

DENIZARD ORESCA

ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO ATENUADOR DOS EFEITOS DA SALINIDADE  
DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO UTILIZADA PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM NO  
SEMIÁRIDO

Serra Talhada - PE

2018

**O  
R  
E  
S  
C  
A  
  
D  
  
A  
D  
U  
B  
A  
Ç  
Ã  
O  
  
N  
I  
T  
R  
O  
G  
E  
N  
A  
D  
A  
  
C  
O  
M  
.  
.  
.  
2  
0  
.**

DENIZARD ORESCA

ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO ATENUADOR DOS EFEITOS DA SALINIDADE  
DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO UTILIZADA PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM NO  
SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Campelo de Oliveira

Co-orientadores: Prof. Dr. Thieres Georges Freire da Silva e Prof. Dr. Luiz Guilherme Medeiros Pessoa

Serra Talhada - PE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca da UAST, Serra Talhada-PE, Brasil

O66a Oresca, Denizard

Adubação nitrogenada como atenuador dos efeitos da salinidade da água de irrigação utilizada para produção de forragem no semiárido / Denizard Oresca. - Serra Talhada, 2018.

80f. : il.

Orientador: Alexandre Campelo de Oliveira

Coorientadores: Thieres George Freire da Silva e Luiz Guilherme Medeiros Pessoa

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, PE, 2018.

Inclui referências e anexos.

1. Salinidade. 2. Irrigação. 3. Adubação nitrogenada. 4. Produção de forragem. I. Oliveira, Alexandre Campelo de, orient. II. Silva, Thieres George Freire da, coorient. III. Pessoa, Luiz Guilherme Medeiros, coorient. IV. Título.

CDD 631

DENIZARD ORESCA

ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO ATENUADOR DOS EFEITOS DA SALINIDADE  
DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO UTILIZADA PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM NO  
SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Alexandre Campelo de Oliveira  
PGPV/UAST/UFRPE  
Orientador

---

Prof. Dr. Sérgio Luiz Ferreira da Silva  
PGPV/UAST/UFRPE  
Examinador Interno

---

Prof. Dr. Fernando José Freire  
PPGCS/UFRPE  
Examinador Externo

*Ao meu Orientador Alexandre Campelo, Co-orientadores Thieres George da Silva e Luiz Guilherme Pessoa, e a todos que compõem o corpo docente do PGPV, profissionais exemplares.*

**OFEREÇO**

*Aos meus pais Oresca Sinristil e Silphonie Jean Baptiste, pelo constante sacrifício para que eu pudesse chegar até aqui.*

*Ao meu amigo e irmão Jean Isaac Jeudy (in memoriam)*

*À minha amada e querida irmã Anne Marie Oresca.*

## AGRADECIMENTOS

*A Deus todo poderoso, pelo dom da vida, pela sua imensa generosidade, me proporcionando sabedoria, força e perseverança para continuar lutando mesmo nos momentos mais difíceis da minha vida. Agradeço a Ele pelas coisas maravilhosas que proporciona em minha vida.*

*Aos meus pais, Silphonie Jean Baptiste e Sinristil Oresca, que me ensinaram o caminho da escola, por se sacrificarem pela minha educação e que sempre torcem pelo meu sucesso. Exemplos de vida a serem seguidos. Amo vocês.*

*Aos meus irmãos: Anne Marie Oresca, Delouis Oresca, Rousseau Oresca, Sainluc Oresca, Walker Oresca e Elenita, pela constante torcida para o meu sucesso.*

*Ao Prof. Dr. Alexandre Campelo de Oliveira pela atenção dispensada, pelo carinho, pela honrosa orientação e pelos excelentes ensinamentos científicos que, com certeza, levarei para o resto da minha vida.*

*Ao professor Thieres Georges Freire da Silva, pela doação de materiais para irrigação, pelo carinho e pelo constante ensinamento científico. Muito grato!*

*À minha namorada Débora Moura, uma pessoa muito especial que trouxe tanta alegria para o meu coração. Agradeço por ser umas das pessoas que mais me incentiva e que mais confia em meu potencial. Agradeço pelas inúmeras vezes que me faz sorrir mesmo nas horas mais tristes da minha vida. Sempre serei grato por seu amor por mim. Amo-te!*

*À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio financeiro, pois sem este, seria impossível minha sustentação e condução do experimento durante todo o curso do mestrado. A CAPES, CNPQ e FINEP, pelos equipamentos financiados ao programa.*

*A todos que fazem parte da Equipe FERTILIDADE DO SOLO pelo apoio e constante ajuda durante a condução do experimento. Eterna gratidão a: Luana de Pádua Souza, Naiara Albuquerque de Matos, Jamiles Carvalho, Lucas Marciel, Edjailson, Vitor Spindola, entre outros.*

*A todos que fazem parte do Grupo Agrometeorologia do Semiárido (GAS) pela constante ajuda tanto na implantação quanto na condução do experimento. Eterno gratidão!*

*A todos os discentes do PGPV, pelas risadas, por me fazerem sentir em casa apesar dos milhares de quilômetro que me separam com minha terra natal. Aos secretários Jacqueline, Arnaldo Nogueira e Iago Pereira, funcionários exemplares.*

*Ao Sr. Castro, uma pessoa de coração extraordinário, que me considera, além de um amigo, um filho. Sempre serei grato ao senhor por tudo que tem feito por mim.*

*À irmã e escritora Maria Valéria Rezende, pelas constantes ajudas desde quando pisei em solo brasileiro até este exato momento. Agradeço também às irmãs Lindalva, Graça, Isabela, Dalvani e Antônia.*

*À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), à Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) pelo espaço concedido para a realização do experimento. Aos laboratórios: LAQUIN e BIOLOGIA pelo espaço cedido para a realização de algumas análises do experimento.*

*A todos os amigos que eu conquistei durante esses 2 anos no mestrado: Carlos André, Jorge Bernardo, Edivan Amaro, Orlando Xavier, Alysson Menezes, Douglas Oliveira, Alexandre Maniçoba, José Raliuson Silva, George Júnior, Thialla Laranjeira Amorim, Samara Lopes, Renilson Pessoa, Lypson, Lamon, Marcondes, Maria Aparecida (Cidinha), Valdilene Melo, Neto Barroso. Enfim a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho.*

*À banca examinadora pelas preciosas contribuições que, com certeza, irão agregar mais valor ao trabalho.*

*Aos professores Josimar Bento Simplício e José Nildo Tabosa, pela doação das sementes de sorgo. E Allan Silva, pela elaboração do mapa.*

*Ao Sr Cícero Lopes Barros, pela amizade, pelas brincadeiras e pelas constantes risadas toda vez que encontramos*

*A todos que compõem o corpo da segurança na Unidade, sem esquecer os funcionários da Soll, pelos materiais emprestados para atividades de campo.*

***Eterna gratidão!***

*“Aprendi que mesmo que as coisas estejam péssimas, pensamento positivo e emitir coisas positivas você vai acabar começando a atrair coisas positivas para sua vida, assim deixando todo o mal para trás. ”*

*Matheus Dimitru Scutasu*

## RESUMO

A qualidade e a quantidade das culturas agrícolas estão sob contínua e grave ameaça de vários estresses abióticos, sendo a salinidade um dos mais importantes. A salinidade afeta o metabolismo das plantas por efeitos primários por meio do déficit hídrico, toxicidade iônica e desbalanço nutricional, além dos efeitos secundários que são os danos oxidativos. Estudos realizados em campo demonstram efeito positivo da adubação nitrogenada sobre a salinidade do solo e da água utilizada para irrigação. Nesse sentido, objetivou-se avaliar efeito da adubação nitrogenada e da irrigação com água salina durante a produção do sorgo e do milho no semiárido brasileiro. A pesquisa foi conduzida, em condições de campo, na UAST, Serra Talhada-PE. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, disposto em parcelas subdivididas, com quatro repetições, arranjados no esquema fatorial 4 x 4, referentes à 4 lâminas (28, 36, 44, 52% ETc) de irrigação e 4 doses (0, 100, 200, 300 kg ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio, adotando o sistema Sorgo + Milheto, sendo o sorgo a cultura principal. O semeio foi realizado no dia 7 de abril de 2017, colocando na média 30 sementes por metro linear, com espaçamento de 25 cm entre o sorgo e milho. As lâminas de irrigação foram baseadas na ETc, sendo obtida pela equação  $ET_c = ET_o \times K_c$  (do sorgo). A adubação nitrogenada consistiu no parcelamento de 1/3 na semeadura e 2/3 na cobertura. Ao final do ciclo de cada cultura, altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), o número de folhas vivas e mortas foi contado, produtividade de massa verde e seca foi estimada, teores de N-total, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> foram determinados. Os dados foram submetidos à análise de variância e as variáveis ajustadas ao modelo de regressão, utilizando o Software SAS. De acordo com os resultados obtidos nesse experimento, pode-se concluir que adubação nitrogenada e a irrigação com água salina beneficiaram o crescimento da cultura do sorgo e do milho, expresso em altura, diâmetro caulinar, número de folhas vivas e mortas, biomassa verde e seca. A adubação nitrogenada favorece a absorção do N-total e potássio pelas plantas, no entanto, inibiu a absorção dos íons cloreto e sódio na mesma condição, isto é, o nitrogênio atenuou os efeitos da salinidade da água de irrigação. O consórcio favorece incremento na produção de biomassa. Houve maior acúmulo de N-total e cloreto na parte aérea do milho quando comparado ao sorgo.

**Palavras-chave:** Salinidade, irrigação, adubação nitrogenada, produção de forragem.

## ABSTRACT

The quality and quantity of agricultural crops are under continuous and serious threat of several abiotic stresses, with salinity being one of the most important. Salinity affects the metabolism of plants by primary effects through water deficit, ionic toxicity and nutritional imbalance, in addition to the side effects that are oxidative damages. Studies carried out in the field demonstrate a positive effect of nitrogen fertilization on soil salinity and water used for irrigation. In this sense, the objective was to evaluate the effect of nitrogen fertilization and irrigation with saline water during the production of sorghum and millet in the Brazilian semi-arid region. The research was conducted, under field conditions, at UAST, Serra Talhada-PE. The experiment was carried out in a randomized complete block design, arranged in subdivided plots, with four replications, arranged in the 4 x 4 factorial scheme, referring for 4 irrigation blades (28, 36, 44, 52% ETC) and 4 doses (0, 100, 200, 300 kg ha<sup>-1</sup>) of nitrogen, adopting the Sorghum + Milheto system, being sorghum the main crop. Seeding was carried out on April 7, 2017, placing 30 seeds per linear meter on the average, spacing 25 cm between sorghum and millet. The irrigation blades were based on the ETC, being obtained by the equation  $ET_c = ET_o \times K_c$  (of the sorghum). Nitrogen fertilization consisted of 1/3 in sowing and 2/3 in coverage. At the end of the crop cycle, plant height, stem diameter, number of live and dead leaves counted, yield Green and dry mass was estimated, N-total, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> contents were determined. The data were submitted to analysis of variance and the variables adjusted to the regression model, using SAS Software. According to the results obtained in this experiment, it can be concluded that nitrogen fertilization and irrigation with saline water benefited the growth of the sorghum and millet crop expressed in height, stem diameter, number of lives and dead leaves, green and dry biomass. Nitrogen fertilization favors the absorption of N-total and potassium by plants, however, it inhibited the absorption of chloride and sodium ions in the same condition, that is, nitrogen attenuated the salinity effects of irrigation water. The consortium favors an increase in biomass production. There was greater accumulation of N-total and chloride in the shoot of millet when compared to sorghum crop.

**Key words:** Salinity, irrigation, nitrogen fertilization, forage production.

## SUMÁRIO

<b>1- INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2- REVISÃO LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1. A SALINIDADE DO SOLO E SUAS ORIGENS.....	4
2.2. OS FEITOS DA SALINIDADE NO SOLO.....	5
2.3. OS EFEITOS DA SALINIDADE NAS PLANTAS .....	7
2.4. NITROGÊNIO (N) .....	9
2.5. SALINIDADE X NITROGÊNIO.....	12
2.6. ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO SORGO.....	13
2.7. ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHETO.....	16
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	18
3.2. O CLIMA.....	18
3.3. COLETA E ANÁLISE DO SOLO .....	20
3.4. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	21
3.5. MANEJO DA IRRIGAÇÃO .....	22
3.6. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO SORGO.....	23
3.7. AVALIAÇÃO NUTRICIONAL .....	24
3.7.1. Medidas dos conteúdos de Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> e Cl <sup>-</sup> .....	24
3.7.2. Medidas dos teores de Nitrogênio total (N-total).....	25
3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>5- CONCLUSÕES .....</b>	<b>42</b>
<b>6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>61</b>

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Classificação dos solos afetados por sais.....5
- Tabela 2:** Resultados da análise química e física do solo coletado de 0 a 60 cm antes da instalação do experimento, Serra Talhada, PE.....21
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância das variáveis altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas vivas (NFV), número de folhas mortas (NFM), número de folhas total (NFT), massa verde da parte aérea (MV t ha<sup>-1</sup>), conteúdo de matéria seca (CMS %), matéria seca da parte aérea (MS t ha<sup>-1</sup>), Nitrogênio Total (g kg<sup>-1</sup>), Sódio (g kg<sup>-1</sup>), Potássio (g kg<sup>-1</sup>), Cloreto (g kg<sup>-1</sup>) do **SORGO** submetido a diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.....60
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância das variáveis altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas vivas (NFV), número de folhas mortas (NFM), número de folhas total (NFT), massa verde da parte aérea (MVPA t ha<sup>-1</sup>), conteúdo de matéria seca (CMS), matéria seca da parte aérea (MSPA t ha<sup>-1</sup>), Nitrogênio Total ( g kg<sup>-1</sup>), Sódio (g kg<sup>-1</sup>), Potássio (g kg<sup>-1</sup>), Cloreto (g kg<sup>-1</sup>) do **MILHETO** submetido a diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.....61
- Tabela 5.** Resumo da análise de variância da variável produtividade, expressa em massa verde total da parte aérea (MVTPA t ha<sup>-1</sup>), conteúdo de matéria seca total (CMST %), matéria seca total da parte aérea, (MSTPA t ha<sup>-1</sup>) do sistema **Sorgo + Milheto** submetido a diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.....62

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema da redução do nitrato e do nitrito utilizado pelas plantas. Disponível em: [http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp\\_jaboticabal/apostila\\_nutricaoaplana\\_fevereiro\\_06.pdf](http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/apostila_nutricaoaplana_fevereiro_06.pdf).....**10**
- Figura 2.** Esquema simplificado do metabolismo do nitrogênio nas plantas (redução assimilatória do nitrato e incorporação do nitrogênio). Disponível em: [http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp\\_jaboticabal/apostila\\_nutricaoaplanta\\_fevereiro\\_06.pdf](http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/apostila_nutricaoaplanta_fevereiro_06.pdf).....**11**
- Figura 3.** Fenologia da planta de sorgo. PA - parte aérea; SR – sistema radicular; DAG- dias após a germinação; FF- fase fenológica; F- folha; CL-caulículo; DSR- desenvolvimento do sistema radicular; V<M- até 21 dias, o sorgo apresenta menor vigor (V) do que o milho (M); AF- área foliar; IPP – início do ponto de crescimento; EMB-emborrachamento; FLR-floração. Fonte: TABOSA, 2011.....**15**
- Figura 4.** Localização da área experimental, sertão do Pajeú Pernambucano, Serra Talhada - PE, Brasil.....**18**
- Figura 5.** Valores médios diários de temperatura (—) e umidade relativa (----) do ar durante a condução do experimento na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, UAST - UFRPE.....**19**
- Figura 6.** Valores da precipitação pluviométrica (mm) e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), lâminas de água acumuladas (mm) estimadas durante a condução do experimento na Unidade Acadêmica se Serra Talhada, UAST – UFRPE.
- Figura 7:** Altura de plantas de Sorgo (A) e milheto (B) em função a diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, cultivados em consórcio, Serra Talhada – PE.....**27**
- Figura 8:** Diâmetro do caule do sorgo (A e B) e do milheto (C), cultivados em consórcio, em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, cultivados em consórcio, Serra Talhada – PE.....**29**

<b>Figura 9:</b> Número de folhas vivas do sorgo (A e B) e do milho (C), cultivados em consórcio, em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, cultivados em consórcio, Serra Talhada – PE.....	<b>31</b>
<b>Figura 10:</b> Número de folhas mortas do sorgo (A e B) e do milho (C) submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, cultivados em consórcio, Serra Talhada – PE.....	<b>33</b>
<b>Figura 13:</b> Produtividade de massa verde da parte aérea “MVPA” do sorgo (A e B), do milho (C), e do sistema Sorgo + Milho (D), em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.....	<b>34</b>
<b>Figura 14:</b> Produtividade de massa seca da parte aérea “MSPA” do sorgo (A e B), do milho (C) cultivados em consórcio, em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.....	<b>36</b>
<b>Figura 15:</b> Conteúdo de massa seca da parte aérea “CMS” do sorgo, cultivado em consórcio com o milho, em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.....	<b>37</b>
<b>Figura 16:</b> Teores de N-total, Na e K do sorgo (A, D) e do milho (B, C, E), cultivado em consórcio com o milho, em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.....	<b>39</b>
<b>Figura 17:</b> Teores de cloreto do sorgo (A) e do milho (B), cultivados em consórcio, em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.....	<b>41</b>



## 1- INTRODUÇÃO

De acordo com estimativas feitas pelas Nações Unidas, a população projetada para 2100 é de 11,2 bilhões de habitantes, o que aumentaria os desafios da agricultura para atender as demandas de alimentos tanto para humanos quanto para animais. São vários os fatores que limitam esse desafio, dentre eles, ocorrência de praga, limitação pluviométrica, degradação do solo que compõe, entre outros, a desertificação e salinização do solo. A salinidade do solo é amplamente relatada como o principal problema agrícola, particularmente na agricultura irrigada.

De acordo como Kumar et al., (2017), a alta salinidade é o estresse abiótico mais difundido no mundo e constitui um dos fatores mais rigorosos em limitar a distribuição e produtividade das plantas. Estima-se que em todo o mundo 20% do total cultivado e 33% das terras agrícolas irrigadas são afetadas pelo excesso de sais (SCHIATTONE et al. 2017). A salinidade é mais severa nas regiões áridas e semiáridas do mundo, caracterizadas por deficiência de pluviosidade e irregularidade das chuvas, altas temperaturas e evapotranspiração (PARIHAR et al., 2015).

O estresse salino exerce vários efeitos negativos nos processos ecofisiológicos das plantas dentre eles inibição do crescimento, perda de atividade das enzimas protetoras, absorção de água e nutrientes, da permeabilidade da membrana celular (DOGAN et al., 2010), além de prejudicar, os teores foliares de clorofila e carotenoides foliares, comprometendo a atividade fotossintética, o que reflete na redução de produção das culturas (CAVALCANTE et al., 2011; TAIZ et al., 2017).

Nas regiões semiáridas, os usos da água de baixa qualidade nas culturas juntamente com as condições ambientais agravam o problema da salinização. De acordo com Mesquite et al. (2012), o uso da água salobra na irrigação eleva a condutividade elétrica (CE) do solo, o que implica na degradação e na perda da fertilidade do mesmo. Já, os solos afetados por excesso de sódio apresentam alta capacidade erosiva, bem como problemas de permeabilidade e qualquer excesso de água causará encharcamento na superfície do solo, devido à ação dispersiva do  $\text{Na}^+$  quando ocupa o complexo de troca, impedindo a germinação das sementes e o crescimento das plantas, por falta de aeração (DIAS & FLÁVIO, 2010).

Em geral, a irrigação com água salina promove a salinização dos solos e ocorre a acumulação de determinadas espécies iônicas, sendo o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{Cl}^-$  os mais frequentes e considerados os principais íons a prejudicar o metabolismo das plantas (NOBRE et al., 2009).

A predominância desses íons no meio de crescimento radicular pode causar toxidez ao se acumular nos tecidos vegetais, assim como proporcionam mudanças na absorção, transporte e metabolismo dos nutrientes necessários ao crescimento vegetal. Deficiências de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  podem ser induzidas por excesso de  $\text{Na}^+$  (MARSCHNER, 2012), como também o  $\text{Cl}^-$  reduzir a absorção de  $\text{NO}_3^-$ , interferindo na assimilação de nitrogênio necessário à síntese proteica (DEBOUBA et al., 2006).

