18 t ha⁻¹. Esses resultados corroboram com este trabalho foram encontrados por Silva (2015), que percebeu que o aumento na concentração de sais reduziu a MS da folha. Dessa forma, mesmo o aumento da lâmina que provocaria uma lixiviação e posterior carregamento do sais para distante do sistema radicular das plantas não foi suficiente para minimizar o efeito do aumento da concentração de sais na MS da folha.

Figura 16 – Produção de matéria seca da folha em função da salinidade da água de irrigação para cada lâmina de irrigação estudada na região de Mossoró-RN/2016.



4.4 Teor e conteúdo de NPK

Na Tabela 6, está exposto o quadro de ANOVA para as características de teor de nitrogênio na folha (NFOL) e no colmo (NCOL), teor de fósforo na folha (PFOL) e colmo (PCOL) e a característica de teor de potássio na folha (KFOL) e colmo (KCOL). Para efeito isolado de lâmina de irrigação e salinidade da água de irrigação, não houve diferença estatística para nenhuma das características estudadas. Para efeito de interação entre lâmina e salinidade da água de irrigação, houve significância apenas para a característica de PFOL. Com relação ao efeito isolado para cultivar, apenas a característica de NFOL não foi significativa; as demais características se mostraram significativas. Na interação entre cultivares de sorgo e lâmina de irrigação, houve significância apenas para a característica NCOL. Para interação entre cultivares de sorgo e salinidade da água de irrigação, apenas a característica de PFOL se mostrou significativa para o teste.

Tabela 6 – Resumo de ANOVA para as características de teor de NPK na folha e no colmo em diferentes cultivares de sorgo submetidas à lâmina e salinidade da água de irrigação na região de Mossoró-RN/2016.

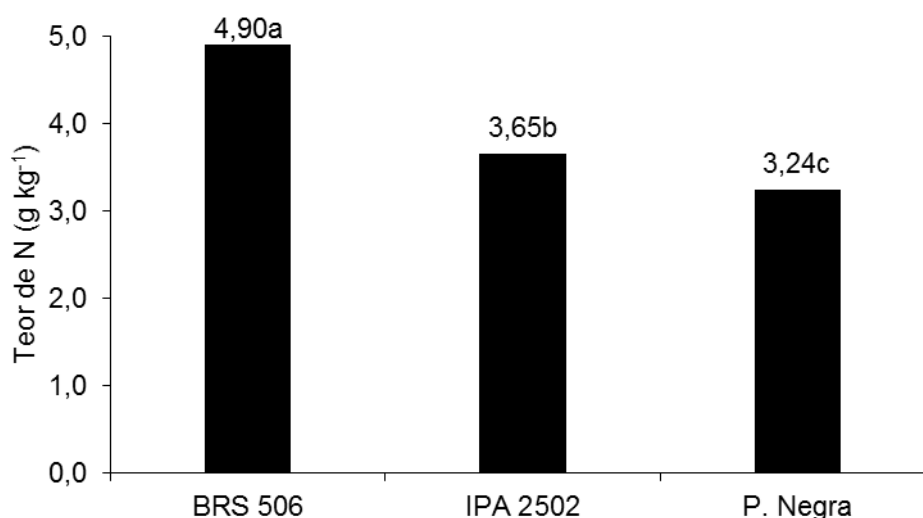
FV	GL	NFOL	NCOL	PFOL	PCOL	KFOL	KCOL
		Estatística F					
BL	3	4,43	0,43	5,02	4,98	4,9	12,95
SAL	2	0,12 ^{NS}	2,48 ^{NS}	1,70 ^{NS}	0,55 ^{NS}	2,18 ^{NS}	0,57 ^{NS}
LAM	3	1,79 ^{NS}	0,37 ^{NS}	0,92 ^{NS}	2,20 ^{NS}	0,56 ^{NS}	0,28 ^{NS}
LAM*SAL	6	0,95 ^{NS}	1,43 ^{NS}	2,94*	1,63 ^{NS}	0,33 ^{NS}	0,28 ^{NS}
ERRO (1)	33						
CULT	2	1,33 ^{NS}	63,07**	10,33**	48,45**	8,76**	185,55**
CULT*SAL	4	1,45 ^{NS}	1,06 ^{NS}	2,39*	1,58 ^{NS}	2,21 ^{NS}	0,55 ^{NS}
CULT*LAM	6	1,05 ^{NS}	2,70*	0,88 ^{NS}	1,46 ^{NS}	2,20 ^{NS}	0,79 ^{NS}
CULT*LAM*SAL	12	1,63 ^{NS}	1,27 ^{NS}	1,26 ^{NS}	0,67 ^{NS}	1,51 ^{NS}	1,47 ^{NS}
ERRO (2)	72						
CV 1 (%)		18,73	27,18	21,78	22,34	33,66	20,33
CV 2 (%)		19,98	19,27	24,68	21,91	37,09	22,37
MÉDIA		13,59	3,93	3,58	1,22	14,25	23,23

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade, ^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 17, está disposta a representação gráfica do teste de médias para todas as variáveis significativas no quadro de ANOVA (Tabela 6). A cultivar que demonstrou as maiores concentrações de nitrogênio foi a BRS 506, uma cultivar sacarina. Soares et al. (2014), trabalhando com o acúmulo de matéria seca e nutrientes na cultura do sorgo, estudando os híbridos sacarinos CVSW80007, CVSW80147, CVSW82028 e CVSW82158, encontraram para o nitrogênio que a maior parte do nutriente acumulado na planta é alocado nos grãos, em torno de 35 a 45%, vindo em seguida folhas e colmo, as partes da planta com maior concentração de nitrogênio em híbridos sacarinos, variando entre 25 e 30%.

Para Borges et al. (2016), também trabalhando com acúmulo de nutrientes, mas estudando híbridos graníferos, encontraram resultados em concordância com o autor anterior, sendo a maior parte do nitrogênio direcionada para os grãos ($\approx 55\%$), sendo o seguinte as folhas ($\approx 30\%$), colmo ($\approx 10\%$) e panícula ($\approx 5\%$). Isso mostra que a alocação do nitrogênio é semelhante em plantas com diferentes aptidões; o que se altera entre essas plantas é a quantidade absorvida e acumulada em seus tecidos.

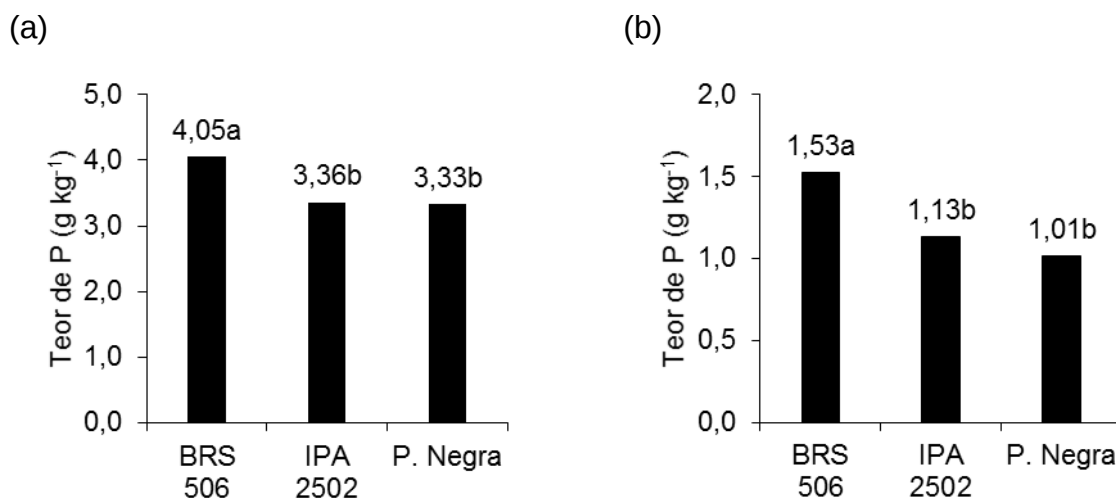
Figura 17 – Teor de N no colmo para cada cultivar de sorgo estudada na região de Mossoró-RN/2016.