Alguns estudos recentes têm demonstrado que é possível produzir em ambiente salino, utilizando técnicas que permitam aliviar os efeitos nocivos da salinidade às plantas. De acordo com Silva et al. (2011), técnicas convencionais de adubação, com base o emprego fertilizantes favorecem aquisição de nutrientes pelas plantas em condições de salinidade. Dentro dessas técnicas, a adubação nitrogenada tem sido bastante utilizada.

O nitrogênio (N) é considerado um elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas (MIFLIN & LEA, 1976; HARPER, 1994; GIODORNO e RAVEN, 2014). Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas tanto na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) como de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (LARCHER, 2006). A predominância do  $\text{NO}_3^-$  no solo inibe a absorção de  $\text{Cl}^-$  pelas plantas, resultando na sobrevivência das mesmas em ambientes salinos. Nobre et al (2013), estudando a emergência, crescimento e produção da mamoneira, observaram efeitos significativos sobre a interação salinidade x nitrogênio, onde a aplicação de doses crescentes de nitrogênio reduziu o efeito da salinidade sobre as variáveis, diâmetro caulinar e a fitomassa seca da raiz.

Outra técnica que permite explorar o ambiente salino é o cultivo de plantas moderadamente tolerante à salinidade, como é o caso de sorgo (*Sorghum bicolor*, L.) e milheto (*Pennisetum glaucum*, L.). Estes são da família Poaceae, de metabolismo C4 e que adaptam bem à região semiárida. Essas plantas apresentam alta produtividade de biomassa e características agronômicas e zootécnicas necessárias para utilização como forragem por possuírem qualidade nutricional adequada para produção de feno, silagem e consumo *in natura* (DANTAS NETO et al. 2000). Estudos realizados em condições de campo mostram certa tolerância do sorgo (AQUINO et al., 2007) e milheto (LIRA et al., 1999) à irrigação com água

salina, contudo, o aumento da concentração de sais na água afetou negativamente o desenvolvimento e a produtividade das forrageiras.

O cultivo dessas forrageiras em consórcio pode trazer benefícios como a otimização de espaço, água, nutrientes, bem como favorecer melhoria nas condições do solo pela redução de incidência de raio solar e das gotas de chuva, protegendo o solo contra evaporação e erosão, além de promover o acúmulo de matéria orgânica. Outro benefício do consórcio seria partição da absorção de sais entre as duas culturas, minimizando o impacto na produção global do sistema.

Diante desse panorama, objetivou-se avaliar o potencial da adubação nitrogenada em atenuar os efeitos deletérios da salina da água de irrigação durante a produção das espécies forrageiras sorgo e milho no semiárido.

## 2- REVISÃO LITERATURA

### 2.1. SALINIDADE DO SOLO E SUAS ORIGENS

A salinidade do solo vem crescendo em todo mundo e tornou-se um grave problema ambiental (WANG et al., 2018). A salinização influencia a qualidade do solo e a sustentabilidade da agricultura e pode diminuir a biodiversidade e reduzir a qualidade da água e a produção agrícola (BUI, 2013; ARAGÜÉS et al., 2014; CASSEL et al., 2015). Estima-se que uma área de mais de 930 milhões ha que ocupa 7% da superfície terrestre global esteja comprometida com o processo de salinização do solo e essa área está em expansão (RENGASAMY, 2006). Do total das áreas irrigadas (230 milhões de hectares) cerca de 45 milhões de hectares estão afetadas pelos efeitos deletérios da salinidade (PEDROTTI et al., 2015).

A salinidade do solo ocorre por processos naturais e antrópicos, também conhecidos como salinidade primária e secundária, respectivamente. A salinização primária se deve principalmente a intempéries físicas ou químicas e transporte de material original, depósitos geológicos ou águas subterrâneas (DALIAKOPOULOS et al., 2017). De acordo com esses autores, o solo pode ser rico em sais devido a constituintes de rocha mãe, como minerais de carbonato e/ou feldspato. No processo de salinização, ocorre a transformação dos minerais primários, ricos em cátions como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ , em minerais de argila do tipo 2:1, principalmente montmorilonita. Em locais de clima semiárido esta transformação, embora lenta devido aos longos períodos sem chuvas, libera da estrutura cristalina dos minerais parte destes cátions e contribui para a manutenção de suas concentrações em níveis relativamente elevados, tanto no complexo de troca quanto na solução do solo (PEDROTTI et al. 2015).

Outros fatores como efeitos capilares ou evapotranspiração também podem influenciar o acúmulo de sais no solo, ou seja, a salinidade afeta a subida das águas subterrâneas, em que os sais previamente dissolvidos se acumulam principalmente na camada mais superficial, chegando a formar uma crosta de sais cristalizados (HOLANDA et al., 2001; GEESON et al., 2003; CHARI et al., 2012). Esses aspectos afetam o solo dependendo da arquitetura do aquífero, da condutividade hidráulica de camadas geológicas e características do solo, como porosidade, estrutura e textura, composição mineral de argila, taxa de compactação, taxa de infiltração, capacidade de armazenamento de água, condutividade hidráulica saturada e não

saturada e finalmente o potencial de teor de sal (CHESWORTH, 2008; VAN BEEK e TÓTH, 2012).

A salinização é denominada secundária quando a elevação na concentração de sais no solo é resultante de alguma atividade antrópica, geralmente associada ao desmatamento, ao excesso de água de irrigação, ao padrão de qualidade da água de irrigação abaixo do recomendado, ao uso excessivo de adubos químicos e aos sistemas de drenagem ineficientes (FAN et al., 2012; TRNKA et al., 2013; MUNNS, 2018).

Segundo Gheyi et al. (1997), os solos afetados por sais podem ser classificados como salinos, salinos-sódicos e sódicos. Os solos salinos são aqueles que contém sais solúveis, principalmente cloretos e sulfatos de sódio, cálcio e magnésio em quantidades suficientes para interferir nas atividades fisiológicas da maioria das plantas cultivadas. Os solos sódicos são aqueles com teor suficiente de sódio trocável para interferir com o crescimento da maioria das plantas de culturas. Já os salinos sódicos representam aqueles com teor de sódio trocável e contendo quantidades apreciáveis de sais solúveis (Tabela 1).

Classificação	CEes (dS m <sup>-1</sup> )	pH	PST (%)
Salino	>4	<8,0	<15
Salino - Sódico	>4	<8,0	>15
Sódico	<4	>8,0	>15

Tabela 1. Classificação dos solos afetados por sais.

Fonte: GHEYI et al., (1997)

## 2.2. OS EFEITOS DA SALINIDADE NO SOLO

A maior importância em relação à salinidade é dada às regiões áridas e semiáridas, onde a evapotranspiração supera a precipitação e, por consequência, impossibilita a percolação da água através do perfil e, conseqüentemente, a lixiviação dos sais do solo (FREIRE e FREIRE, 2007). A salinidade afeta as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. A

salinidade pode afetar as propriedades físicas do solo, fazendo com que partículas finas se liguem em agregados (ADEROJU e FESTUS, 2013). Este processo é conhecido como floculação e é benéfico em termos de aeração do solo, penetração e crescimento de raízes (NEUMANN, 1995). O aumento da salinidade da solução do solo tem um efeito positivo na agregação e estabilização do solo, embora possa ter efeito letal às plantas. Por outro lado, a sodicidade (Percentagem de Sódio Trocável (PST) > 15% ou Razão de Adsorção de Sódio (RAS) > 13) afeta negativamente a física do solo devido à deterioração de suas estruturas quando os cátions bivalentes como cálcio (Ca), magnésio (Mg), com potencial floculante, são substituídos por sódio (Na), um cátion monovalente.

A predominância desse cátion monovalente, promove um aumento na espessura da dupla camada iônica difusa, aumentando consideravelmente a expansão das partículas de argila (FASSBENDER e BORNEMISZA, 1987), acarretando em dispersão das mesmas, formando camadas impermeáveis, dificultando o movimento de ar e de água no solo (PEDROTTI et al., 2015). Em geral, essa dispersão ocorre devido ao grande raio hidratado e a baixa densidade de carga de sódio que impedem a aproximação dos minerais do solo, interferindo nas forças de Van der Waals de curta distância entre minerais ou dentro da camada interna de vermiculita e esmectita (ZOCA e PENN, 2017).

Segundo Dias e Blanco (2010), se houver exagero na expansão da argila, ocorrerá a fragmentação das partículas e, conseqüentemente, modificações na estrutura do solo. Esse rompimento de agregados do solo é indesejável, visto que causa grande impacto ambiental por também liberar de forma excessiva, nutrientes e biocidas utilizados na agricultura (MOURA FILHO e BUOL, 1976; GHADIRI e ROSE, 1991). Além disso, o efeito de expansão, dispersão e migração das partículas de argila nos poros condutores interferem na condutividade hidráulica e na permeabilidade do solo à água (RHOADES e INGVALSON, 1969; SHAINBERG e LETEY, 1984; ANDRADE e CRUCIANI, 1996).

O efeito do excesso de sais ocorre principalmente pela interação eletroquímica entre os sais e a argila (SERTÃO, 2005). A alta condutividade elétrica verificada em solos salinos se deve as altas concentrações de sais, podendo restringir a absorção de nutrientes, interferindo no desenvolvimento das plantas, em função da elevação do potencial osmótico (MENDES et al., 2008). A implicação prática da salinidade sobre o solo é a perda da fertilidade e a susceptibilidade à erosão, além da contaminação do lençol freático e das reservas hídricas subterrâneas.

Portanto, a salinidade exerce influência na estrutura do solo, reduz a capacidade de armazenamento água e a absorção de nutrientes, pois o mecanismo de contato íon-raiz ocorre em solução aquosa, interferindo na absorção principalmente de N, S,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (PRADO, 2008).

### 2.3. OS EFEITOS DA SALINIDADE NAS PLANTAS

A exposição ao estresse salino causa várias alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas nas plantas devido ao excesso de íons e déficit hídrico (GREENWAY e MUNNS, 1980; MASKRI et al. 2010; NUNES et al. 2016). As espécies e cultivares comportam-se de forma diferente à salinidade, isto é, cada espécie ou cultivar tolera até certa salinidade sem perda do crescimento vegetativo e da capacidade produtiva, conhecida como salinidade limiar (AYERS e WESTCOT, 1999; ELOI et al. 2011; DIAS et al. 2011).

Os sais afetam o crescimento da planta devido ao aumento da pressão osmótica do solo e à interferência com a nutrição das plantas (MACHADO e SERRALHEIRO, 2017). De acordo com esses autores, a alta concentração de sal na solução do solo reduz a capacidade das plantas de absorver água, que é referido como o efeito osmótico. O efeito osmótico da salinidade induz mudanças metabólicas na planta idêntica às aquelas causadas pelo "murchamento" induzido pelo estresse hídrico (MUNNS et al. 2002), pois dependendo do nível de salinidade, a planta, em vez de absorver, poderá até perder a água que se encontra no seu interior devido ao movimento da água, que passa das células para a solução externa mais concentrada (DIAS et al., 2016). Além disso, o estresse salino reduz o crescimento das plantas devido a toxicidades iônicas específicas e desequilíbrios nutricionais (LÄUCHLI e EPSTEIN, 1990) ou uma combinação desses fatores (MUNNS e TESTER, 2008)

De fato, os efeitos de salinidade na redução do crescimento da planta é um processo dependente do tempo, e Munns et al. (1995) propuseram um modelo em duas fases para descrever a resposta do crescimento da planta à salinidade. A primeira fase é muito rápida e a redução do crescimento é atribuída ao desenvolvimento de um déficit hídrico. A segunda fase deve-se ao acúmulo de sais na parte aérea em níveis tóxicos e é muito lento. Este modelo foi demonstrado por López-Berenguer et al. (2006) em brócolis, no entanto, a importância relativa dos dois mecanismos de redução do rendimento é difícil de avaliar com confiança porque se sobrepõem.

A salinidade afeta a fotossíntese pela diminuição da disponibilidade de  $\text{CO}_2$  como resultado das limitações de difusão no mesófilo (FLEXAS et al., 2007) e uma redução do conteúdo de pigmentos fotossintéticos (ASHRAF e HARRIS, 2013). Adicionalmente, a limitação da disponibilidade de  $\text{CO}_2$  para a assimilação de carbono pela fotossíntese, também resulta no acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROS) nos cloroplastos, que podem causar fotoinibição e fotooxidação nessas organelas (ASHRAF, 2009). Na cultura de espinafre, Di Martino et al. (1999) observaram que o acúmulo de sal na parte aérea inibe a fotossíntese, principalmente pela diminuição das condutâncias estomáticas e mesofilicas ao  $\text{CO}_2$  e redução do teor de clorofila, o que pode afetar a absorvância da luz. Esse fato pode ser atribuído também à redução da área foliar fotossinteticamente ativa, bem como a redução da interceptação de luz. Assim, a salinidade diminui a capacidade fotossintética total da planta através da diminuição do crescimento foliar, limitando sua capacidade de crescimento e produção (YEO, 2007).

De acordo com Cavalcante et al. (2011) e Souto et al. (2015), os efeitos degenerativos provocados pelos sais resultam em modificações nos mecanismos bioquímicos e fisiológicos das plantas, alterando, dentre outros, os teores foliares de clorofila e carotenoides, comprometendo a atividade fotossintética e, conseqüentemente, o crescimento, desenvolvimento, produção e a adaptabilidade dessas plantas aos ambientes adversos.

A acumulação de sal na zona radicular das plantas causa o desenvolvimento do estresse osmótico e interrompe a homeostase dos íons celulares, induzindo tanto um bloqueio na absorção de elementos essenciais como  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{NO}_3^-$  e favorece o acúmulo de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  (PARANYCHIANAKIS e CHARTZOULAKIS, 2005). As toxicidades específicas dos íons são devidas ao acúmulo de sódio, cloreto e/ou boro no tecido das folhas em níveis elevados que se tornam prejudiciais. A acumulação de íons prejudiciais pode inibir a síntese de fotossíntese e síntese de proteínas, inativar enzimas e danificar cloroplastos e outras organelas (TAIZ & ZEIGER, 2017). Esses efeitos são mais importantes nas folhas mais velhas, já que têm passado mais tempo para acumular mais íons (MUNNS et al. 2002). As deficiências vegetais de vários nutrientes e desequilíbrios nutricionais podem ser causadas pela maior concentração de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  na solução do solo derivada da competição iônica, isto é,  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$  nos tecidos das plantas (CAVALCANTE et al. 2010)

Sintomas visuais de toxidez de sódio e cloreto no crescimento das plantas aparecem progressivamente (MACHADO e SERRALHEIRO, 2017). De acordo com esses autores, os primeiros sinais de estresse salino são murchando, o aparecimento de folhas amareladas e o

crescimento retardado nas plantas. Numa segunda fase, o dano se manifesta como a clorose das partes verdes, a queima das folhas e a necrose das folhas. Esses fatores afetam, dentre outros, o processo fotossintético das plantas, reduzindo a produção de fotoassimilados, o que pode refletir na queda de produção dessas plantas (TAIZ e ZAIG, 2017)

#### 2.4. NITROGÊNIO (N)

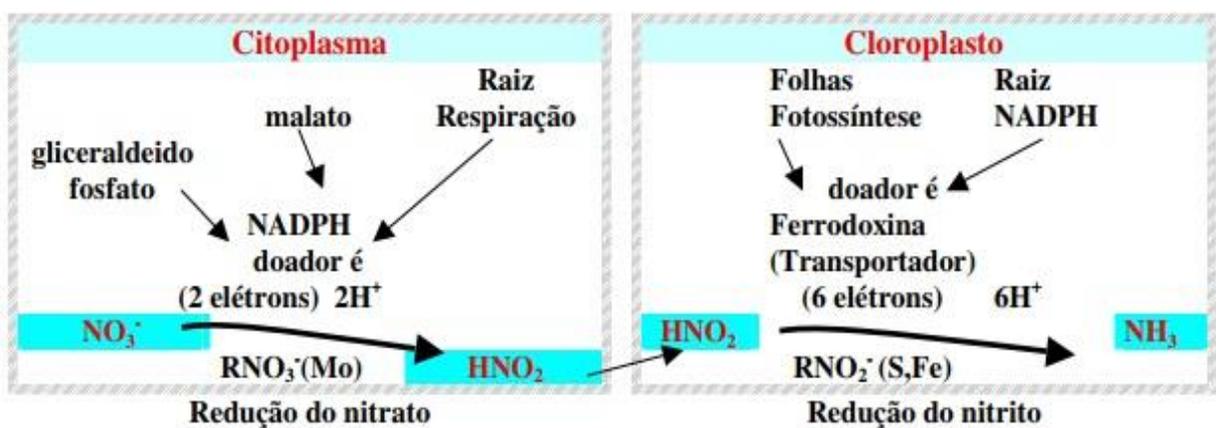
O nitrogênio está presente em diversas formas na biosfera. A atmosfera contém uma vasta quantidade (cerca de 78% por volume) de nitrogênio molecular ( $N_2$ ). Porém, esse grande reservatório de nitrogênio não está diretamente disponível para as plantas e os organismos vivos. A obtenção de nitrogênio da atmosfera requer a quebra de uma ligação tripla covalente de excepcional estabilidade, entre os dois átomos de nitrogênio ( $N\equiv N$ ) para produzir amônia ( $NH_3$ ) ou nitrato ( $NO_3^-$ ). Tais reações, conhecidas como fixação do nitrogênio, podem ser obtidas por processo natural e industrial.

O processo natural se dá pela Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) que ocorre em associações de plantas com microrganismos, onde o N é capturado do ar e fixado por bactérias chamadas de diazotróficas. Além disso, o nitrogênio pode ser fixado no solo através de descargas elétricas, comuns na época chuvosa, que unem N e  $O_2$ , formando óxidos que podem se decompor ou unir à água, atingindo o solo pela ação da chuva. A fixação industrial refere-se à produção de fertilizantes nitrogenados por processo industrial, que exige alta quantidade de energia ( $1035 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) para “quebrar” a forte ligação tripla da molécula  $N\equiv N$  presente no ar, a partir do ferro metálico como catalisador e é dependente de altas temperaturas ( $>500 \text{ }^\circ\text{C}$ ) e pressões (200-600 atm) para combinar  $N_2$  e  $H_2$  produzindo amônia ( $NH_3$ ), origem de vários fertilizantes nitrogenados (SOUZA, 2018).

O nitrogênio (N) é considerado um elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e as enzimas (GIODORNO e RAVEN, 2014). Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (EPSTEIN e BLOOM, 2005). A deficiência de nitrogênio provoca má formação e baixa densidade de clorofila nas folhas (THOMSON e WEIER, 1962), tendo como reflexos visuais a clorose generalizada e o estiolamento das plantas (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

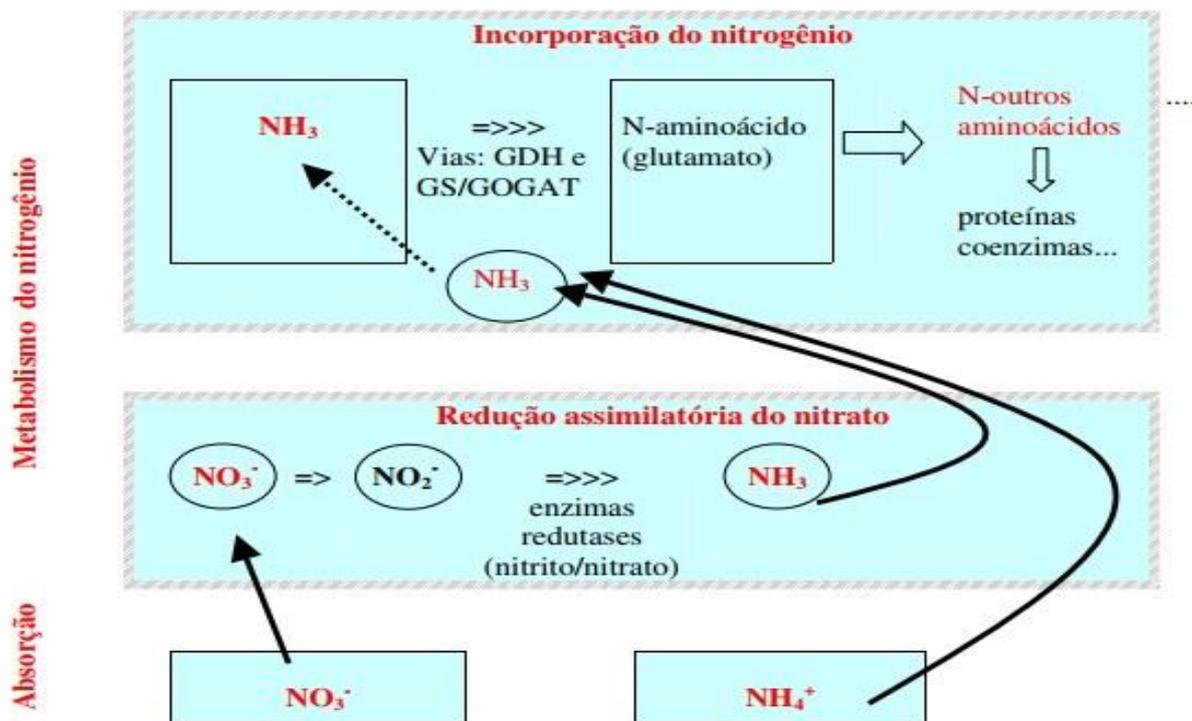
O nitrogênio é absorvido pelas plantas tanto na forma de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) como de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (LARCHER, 2006). O nitrato é uma fonte importante do nitrogênio (N) nutricional de plantas e, portanto, sua disponibilidade é um fator limitante de taxa no crescimento e desenvolvimento de muitas espécies de plantas (KROUK et al., 2011; ANDREWS et al., 2013). Apesar da existência de várias formas de nitrogênio, nitrato de nitrogênio ( $\text{NO}_3^- \text{ N}$ ) é o mais biodisponível e mais assimilado pelas plantas (ZHEN et al., 2018). Porém, a assimilação de amônio requer menor custo energético do que a exigência energética para a assimilação do nitrato (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000). Esse fato é devido à assimilação do íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) envolver várias reações de oxido - redução que, em conjunto, consomem 12 ATPs por átomo de N assimilado (BLOOM, SUKRAPANNA e WARNER, 1992). Nas plantas, uma vez absorvido pela raiz, o nitrato é transportado para as folhas onde é armazenado nos vacúolos ou efetivamente assimilado em compostos orgânicos. O primeiro passo redutor na assimilação de nitratos é a redução ao nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) através da atividade da enzima nitrato redutase citosólica (NR) (Figura 1). Esta reação envolve a transferência de dois elétrons doados de NADPH ou NADH (WARNER e KLEINHOFS, 1992).

Devido à alta reatividade e potencial de toxicidade, o nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) é imediatamente removido das células (ZHENG, WISEDCHAI SRI e GONEN, 2013) ou transportado para cloroplastos nas folhas ou plastídios nas raízes para redução adicional. O nitrito é então reduzido ao amônio através da redutase de nitrito à custa de seis elétrons doados a partir de ferredoxina reduzida (Fd) (CRAWFORD, 1995).



**Figura 1.** Esquema da redução do nitrato e do nitrito utilizado pelas plantas. Disponível em: [http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/downloads/unesp\\_jaboticabal/apostila\\_nutricaoopla\\_n\\_a\\_fevereiro\\_06.pdf](http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/apostila_nutricaoopla_n_a_fevereiro_06.pdf)

O processo final na assimilação de nitratos, a compostos orgânicos foi descrita segundo Hewitt e Cutting (1979), principalmente por duas vias, que ocorrem simultaneamente (Figura 2). A primeira, via desidrogenase glutâmica (GDH), que ocorre nas mitocôndrias das folhas e raízes, a partir da reação de aminação do ácido  $\alpha$  cetoglutarico. A segunda, via glutamina sintetase (GS) e glutamato sintase (GOGAT), onde glutamina sintetase (GS) incorpora amônia no glutamato, formando glutamina. Sequencialmente, a glutamina oxoglutarato aminotransferase (GOGAT) transfere o grupo amida de glutamina para o oxoglutarato de ácido orgânico para produzir duas moléculas de glutamato (FRUNGILLO et al. 2016). Após este passo, várias transaminases medeiam a produção de outros aminoácidos através de reações de transaminação (LEA et al., 2006).



**Figura 2.** Esquema simplificado do metabolismo do nitrogênio nas plantas (redução assimilatória do nitrato e incorporação do nitrogênio). Disponível em: [http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp\\_jaboticabal/apostila\\_nutricao\\_planta\\_fevereiro\\_06.pdf](http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/apostila_nutricao_planta_fevereiro_06.pdf)

Dada a sua importância e a alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido intensamente estudado, no sentido de maximizar a eficiência do seu uso, principalmente parcelando a adubação nitrogenada. Para tanto, tem-se procurado diminuir as perdas do nitrogênio no solo, bem como melhorar a absorção e a metabolização do N no interior da planta (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000).

Apesar da sua grande importância no sistema de cultivo, o nitrogênio traz consequência negativa também ao solo, pois a absorção de  $\text{NH}_4^+$  resulta na liberação de prótons ( $\text{H}^+$ ) para o meio, acidificando-o, entretanto, o contrário é verificado quando a planta absorve  $\text{NO}_3^-$ , pelo processo de co-transporte de prótons, retirando  $\text{H}^+$  da solução ou liberação de  $\text{OH}^-$ . Yang et al. (2018) observaram que o fornecimento de nitrogênio ao longo tempo eleva a acidez do solo de uma plantação de chá (*Camellia sinensis*) na China, devido aos íons de hidrogênio liberado do  $\text{NH}_4^+$  substituem os íons de cálcio retidos pelos colóides do solo, fazendo com que o solo se torne ácido.

## 2.5. SALINIDADE X NITROGÊNIO

O início do século XXI foi marcado pela escassez global de recursos hídricos, poluição ambiental e aumento da salinização do solo e da água (SHAHBAZ & ASHRAF, 2013). Estima-se que em todo o mundo 20% do total cultivado e 33% das terras agrícolas irrigadas são afetadas pela alta salinidade (SCHIATTONE et al. 2017). De acordo com esses autores, as áreas salinizadas estão aumentando a uma taxa de 10% ao ano por várias razões, incluindo baixas precipitações, alta evaporação superficial, intempérie de rochas nativas, irrigação com água que oferece restrição a maioria das culturas de interesse econômico e práticas culturais precárias. Estima-se que mais de 50% das terras aráveis sejam salinizadas até 2050 (JAMIL et al., 2011).

A salinidade do solo é um fator limitante de crescimento para a maioria das plantas glicófitas (SAMI HANNACHI e LABEKE, 2018). Os sais inibem o crescimento da planta por estresse osmótico, desequilíbrio nutricional e toxicidade iônica específica (MUNNS, 2008). A salinidade do solo está sendo progressivamente agravada por práticas agrônomicas como irrigação e fertilização, especialmente em regiões áridas e semiáridas. O uso adequado do fertilizante nitrogenado, a exemplo da ureia, em todos os solos é importante, sobretudo em solos salinos onde N pode reduzir os efeitos adversos da salinidade no crescimento e no rendimento das plantas (FLORES et al., 2001), devido à ação antagônica do íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) sobre o cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), sendo este íon, em grandes concentrações, prejudicial ao metabolismo dos vegetais, dependendo da espécie vegetal, nível de salinidade ou condições ambientais.

De acordo com Campos et al. (2010), o nitrogênio poder interagir com a salinidade, atenuando efeitos nocivos do excesso de sais. Porém, é de suma importância evidenciar que a absorção e assimilação de nitrogênio pelas plantas são influenciadas pela fonte do fertilizante aplicado. Em mudas de Jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth),

Marques et al. (2006) observaram que o sulfato de amônio foi a fonte de nitrogênio que proporcionou maior crescimento em altura, seguido pelo nitrato de amônio e pelo nitrato de cálcio.

Na cultura do milho (*Zea mays*), Feijão et al. (2013) observaram que, com o aumento da concentração de  $\text{NO}_3^-$  no meio, houve melhora na absorção desse íon, levando à redução da absorção de  $\text{Cl}^-$ , devido à ação antagônica do  $\text{NO}_3^-$  sobre o íon  $\text{Cl}^-$ . A adubação nitrogenada promoveu redução do efeito salino da água de irrigação na produção de matéria seca do girassol, principalmente quando se utilizou sulfato de amônio como fonte de N (OLIVEIRA et al. 2010).

Nobre et al. (2013), estudando a emergência, o crescimento e a produção da mamoneira (*Ricinus communis* L.) sob estresse salino e adubação nitrogenada, observaram efeitos significativos sobre a interação salinidade x nitrogênio, onde a aplicação de doses crescentes de nitrogênio (N) reduziu o efeito da salinidade sobre as variáveis, diâmetro caulinar e a fitomassa seca da raiz da mamoneira cv. BRS Energia. Xavier et al. (2014), avaliando a cultura de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) walp), não observaram interação entre os níveis de salinidade e as doses de nitrogênio para as variáveis área foliar, área foliar específica, razão de área foliar, alocação de biomassa na folha e no caule. Portanto, os mesmos autores evidenciaram os efeitos negativos da condutividade da água de irrigação sobre os parâmetros biométricos e biomassa na cultura. Comportamento semelhante foi observado por Nobre et al. (2010) avaliando o crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada.

## 2.6. ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO SORGO

Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma planta anual pertencente à mesma família (Poaceae) do gênero *Sorghum* e espécie *S. bicolor*. Acredita-se que tenha se originado na África, particularmente na Etiópia e nos países vizinhos (KIMBER, 2000). O sorgo é uma das principais fontes de alimento em grande parte dos países da África, Sul da Ásia e América Central, e importante componente da alimentação animal nos Estados Unidos, Austrália e América do Sul (SANTOS, 2003). Hoje, o sorgo é amplamente cultivado em todo o mundo e ocupa o quinto lugar entre as principais culturas de cereais em termos de produção e área cultivada (FAOSTAT, 2015) e quarto lugar no ranking brasileiro.

Segundo alguns relatos, a cultura do sorgo teria sido introduzida no Brasil no início do século XX, essa espécie apresenta uma composição química bastante semelhante à do milho, e pode substituí-lo como fonte energética em rações animais, não apresentando, porém, afirmação como cultura comercial entre os produtores e consumidores devido aos aspectos culturais, que atuam sobre os agentes do agronegócio brasileiro (DUARTE, 2009).

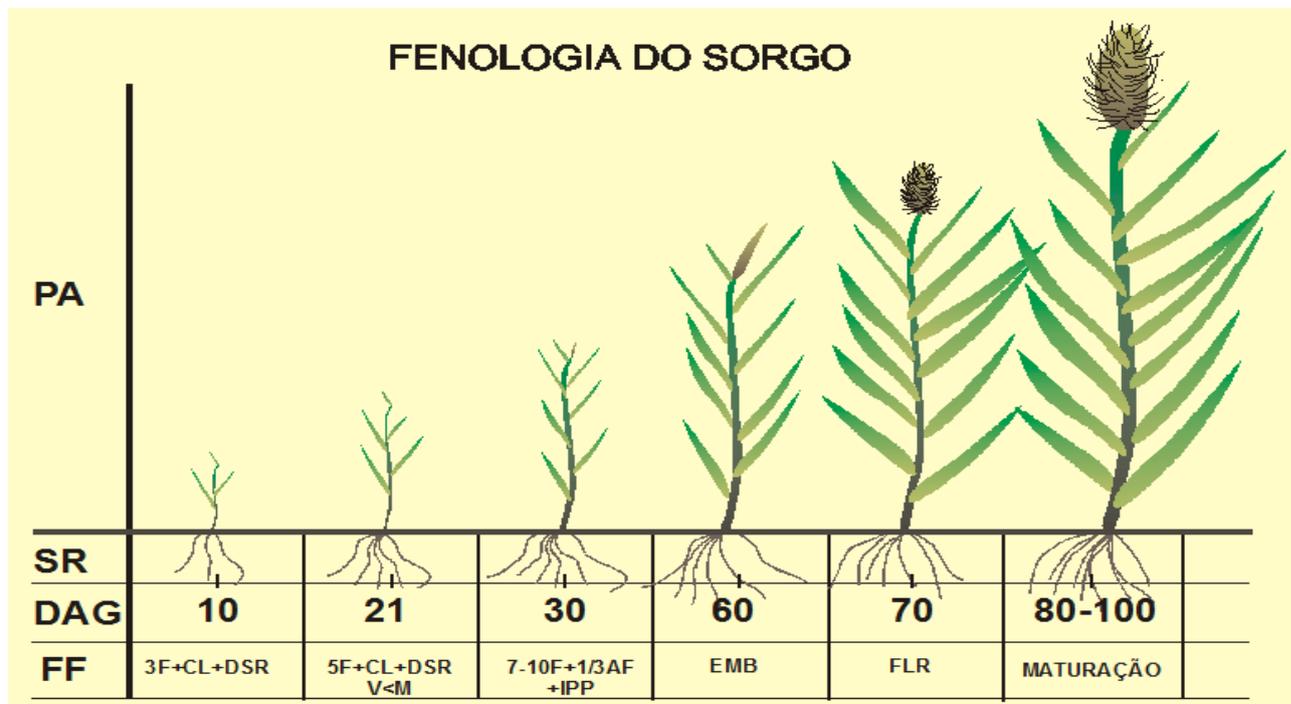
Segundo estimativas da Conab (2017), para a safra 2016/2017 serão semeados 621,9 mil hectares com a cultura do sorgo, e a estimativa em torno de 2667 kg ha<sup>-1</sup>, totalizando uma produção de 1658,4 mil toneladas. Com isso houve aumento 7,4% e 60,7%, em área cultivada e em produção com a cultura no Brasil, respectivamente, quando comparado com a safra de 2015/2016.

Assim como o arroz e o milho, o sorgo geralmente amadurece em cerca de quatro meses ou menos. No entanto, como o sorgo é uma planta de metabolismo fotossintético C4, ele usa água de forma muito mais eficiente, tornando-o altamente adaptável a ambientes semiáridos ou áridos onde a seca é um problema recorrente (GHANNOUM, 2009; XIN et al., 2009). Algumas variedades de sorgo também possuem a capacidade de acumular açúcar no colmo enquanto produzem amido em grãos e grandes quantidades de biomassa celulósica. Isso significa que o sorgo tem um imenso potencial não só no fornecimento de alimentos para humanos e animais, mas também como alternativa de combustível verde na forma de bioetanol.

O sistema radicular dessas culturas é composto por raízes que por possuir sílica na endoderme, grande quantidade de pêlos absorventes e altos índices de lignificação de periciclo, conferem à cultura maior tolerância ao déficit hídrico (LIRA et al., 1999; MOREIRA et al., 2007) e o excesso de umidade no solo, do que os demais cereais. O caule do sorgo é dividido em nós e entrenós e folhas ao longo de toda a planta, sua inflorescência é uma panícula, seu fruto é uma cariopse ou grão seco e pode atingir de 1 a 4 metros de altura, dependendo da cultivar.

Agronomicamente, os sorgos são classificados em 4 grupos: 1) granífero; 2) forrageiro para silagem e/ou sacarino; 3) forrageiro para pasto/corte/verde/fenação/cobertura morte e 4) vassoura. De acordo com Tabosa et al. (2011), o desenvolvimento fenológico do sorgo é dividido em três fases (estádios de crescimento - EC): EC1 - que vai da germinação até a iniciação da panícula (Figura 1); EC2 - que vai desde a iniciação da panícula até o florescimento (logo após iniciar o florescimento, acontece o rápido alongamento do colmo e da panícula levando a planta ao estágio chamado de emborrachamento); EC3 - que vai da floração

à maturação fisiológica. Neste estágio, inicia-se uma rápida transferência de nutrientes acumulados nas folhas e nos colmos para as panículas, os grãos passam do estágio de grão leitoso para o estágio de massa dura ou pastoso. Segue abaixo uma figura ilustrativa das fases fenológicas do sorgo.



**Figura 3.** Fenologia da planta de sorgo granífero. PA - parte aérea; SR – sistema radicular; DAG- dias após a germinação; FF- fase fenológica; F- folha; CL-caulículo; DSR- desenvolvimento do sistema radicular; V<M- até 21 dias, o sorgo apresenta menor vigor (V) do que o milho (M); AF- área foliar; IPP – início do ponto de crescimento; EMB-emborrachamento; FLR-floração. Fonte: TABOSA, 2011

Dando ênfase ao sorgo sacarino, este tem aptidão tanto para produção de biodiesel (etanol) quanto forrageira, pois é altamente utilizado na alimentação animal, dando destaque à cultivar IPA 467-4-2. Esta é resultante do cruzamento da cultivar IPA-7301218 x cultivares sacarinas tradicionais para a obtenção do material forrageiro, de elevado potencial de produção, é a variedade mais comercializada na região Nordeste e avaliada como promissora no Vale do Itajaí-SC (ALMEIDA et al., 1993). A cultivar IPA 467-4-2, além de adaptar-se bem ao clima semiárido, produz elevada biomassa verde mesmo com certa restrição hídrica, o que a torna mais promissora para a região.

Lima et al. (2010), avaliando cultivares de sorgo sacarino, concluíram que as cultivares SF-15, IPA-467-4-2 e BR-506 se mostraram as mais produtivas, sendo a IPA 467-4-2 apresentou produtividade de 52,94 t ha<sup>-1</sup> de massa verde e as demais com 60,77 t ha<sup>-1</sup> (SF-15), 40 t ha<sup>-1</sup> (BR-506), contra a cultivar WILLEY, considerada a menos produtiva, com produtividade avaliada em 19,70 t ha<sup>-1</sup>. Em outro estudo, Souza et al. (2005), avaliando a

cultivar IPA 467-4-2 em condições de irrigação e adubação orgânica e mineral, obtiveram produtividades de massa verde total de 64 t ha<sup>-1</sup>.

## 2.7. ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHETO

O milheto é uma planta pertencente à família Poaceae do gênero *Pennisetum* e espécie *P. glaucum*. O milheto é uma planta de metabolismos fotossintético C4, de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas e tem como origem, o continente africano. A altura do milheto pode variar entre 1,5 a 3 metros e as panículas são similares em tamanho e forma, sendo rígida e compacta, cilíndrica, cônica ou de forma espiralada; com 2 a 3 cm de diâmetro, 15 a 45 cm de comprimento, embora algumas variedades incomuns possam crescer até 150 cm.

O milheto caracteriza-se por ser uma gramínea anual de verão, de ciclo curto, variando de 60 a 90 dias para variedades mais precoces e 100 a 150 dias para as mais tardias, com uma temperatura ótima de crescimento de 28 °C a 30 °C (PERRET & SCATENA, 1985). Além disso, a cultura se destaca como forrageiro por sua habilidade em desenvolver-se em estações chuvosas curtas, com baixas precipitações pluviométricas, e pelo crescimento rápido, boa capacidade de rebrota e bom valor nutritivo, permitindo produção de forragem de qualidade em curto espaço de tempo (LIMA et al., 1997; BONAMIGO, 1999).

O milheto se expandiu nas regiões de cerrado, devido às características da planta de alta resistência à seca e a boa adaptabilidade a solos de baixo nível de fertilidade, além da elevada capacidade de extração de nutrientes, face ao sistema radicular profundo que a cultura possui (EVAGELISTA et al., 2016). De acordo com esses mesmo autores, o milheto pode ser utilizado como planta forrageira, tanto na forma conservada quanto em pastejo para o gado devido à capacidade de rebrota da planta (COSTA et al., 2011; SPEHAR & TRECENTI, 2011). Além disso, pode ser utilizada ainda como produtora de grãos para compor parte da ração de animais e como planta de cobertura na formação de palhada em sistema de plantio direto (RÊGO, 2012).

Na região Nordeste, o milheto foi introduzido na década de 70, pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), como cultura de alto potencial e alternativo para a alimentação animal (COSTA et al., 2014). A maior vantagem em produzir essa cultura no nordeste brasileiro se deve à sua baixa exigência hídrica, pois segundo Lira (1982), citado por Scaléa (1999), para cada 1g de matéria seca produzida pelo milheto são necessários 282 a 302g de H<sub>2</sub>O.