Na Figura 18, está exposta a representação gráfica do teste de média significativo para as características de teor de P na folha (PFOL) (Figura 18a) e teor de P no colmo (PCOL) (Figura 18b). Em ambas as características a cultivar de sorgo que obteve a maior concentração de P, se diferenciando estatisticamente das demais, foi a cultivar BRS 506, com concentração nas folhas de 4,052 g kg⁻¹ de P e no colmo de 1,526 g kg⁻¹ de P. Tanto na folha quanto no colmo, as cultivares IPA 2502 e Ponta Negra não diferiram estatisticamente entre si.

Formiga et al. (2012), estudando a marcha de absorção de nutrientes (NPK) na cultura do sorgo granífero sacarino variedade IPA-467-4-2, encontraram para o nutriente fósforo (P) um valor na folha de 0,42% e no colmo de 0,08%, aos 83 dias após a semeadura na testemunha, que recebeu todos os nutrientes. O valor citado pelo autor é superior à folha; para o colmo, os valores encontrados neste trabalho são maiores, onde a cultivar BRS 506 tem o maior teor de fósforo tanto na folha quanto no colmo, possuindo teor de 0,405% na folha e 0,156% no colmo. Até mesmo a cultivar P. Negra, com os menores valores de fósforo no colmo de 0,101% de P, é superior aos valores encontrados pelo autor supracitado.

Figura 18 – Teor de P em na folha (PFOL) (a) e no colmo (PCOL) (b) em função das cultivares de sorgo estudadas na região de Mossoró-RN/2016.

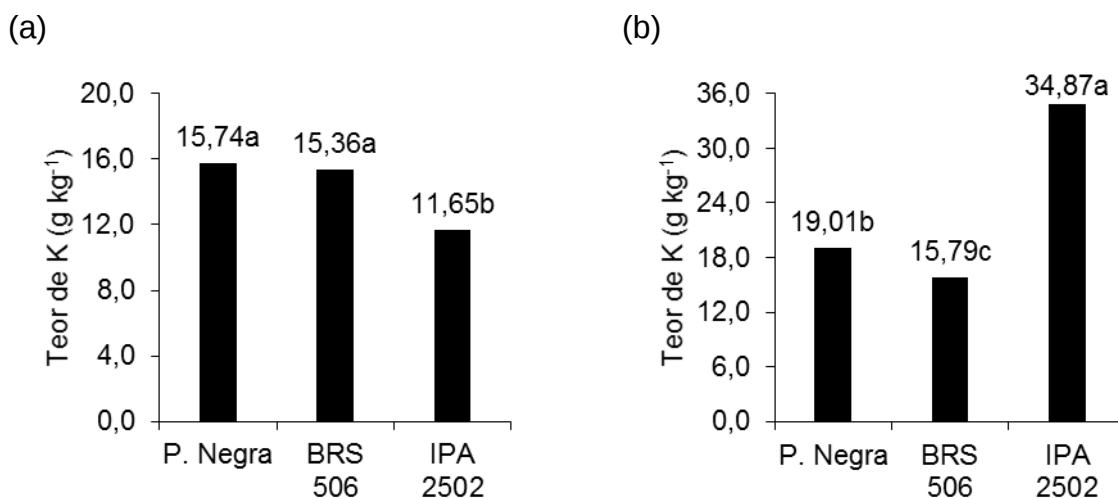


Santos et al. (2015), em seu trabalho com acúmulo de matéria seca e macronutrientes em sorgo sacarino, utilizando a cultivar BRS 506, obtiveram os valores máximos de nitrogênio, fósforo e potássio no tratamento com adubação de tais nutrientes de 210, 18 e 149 kg ha⁻¹, respectivamente, nos 112, 118 e 86 dias após o plantio.

A maior concentração de fósforo na folha quando comparada ao colmo em todas as cultivares estudadas, independentemente da sua aptidão, provavelmente se deve à necessidade do nutriente pela folha, onde acontece a maior parte dos processos que necessitam de energia, oferecida pelo fósforo, por meio da síntese de ATP.

Na Figura 19, está exposta a representação gráfica do teste de média significativo para as características de KFOL (Figura 19a) e KCOL (Figura 19b), onde na folha as cultivares que se destacaram foram a P. Negra (15,74 g kg⁻¹) e a cultivar BRS 506 (15,36 g kg⁻¹), que não se diferiram estatisticamente, mas foram diferentes da cultivar IPA 2502 (11,65 g kg⁻¹). Para o colmo, a cultivar que se destacou foi a IPA 2502 (34,87 g kg⁻¹), muito superior às cultivares P. Negra (19,01 g kg⁻¹) e BRS 506 (15,79 g kg⁻¹).

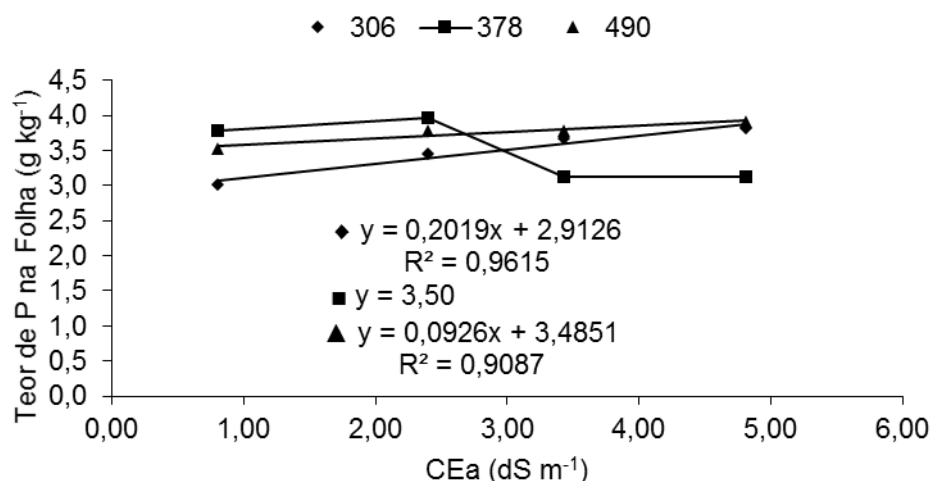
Figura 19 – Teor de K na folha (KFOL) (a) e no colmo (KCOL) (b) em função das cultivares de sorgo estudadas na região de Mossoró-RN/2016.



Borges et al. (2016), trabalhando com a cultivar DKB 599, encontraram valores próximos de potássio na folha ($132,03 \text{ kg ha}^{-1}$) e no colmo ($141,75 \text{ kg ha}^{-1}$), ao contrário do que se encontrou neste trabalho. Soares et al. (2014) e Formiga et al. (2012) encontraram valores maiores no colmo do que na folha quando estudaram cultivares sacarinas; a diferença entre os dois órgãos chega a $14,60 \text{ g kg}^{-1}$ de K e 54% no teor de K acumulado, corroborando com este trabalho, demonstrando que algumas cultivares de sorgo, a depender da aptidão, acumulam quantidade mais elevada de potássio no colmo do que nos outros órgãos da planta.

Na Figura 20, está disposta a representação gráfica do desdobramento da interação entre os fatores de variação lâmina de irrigação e salinidade da água de irrigação para a característica de teor de P na folha (PFOL). Nas lâminas de 306 e 378 mm, houve ajuste de equação, sendo para a lâmina de 306 e 490 mm ajuste linear crescente. Para a lâmina de 378 mm, não houve ajuste da equação, sendo a média dos tratamentos $3,50 \text{ g kg}^{-1}$.

Figura 20 – Teor de P na folha em função da salinidade da água de irrigação para cada lâmina de irrigação estudada na região de Mossoró-RN/2016.