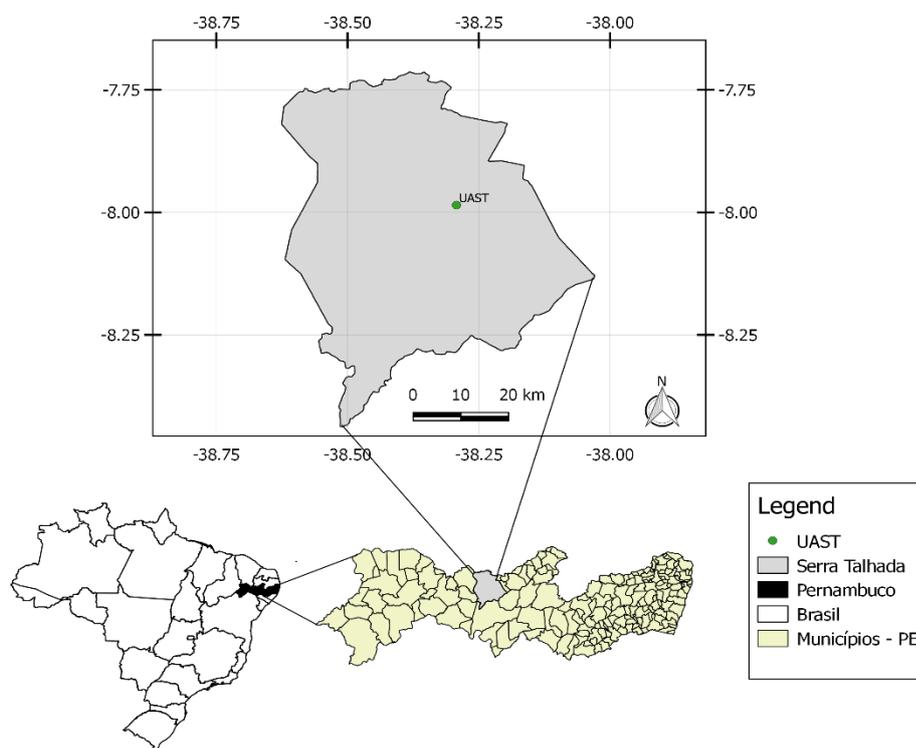
Segundo Guimarães Júnior, (2018), no Brasil, a silagem do milho ainda é pouco estudada, mas alguns trabalhos já demonstraram que é possível produzir forragem em quantidade e qualidade satisfatórias, principalmente quando a cultura é cultivada e manejada adequadamente. A silagem de milho apresenta boa composição nutricional, tornando uma boa alternativa para ser conservado a fim de ser servido aos animais durante o período de estiagem, momento em que a produção de forrageira é baixa (BUSO et al., 2011).

Dentre das principais cultivares utilizadas no Brasil, destaca-se a BRS 1501. De acordo com Guimarães Júnior et al. (2009), a BRS 1501 foi lançada pela Embrapa Milho e Sorgo, adaptada para produção de massa em sistema de plantio direto. De acordo com esses mesmos autores, essa cultivar se adapta bem às condições que oferecem riscos de déficit hídrico, possuindo boa capacidade de perfilhamento e tem mostrado boa recuperação na rebrota.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O trabalho foi desenvolvido no período de abril a julho de 2017, em condições de campo, na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), localizada sob as coordenadas geográficas 7° 59' 7" Sul, 38° 17' 34" Oeste do Meridiano de Greenwich (Figura 3) e 443 metros de altitude, município de Serra Talhada, Microrregião do Sertão do Pajeú, Mesorregião do Sertão Pernambucano.

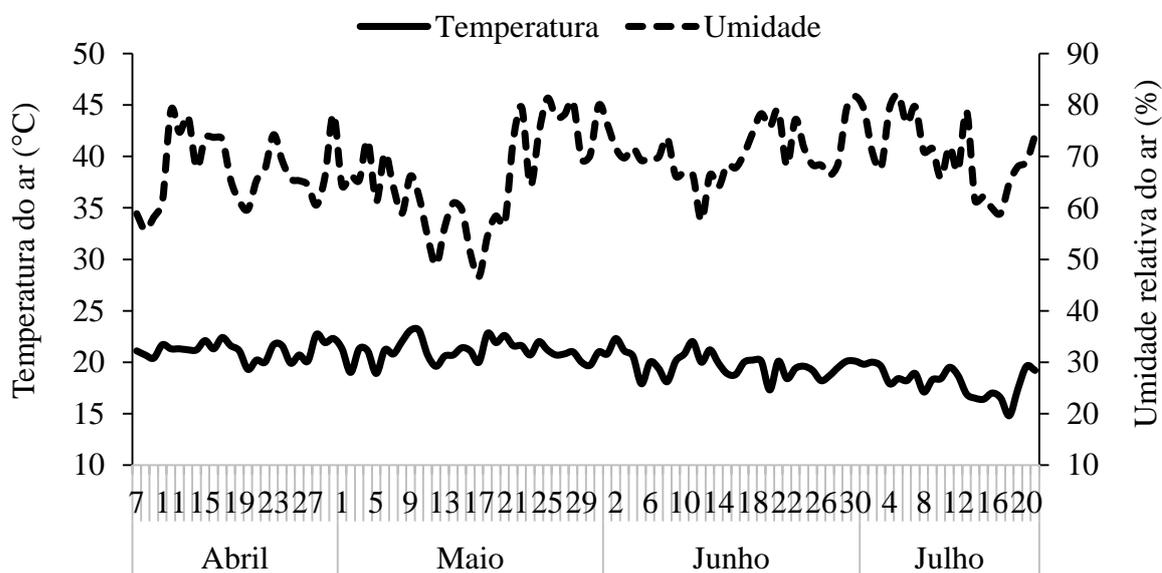


**Figura 4.** Localização da área experimental, sertão do Pajeú Pernambucano, Serra Talhada - PE, Brasil.

#### 3.2. O CLIMA

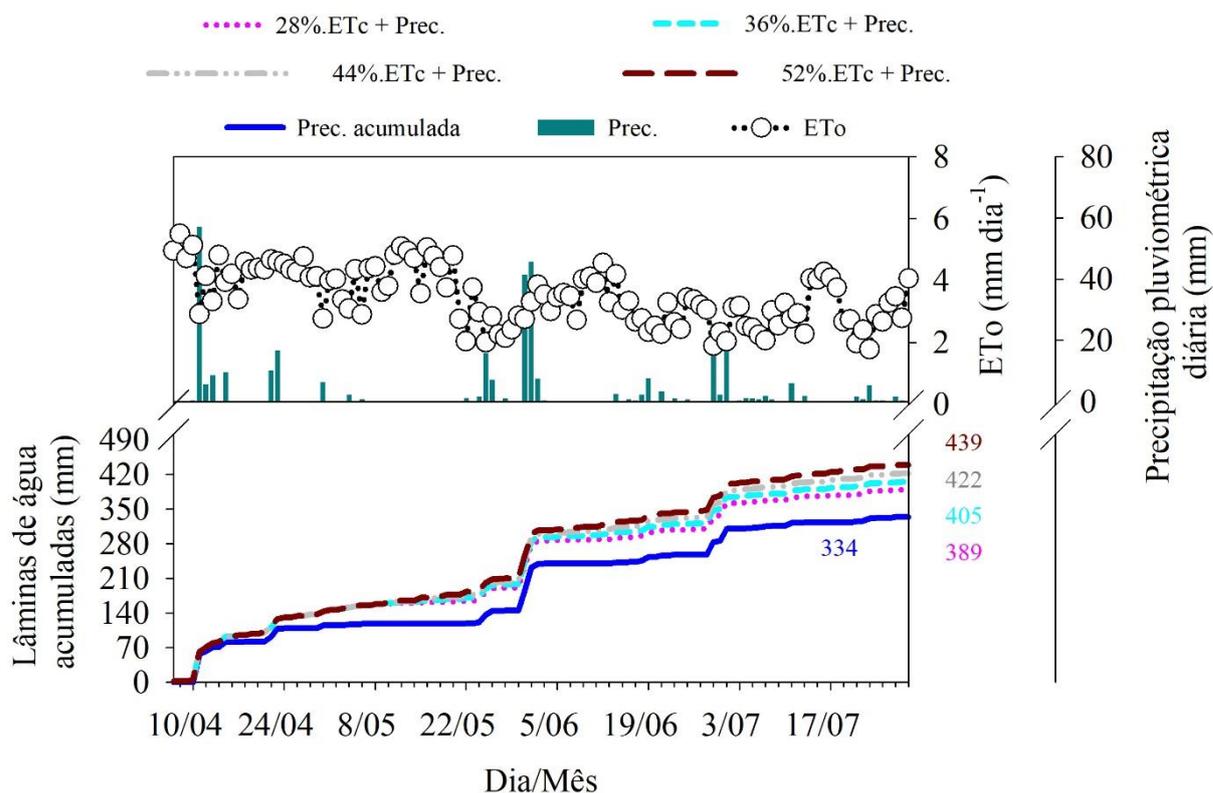
O clima local enquadra-se de acordo com a classificação de Köppen adaptada para o Brasil, no tipo BSw<sup>h</sup>' (ALVARES et al., 2013), denominado semiárido quente e seco, com chuvas de verão, iniciando-se em dezembro com término em abril. A precipitação pluvial média anual é de 632 mm e as temperaturas do ar médias mensais oscilam entre 23,6 e 27,7°C, as temperaturas mínimas entre 18,4 e 21,6°C e as temperaturas mais altas ocorrem durante os meses de novembro, dezembro e janeiro, com valores superiores a 32°C (SECTMA, 2006).

Os dados de temperatura e umidade relativa média do ar foram monitorados diariamente durante a condução do experimento através da estação meteorológica automática localizada a 300 metros da área experimental, dados da Figura 1.



**Figura 5.** Valores médios diários de temperatura (—) e umidade relativa (---) do ar durante a condução do experimento na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, UAST - UFRPE.

Foram estimadas também durante o experimento a precipitação e a evapotranspiração da cultura de referência ( $E_{To}$ ), as lâminas de irrigação com base na evapotranspiração da cultura ( $E_{Tc}$ ), sendo obtidos pela  $E_{To}$  x coeficiente da cultura, no caso o  $K_c$ . A partir da precipitação e das lâminas de irrigação, foi-se estimar as lâminas de irrigação acumuladas (Figura 2). Os dados da precipitação e para o controle da  $E_{To}$  foram obtidos a partir da estação meteorológica automática localizada a 300 metros da área experimental.



**Figura 6.** Valores da precipitação pluviométrica (mm) e evapotranspiração de referência (ETo), lâminas de água acumuladas (mm) estimadas durante a condução do experimento na Unidade Acadêmica se Serra Talhada, UAST – UFRPE.

### 3.3. COLETA E ANÁLISE DO SOLO

No local onde foi instalado o experimento, o solo é classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico Típico (SANTOS et al., 2013). Antes da implantação do experimento, com auxílio de um trade holandês, foram coletadas em 15 pontos aleatórios amostras simples de solos de 0 até 60 cm, com camadas de 20 cm profundidade. Em seguida, essas amostras simples foram misturadas de acordo com suas respectivas profundidades e homogeneizadas afim de obter amostras compostas, as quais foram caracterizadas fisicamente e quimicamente (Tabela 1), de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (1997).

**Tabela 2:** Resultados da análise química e física do solo coletado de 0 a 60 cm antes da instalação do

Atributos químicos														
Prof (cm)	P mgdm <sup>-3</sup>	pH	K	Na	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	C	PST	M.O
			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>								%			
00 - 20	380	7,1	0,88	0,11	0,00	1,20	0,10	1,0	2,29	3,29	69,60	0,72	3,34	1,24
20 - 40	360	7,1	0,68	0,27	0,00	1,30	0,30	1,0	2,55	3,55	71,80	0,51	7,60	0,88
40 - 60	320	7,2	0,38	0,29	0,00	1,10	0,10	1,0	1,87	2,87	65,11	0,31	10,1	0,53

experimento, Serra Talhada, PE.

Atributos Físicos										
Prof (cm)	DS	DP	PT	AN	GF	AT	AG	AF	Silte	Argila
	---- g cm <sup>-3</sup> ----		----- % -----			-----	Composição Granulométrica % -----			
00 – 20	1,61	2,53	36,26	4,32	59,00	73,6	44,50	29,10	15,9	10,5
20 – 40	1,66	2,47	32,80	4,39	58,31	72,2	48,88	23,34	17,2	10,5
40 – 60	1,58	2,47	36,07	6,39	49,01	71,8	48,24	23,52	15,7	12,5

SB = Soma de base – SB =  $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$ ; CTC = Capacidade de troca catiônica – CTC = SB + ( $H^{+} + Al^{3+}$ ); V = Saturação por base =  $(SB/CTC) * 100$ ; C = carbono; m = Saturação por alumínio; M. O = matéria orgânica; RAS – razão de adsorção de sódio =  $Na^{+}/[(Ca^{2+}+Mg^{2+})/2]^{1/2}$ ; PST – percentagem de sódio trocável, PST =  $(Na^{+}/CTC)*100$ ; DS = Densidade do solo; DP = Densidade de partícula; PT = Porosidade total; AN = Argila natural; GF = Grau de flocculação; AT = Areia total; AG = Areia Grossa; AF = Areia fina.

De acordo com a classificação estabelecida por Gheyi et al. (1997), o solo é considerado não salino.

### 3.4 – CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi implantado avaliando duas espécies forrageiras, sorgo e milho, plantadas em consórcio, sendo o sorgo considerado a cultura principal. Deste modo, o delineamento experimental foi em blocos ao acaso, arranjado no esquema fatorial 4 x 4, referentes à quatro lâminas de irrigação com água salobra e quatro doses de nitrogênio, com parcelas subdivididas. As lâminas de irrigação constituíram em parcelas principais denominadas faixas e as parcelas subdivididas em doses de N, com quatro repetições, o que somaram 16 faixas e 64 subparcelas. Cada faixa de irrigação, contendo 4 subparcelas, foi constituída de 5 fitas de gotejo, espaçadas a 0,75 m entre si, com 12 m de comprimento, totalizando 45 m<sup>2</sup>. Cada subparecla foi constituída de 5 linhas de gotejo, espaçadas a 0,75 m, com 3 m de comprimento, totalizando 11,25 m<sup>2</sup> de área total e 4,5 m<sup>2</sup> área útil identificada como as 3 linhas centrais com 2 m de comprimento.

As cultivares BRS 1501 (milho) e IPA 467 - 4 - 2 (sorgo forrageiro) foram semeadas em sulcos localizados ao lado da fita gotejadora, espaçada a 0,25 m. O semeio das duas cultivares foi realizado no dia 6 de abril de 2017, sendo utilizado em média 30 sementes por metro linear. Aos 20 dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando em média 17 plantas por metro linear.

A adubação nitrogenada consistiu em aplicar 0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N para as duas culturas. No manejo da adubação nitrogenada, os tratamentos foram aplicados de modo

parcelado, sendo 1/3 da aplicação no sulco de semeio e os 2/3 restantes aos 25 dias após a emergência, utilizando a ureia como fonte de N.

### 3.5 – MANEJO DA IRRIGAÇÃO

Antes no início do experimento, no dia 30 de março foi realizado uma avaliação no sistema de gotejamento, simulando uma irrigação nas quatro lâminas, em que a metodologia para avaliação foi: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), proposta por CHRISTIANSEN (1942), expressa na equação abaixo.

$$CUC = 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n \cdot q_m} \right)$$

Onde:

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em %;

$q_i$  = Vazão de cada emissor, L h<sup>-1</sup>;

$q_m$  = Vazão média dos emissores, L h<sup>-1</sup>; e

n = Número de emissores.

O CUC foi estimado a 84%, sendo considerado “Bom” de acordo com os critérios de classificação de Mantovani (2001).

As lâminas de irrigação foram baseadas na Evapotranspiração da Cultura (ET<sub>c</sub>), adotando-se um manejo de água sob condições deficitárias, com o intuito de minimizar a quantidade de sais aplicada via irrigação. Para isso, as lâminas foram calculadas com base nos níveis de 28%, 36%, 44% e 52 % da ET<sub>c</sub>, sendo obtidas pela equação ET<sub>c</sub> = ET<sub>o</sub> x K<sub>c</sub>, onde ET<sub>o</sub> é a evapotranspiração de referência e os valores de k<sub>c</sub>, coeficiente de cultura, refletem as necessidades hídricas das plantas nos seus estágios vegetativos e reprodutivos. A ET<sub>o</sub> foi determinada pelo Método pelo método de Penman Monteith parametrizado no boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998), expressa na equação abaixo.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left( \frac{900}{t+273} \right) u_2 (e_s - e)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

Em que,

ET<sub>o</sub> - evapotranspiração de referência (mm d<sup>-1</sup>);

R<sub>n</sub> - saldo de radiação à superfície (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>);

G - densidade do fluxo de calor do solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ );

T - temperatura do ar a 2 m de altura ( $^{\circ}\text{C}$ );

$u_2$  - velocidade de vento a 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ );

$e_s$  - pressão de vapor de saturação (kPa);

$e_a$  - pressão parcial de vapor (kPa);

$\Delta$  - declividade da curva de pressão de vapor de saturação ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), e

$\gamma$  - coeficiente psicrométrico ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

A reposição da água foi efetuada três vezes por semana, utilizando o sistema de irrigação por gotejamento. O controle das lâminas de irrigação foi realizado por registros esfera localizados no início das 5 fitas de cada faixa de irrigação, sendo o volume aplicado em função da vazão do sistema e do tempo de abertura dos registros a uma pressão de 1 atm. Para o cálculo da ETo, a obtenção precipitação e os demais dados climáticos foram obtidos pela estação meteorológica automática situada próximo ao campo experimental. As lâminas de irrigação por tratamento totalizaram em 55 mm, 71 mm, 87 mm e 105 mm, que adicionados da precipitação pluviométrica (334 mm) resultaram nas seguintes lâminas de água: 389 mm, 405 mm, 422 mm e 439 mm. Já, durante o ciclo do milho, sendo mais precoce que o sorgo, as lâminas de irrigação totalizaram em 48 mm, 57 mm, 66 mm e 74 mm, com a precipitação (239 mm), resultaram em: 287 mm, 296 mm, 305 mm e 313 mm.

A análise química da água utilizada para a irrigação foi feita mensalmente durante a condução do experimento. Baseada na metodologia proposta por Richards (1954), a água é classificada como C3 e apresenta em média condutividade elétrica =  $1,62 \text{ dS m}^{-1}$ ,  $\text{pH} = 6,84$ ;  $\text{Na}^+ = 0,08 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\text{K}^+ = 0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Cl}^- = 329,44 \text{ mg L}^{-1}$ .

### 3.6 – AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO SORGO

Aos 65 e 103 dias após a semeadura do milho e do sorgo, respectivamente, foi avaliada na área útil das parcelas, em quatro plantas pré-identificadas, o crescimento das culturas, expresso em:

- a) Altura de plantas - Mensurada do colo das plantas, rente ao chão, até a base das panículas por meio de uma fita métrica;

- b) Diâmetro caulinar - medida na altura de 10 cm do chão com um paquímetro universal 150 mm, com precisão de 0,05 mm.
- c) Números de folhas vivas e mortas - contadas, considerando mortas as folhas que apresentam mais de 50% do seu limbo foliar senescente.
- d) Massa verde da parte aérea - quando os grãos se apresentavam no estágio pastoso, tendendo a farináceo, procedeu a obtenção da biomassa fresca da parte aérea das culturas, obtida a partir do peso da massa de 12 plantas colhidas na área útil de cada parcela a dez centímetro do solo e, em seguida, extrapolada para toneladas  $ha^{-1}$ .
- e) Massa verde total da parte aérea – Obtida a partir da soma da produção do sistema (Milheto + Sorgo)
- f) Massa seca da parte aérea - Imediatamente, após devidamente pesadas para a biomassa verde, as plantas foram picadas em uma máquina forrageira. Depois de homogeneizar manualmente, retirou-se subamostras de 500 g. Estas foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificadas e levadas à secagem em estufa com circulação de ar forçado a  $55^{\circ}C$ , até o peso constante e, em seguida, pesadas em balanço semianalítico para a obtenção da biomassa seca da parte aérea das culturas milheto e sorgo em g e, em seguida, extrapolada em t de massa seca  $ha^{-1}$ .
- g) Massa seca total da parte aérea - Obtida pela soma da produção do sistema (Milheto + Sorgo)
- h) Conteúdo de matéria seca – Obtido a partir do peso seco dividido pelo verde de cada amostra, expresso em  $g\ g^{-1}$ .

### 3.7 – AVALIAÇÃO NUTRICIONAL

Após a obtenção da massa seca, as amostras dos tecidos aéreos tanto do milheto quanto do sorgo foram moídas em moinho do tipo Willey (peneira de 1 mm), visando a determinação dos teores dos elementos minerais sódio (Na), potássio (K) e nitrogênio total (N-total) e cloreto (Cl).

#### 3.7.1. Medidas dos conteúdos de $Na^{+}$ , $K^{+}$ e $Cl^{-}$

A extração de  $Na^{+}$ ,  $K^{+}$  e  $Cl^{-}$  foi realizada a partir de 100 de amostras prontamente moídas em tubos de ensaio, com tampas rosqueadas, contendo água deionizada e fervidos em banho

maria por uma (1) hora, conforme foi descrito por Maia et al. (2010). Os extratos foram filtrados e, em seguida, as leituras de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  foram realizadas em fotômetro de chama. Os conteúdos de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  foram estimados com base em curva padrão de NaCl e KCl e os resultados expressos em  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de matéria seca que posteriormente convertidos em  $\text{g kg}^{-1}$ .

Já o conteúdo de cloreto foi obtido pela titulação com nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ), utilizando cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) como indicador. Os resultados foram expressos em percentagem (%) que posteriormente convertidos em  $\text{g kg}^{-1}$ .

### 3.7.2. Medidas dos teores de Nitrogênio total (N-total)

O teor de nitrogênio total (N-total) foi determinado por um método adaptado a Embrapa (2011) que se baseia em três etapas: digestão, destilação e titulação.

**Digestão:** Pesou-se em balança analítica de 0,5 g de amostra e transferiu-se para tubo de Kjeldahl. Adicionou-se 2,5 g de mistura catalítica e 7 mL de ácido sulfúrico. Os tubos foram levados para aquecer em bloco digestor, a princípio lentamente, mantendo a temperatura de  $50^\circ\text{C}$  por 1 hora. Em seguida, elevou-se a temperatura gradativamente até atingir  $400^\circ\text{C}$ . Quando o líquido se tornou límpido e transparente, de tonalidade azul esverdeada, retirou-se os tubos do aquecimento, deixou-se esfriar e adicionou-se em torno de 10 mL de água.

**Destilação:** Foi acoplado ao destilador o erlenmeyer contendo 20 mL de solução de ácido bórico 4% com 5 gotas de solução de indicador misto. Adaptou-se o tubo de Kjeldahl ao destilador e adicionou-se a solução de hidróxido de sódio 50% até obter uma solução de cor negra (aproximadamente 20 mL). Procedeu-se à destilação. Foi recolhido o volume necessário para a completa destilação da amônia.

**Titulação:** Procedeu-se com solução padrão de ácido clorídrico 0,1 mol/L até a viragem do indicador.

## 3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos aos Testes de Shapiro - Wilk e Cochran para testar a normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias e, em seguida, aplicou-se a análise de variância. As médias dos fatores quantitativos foram submetidas à análise de regressão buscando-se o modelo matemático que melhor se ajustasse ao comportamento das variáveis.

Foram testados modelos lineares e quadráticos, empregando o software SAS/STAT® versão 9.3 (SAS Institute, 2011).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De acordo com a análise de variância, a altura das plantas, conteúdo de matéria seca, produtividade da massa seca e teores de cloreto da parte aérea do sorgo foram influenciados significativamente pela interação Nitrogênio (N) x Lâminas (L). Já para a cultura do milho, a interação N x L influenciou apenas a produtividade massa verde, massa seca e teores de cloreto da parte aérea. As demais variáveis de ambas as culturas responderam apenas aos efeitos isolados do nitrogênio e da lâmina de irrigação (Tabela 3, 4 e 5). Anexo

##### **4.1. Biometria**

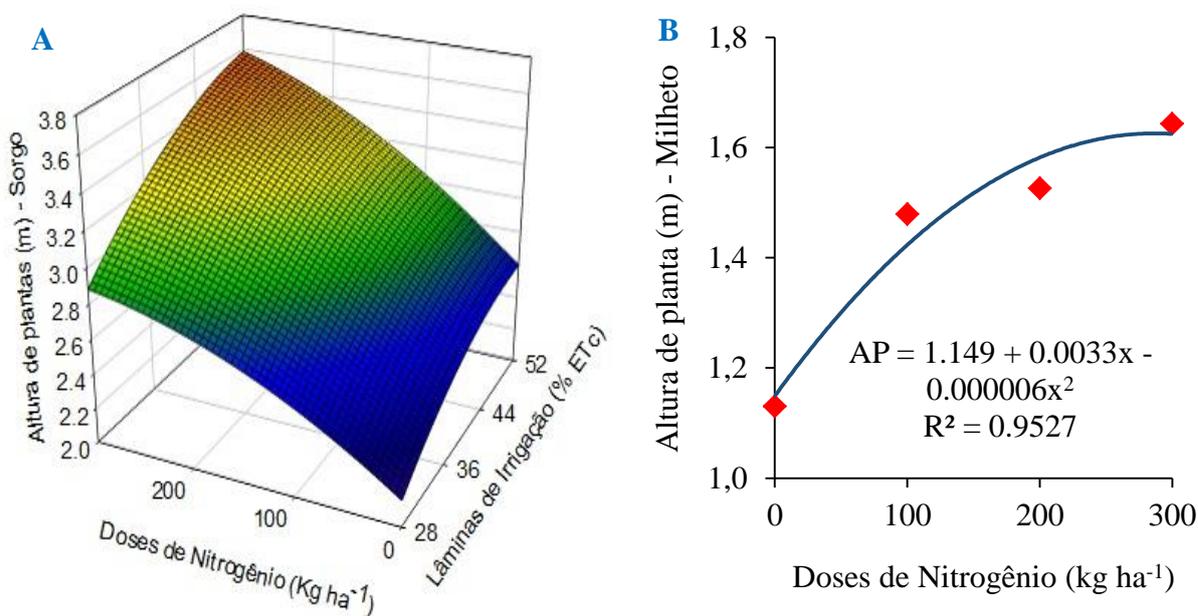
A maior altura do sorgo, cerca de 3,6 m, foi obtido com a maior dose de nitrogênio e lâmina de irrigação, ou seja, a medida que aumentaram as doses de nitrogênio e as lâminas de irrigação, conseqüentemente, houve aumento concomitante na altura das plantas (Figura 7A). Esse fato ocorreu devido a água e o nitrogênio atuarem no crescimento vegetativo influenciando diretamente no maior alongamento, expansão, divisão celular e processo fotossintético promovendo, por conseguinte, acréscimo em altura das plantas (SILVA et al., 2005), como observado neste estudo. Esse fato também pode ter ocorrido devido a maior disponibilidade de nutrientes no solo bem como sua melhor extração por raízes e, portanto, translocação dentro do sistema de planta (RANA et al., 2013).

Comportamento semelhante foi observado por Sawargaonkar et al. (2013), Pradhan et al. (2015) e Shamme et al. (2016), estudando as cultivares de sorgo forrageira, onde perceberam-se um aumento na altura das plantas conforme o acréscimo nas doses de nitrogênio.

Em relação à aplicação da lâmina de irrigação, os resultados corroboram com os estudos realizados por Souza et al. (2017), onde perceberam aumento linear na altura do sorgo com o incremento das lâminas, alcançando a máxima altura com a maior lâmina aplicada. Costa et al. (2015), avaliando o cultivo do sorgo em sistema de vazante quando utilizada

cobertura morta, encontraram máxima altura de 2,45 m para a cultivar IPA 467-4-2, no semiárido brasileiro.

Para a cultura do milho, apenas a adubação exerceu efeito significativo, sendo a dose de 275 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio proporcionou maior altura de plantas, sendo 1,64 m (Figura 7B). Provavelmente, a irrigação não teve efeito devido aos eventos de chuvas durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, sendo 239 mm precipitados contra 245 mm aplicados na irrigação. A altura (1,64m) do milho encontrada nesse trabalho está de acordo com o valor encontrado por Rocha et al. (2017), onde obtiveram cerca de 1,68 m como máxima altura do milho quando cultivado em solteiro e com dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>. No entanto, esses autores observaram que, quando o milho é cultivado em consórcio, a altura decresce devido à competição por água, luz e nutrientes com a cultura *Brachiaria Brizantha* cv. Piatã.



$$AP = 0.376 + 0.087 L + 0.003 N - 0.001 L^2 - 0.000005 N^2 + 0.00004 L*N \quad R^2 = 0.99$$

**Figura 7:** Altura de plantas de Sorgo (A) e milho (B) em função a diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, cultivados em consórcio, Serra Talhada – PE.

O diâmetro caulinar do sorgo sofreu efeito isolado da irrigação e da adubação nitrogenada, já o milho foi afetado significativamente apenas pela adubação nitrogenada (Figura 8A, 8B e 8C). Provavelmente, a aplicação das lâminas não exerceu efeito significativo no milho devido à precipitação ocorrida durante seu ciclo de crescimento que gira em torno de 60 a 80 dias. Consta-se que, à medida que aumentou o fornecimento da água e do nitrogênio, houve um acréscimo no diâmetro do colmo, onde a cultura do sorgo apresentou

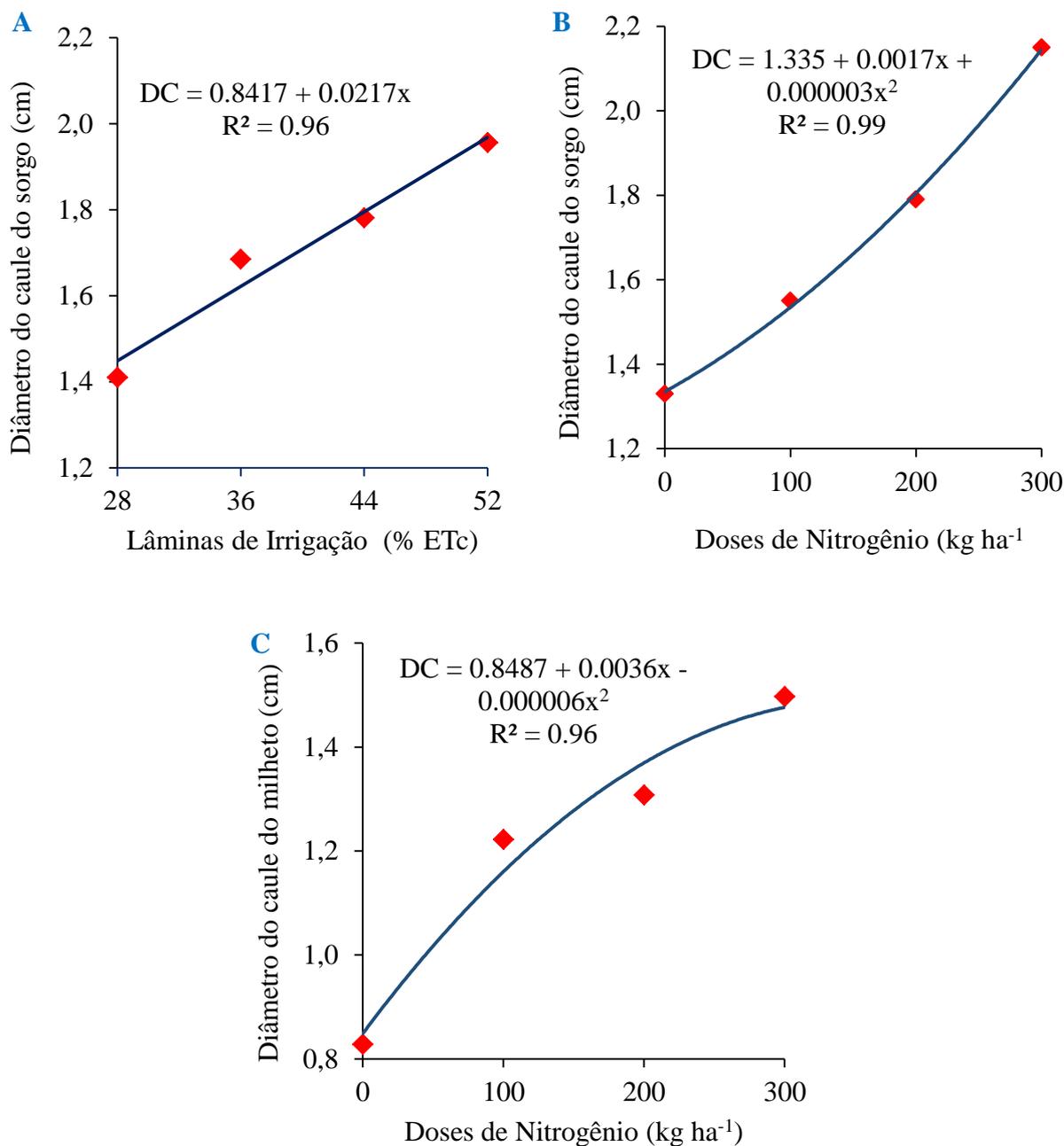
diâmetro médio igual a 2,15 cm com a maior dose de nitrogênio contra 1,33 cm na ausência do adubo nitrogenado, provocando um aumento percentual de 61,1%. Comportamento semelhante foi observado ao avaliar o milheto, onde a dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de N elevou o diâmetro caulinar de 0,8 cm para 1,5 cm, provocando um ganho percentual de 87,5%, da menor para maior dose de nitrogênio.

A elevação do diâmetro das culturas é devido ao nitrogênio absorvido pelas plantas combinar com esqueletos carbônicos para a produção de aminoácidos, os quais resultam em proteínas que ficam armazenadas nos tecidos vegetais. De acordo com Steiner et al. (2011), quanto maior o diâmetro caulinar, maior a capacidade das plantas em armazenar fotoassimilados que contribuirão para maior produção de biomassa e enchimento de grãos.

Fernandes et al. (1991) obtiveram resultados que corroboram com os observados neste trabalho, em estudo com sorgo em solução nutritiva de nitrogênio, verificaram resposta da cultura ao incremento da concentração de nitrogênio na solução e que a aplicação de 120 mg L<sup>-1</sup> de nitrogênio proporcionou maior diâmetro do colmo a cultivar EA 116. Na cultura do milho, Farinelli e Lemos (2010) não detectaram diferença significativa da adubação nitrogenada sobre o diâmetro caulinar.

Da mesma maneira, o aumento da lâmina de irrigação elevou linearmente o diâmetro caulinar do sorgo, passando de 1,41 a 1,96 cm, da menor para maior lâmina de irrigação, com ganho percentual estimado a 39%. A disponibilidade da água favorece uma expansão, divisão e alongamento celular devido à manutenção da turgidez celular, acarretando no maior crescimento em diâmetro caulinar das plantas. Souza et al. (2017), avaliando a cultura do sorgo sob diferentes lâminas de irrigação e cobertura morta, encontraram o maior diâmetro caulinar quando se aplicou a lâmina de 561,67 mm, sendo este valor acima da maior lâmina 439 mm aplicada neste estudo.

Apesar da água de irrigação conter teor de sais solúveis na sua composição, seu uso não prejudicou o crescimento das plantas. Provavelmente esse fato é devido a essas culturas possuírem tolerância moderada a salinidade. No entanto, Makarana et al. (2017) avaliando a cultura do milheto sob irrigação com água salina que varia entre 0,6 a 9 dS m<sup>-1</sup>, observaram decréscimo da circunferência do caule conforme a elevação da concentração de sais na água de irrigação.



**Figura 8:** Diâmetro do caule do sorgo (A e B) e do milho (C), cultivados em consórcio, em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, cultivados em consórcio, Serra Talhada – PE.

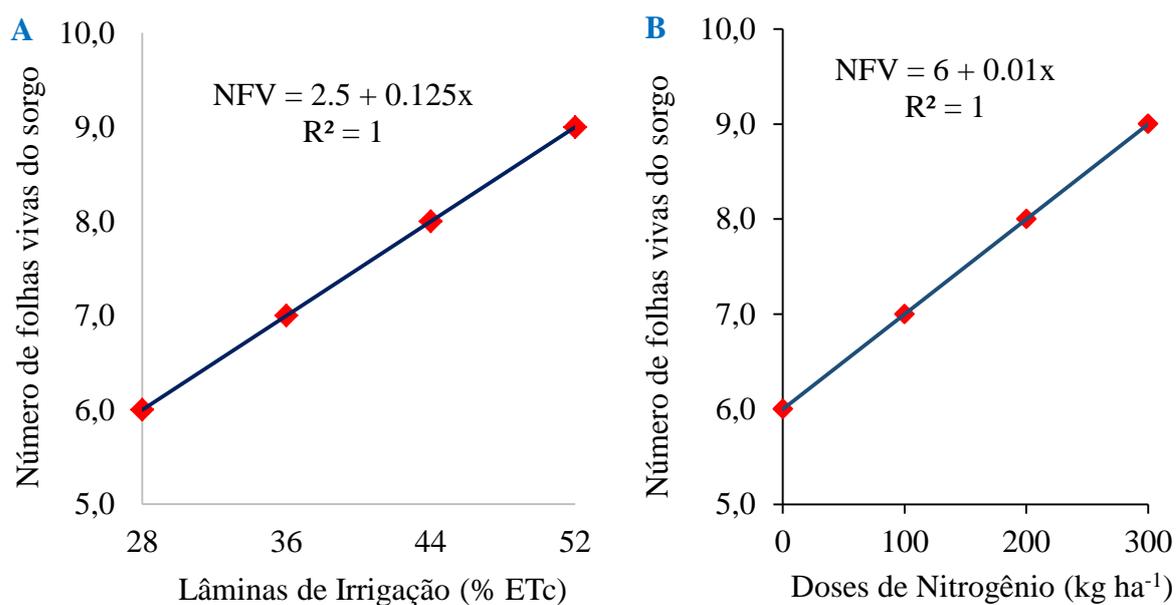
O número de folhas por planta é um importante índice de crescimento e desenvolvimento da planta que determina a capacidade da planta em captar a radiação solar para fotossíntese, sendo essencial para a produção de fotoassimilados. De acordo com os resultados obtidos neste estudo, percebe-se que o número de folhas vivas da cultura do sorgo foi afetado significativamente, de maneira linear, pelos fatores nitrogênio e lâminas, passando

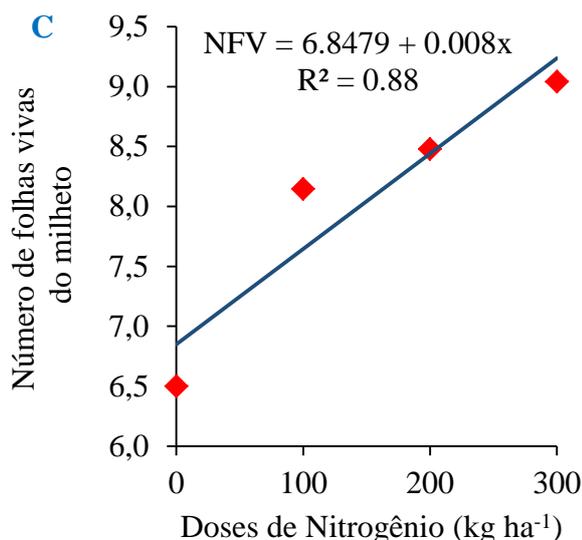
de 6 para 9 folhas vivas por planta em ambas as condições, com incremento percentual estimado a 50% (Figura 9A e 9B). Já, para a cultura do milho, apenas a adubação nitrogenada exerceu efeito significativo sobre a variável número de folhas vivas, sendo uma média de 6,5 a 9 folhas vivas por plantas, na ausência ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e na maior dose de N ( $300 \text{ kg ha}^{-1}$ ), respectivamente, com ganho percentual foliar fotossinteticamente ativo estimado a 38,46 % (Figura 9C).