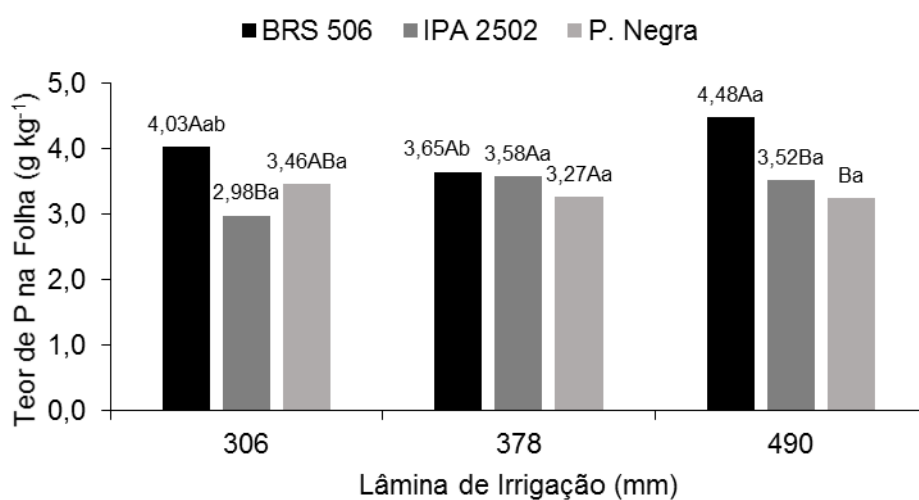
O aumento nos teores de PFOL com o incremento da salinidade da água para a lâmina de 306 e 378 mm pode ter sido provocado pelo aumento na absorção desse nutriente pelas raízes ou pelo fator concentração, tendo em vista que pode ter havido redução da matéria seca foliar com o incremento de salinidade (ROBERTS et al. 1984; NAVARRO et al. 2001; SILVA et al., 2003). Na lâmina de 490 mm, houve tendência de redução no teor de PFOL, provavelmente devido a uma pequena lixiviação não somente do P, mas dos sais presentes no solo, carregados para a borda do bulbo úmido, onde a concentração de sais é mais elevada, assim como o potencial osmótico, dificultando a absorção de água e nutrientes. Nesse trabalho, a média encontrada para teor de P foi de 3,58 g kg⁻¹; na literatura, se encontram valores de 3,6 a 4,8 g kg⁻¹ (SANTI et al., 2006; PRADO et al., 2007; FONSECA et al., 2008), maiores do que os encontrados nesse trabalho.

Na

Figura 21, está disposta a representação gráfica do desdobramento da interação entre os fatores de variação lâmina de irrigação e cultivares de sorgo. A cultivar BRS 506 apresentou as maiores médias, na lâmina de 306 mm se obteve teor de 4,03 g kg⁻¹, não se diferindo estatisticamente da cultivar P. Negra, mas

diferindo da cultivar IPA 2502. Na lâmina de 378 mm, as cultivares foram todas semelhantes estatisticamente. Por sua vez, na lâmina de 490 mm a cultivar BRS 506 foi a de maior teor de P na folha, com 4,48 g kg⁻¹, não se diferenciando estatisticamente da cultivar IPA 2502, mas se diferenciando da cultivar P. Negra.

Figura 21 – Teor de P na folha em função das lâminas de irrigação para cada cultivar estudada na região de Mossoró/RN.



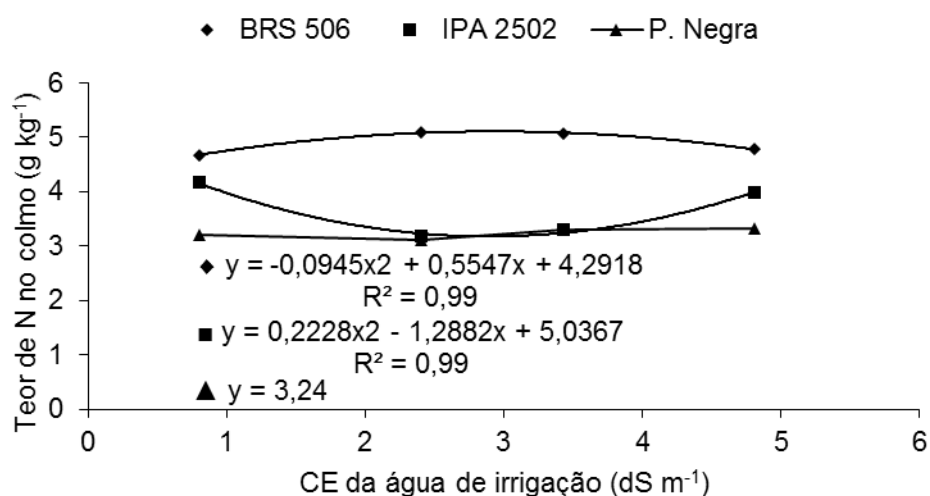
Diferenças das cultivares dentro de cada lâmina indicada por média seguida de letras maiúsculas, diferenças de lâmina dentro de cada cultivar indicada por médias seguidas letras minúsculas.

Na Figura 22, está disposta a representação gráfica do teste de regressão da interação entre salinidade da água de irrigação e cultivares de sorgo para a característica de N no colmo (NCOL). Para a cultivar P. Negra, não houve ajuste de equação, sendo sua média igual a 3,24 g kg⁻¹. Para a cultivar IPA 2502, houve ajuste de equação, sendo a mesma quadrática, com mínima de 3,17 g kg⁻¹ com salinidade da água de irrigação de 2,89 dS m⁻¹. A cultivar BRS 506 se ajustou à equação do tipo quadrática, com ponto de máxima de 5,10 dS m⁻¹ a uma salinidade da água de irrigação de 2,93 dS m⁻¹.

Prado et al. (2007), trabalhando com sorgo BRS 3010, encontraram teores de N na parte aérea da planta de 33,8 g kg⁻¹; por sua vez, Santi et al. (2006) encontraram, em seu trabalho com sorgo cultivar Dow Agrosiences 822, teores de N no colmo na margem de 25,7 g kg⁻¹, muito elevados quando comparados com os encontrados nesse trabalho, mas notamos que em ambos os trabalhos o ciclo da

cultura foi mais curto, por se tratar de ensaios com solução nutritiva. Dessa forma, o acúmulo do nutriente no início do seu ciclo é bem mais elevado do que em seus estágios finais. Notamos também a diferença no teor de N expressada entre as cultivares analisadas pelos autores, mostrando que cada cultivar possui um teor ótimo do nutriente para suas necessidades fisiológicas.

Figura 22 – Teor de N no colmo em função da salinidade da água de irrigação para cada cultivar estudada na região de Mossoró-RN/2016.



Na Tabela 7, está exposto o quadro de ANOVA para as características de conteúdo de NPK na folha e no colmo. A característica de conteúdo de P na folha (CPF) foi significativo para a interação entre os fatores lâmina e salinidade da água de irrigação; o conteúdo de P no colmo (CPC) teve efeito significativo apenas para o fator isolado de salinidade da água de irrigação. Com relação ao conteúdo de K na folha (CKF), houve efeito significativo para a interação tripla entre cultivares de sorgo, lâmina e salinidade da água de irrigação, e para o conteúdo de K no colmo (CKC) houve efeito isolado para o fator cultivares de sorgo. O conteúdo de N na folha (CNF) se mostrou significativo apenas para o fator de variação de cultivares de sorgo. Por fim, o conteúdo de N no colmo (CNC) se mostrou significativo para os fatores isolados de lâmina de irrigação e cultivares de sorgo.

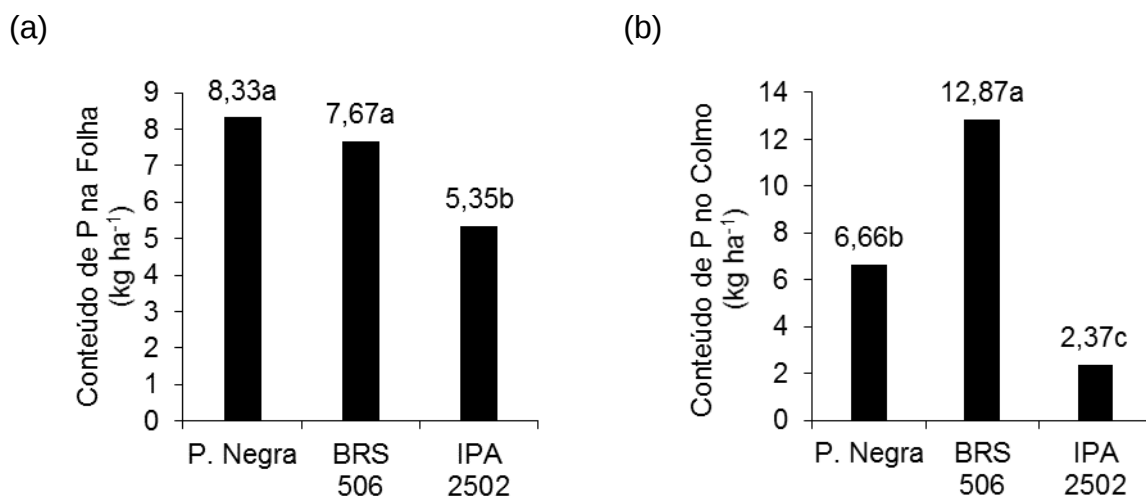
Tabela 7 – Quadro de ANOVA para as características de conteúdo de P na folha e no colmo (CPF e CPC), conteúdo de K na folha e no colmo (CKF e CKC) e conteúdo de N na folha e no colmo (CNF e CNC) em cultivares de sorgo submetidas a diferentes lâminas e salinidades da água de irrigação na região de Mossoró-RN/2016.