O aumento do número de folhas vivas de ambas as culturas é decorrente da aplicação do nitrogênio que é um nutriente estrutural por ser constituinte das proteínas, fazer parte molécula de clorofila, na produção de carboidrato, além de participar de vários compostos orgânicos, tendo papel fundamental no metabolismo vegetal. Já, a irrigação promoveu menor estresse hídrico, além de atuar como o solvente dos nutrientes, favorecendo sua absorção pelas plantas, destacando a importância desses fatores (L e N) no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Os resultados observados neste estudo corroboram com os obtidos por Pietro-souza et al. (2013), que verificaram aumento no número de folhas, decorrente do incremento nas doses de nitrogênio, ao avaliarem o desenvolvimento inicial de plantas de trigo (cv. Guamirim), sob doses de nitrogênio, em Latossolo Vermelho.

Hastenpflug et al. (2011), também constataram aumento na produção de folhas, ao estudarem quatro cultivares de trigo, em Nitossolo Vermelho distroférico, em função de doses de nitrogênio, no Estado do Paraná.





**Figura 9:** Número de folhas vivas do sorgo (A e B) e do milho (C), cultivados em consórcio, em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, cultivados em consórcio, Serra Talhada – PE.

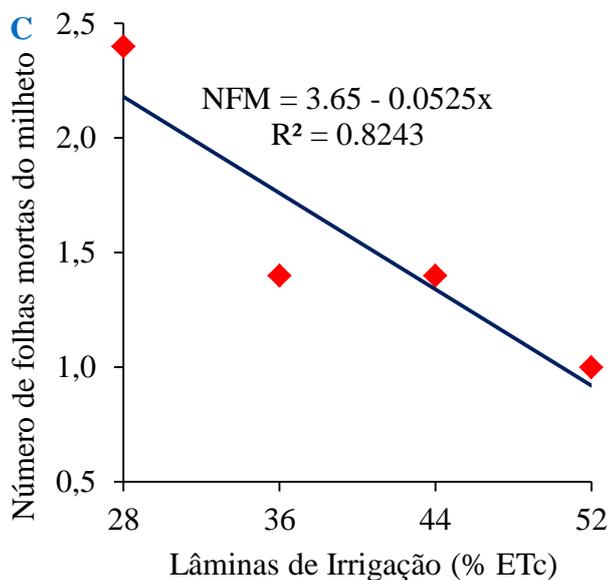
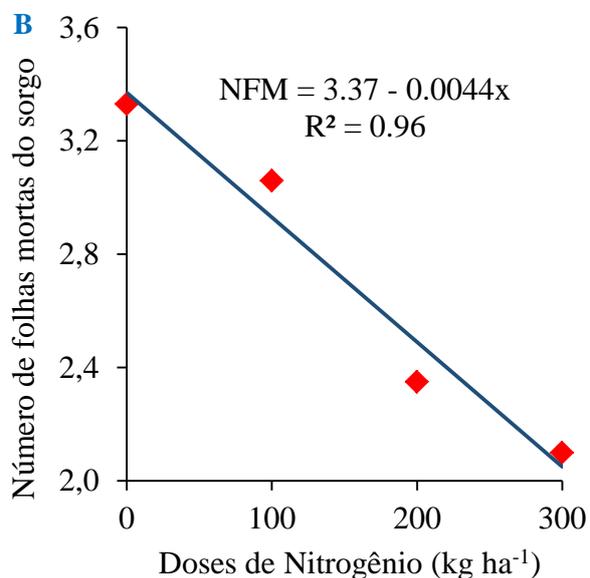
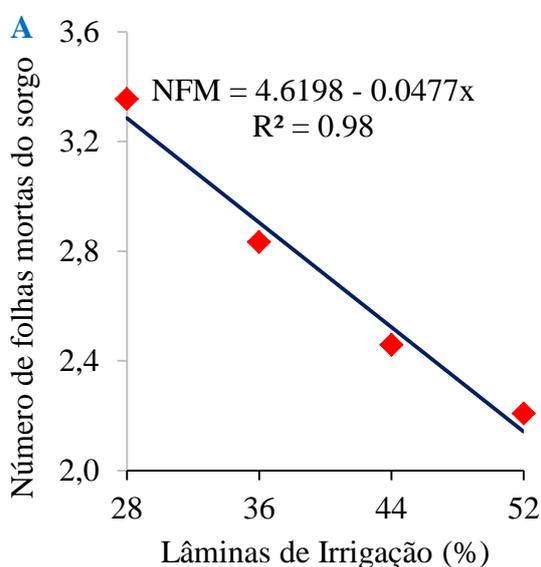
Baseado na Figura 10 (A e B), observa-se que no tratamento controle (0 kg ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio e da menor lâmina de irrigação 28% da ETc, ocorreu o maior número de folhas senescentes, diminuindo de forma linear para ambas as culturas, conforme se aumentava a aplicação das doses de N e as lâminas de irrigação com água salina. O aumento da senescência foliar se deve à deficiência do nitrogênio, sendo um elemento essencial para a maioria das plantas cultivadas. Como foi visto anteriormente, o nitrogênio faz parte da molécula da clorofila, sua deficiência acarreta numa estagnação do crescimento, além das folhas mais velhas amarelecem e secam.

Segundo Uhart e Andrade (1995), a deficiência de N, bem como estresse hídrico reduzem a área foliar, aceleram a senescência das folhas e reduzem a eficiência da fotossíntese, essencial para a produção de fotoassimilados, com consequência queda na produção das plantas. Resultados semelhantes também foram encontrados por Muller (2013) na cultura do milho, onde observou que o número de folhas senescentes no estágio de florescimento no tratamento controle ocorreu o maior número de folhas senescentes, diminuindo, de forma quadrática, com a aplicação das doses de N.

Apesar literaturas evidenciam tolerância dessas culturas ao estresse hídrico, pode-se constatar a partir da Figura (10C) que, à medida que se diminua a disponibilidade hídrica, aumenta a senescência foliar, sendo em média 2,4 folhas senescentes quando aplicou-se lâmina

de 28% contra 1 folha senescente com lâmina 52%. De acordo com Santos e Carlesso (1998), a medida em que se diminua o teor de umidade do solo, torna-se mais difícil às plantas absorver água, porque aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no solo às plantas. Fato que acarreta em um colapso celular, isto é, a plasmólise celular ocasionado pelo fluxo gradiente de concentração, provocando a morte celular e posterior seca dos órgãos das plantas.

Apesar da água utilizada na irrigação possuir sais solúveis em maior quantidade o cloreto, sendo conhecido como um íon prejudicial por ser tóxico ao metabolismo vegetal, quando está em grande concentração, a senescência das folhas diminui. Isso pode ser explicado pelo fato das culturas possuírem certas tolerâncias à salinidade (AQUINO et al., 2007).



**Figura 10:** Número de folhas mortas do sorgo (A e B) e do milheto (C) submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, cultivados em consórcio, Serra Talhada – PE

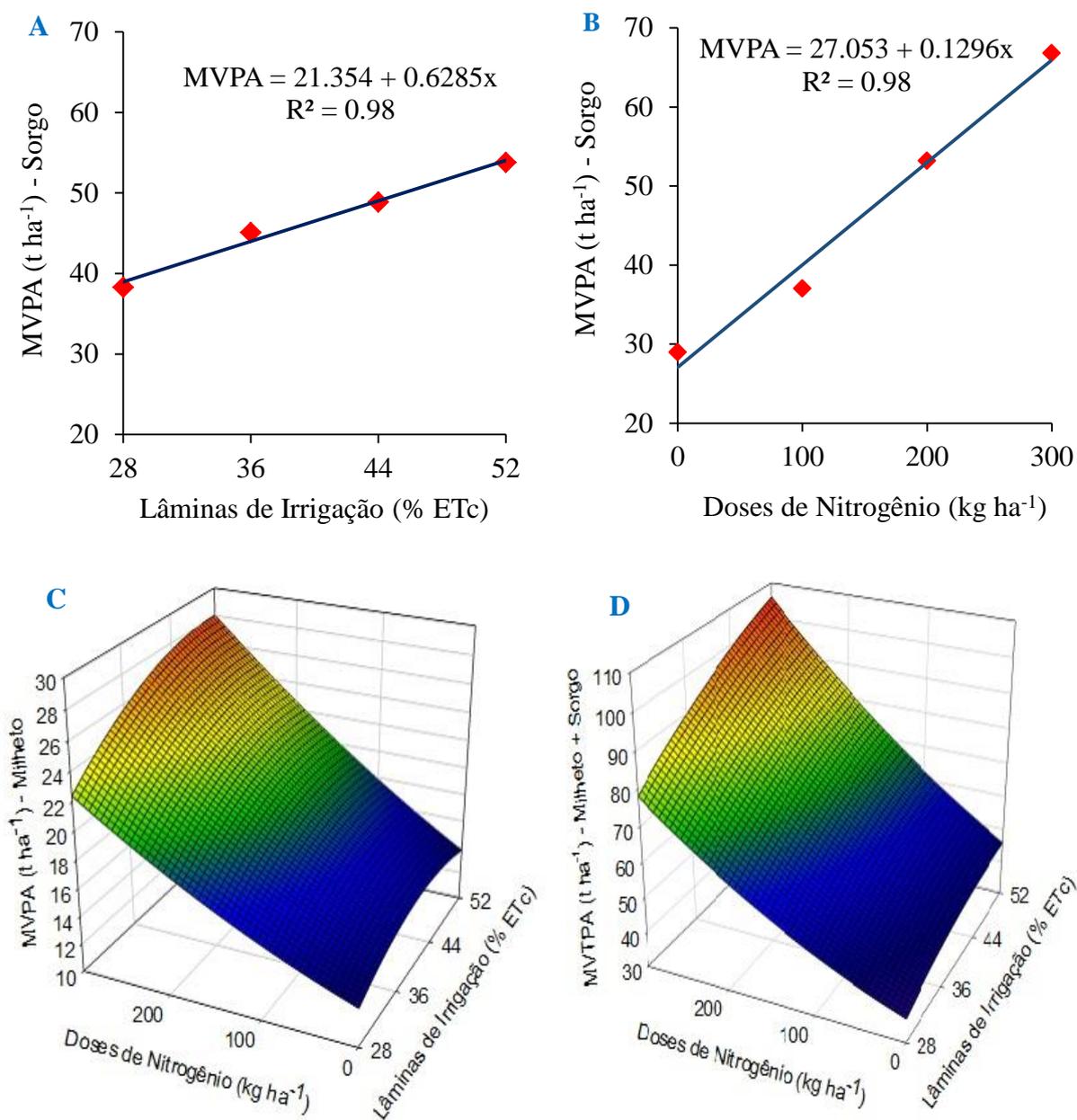
#### 4.2. Produção de biomassa

A produção de matéria verde da parte aérea (MVPA) sofreu efeito linear ( $p < 0,01$ ) em resposta ao incremento da adubação nitrogenada e da irrigação com água salina, em ambas as culturas. Para a cultura do sorgo, houve efeito significativo para N e L, sendo de maneira isolado, porém, para a cultura do milheto, houve interação L x N para a variável analisada (Figura 11A, 11B e 11C). A máxima produção da massa verde do sorgo foi obtida quando se aplicou 52% da lâmina de irrigação com água salina e  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, sendo  $53,76 \text{ t ha}^{-1}$  e  $66,79 \text{ t ha}^{-1}$ , o que represente um incremento percentual na ordem de 40,40 e 130,46 %, respectivamente, em relação à menor lâmina de irrigação e dose de nitrogênio. Já, para a cultura do milheto, a maior lâmina de irrigação associada à maior dose de nitrogênio beneficiou a massa verde da parte aérea da cultura, passando de aproximadamente de  $13 \text{ t ha}^{-1}$  para  $28 \text{ t ha}^{-1}$ , com incremento percentual estimado a 115,38 %.

A elevação na produtividade de MVPA das cultivares se deve ao maior crescimento das culturas expresso em altura, diâmetro caulinar e número de folhas vivas das plantas, ocasionado pelo suprimento em nitrogênio e disponibilidade hídrica. Como já foi mencionado anteriormente, o nitrogênio é um macronutriente essencial para o desenvolvimento e crescimento das plantas, pelas suas funções relevantes na produção e síntese de aminoácidos. Do mesmo modo, como sendo culturas semi tolerantes à salinidade, a oferta da água salina durante o cultivo não prejudicou o seu crescimento, no entanto, promoveu uma turgescência celular, acarretando num acréscimo de massa verde da parte aérea das plantas.

Os resultados encontrados nesse estudo para a cultura do sorgo quando se aplicou o nitrogênio estão superiores aos obtidos por Nirmal et al. (2016) avaliando cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes níveis de nitrogênio e irrigação, obtiveram  $60,6 \text{ t ha}^{-1}$  de biomassa verde com a maior percentagem de nitrogênio fornecido. De acordo com esses mesmo autores, o aumento do rendimento forrageiro com o aumento do nitrogênio foi principalmente associado a maior altura da planta, número de folhas planta<sup>-1</sup> e diâmetro do caule. Souza et al. (2005), avaliando a cultivar IPA 467-4-2 em condições de irrigação e adubação orgânica e mineral, obtiveram produtividades de massa verde total de  $64 \text{ t ha}^{-1}$ .

Quando se calculou a produção da matéria verde total da parte aérea do consórcio “sorgo + milho”, observou-se efeito significativo da interação N x L, onde as duas culturas apresentaram um rendimento máximo de 106,27 t ha<sup>-1</sup> de matéria verde, quando submetidas à dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N aliada à maior lâmina de irrigação com água salina (Figura 11D). Esse fato demonstra a importância do consórcio, uma vez que a sua produção se aproxima de quase duas vezes quando comparada com cultivos do sorgo em solteiro.



$$MVPA = -3.667 + 0.878 L + 0.004 N - 0.010 L^2 + 0.000032 N^2 + 0.0006 L*N \quad R^2 = 0.91^{**}$$

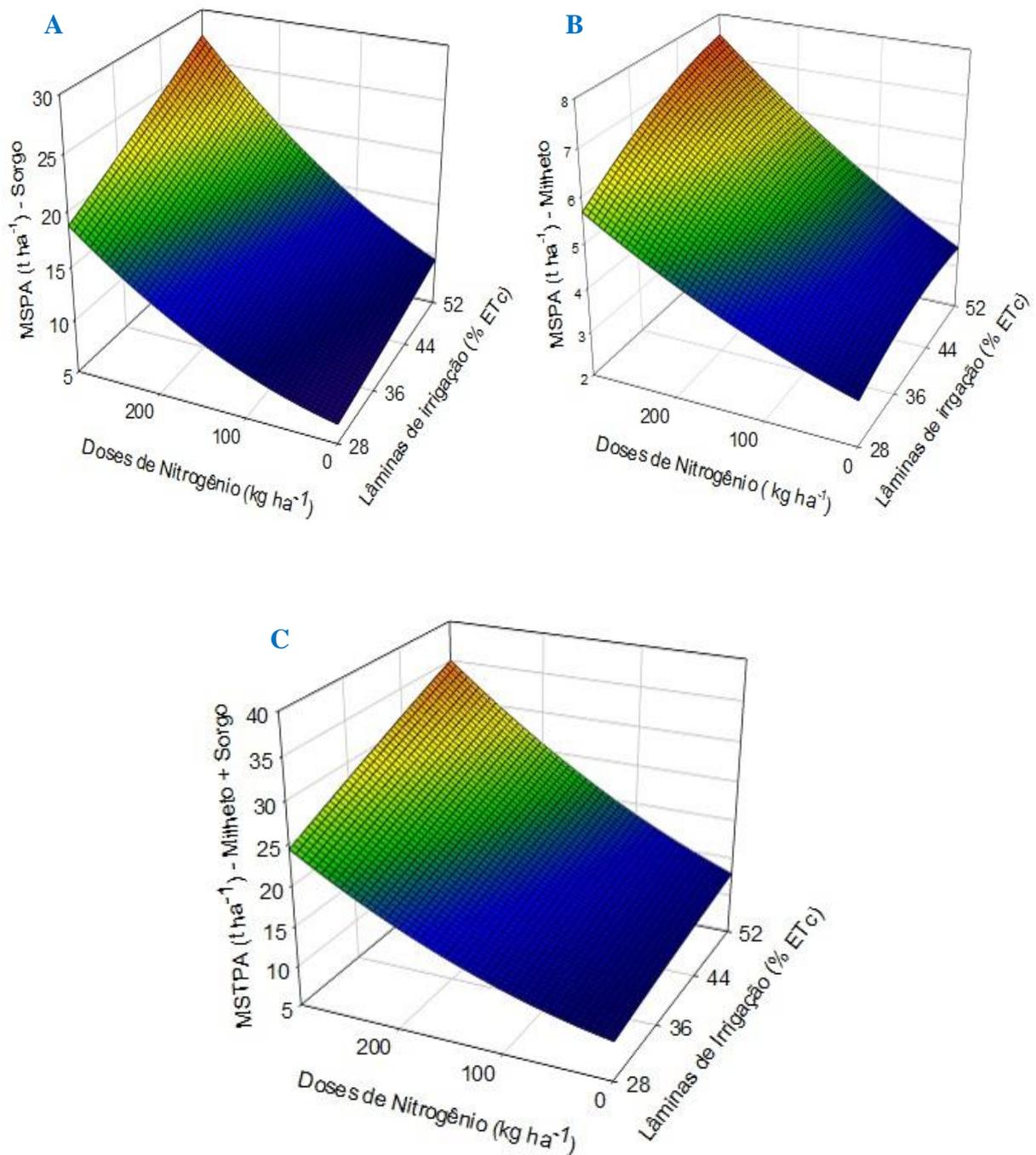
$$MVTPA = 0.054 + 1.808 L + 0.014 N - 0.018 L^2 + 0.0002 N^2 + 0.003 L*N \quad R^2 = 0.98^{**}$$

**Figura 11:** Produtividade de massa verde da parte aérea “MVPA” do sorgo (A e B), do milho (C), e do consórcio sorgo + milho (D), em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.

Os resultados mostraram que a produtividade da massa seca das cultivares BRS1501 e IPA467-4-2 (Figura 12A, 12B) foi significativamente influenciado pela interação N x L, onde a máxima produtividade de massa seca foi obtida à medida que aumentaram as doses de nitrogênio e as lâminas de irrigação, simultaneamente, sendo os valores 7,6 e 27,40 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses resultados comprovam a importância do nitrogênio no crescimento das plantas do sorgo e do milho, onde o incremento nas doses de nitrogênio proporcionou maior disponibilidade do nutriente às plantas, maior acúmulo de carboidratos decorrente da fotossíntese que estimula o crescimento, resultando em maior produção de massa seca da parte aérea das plantas.

Tang et al. (2018) avaliando a biomassa e qualidade do sorgo em região semiárido, observaram aumento na biomassa da cultura com incremento na adubação nitrogenada. De acordo com esses autores, a máxima de produtividade de biomassa seca foi obtida conforme que foram aumentadas as doses de nitrogênio no solo. Heitman et al. (2017) na cultura do sorgo, cultivar ES-5200, observaram comportamento quadrático da produtividade de biomassa seca com o incremento de nitrogênio, sendo a dose 67 kg ha<sup>-1</sup> promoveu uma produção de 18,5 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca e acima desta dose, a produtividade diminuiu.

Quando avaliou-se a produção de matéria seca total do consórcio “sorgo + milho”, observa-se efeito da interação L\*N (Figura 12C). Observa-se que a produção de matéria seca dessas duas culturas somam 35 t ha<sup>-1</sup>, quando se forneceu a maior dose de nitrogênio (300 kg ha<sup>-1</sup>) e maior disponibilidade de água (52% ETC), mostrando a importância do sistema de cultivo em consórcio.



$$MS_{\text{sorgo}} = 4.797 + 0.049 L - 0.008 N + 0.0008 L^2 + 0.00008 N^2 + 0.0008 L*N \quad R^2 = 0.97$$

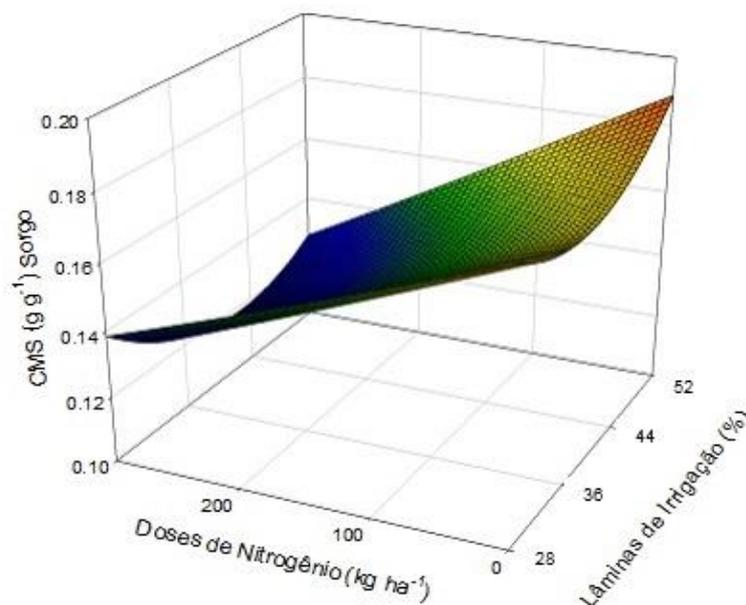
$$MS_{\text{milheto}} = -0.008 + 0.157 L + 0.0002 N - 0.002 L^2 + 0.00001 N^2 + 0.0002 L*N \quad R^2 = 0.97$$

$$MS_{\text{milheto} + \text{sorgo}} = 4.720 + 0.211 L - 0.008 N - 0.001 L^2 + 0.0001 N^2 + 0.001 L*N \quad R^2 = 0.98$$

**Figura 12:** Produtividade de massa seca da parte aérea “MSPA” do sorgo (A), do milheto (B) e do consórcio sorgo – milheto (C), em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.

Houve diferença significativa no conteúdo de matéria seca (CMS g<sup>-1</sup>) apenas para a cultura do sorgo, a qual é incrementada de acordo com aumento no fornecimento de água e

reduzida com o fornecimento nitrogênio no solo (Figura 7). A elevação do CMS pela aplicação da água é confirmada pela alta eficiência dessa cultura em converter água em matéria seca, sendo necessário 321 g de água para 1 grama de matéria seca. Apesar o nitrogênio ter provocado essa redução no CMS, no entanto, a produtividade de matéria seca não foi afetada. Resultados conflitantes foram observados por Diniz et al. (2017) ao avaliarem o consórcio da palma-sorgo irrigado com diferentes lâminas de água no Semiárido brasileiro onde obtiveram redução no CMS conforme foi aumentada a disponibilidade de água. Restelatto et al. (2015) avaliando a eficiência de nitrogênio e absorção de nutrientes por uma sucção de forragem de sorgo e aveia não detectaram diferença significativa no conteúdo de matéria seca em ambas as culturas.



$$\text{CMS} = 0.248 - 0.0005 L + 0.0001 N + 6E-06 L^2 + 2.19E-07 N^2 - 8E-08 L*N \quad R^2 = 0.90$$

**Figura 15:** Conteúdo de massa seca da parte aérea “CMS” do sorgo, em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.

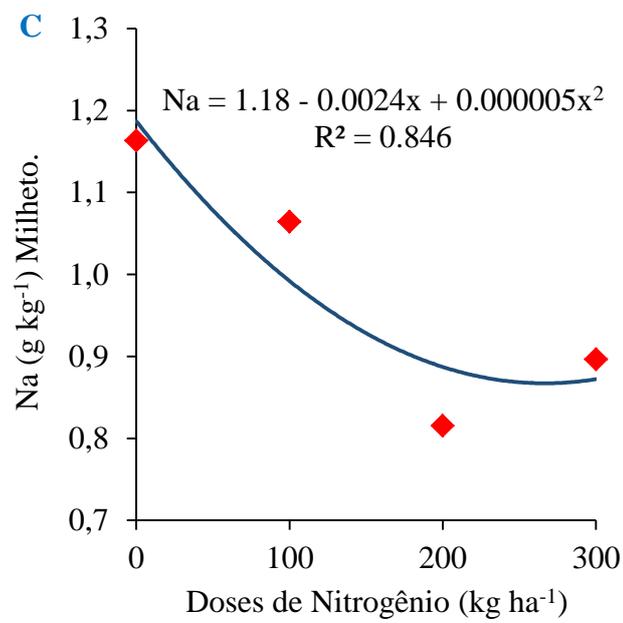
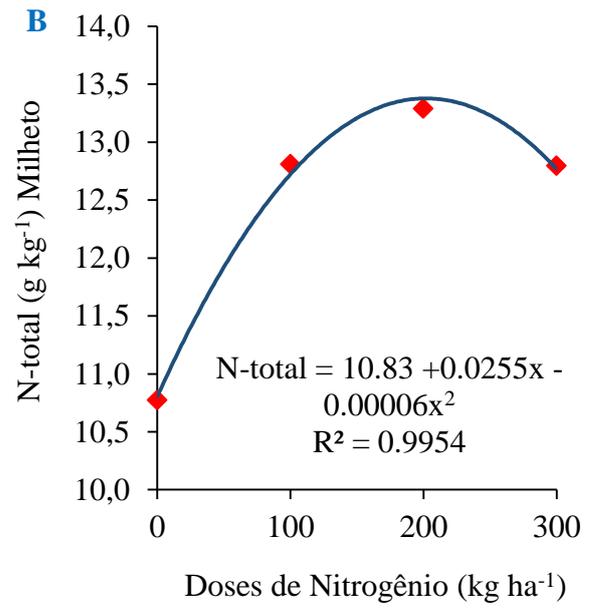
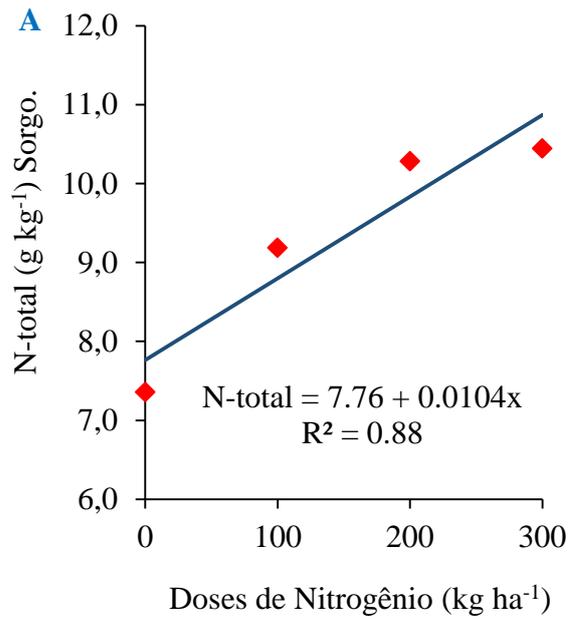
#### 4.3. Avaliação do estado nutricional

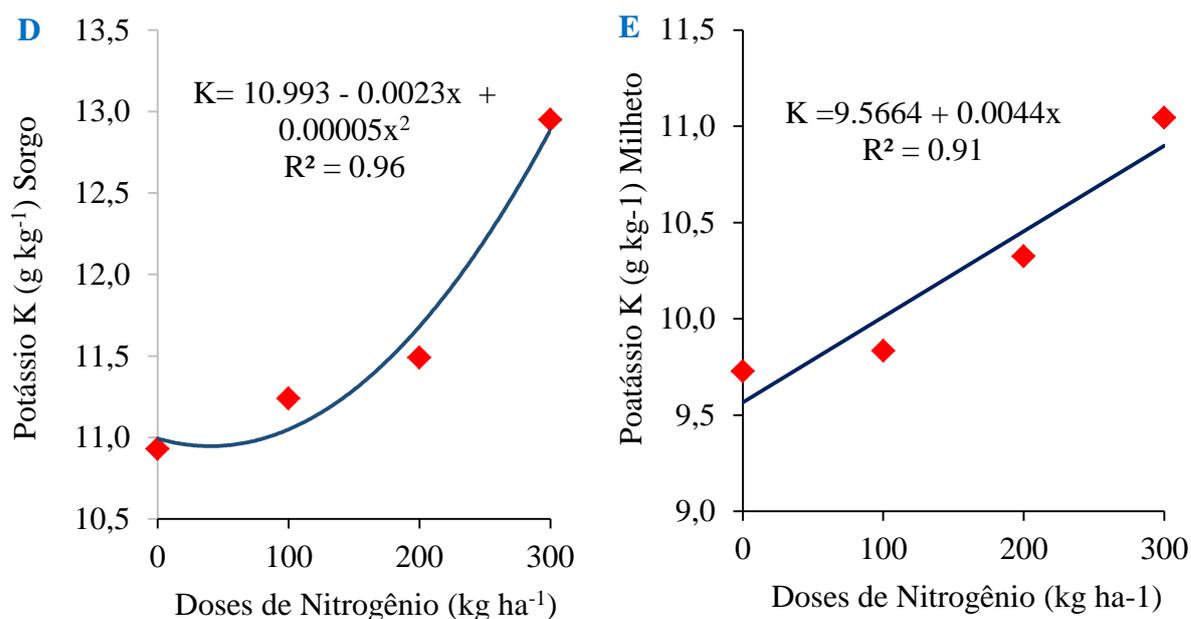
De acordo com os resultados obtidos neste estudo, os teores de nitrogênio total (N-total), sódio (Na) e potássio (K) foram afetados significativamente apenas pela adubação nitrogenada (Figura 16A e B; 16C; 16D e E). Para o N-total, constata-se concentração linear crescente desse elemento na parte aérea da cultura do sorgo, ou seja, a medida que aumentaram

as doses de N no solo, aumentou conseqüentemente o conteúdo desse nutriente pelas plantas, sendo 7,36 g kg<sup>-1</sup> contra 10,45 g kg<sup>-1</sup>, na ausência e presença de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, provocando um ganho percentual estimado a 41,98%. Quanto maior as concentrações de nitrogênio nas plantas do sorgo, maiores os teores de proteína bruta e, conseqüentemente, melhor a sua qualidade nutricional. Esse aumento no acúmulo de N-total nas plantas em decorrência do fornecimento de nitrogênio provavelmente se deve à rápida absorção do NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pelas raízes e sua posterior translocação para as partes aéreas.

Já para a cultura do milheto, houve um comportamento quadrático em decorrência do fornecimento do nitrogênio no solo, sendo a máxima concentração 13,54 g kg<sup>-1</sup> de N-total na parte área das plantas foi encontrado quando aplicou-se 212,5 kg ha<sup>-1</sup> de N. Esse fato leva a crer que dose acima de 212,5 kg ha<sup>-1</sup> de N pode comprometer a absorção de nutrientes pelas plantas do milheto, uma vez que toda cultura possui uma dose limite para expressar todo o seu potencial produtivo, e que quando essa dose é excedida, pode causar um desequilíbrio de outros nutrientes, provocando queda de produção e gastos desnecessários dos fertilizantes.

O fornecimento do nitrogênio no solo favoreceu a absorção do K<sup>+</sup> em ambas as culturas, no entanto, inibiu a absorção de Na<sup>+</sup> apenas na cultura do milheto, sendo de maneira quadrática. Provavelmente, esse fato ocorreu devido ao nitrogênio disponibilizar em quantidade considerável, próximo a zona radicular, íons essenciais como NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> que são de preferência pelos vegetais, inibindo a absorção de elementos não essenciais e prejudiciais ao metabolismo da maioria das plantas cultivadas. Outro fator que pode estar relacionado ao decréscimo da absorção do Na<sup>+</sup> se deve provavelmente à elevação da absorção do K<sup>+</sup>, provocando uma competição direta que se estabelece entre o K<sup>+</sup> e o Na<sup>+</sup> pelos sítios de absorção na membrana plasmática das raízes. Estudos realizados por Restelatto et al. (2015) avaliando a eficiência de nitrogênio e absorção de nutrientes por uma sucção de forragem de sorgo e aveia, evidenciaram crescimento quadrático, onde a máxima extração de N<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> foi obtida com a dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, sendo estabilizada até a maior dose aplicada.





**Figura 16:** Teores de N-total, Na e K do sorgo (A, D) e do milho (B, C, E), cultivado em consórcio com o milho, em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.

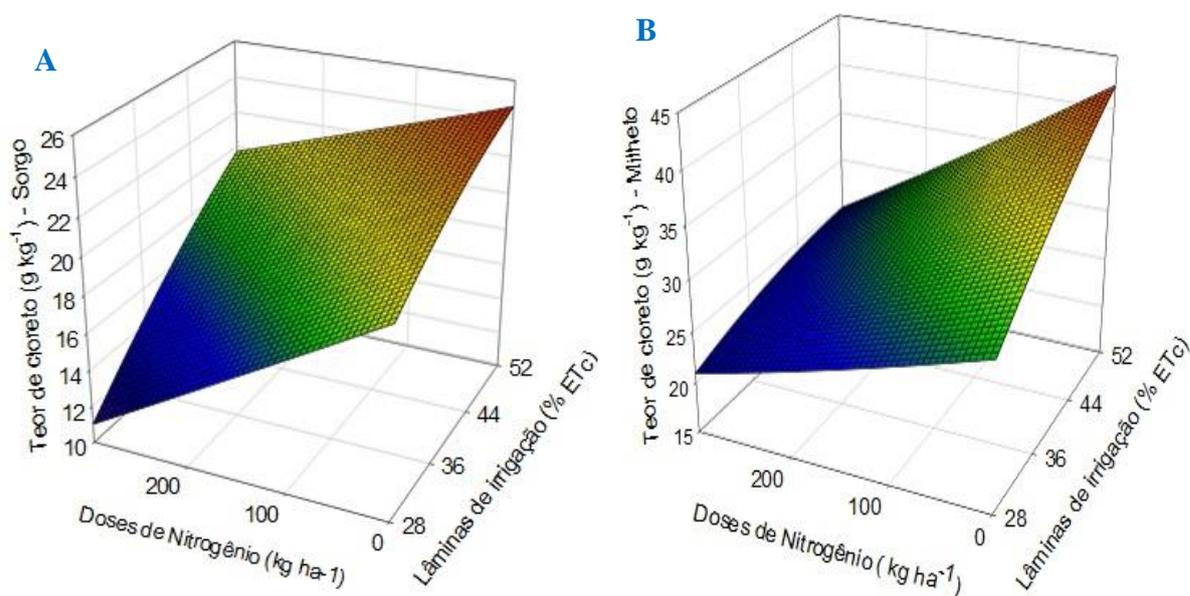
Os teores de cloreto foram influenciados significativamente pela interação N x L tanto para a cultura do sorgo quanto para a do milho (Figura 17A e B). Constata-se que, à medida que foi aumentado a lâmina de irrigação com água salina, aumentou os teores do cloreto nas partes aéreas das plantas, sendo a máxima extração de 25,2 g kg<sup>-1</sup> de massa seca para o sorgo e 44 g kg<sup>-1</sup> de massa seca para o milho, quando irrigado lâmina de 52%. Esse fato, provavelmente, se deve a alta quantidade de Cl<sup>-</sup> presente na água utilizada para irrigação, ou seja, quanto maior a lâmina, maior a quantidade desse elemento a ser incorporado ao solo e, conseqüentemente, maior a sua absorção pelas plantas. Mehdi-Tounsi et al., (2017), avaliando a resposta de campo a longo prazo do pistache (*Pistacia vera* L.) à salinidade da água de irrigação, observaram um acréscimo no acúmulo de cloreto nas plantas, à medida que aumentaram as concentrações de sais na água de irrigação.

Por outro lado, a disponibilidade do nitrogênio promoveu uma redução na absorção do cloreto que é considerado para a maioria das plantas glicófitas um elemento tóxico, quando está em grande quantidade. Essa redução dos teores de cloreto na parte aérea das plantas é devido à ação antagônica dos íons nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) presentes na ureia, i.e, o nitrato atua como inibidor competitivo da absorção de cloreto pelas plantas. De acordo com Cram (1973), o aumento da concentração de nitratos pode inibir a absorção de cloreto devido a uma influência

alostérica de nitrato nos locais de captação de cloretos, reduzindo ainda mais a acumulação de cloreto pela planta.

Em plantas de milho submetidas ao estresse salino, Feijão et al. (2013) observaram que com o aumento da concentração de  $\text{NO}_3^-$  no meio, houve melhora na absorção desse íon, levando à redução da absorção de  $\text{Cl}^-$ . Comportamento semelhante foi observado por Kafkafi et al. (1982) na cultura do tomateiro, onde o teor de cloreto na planta decresceu à medida que foi aumentando a concentração de  $\text{NO}_3^-$  na solução. Na cultura do pimenteiro, Yasuor et al. (2017) verificaram um incremento do  $\text{Cl}^-$  nas folhas das plantas devido à exposição a salinidade. No entanto, os mesmos autores perceberam que o aumento do N reduz a absorção e acumulação do  $\text{Cl}^-$  nos órgãos das plantas.

De acordo com as Figuras 17(A e B), pode-se ainda perceber que houve maior acúmulo de  $\text{Cl}^-$  nas partes aéreas do milho quando comparado com o sorgo. Possivelmente, esse fato pode ser explicado devido ao ciclo fisiológico do milho ser mais curto que o do sorgo, absorvendo assim o máximo de nutrientes. Outro fator ligado a isso, seria a elevada capacidade natural da cultura do milho em extrair nutrientes do solo devido ao seu sistema radicular profundo (EVANGELISTA, 2016), o que leva a crer que essa cultura pode ser utilizada como fitorremediadora.



$$\text{Cl}_{\text{sorgo}} = 9.424 + 0.482 L - 0.047 N - 0.004 L^2 + 0.000002 N^2 + 0.0006 L*N \quad R^2 = 0.96$$

$$\text{Cl}_{\text{milheto}} = 6.692 + 0.963 L + 0.003 N - 0.005 L^2 + 0.000012 N^2 - 0.001 L*N \quad R^2 = 0.95$$

**Figura 17:** Teores de cloreto do sorgo (A) e do milho (B), cultivados em consórcio, em função de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.

Com bases nos dados obtidos podemos verificar que a adubação nitrogenada favoreceu as plantas cultivadas por um provável incremento de nitrato no solo, este uma vez no solo compete com o cloro pelos sítios de absorção inibindo um excesso deste micronutriente na planta diminuindo ou mesmo inibindo efeitos de toxidez. Outro aspecto importante no consórcio utilizado no presente trabalho está relacionado a extração de cloro pelo milheto, com um ciclo mais curto e a capacidade de absorção demonstrada, podemos sugerir que esta planta possa ser utilizada como planta protetora em cultivos consorciados.

## **5. CONCLUSÕES**

De acordo com os resultados obtidos nesse experimento, pode-se concluir que adubação nitrogenada e a irrigação com água salina beneficiaram o crescimento da cultura do sorgo e do milheto, expresso em altura, diâmetro caulinar, número, biomassa verde e seca.

O fornecimento de nitrogênio no solo favorece o acúmulo de N-total e de potássio pelas plantas, por outro lado, provocou uma diminuição do acúmulo de sódio e do cloreto pelas plantas na mesma condição.

A irrigação com água salina provocou maior acúmulo do micronutriente cloreto nas partes aéreas das plantas, no entanto, não prejudicou o crescimento das mesmas devido à ação atenuadora do nitrogênio.

O consórcio se mostrou benéfico e é uma excelente alternativa no sistema de cultivo pela otimização do espaço, luz e nutrientes, partição na absorção de sais e aumento da produção de biomassa verde e seca das plantas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEROJU, D. O.; FESTUS, A. G. Influence of salinity on soil chemical properties and surrounding vegetation of Awe salt mining site, Nasarawa State, Nigeria. **African Journal of Environment Science and Technology**, v. 7, n. 12, p. 1070-1075, 2013.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDRADE, L. N. V.; CRUCIANI, D. E. Condutividade hidráulica no processo de eluição em um solo bruno-não-cálcico. **Scientia Agricola**, v. 53, n. 1, p. 43-50, 1996.

ANDREWS, M.; RAVEN, J.A.; LEA, P.J. Do plants need nitrate? The mechanisms by which nitrogen form affects plants. **Annual of Applied Biology**, v. 163, n. 2, p. 174-199, 2013.

AQUINO A. J. S.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; GOMES FILHO, E.; COSTA, R. N. T. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**; v. 31, n. 5, p. 961-971, 2007.

ARAGÜÉS, R., MEDINA, E.T., ZRIBI, W., CLAVERÍA, I., ÁLVARO-FUENTES, J., FACI, J. Soil salinization as a threat to the sustainability of deficit irrigation under present and expected climate change scenarios. **Irrigation Science**, v. 33, n. 1, p. 67–79, 2014.