FV	GL	CPF	CPC	CKF	CKC	CNF	CNC
Estatística F							
BLOCO	2	5,11**	1,78	1,13	2,63	5,93	0,34
SAL	3	0,68 ^{NS}	3,02*	1,82 ^{NS}	0,43 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,12 ^{NS}
LAM	2	0,73 ^{NS}	1,12 ^{NS}	3,94*	0,54 ^{NS}	1,85 ^{NS}	3,53*
LAM*SAL	6	2,19 ^{NS}	0,72 ^{NS}	1,28 ^{NS}	1,17 ^{NS}	1,16 ^{NS}	0,45 ^{NS}
ERRO (1)	22						
CULT	2	9,02**	135,09**	24,09**	35,83**	14,96**	153,6**
CULT*SAL	6	0,56 ^{NS}	1,76 ^{NS}	3,65**	1,72 ^{NS}	0,53 ^{NS}	1,54 ^{NS}
CULT*LAM	4	0,43 ^{NS}	1,32 ^{NS}	2,3 ^{NS}	1,03 ^{NS}	0,68 ^{NS}	1,77 ^{NS}
CULT*LAM*SAL	12	0,95 ^{NS}	0,69 ^{NS}	2,39*	0,89 ^{NS}	1,55 ^{NS}	0,8 ^{NS}
ERRO (2)	48						
CV 1 (%)		42,56	45,23	47,93	43,12	37,11	47,41
CV 2 (%)		43,86	37,30	42,91	27,93	36,41	34,75
MÉDIA		7,12	7,30	27,39	109,52	26,47	22,44

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, ^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 23, está a representação gráfica do fator de variação cultivares de sorgo para a característica de conteúdo de P na folha (CPF) e no colmo (CPC). A cultivar P. Negra teve média de 8,33 kg ha⁻¹ para o conteúdo de P na folha, sendo semelhante estatisticamente à cultivar BRS 506, mas diferente da cultivar IPA 2502, com diferença de 35,77%. Já para o colmo, a cultivar BRS 506 foi diferente estatisticamente das demais, com média de 12,87 kg ha⁻¹, superior em 51,74 e 81,58% às cultivares P. Negra e IPA 2502, respectivamente. Houve diferença considerável entre as cultivares, demonstrando que o acúmulo desse nutriente varia de acordo com a aptidão da cultivar.

Figura 23 – Conteúdo de P na folha (a) e no colmo (b) em função das cultivares de sorgo submetidas à salinidade da água de irrigação na região de Mossoró-RN/2016.



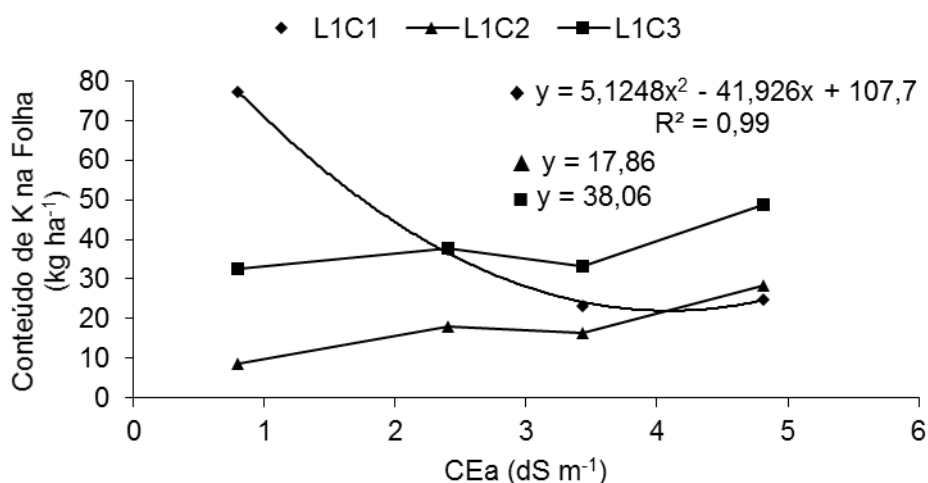
Tendo como base os estudos de Soares (2014) sobre partição de nutrientes nos diferentes órgãos da planta, foi possível obter os conteúdos de nutrientes em outros trabalhos, como de Teixeira et al. (2016), onde o conteúdo de P na folha foi de 8,01 kg ha⁻¹, e Santos et al. (2015), que encontraram valores de 3,53 kg ha⁻¹. Neste trabalho, houve tendência nas lâminas de 378 e 490 mm de decréscimo no conteúdo de P na folha, fenômeno contrário ao que ocorreu na concentração de P na folha, onde somente na maior lâmina de irrigação houve queda na concentração. Isso se deve ao fator de MS, pois o conteúdo dos nutrientes é calculado com base na produção de matéria seca. No caso supracitado, a matéria seca da folha nas duas maiores lâminas tendeu ao decréscimo com o aumento da concentração de sais da água de irrigação, o que explica a redução do conteúdo de P na folha.

Mesmo com a diferença no conteúdo de P no colmo entre as cultivares, o valor mínimo encontrado de 6,65 kg ha⁻¹ foi superior aos encontrados por Soares et al. (2016), estudando sorgo granífero (2,10 kg ha⁻¹); Santos et al. (2015), estudando sorgo sacarino (3,53 kg ha⁻¹) e Teixeira et al. (2016), trabalhando com sorgo forrageiro (8,4 kg ha⁻¹). Dessa forma, os valores encontrados neste trabalho se adequam àqueles encontrados na literatura.

Na Figura 24, está disposta a representação gráfica do desdobramento para a característica de CKF para as cultivares dentro de L1 submetidas à salinidade da água de irrigação. Dentre as combinações da interação, apenas a combinação da L1

(306 mm) com a C1 (BRS 506) se ajustou a uma equação, sendo ela do tipo quadrática, possuindo o ponto de mínima no valor de 21,95 kg ha⁻¹ a uma salinidade da água de irrigação de 4,09 dS m⁻¹. Dessa forma, a interação da cultivar BRS 506 com a menor lâmina de irrigação (306 mm) e o aumento da concentração de sais da água de irrigação provocaram redução substancial no conteúdo de K na folha.

Figura 24 – Conteúdo de K em função da salinidade da água de irrigação para cada lâmina de irrigação e cultivar de sorgo estudada na região de Mossoró-RN/2016.



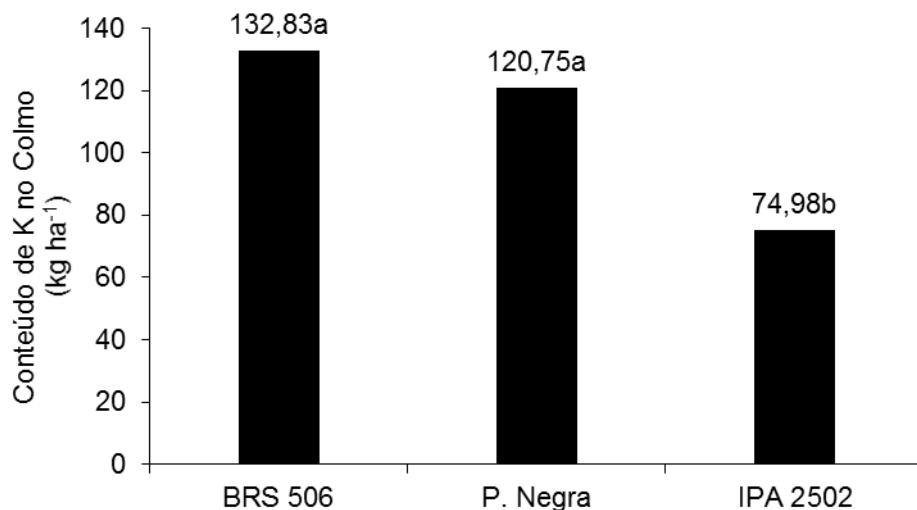
Por outro lado, para as combinações L1C2 e L1C3, ao contrário, houve tendência de aumento no conteúdo de K na folha, embora não tenha havido ajuste de equação significativa. Os valores encontrados nesse trabalho foram abaixo dos encontrados por Soares et al. (2014), que, estudando sorgo sacarino, encontraram valores de 62,02 kg ha⁻¹, porém foram próximos aos encontrados por Teixeira et al. (2016), que, estudando sorgo forrageiro, encontraram valores de 44,23 kg ha⁻¹, o que mostra que a competição entre o íon K⁺ e o íon Na⁺ pelos mesmos sítios de absorção influenciou diretamente seu conteúdo na folha, tendo em vista os baixos valores encontrados neste trabalho para as águas de maiores concentrações salinas.

Na

Figura 25, é apresentada a representação gráfica do teste de média do fator isolado cultivares de sorgo para a característica de CKC. As cultivares BRS 506 e P.

Negra se assemelharam estatisticamente, mas se diferiram da cultivar IPA 2502, possuindo as cultivares BRS 506 e P. Negra conteúdos de K no colmo 77,15 e 61,05% superiores à cultivar IPA 2502.

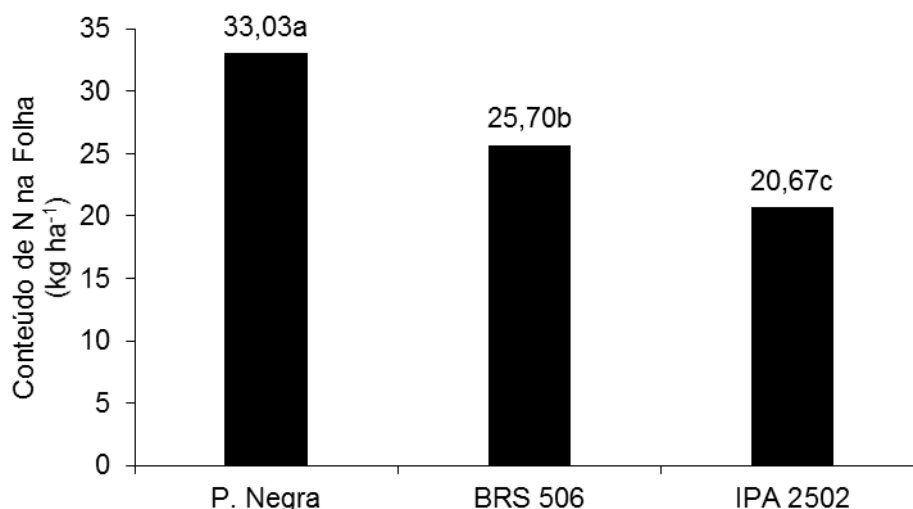
Figura 25 – Conteúdo de K no colmo em função das cultivares de sorgo estudadas na região de Mossoró-RN/2016.



Santos et al. (2015), estudando a cultivar BRS 506, encontraram valores menores ($99,06 \text{ kg ha}^{-1}$) do que este trabalho para a mesma cultivar ($132,83 \text{ kg ha}^{-1}$). Dessa forma, mesmo a salinidade não afetou o conteúdo de K no colmo, pois plantas em condições normais de cultivo possuíram conteúdos mais baixos. Demonstrando a adaptabilidade da cultivar a ambientes salinos, onde esse maior conteúdo de K no colmo se deve provavelmente à regulação osmótica exercida pela planta, para que não aconteça a perda de água para o ambiente salino.

Na Figura 26, está apresentado o resultado do teste de Tukey para o fator isolado cultivares de sorgo da característica de conteúdo de N na folha (CNF). O conteúdo de N na folha foi maior na cultivar P. Negra, que se diferiu das demais, atingindo $33,03 \text{ kg ha}^{-1}$, valor 28,5 e 59,7% maior que os apresentados pelas cultivares BRS 506 e IPA 2502, respectivamente.

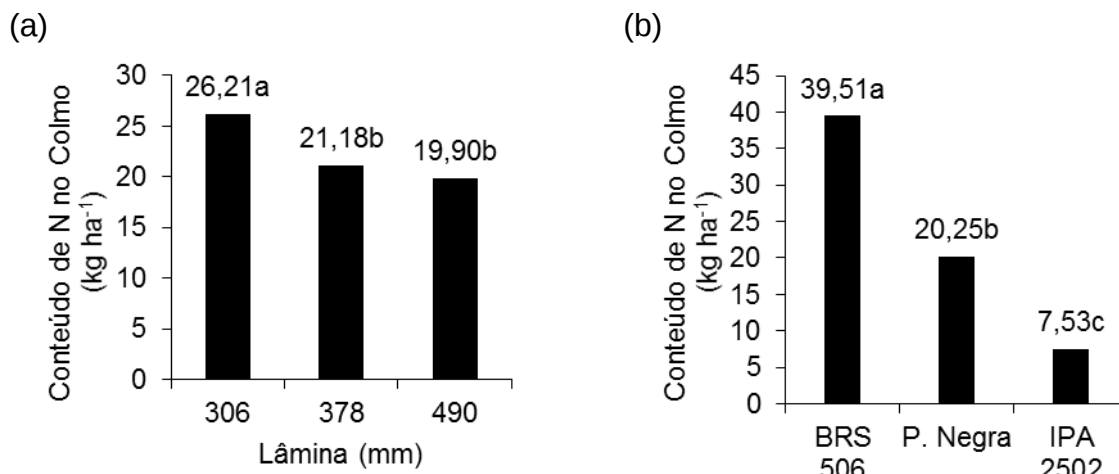
Figura 26 – Conteúdo de N na folha em função das cultivares de sorgo estudadas na região de Mossoró-RN/2016.



O conteúdo de N na folha para as cultivares estudadas esteve abaixo dos valores encontrados na literatura. Teixeira et al. (2016), estudando sorgo forrageiro, encontraram conteúdos de N na folha de 62,85 kg ha⁻¹, ao passo que a cultivar P. Negra atingiu somente 33,03 kg ha⁻¹. Soares et al. (2014), estudando sorgo sacarino, encontraram valores de 92,77 kg ha⁻¹, ao passo que a cultivar BRS neste trabalho mostrou valores de 25,7 kg ha⁻¹. Essa diferença no conteúdo de N na folha pode ser atribuída à baixa produção de matéria seca das folhas, o que reduz o conteúdo de nutriente, no caso específico desse trabalho, o conteúdo de N.

Estão apresentados na Figura 27 os resultados dos fatores isolados lâmina de irrigação e cultivares de sorgo para a característica de N no colmo (CNC). Para o fator lâmina (Figura 27a), o maior valor foi encontrado na menor lâmina aplicada (306 mm) com um conteúdo de N de 26,21 kg ha⁻¹, decrescendo os valores de conteúdo com o aumento da lâmina aplicada. Para o fator de cultivares de sorgo (Figura 27b), a cultivar BRS 506 apresentou maior conteúdo de N no colmo, que se diferiu estatisticamente das demais cultivares estudadas.

Figura 27 – Conteúdo de N no colmo em função da lâmina de irrigação (a) e cultivares de sorgo (b) estudadas na região de Mossoró-RN/2016.



Soares et al. (2014) e Santos et al. (2015) encontraram valores de 93,58 e 56,34 kg ha⁻¹, respectivamente, para cultivares de sorgo sacarino. A redução do conteúdo de N no colmo com o aumento da lâmina de irrigação está provavelmente ligada à lixiviação dos nutrientes para uma zona distante das raízes, carregados pelo volume de água aplicado em excesso, aumentando o bulbo molhado formado no solo. Em se tratando de cultivares, o maior valor de conteúdo de N no colmo encontrado nesse trabalho (39,51 kg ha⁻¹) está muito abaixo dos valores encontrados pelo autores supracitados, devido a uma redução na produção de matéria seca do colmo provocada pelas concentrações de sais na água de irrigação.

Na Tabela 8, está apresentada a Anova para as características de soma de NPK no colmo e folha. Com relação à soma do conteúdo de P e de K na parte vegetativa de plantas de sorgo, apenas o efeito isolado de cultivares foi significativo. Por fim, a soma do conteúdo de N teve significância para os efeitos isolados de cultivares de sorgo e lâminas de irrigação.

Tabela 8 - Quadro de ANOVA para as características de conteúdos de NPK em cultivares de sorgo submetidas a diferentes lâminas e salinidades da água de irrigação na região de Mossoró-RN/2016.

FV	GL	CPVEG	CKVEG	CNVEG
		Estatística F		
BLOCO	2	0,24	1,22	1,52
SAL	3	1,8 ^{NS}	0,67 ^{NS}	0,01 ^{NS}
LAM	2	0,88 ^{NS}	0,97 ^{NS}	3,42*
LAM*SAL	6	1,39 ^{NS}	1,21 ^{NS}	0,78 ^{NS}
ERRO (1)	22			
CULT	2	87,06**	40,12**	64,75**
CULT*SAL	6	1,52 ^{NS}	2,21 ^{NS}	1,14 ^{NS}
CULT*LAM	4	1,14 ^{NS}	1,11 ^{NS}	1,55 ^{NS}
CULT*LAM*SAL	12	0,79 ^{NS}	1,18 ^{NS}	1,21 ^{NS}
ERRO (2)	48			
CV 1 (%)		35,93	41,75	36,90
CV 2 (%)		28,64	27,05	28,80
MÉDIA		14,43	136,91	48,91

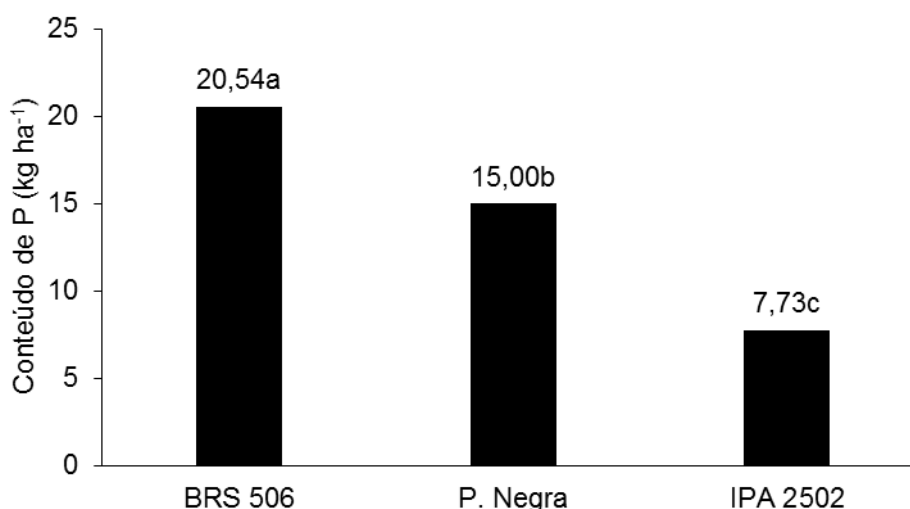
* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, ** Significativo ao nível de 10% de probabilidade, ^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Está apresentado na Figura 28 o gráfico do teste de médias para o efeito isolado de cultivares de sorgo na característica de soma do conteúdo de P na parte vegetativa da planta. A cultivar BRS 506 se diferiu estatisticamente das demais, atingindo uma soma de 20,5 kg ha⁻¹, depois a cultivar P. Negra (15 kg ha⁻¹) e IPA 2502 (7,7 kg ha⁻¹).

Soares et al. (2016) encontraram, para o valor de conteúdo de P acumulado em plantas de sorgo granífero, 10,39 kg ha⁻¹ quando o sorgo foi semeado na forma de monocultura. Andreotti et al. (2016), estudando o acúmulo de nutrientes para ensilagem no cultivo do sorgo granífero, encontraram valores de P na planta de 73 kg ha⁻¹. Santos et al. (2015) encontraram valores de 17,41 kg ha⁻¹ para o sorgo sacarino. Com o exposto, pode-se perceber que a flutuação dos valores do conteúdo de P na cultura do sorgo é muito grande, estando os valores encontrados neste trabalho dentro do espectro encontrado na literatura. Os valores encontrados no trabalho considerados baixos em algumas comparações com a literatura podem ter sido provocados pela competição entre o P e Cl presente na água de irrigação com

concentração de sais elevada. Cruz et al. (2006), estudando a interação de íons salinos (Na e Cl) e o acúmulo de macronutrientes na cultura do maracujazeiro, perceberam que a elevada concentração desses íons reduz o acúmulo de P na planta.

Figura 28 – Soma do conteúdo de P na parte aérea da planta em função das cultivares de sorgo estudadas na região de Mossoró-RN/2016.

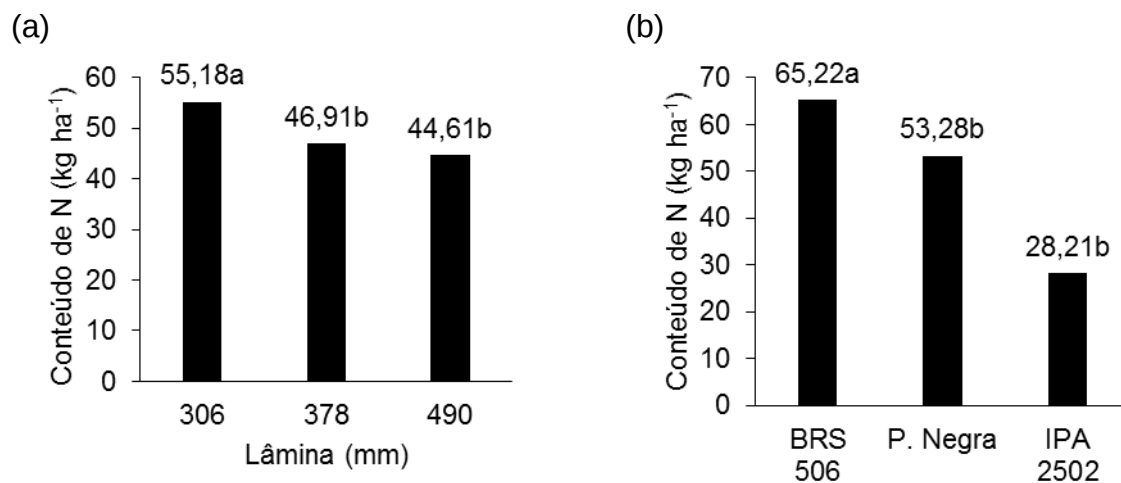


Na Figura 29, são apresentados os gráficos para os efeitos isolados de lâmina de irrigação e cultivares de sorgo. Para o fator lâmina de irrigação (Figura 29a), a menor lâmina foi a de maior valor, com 55,18 kg ha⁻¹. Houve tendência de não haver redução no conteúdo de N com o aumento da lâmina de irrigação. Com relação ao fator cultivares de sorgo (Figura 29b), a cultivar BRS 506 (65,22 kg ha⁻¹) se diferiu estatisticamente tanto da cultivar P. Negra (53,28 kg ha⁻¹) quanto da IPA 2502 (28,21 kg ha⁻¹).

Os valores de acúmulo de N encontrados por Santos et al. (2015), Teixeira et al. (2016) e Soares et al. (2016) foram de 206,38, 288,9 e 75,53 kg ha⁻¹. O acúmulo de N sofre de divergências nos valores encontrados na literatura. Marschner (1995) afirma que a presença do íon Cl em solução pode reduzir a absorção de N, principalmente quando fornecido na forma nítrica, efeito denominado antagonismo. A depender da aptidão da cultivar de sorgo, se alteram as exigências necessárias para atingir o seu potencial produtivo. Além disso, a lâmina de irrigação exerceu influência no acúmulo de N, reduzindo seu valor com o aumento do volume aplicado,

possivelmente pelo carreamento e posterior lixiviação dos nutrientes da zona radicular das plantas.

Figura 29 – Soma do conteúdo de N na parte aérea da planta em função da lâmina de irrigação (a) e cultivares de sorgo (b) estudadas na região de Mossoró-RN/2016.



5. Conclusão

A salinidade da água de irrigação ocasionou acréscimo da condutividade do extrato de saturação do solo, e o aumento das lâminas de irrigação diminui o acúmulo de sais no solo.

O sorgo para a produção de biomassa não tem perdas quando irrigado com águas que possuam condutividade elétrica de até $5,0 \text{ dS.m}^{-1}$. Existe variabilidade de tolerância à salinidade entre as cultivares. Lâminas de irrigação deficitária com redução de até 25% não ocasionam redução no crescimento e produção de sorgo.

As cultivares de sorgo estudadas, cultivadas sob diferentes lâminas de irrigação e salinidades da água de irrigação, acumulam no colmo e folha, em média, $136,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de K, $48,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e $14,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de P.

Lâminas de irrigação em excesso diminuem o conteúdo de N acumulado na planta.

REFERÊNCIAS

- ABASCAL, G. F. Produção de biomassa de genótipos de sorgo sacarino cultivados em Jaboticabal – SP, **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, Jaboticabal, v. 6, p. 212-217, 2014.
- ALENCAR, R. D.; PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; HOLANDA, J. S.; PORTO, V. C. N.; FERREIRA NETO, M. Crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.221-22, 2003.
- ALDRICH, S. R.; SCOTT, W. O.; LENG, E. R. Water management. In: ALDRICH, S. R.; SCOTT, W. O.; LENG, E. R. (org.). **Modern corn production**. 2ed. Champaign: A&L Publications, 1975. p. 189-221.
- ANDREOTTI, M.; NAKAO, A. H.; MODESTO, V. C.; DICKAMANN, L.; SOARES, D. A.; PASCOALATO, I. M. **Acúmulo de Nutrientes para Silagem no Cultivo Consorciado de Sorgo e Capim Paiaçu Inoculado ou não com *Azospirillum brasilense***. XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Bento Gonçalves-RS, 361-365, 2016.
- ANTUNES, R. C. B. **Determinação da evapotranspiração e influência da irrigação e da fertirrigação em componentes vegetativos, reprodutivos e nutricionais do café arábica**. Viçosa: UFV, 165p. (Dissertação de Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- AQUINO, A. J. S. **Avaliação do crescimento e de mecanismos de tolerância à salinidade em plantas de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE (Dissertação), 2005.
- ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 702-713, 2007.
- BELLO, N. J. An investigation of the agroclimatic potential of the forest-savanna transition zone of Nigeria for the cultivation of sorghum. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 33. p. 157-171, 1997.
- BORGES, I. D.; FRANCO, A. A. N.; KONDO, M. K.; MARTINS, D. C.; TEIXEIRA, E. C.; MOREIRA, S. G. Acúmulo de macronutrientes na cultura do sorgo granífero na safrinha, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 294-304, 2016.
- BOTELHO, P. R. F.; PIRES, D. A. A.; SALES, C. J.; ROCHA JUNIOR, V. R.; JAYME, D. G.; REIS, S. T. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 287-297, 2010.

CANTARELLA, H., RAIJ, B. Van, CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. Van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. Ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p. 45-47. Boletim Técnico, 100.

CARELLI, M. L. C; UNGARO, M. R. G.; FAHL, I.; NOVO, M. C. S. S. Níveis de nitrogênio, metabolismo, crescimento e produção de girassol. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 123-130, 1996.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Conjuntura Mensal, 2017.

Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_07_08_17_38_24_sorgojuho2016.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2017

CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento**, Séries Históricas, Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 29 jan. 2018.

COSTA, A. R. F. C.; MEDEIROS, J. F. Água salina como alternativa para irrigação de sorgo para geração de energia no Nordeste brasileiro. **Water Resource and Irrigation Management**, Cruz das Almas, BA, v. 6, n. 3, p. 169-177, set.-dez. 2017.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; COELHO, E. F.; CALDAS, R. C; ALMEIDA, A. Q.; QUEIROZ, J. R. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 275-284, 2006.

CUNHA, S. P.; SEVERO FILHO, W. A. Avanços tecnológicos na obtenção de etanol a partir de sorgo sacarino (*sorghum bicolor (l.) moench*), **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 14, n. 2, p. 69-75, jul./dez. 2010.

DAHLBERG, J.; BERENJI, J. SIKORA, V. **Assessing sorghum [Sorghum bicolor (L) Moench] germplasm for new traits: food, fuels & unique uses**. Maydica. Review Article, 2011. p. 85-91.

DANTAS, J. A.; BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P.; SANTOS, M. V. F. Efeito da salinidade sobre o crescimento e composição mineral de seis clones de Pennisetum. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 01, p. 97-101, 2006.

DASGAN, H. Y.; AKTAS, H.; ABAK, K.; CAKMAK, I. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. **Plant Science**, v.163, p.695-703, 2002.

DINIZ JUNIOR, G. M. M. **Produção de sorgo (sorghum bicolor l. moench) aspectos gerais**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco- UFRP. Programa de pós-mestrado em melhoramento genético de plantas. Recife – PE, 2010.

DOGGETT, H. Physiology and agronomy. In: DOGGETT, H. **Sorghum**. London: Longmans, 1970. p. 180-211.

DOGGETT, H. **Sorghum**. 2 ed. London: Longman, 1998.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield Response to Water**. FAO Irrigation and Drainage paper No. 33, FAO, Rome, Italy, p. 193, 1979.

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

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Cultivo do sorgo**: Importância econômica. 2000. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_1_ed/importancia.htm>. Acesso em: 28 nov. 2017

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Manejo cultural do sorgo para forragem**. Sete Lagoas, 1997. 66 p. (Embrapa-CNPMS. Circular técnica, 17).

EMBRAPA. **Milho e Sorgo-Sistemas de Produção**, 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 5^a edição, 2009.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006.

FERNANDES, P. G. **Avaliação agrônômica de dois cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em sete lagoas – MG**. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. Campos dos Goytacazes – RJ, 2013.

FERREIRA, P. A., MOURA, R. F., SANTOS, D. B., FONTES, P. C. R., MELO, R. F., Efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com beterraba. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 570–578, 2006.

FILHO, D. F.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: Funep, 2009.

FORMIGA, M. S.; FERREIRA, A. C.; TRAVASSOS, K. D.; BARACUHY, J. G. V.; LIMA, V. L. A.; DANTAS, J. P. A. Marcha de absorção de nutrientes (NPK) no sorgo grânifero sacarino, **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 27, n. 1, p. 3-12, 2012.

FONSECA, I. M., RENATO, M. P., ALVES, A. U. GONDIM, A. R. O. Crescimento e nutrição de sorgo (cv. BRS 304) em solução nutritiva, **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 8, n. 2, p. 113-124, 2008.

FRANCO, A. A. N. **Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo**. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros- Unimontes, 2011.

FRIBOURG, H. A. et al. Nutrient uptake by corn and grain sorghum silage as affected by soil type, planting date, and moisture regime. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, n. 2, p. 260-263, 1976.

GOMES, S. O.; PITOMBEIRA, J. B.; NEIVA, J. N. M.; CÂNDIDO, M. J. D. Comportamento agrônômico e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, **Cidade**, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2006.

HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review Plant Physiology Molecular Biology**, v. 51, p. 463-499, 2000.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO - IPA. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2a. aproximação**. 2 ed. rev. Recife: IPA, 2008.

KHAN, M. H.; PANDA, S. K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, Bangalore, v. 30, n. 1, p. 81-89, 2008.

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**, v. 13, n. 3, p. 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**, v. 49, p. 107-120, 2003.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A. Changes in growth and in solute concentration in sorghum leaves and roots during salt stress recovery. **Environmental and Experimental Botany**, v. 54, p. 69-76, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução de C.H.B.A. Prado. São Carlos: Rima, 2000.

LEITE, E. M.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, R. V.; ALVES, G. S.; CAVALCANTE, I. H. L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, v. 12, p. 168-176, 2007.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALMEIDA JUNIOR, A. B. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação, **Revista Verde**, Mossoró–RN, v. 2, n. 2, p. 79–86, 2007.

LIMA, J. G. A.. **Necessidades hídricas do sorgo de dupla aptidão sob condições irrigadas na chapada do Apodi**. 73f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)- Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2013.

LOURENÇÃO, J. L. F; BAGEGA, D. **Tecnologias para a Cultura do Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)**. Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno. 2012

LOURENÇO, M. E. V.; JANUARIO, M. I. N.; MASSA, V. M. L. Avaliação do potencial de variedades de sorgo sacarino e forrageiro para a produção de bioetanol. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 1, jan. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.gpeari.mctes.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2013000100012&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 12 mai. 2014.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46p. (Embrapa Milho e Sorgo - Circular Técnica, 3). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/484470>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

MAGALHÃES, R. T.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S.; FONSECA, J. F. Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arq Bras Med Vet Zoo**, v. 62, p. 747-751, 2010.

MAHAJAN, S.; TUTEJA, N. COLD. Salinity and drought stresses: An overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 444, p. 139-158, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997.

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

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (org.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa: UFV, 1999. p. 143-168.

MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SHCAFFERT, R. E.; PARRELA, R. A. C. **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo Sacarino para Bioetanol Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa**. Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2012.

MAYER, A. C.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. London: Pergamon Press, 1989.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.469-472, 2003.

MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n. 3, p. 248-255, 2007.

MENDES, H. C. Nutrição do algodoeiro. I. Sintomas de deficiências minerais em plantas vegetando em soluções nutritivas. **Bragantia**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 467-481, 1959.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Berne: International Potash Institute, 1987.

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

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

NETO, A. C. F. et al. **Determinação da evapotranspiração de dois cultivares de café arábica na fase de maturação dos frutos**. In: II Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, 2001.

NEVES, A. L. R.; GUIMARÃES, F. V. A.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B. Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.39, n.4, p.569-574, 2008.

NOBRE, R.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, J. A. F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Online), v. 35, p. 929-937, 2011.

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

PACHECO, T. F. **Produção de Etanol: Primeira ou Segunda Geração?** Circular Técnica, 04, Embrapa Agroenergia, Brasília-DF, 2011.

PARRELLA, R. A. C. et al., **Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol**, XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. CD-Rom.

PARRELA, R. A. C. et al., **Desempenho agrônomo de híbridos de sorgo biomassa**, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2011.

PEREIRA FILHO, I. A.; PARRELA, R. A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MAY, A.; SOUZA, V. F.; CRUZ, J. C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 118-127, 2013.

PEREZ, S. C. J. G. A.; JARDIM, M. M. **Viabilidade e vigor de sementes de paineira após armazenamento, condicionamento e estresses salino e térmico**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 6, p. 587-593, 2005.

PITTA, G. V. E.; VASCONCELLOS, C. A.; ALVES, V. M. C. Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J. C. et al. (org.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 243-262.

PIVETTA, R. S. **Acúmulo de matéria seca e nutrientes de híbridos de Sorgo sacarino em condições de safrinha em Selvíria-MS**. (Dissertação-Mestrado), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Ilha Solteira-SP, 52 f., 2014.

PRADO, R. M., ROMUALDO, L. M., ROZANE, D. E. Omissão de macronutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de plantas de sorgo (cv. BRS 3010) cultivadas em solução nutritiva. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 122-128, 2007.

RESENDE A. V., COELHO, A. M., RODRIGUES, J. A. S. **Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2009, p 8. Circular Técnica, 119.

RHOADES, J. D. Reclamation and management of salt affected soils after drainage. In: **Proc. First Annual Western Provincial Conf. Rationalization of Water and Soil Resources and Management**. Lethbridge, Alberta, Canadá: 1982. p. 123-197.

RIBAS, P. M. **Sorgo: introdução e importância**. 16 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 26) - Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/16217/1/Doc_26.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2017.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**, Hans Raj Gheyi, Nildo da Silva Dias, Claudivan Feitosa de Lacerda. Fortaleza, INCT Sal, 2010.

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 ³¹P nuclear magnetic resonance**. Plant Physiology, v. 75, p. 947-950, 1984.

RODRIGUES, J. A. S. (org.). **Cultivo do sorgo**. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2) - 2008.

RODRIGUES, J. A. S.; COELHO A. M.; CASELA C. R.; MENEZES C. B.; SILVA D. D.; GUIMARÃES, D. P. et al. **Cultivo do sorgo**. Sistema de produção EMBRAPA. 2015. Disponível em:

<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema%2Fproducao%2F6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaoId=8301&p_r_p_-996514994_topicId=1304>. Acesso em: 23 nov. 2017.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciênc. agrotec.**, Lavras-MG, v. 27, n. 2, p. 443-450, 2003.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SOUZA, K. J.; SOUSA, A. M. G.; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) e em solos com diferentes níveis texturais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1470-1476, 2007.

SANTI, A.; CAMARGOS, S. L.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; SCARAMUZZA, J. F. Deficiências de macronutrientes em sorgo. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 228-233, 2006.

SANTOS, F. C.; CRUZ, S. C. B.; COTA, L. V.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; KURIHARA, C. H.; MAY, A. **Marcha de acúmulo de matéria seca e macronutrientes do sorgo sacarino**. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Natal-RN, 2015.

SERTÃO, M. A. J. **Uso de corretivos e cultivo do capim Uroclaea (*Uroclaea mosambicensis* (Hack.) Dandy) em solos degradados do Semiárido**. 75f. (Dissertação – Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande. Brasil, 2005.

SILVA, F. A. M. et al. Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, v. 6, n. 1, p. 52-59, 2000.

SILVA, J. V.; LACERDA, C. F.; COSTA, P. H. A.; ENÉASFILHO, J.; GOMES-FILHO, E.; PRISCO, J. T. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl₂. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Cidade, v.15, p. 99-105, 2003.

SILVA, A. G.; BARROS, A. S.; SILVA, L. H. C. P.; MORAES, E. B.; PIRES, R.; TEIXEIRA, T. R. Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha no sudoeste do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 168-174, abr./jun. 2009.

SILVA, R.; SANTOS, A.; TABOSA, J. N.; GOMES, F.; ALMEIDA, C. Avaliação de diferentes genótipos de sorgo para forragem e silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.3, p. 225-233, 2012

SILVA JUNIOR, G. S. E.; MORAIS, M. B.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. Crescimento de genótipos diplóides de bananeira submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 11, p. 1145-1151, 2012.

SILVA, M. L. S. **Avaliação da tolerância à salinidade em quatro genótipos de sorgo sacarino**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2015.

SOARES, E. R.; COUTINHO, E. L. M.; RAMOS, S. B.; SILVA, M. S.; BARBOSA, J. C. Acúmulo de matéria seca e macronutrientes por cultivares de sorgo sacarino, **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v. 35, n. 6, p. 3015-3030, nov./dez. 2014.

SOARES, D. A.; ANDREOTTI, M.; MODESTO, V. C.; NAKAO, A. H.; DICKAMANN, L.; PASCOALOTO, I. M. **Acúmulo de Macronutrientes na Palha de Sorgo sob diferentes Manejos da Adubação nitrogenada e Inoculação com *Azospirillum brasilense* na Integração Lavoura-Pecuária**. XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Bento Gonçalves-RS, 337-340, 2016.

TAVIAN, A. F. et al., Efeito da adubação nitrogenada no acumulo de biomassa de sorgo forrageiro, **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, Jaboticabal, v. 6, p. 28-32, 2014.

TEIXEIRA, E. C.; BORGES, I. D.; BRANDÃO, L. M.; FRANCO, A. A. N.; KONDO, M. K; FERNANDES, P. A. S. **Macronutrientes primários acumulados, na safra e rebrota, em plantas de sorgo forrageiro**. XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Bento Gonçalves-RS, 521-525, 2016.

VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G.; LIMA JÚNIOR, A. R.; QUEIROZ, J. E.; FAUSTO, M. J. M. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 216-222, 2001.

VIEIRA, M. R. **Produtividade, análises químico-bromatológicas e nutrição mineral de plantas de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas**, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, (Dissertação), 2006.

VIEIRA, I. G. S.; NOBRE, R. G.; DIAS, A. S.; PINHEIRO, F. W. A. Cultivation of cherry tomato under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 55–61, 2016.

WILLADINO, L.; MARTINS, M. H. B.; CÂMARA, T. R.; ANDRADE, G.; ALVES, G. D. Resposta de genótipos de milho ao estresse salino em condições hidropônicas. **Sciencia Agrícola**, v. 56, p. 1209-1213, 1999.

YAMAGUCHI, T.; BLUMWALD, E. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. **Trends in Plant Science**, v. 10, p. 615-620, 2005.

ZHU, J. K. Plant salt tolerance. **Trends in plant science**, v. 6, p. 66-71, 2001.