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Photosynthesis under stressful environments: An overview. **Photosynthetica**. v. 51, n. 2, p. 163–190, 2013.

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, FAO, 1999, 153p. (Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado)

BARTELS, D.; SUNKAR, R. Drought and salt tolerance in plants. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 24, p. 23-58, 2005.

BLOOM A.; SUKRAPANNA S.; WARNER R. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. **Plant Physiology**, v. 99, n. 4, p. 1294-1301, 1992.

BONAMIGO, L. A. A. A cultura do milho no Brasil, implantação e desenvolvimento no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DO MILHETO, 1999, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: EMBRAPA, 1999, p. 31-65

BREDEMEIER, D.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BUI, E. N. Soil salinity: a neglected factor in plant ecology and biogeography. **Journal of Arid Environment**, v. 92, n. 25, p. 14-25, 2013.

BUSO, W. H. D.; MACHADO, S. A.; SILVA, L. B.; FRANÇA, A. F. S. Uso do milho na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 22, p. 1-27, 2011.

CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análise de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.

- CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F.S.; OLIVEIRA, F.R.A.; SILVA, R.C.P.; CÂNDIDO, W.S. Efeito da salinidade e fontes de nitrogênio na matéria seca do girassol. **Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 165-171, 2010.
- CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; SENA, G. S. A.; NUNES, J. C. Irrigation with salt water and use of bovine biofertilizer in the formation of jatropha seedlings. **Irriga** v. 16, n. 3, p. 288-300, 2011.
- CASSEL, F., GOORAHOO, D., SHARMASARKAR, S. Salinization and yield potential of a salt laden Californian soil: an in situ geophysical analysis. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 226, n. 10, p. 422, 2015.
- CHARI, M. M., NEMAT, F., AFRASIAB, P., DAVARI, A. Prediction of evaporation from shallow water table using regression and artificial neural networks. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 1, p. 168, 2013.
- CHESWORTH, W. **Encyclopedia of Soil Science**. Encyclopedia of Earth Sciences Series Springer Netherlands, Dordrecht, 2008.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 4, n. 6, p. 1-176, 2017.
- COSTA, A. C. T. et al. Desempenho do milho pérola na safrinha em espaçamentos e densidades de semeadura. **Agrarian**, v. 8, n. 27, p. 47-56, 2014.
- COSTA, E. J. B.; SOUZA, E. S.; JUNIOR, G. B.; FILHO, J. N.; SOUZA, J. R.; TABOSA, J. N.; LEITE, M. L. M. Cultivo de sorgo em sistema de vazante com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 2, p. 182-195, 2015.
- COSTA, V.G.; ROCHA, M.G.; PÖTTER, L.; ROSO, D.; ROSA, A.T.N.; REIS, J. Comportamento de pastejo e ingestão de forragem por novilhas de corte em pastagens de milho e papua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p.251-259, 2011.
- CRAM, W.J. Internal factors regulating nitrate and chloride influx in plant cells. **Journal of Experimental Botany**, v. 24, n. 2, p. 328-341, 1973.

CRAWFORD, N. M. Nitrate: nutrient and signal for plant growth. **Plant Cell**, v. 7, n. 7, p. 859-68, 1995.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station. 1942. 124p. Bulletin, 670

DANTAS NETO, J. *et al.* Influência da precipitação e idade da planta na produção e composição química do capim-buffel. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 9, p. 1867-1874, 2000.

DEBOUBA, M. *et al.* NaCl stress effects on enzymes involved in nitrogen assimilation pathway in tomato (*Lycopersicon esculentum*) seedlings. **Journal of Plant Physiology**, v. 163, n. 12, p. 1247-1258, 2006

DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; LEON, M. J.; FREIRE, J. L. O.; MESQUITA, F. O.; SANTOS, G. P.; ALBUQUERQUE, R. P. F. Produção do maracujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 644-651, 2011.

DALIAKOPOULOS, I. N.; TSANIS, I. K.; KOUTROULIS, A.; KOURGIALAS, N. N., VAROUCHAKIS, A. E.; KARATZAS, G. P.; RITSEMA, C. J. The threat of soil salinity: A European scale review. **Science of the Total Environment**, v. 573, p. 727-739, 2016

DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; FREIRE, J. L. O.; SOUTO, A. G. L. Irrigação com água salina em solo com biofertilizante bovino no crescimento do maracujazeiro amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1639-1652, 2013.

DIAS NILDO. S. & FLÁVIO F. BLANCO: Efeitos dos sais no solo e na planta. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. **Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia em Salinidade**. Fortaleza - CE, 2010. ISBN 978-85-7563-489-9

DI MARTINO, C.; DELFINE, S.; ALVINO, A.; LORET, F. Photorespiration rate in spinach leaves under moderate NaCl stress. **Photosynthetica**, v. 36, n. 1-2, p. 233-242 1999.

DINIZ, W. J. S.; DA SILVA T. G. F.; FERREIRA, J. M. S.; DOS SANTOS, D. C.; MOURA, M. S. B.; ARAÚJO, G. G. L.; ZOLNIER, S.: Forage cactus-sorghum intercropping at different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 52, n. 9, p.724-733, 2017.

DOGAN M., TIPIRDAMAZ R., DEMIR Y. Salt resistance of tomato species grown in sand culture. **Plant, Soil and Environment**, v. 56, n. 11, p. 499-507, 2010.

DUARTE, J. O. **Cultivo do Sorgo: Mercado e Comercialização**. Seta Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2009. Disponível em: <http://sistemasdeproducao5e.cnptia.embrapa.br/FonteHTML/Sorgo/Cultivosdosorgo/mercado>. Acesso em 20 de janeiro de 2018.

ELOI, W. M. DUARTE, S. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; MIRANDA, J. H. Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertirrigação em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 5, p. 471-476, 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 3ª ed. Rio de Janeiro, (Embrapa – CNPS. Documentos, 132), 2011. 230 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives**. 2nd Edition, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, 2005. 380p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de solos, 1997. 212p.

EVANGELISTA, A. F.; BORGES, L. S.; SILVA, A. N. F.; VOGADO, W. F.; MARQUES, K. A. **Características de produção e crescimento de espécies forrageiras para produção de silagem**: revisão de literatura, v. 13, n. 6, p. 1-7, 2016.

FAN, X.; PEDROLI, B.; LIU, G., LIU, Q.; LIU, H.; SHU, L. Soil salinity development in the yellow river delta in relation to groundwater dynamics. **Land Degradation and Development**, v. 23, n. 2, p. 175-189, 2012.

FAO. FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. 2015. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> >. Acesso em: 20 de janeiro de 2018.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 165-172, 2010.

FASSBENDER, H. W.; BORNEMISZA, E. **Química dos suelos com énfasis em suelos de América Latina**. 2 ed., San José: IICA, 1987. 420p.

FEIJÃO, A. R.; MARQUES, E. C.; DA SILVA, J. C.B.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Nitrato modula os teores de cloreto e compostos nitrogenados em plantas de milho submetidas à salinidade. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, p.10-19, 2013.

FERNANDES, V. L. B.; NUNES FILHO, M.; SOUZA, V. A.; FERNANDES, M. B. Absorção e utilização de nitrogênio em planta de sorgo cultivado em solução nutritiva. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 22, n. 1, p. 89-96, 1991.

FREIRE, M. B. G. S. & FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R. F.; et al. (ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 929-954, 2007.

FLEXAS, J.; DIAZ-ESPEJO, A.; GALMÉS, J.; KALDENHOFF, R.; MEDRANO, H; RIBAS-CARBO, M. Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO<sub>2</sub> concentration around leaves. **Plant Cell Environ.** v. 30, p. 1284-1298, 2007.

FRUNGILLO, L.; SPOEL, S. H.; SALGADO, I. Control of Nitrogen Assimilation in Plants through S-nitrosothiols. **Advances in Botanical Research**, v. 77, p. 55-78, 2016.

GEESON, N. A.; BRANDT, C. J.; THORNES, J. B. **Mediterranean Desertification: A Mosaic of Processes and Responses**. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 2003.

GIORDANO, M.; RAVEN, J. A. Nitrogen and sulfur assimilation in plants and algae. **Aquatic Botany**, v. 118, n. 1, p. 45-61, 2014.

GHANNOUM, O. C<sub>4</sub> photosynthesis and water stress. **Annals of Botany**, v. 103, p. 635-644, 2009.

GHADIRI, H.; ROSE, C. W. Sorbed chemical transport in overland flow: I. A nutrient and pesticide enrichment mechanism. **Journal of Environmental Quality**, v. 20, n. 3, p. 628-633, 1991.

GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. In: Simpósio “Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, Campina Grande, 1997. Anais...Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1997. 383p.

GOMES, R. G.; SILVA, A. G.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31 n. 5, p. 931-938, 2007.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environments. **Agriculture Ecosystems Environment**, v. 38, p. 275-300, 1992.

GREENWAY, H., MUUNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 149-190, 1980.

GUIMARÃES JÚNIOR, R. Silagem de milho: uma opção alimentar para ruminantes. Planaltina/DF. Embrapa Cerrados. Disponível em:< <http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/silagem.pdf>>. Acesso em 20 de janeiro de 2018.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. **Utilização do milho para produção de silagem**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 30p.

HANNACHI, S.; LABEKE, M, V. Salt stress affects germination, seedling growth and physiological responses differentially in eggplant cultivars (*Solanum melongena* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 228, p.56-65, 2018.

HASTENPFLUG, M.; BRAIDA, J. A.; MARTIN, T. N.; ZIECH, M. F.; SIMIONATTO, C. C.; CASTAGNINO, D. S. Cultivares de trigo duplo propósito submetidos ao manejo nitrogenado e a regimes de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 1, p.196-202, 2011.

HARPER, J. E. **Nitrogen metabolism**. In: BOOTE, K.J., BENNETT. J. M., SINCLAIR, T. R., et al. Physiology and determination of crop yield. Madison: ASA/CSSA/SSSA, p.285-302, 1994.

HEITMAN, A. J.; CASTILLO, M. S.; SMYTH, T. J.; CROZIER, C. R., WANG, Z., HEINIGER, R. W.; GEHL, R. J. Nitrogen Fertilization Effects on Yield and Nutrient Removal of Biomass and Sweet Sorghum: **Agronomy Journal**, v. 109, n. 4, p. 1352-1358, 2017.

HEWITT, E. J.; CUTTING, C. V. (eds.): **Nitrogen Assimilation of Plants**. London: Academic Press, 1979. 591p.

JAMIL A., RIAZ S., ASHRAF M., FOOLAD M.R. Gene expression profiling of plants under salt stress. **Critical Review in Plant Science**, v. 30, n. 5. p. 435-458, 2011.

KAFKAFI, U.; VALORAS, N.; LETEY, J. Chloride interaction with nitrate and phosphate nutrition in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). **Journal of Plant Nutrition**, v. 5, n. 12, p. 1369-1385, 1982

KIMBER, C. T. **Origins of domesticated of sorghum and its early diffusion to India and China**. In: Smith, C. W.; FREDERIKSEN, R. A (Eds.), Sorghum: Origin, History, Technology and Production. John Wiley & Sons, New York, p. 3-98, 2000.

KROUK, G.; RUFFEL, S.; GUTIÉRREZ, R.A.; GOJON, A.; CRAWFORD, N.M.; CORUZZI, G.M.; LACOMBE, B. A framework integrating plant growth with hormones and nutrients. **Trends in Plant Science**, v. 16, n. 4, p. 178-182, 2011.

KUMAR, J.; SINGH, S.; SINGH M.; SRIVASTAVA, P. K.; MISHRA, R. K.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Transcriptional regulation of salinity stress in plants: A short review. **Plant Gene**, v. 11, p. 160-169, 2017.

LARCHER, W. **Eco fisiologia vegetal**. São Carlos: São Paulo, Rima, 2006. 550p.

LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In Agricultural Salinity Assessment and Management; TANJI, K. K., Ed.; **American Society of Civil Engineers**, v. 71, p. 113-137, 1990.

LEA, U. S.; LEYDECKER, M.-T.; QUILLERÉ, I.; MEYER, C.; LILLO, C. Posttranslational regulation of nitrate reductase strongly affects the levels of free amino acids and nitrate, whereas transcriptional regulation has only minor influence. **Plant Physiology**, v. 140, p. 1085-1094, 2006.

LIMA, M. L. M.; CASTRO, F. G. F.; TAMASSIA, L. F. M. Culturas não convencionais: girassol e milheto. In: SIMPOSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7, 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 178-195.

LIMA, E. F. **Produtividade e rentabilidade da alface adubada com flor de seda**. Dissertação (Produção Vegetal), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2012. 65f.

LIMA, J. M. P., MEDEIROS, A. C., GONÇALVES, R. J. de S., LIMA, J. G. A., LIRA, M. A., TABOSA, J. N.; RIBEIRO, R. R. R. Competição de Cultivares de Sorgo Sacarino no Vale do Assu no Estado do Rio Grande do Norte. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia, 2010.

LIRA, M. A. Cultura do milheto. In: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Cultura do milheto: curso para extensionista agrícola. Fortaleza: BNB/ETENE/FUNDECI, 1982. p. 9-22.

LIRA, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; OLIVEIRA, C. F.; TABOSA, J. N. Competição de cultivares de Capim-elefante x milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 936-946, 1999.

LÓPEZ-BERENGUER, C.; GARCÍA-VIGUERA, C.; CARVAJAL, M. Are root hydraulic conductivity responses to salinity controlled by aquaporins in broccoli plants? **Plant Soil**, v. 279, n. 1-2, p. 13-23, 2006.

MACHADO, R. M. A.; SERRALHEIRO, P. R. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. **Horticulturae**, v. 30, n. 3, p. 1-13, 2017.

MAIA, J. M.; MACEDO, C. E. C.; VOIGT, E. L.; FREITAS, J. B. S.; SLVEIRA, J. A. G. Antioxidative enzymatic protection in two constating cowpea cultivars under salinity. **Biology Plant**, v. 54, p. 159-163, 2010.

MAKARANA, G.; YADAV, R.K.; KUMAR, R.; KUMAR, A.; SHEORAN, P.; GAJENDRA YADAV, G.; SONI, P. G.; YADAV, T.; YADAV, M. R.; MANISH KUSHWAHA1. M.; GAUTAM, P.B. Growth, Yield and Grain Quality of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L.) Genotypes as Influenced by Salinity of Irrigation Water in North Western Regions of India.

**International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.** v. 6, n. 6, p. 2858-2874, 2017.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada.** Viçosa, MG: UFV, 2001.

MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, J.M.; NEVES, J. C. L.; BARNARDINO, D. C. S.; Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 725-735, 2006.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants.** 3<sup>rd</sup> ed. New York, Academic Press, 2012, 651p.

MASKRI, A., L. AL-KHARUSI AND H. AL-MIQBALI. Effects of salinity stress on growth of lettuce (*Lactuca sativa*) under closed-recycle nutrient film technique. **International Journal of Agriculture and Biology.** v. 12, n. 3, p. 377-380, 2010.

MEHDI-TOUNSI, H.; CHELLI-CHAABOUNI, A.; MAHJOUR-BOUJNAH, D.; BOUKHRIS, M. Long-term field response of pistachio to irrigation water salinity. **Agricultural Water Management**, v. 185, n. 185, p. 1-12, 2017.

MENDES, J. S.; et al. Variabilidade temporal da fertilidade, salinidade e sodicidade de solos irrigados no município de Congo, PB. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.1, p.13-19, 2008.

MESQUITA, F. O.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; REBEQUI, A. M.; LIMA NETO, A. J.; NUNES, J. C. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo submetidas à salinidade em solo com biofertilizante bovino. **Ciencia del Suelo**, v. 30, n. 1, p. 31-41, 2012.

MIFLIN, B.J., LEA, P.J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, New York, v. 152, n. 1, p. 873-885, 1976.

MOREIRA, A. L. ; REIS, R. A. ; RUGGIERI, A. C. ; SARAN JUNIOR, A. J. Evaluation of cool season forage species irrigated under grazing. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1838-1844, 2007.

MOURA FILHO, W.; BUOL, S. W. Studies of a Latosol Roxo (Eutrústox) in Brazil: micromorphology effect on ion release. **Experientiae**, v. 21, n. 8, p. 161-177, 1976.

MULLER, T. **Inoculação de Azospirillum brasilense associada a níveis crescentes de adubação nitrogenada e o uso de bioestimulante vegetal na cultura do milho**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2013. Guarapuava, 2013 xii, 97 f.

MUNNS, R. The impact of salinity stress. **Plant stress**. Disponível em: [http://www.plantstress.com/Articles/salinity\\_i/salinity\\_i.htm](http://www.plantstress.com/Articles/salinity_i/salinity_i.htm). Acesso em: 20 janeiro, 2018.

MUNNS, R.; SCHACHTMAN, D.P.; CONDON, A.G. The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley. **Functional Plant Biology**, v. 22, n. 4, p. 561-569, 1995.

MUNNS, R.; HUSAIN, S.; RIVELLI, A. R.; RICHARD, A. J.; CONDON, A. G.; MEGAN, P. L.; EVANS, S. L.; SCHACHTMAN, D. P.; HARE, R. A. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. **Plant Soil**, v. 247, p. 93–105, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.

NEUMANN, P. M. **Inhibition of root growth by salinity stress: Toxicity or an adaptive biophysical response**. In: BALUSKA F, CIAMPOROVÁ M, GASPARÍKOVÁ O, BARLOW PW (eds) Structure and Function of Roots. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p. 299-304, 1995.

NIRMAL, S. S.; SOLANKE, A. V.; DUDHADE, D. D.; SHINDE, M. S.; GADAKH, S. R.; DURGUDE, A. G; DAMAME, S. V. Response of forage sorghum [sorghum bicolor (L) Moench] cultivars to nitrogen levels. **International Journal of Science, Environment and Technology**, v. 5, n. 4, p. 2605 – 2609, 2016.

NOBRE, R. G. et al. Crescimento do girassol irrigado com água residuária e adubação orgânica. **Revista DAE**, v. 03, n. 4, p. 50-60, 2009.

NOBRE, R. G., GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.

NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; LOURENÇO, G. S.; SOARES, L. A. A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 76-85, 2013.

NUNES J. C; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; LIMA NETO, S. J.; SILVA, J. A.; OLIVEIRA, F. F. Seedlings of yellow passion fruit in soils degraded by salts treated with bovine biofertilizer. **Científica**, v. 44, n. 1, p.9 1-101, 2016.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, O. M. P. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 4, p. 479-484, 2010.

PARANYCHIANAKIS, N.V.; CHARTZOULAKIS, K.S. Irrigation of Mediterranean crops with saline water: From physiology to management practices. **Agriculture Ecosystem & Environment**, v. 106, n. 2-3, p. 171-187, 2005.

PARIHAR, P., SINGH, S., SINGH, R., SINGH, V.P., PRASAD, S.M., 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 6, p. 4056-4075, 2015.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T.; DOS SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

PERRET, V.; SCATENA, C. M. Milheto: Um cereal alternativo para os pequenos produtores do sertão da Bahia. Salvador: EMATER – BA – CPATSA, 1985. 103p. (Série Pesquisa e Desenvolvimento, 9)

PIETRO-SOUZA, W.; BONFIM-SILVA, E. M.; SCHLICHTING, A. F.; SILVA, M. C. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 575-580, 2013.

PRADO, R.; BRAGHIROLI, L.; NATALE, W.; CORRÊA, M.; ALMEIDA, E. Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 295-299, 2008.

PRADHAN, J.; HIMANGSHU DAS, H.; KUNDU, C.; PINTOO BANDOPADHYAY, P. Response of fodder sorghum to irrigation scheduling and nitrogen levels. **International Journal of Farm Sciences**, v. 5, n. 2, p. 15-20, 2015

RANA D. S.; SINGH, B.; GUPTA K.; DHAKA A. K. Performance of single cut forage sorghum genotypes to different fertility levels. **Forage Research**, v. 39, p. 96-98, 2013.

RENGASAMY, P. World salinization with emphasis on Australia. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, p. 1017-1023, 2006

RESTELATTO, R.; PAVINATO, P. S.; SARTOR, L. R.; EINSFELD, S. E.; BALDICERA, F. P. Nitrogen Efficiency and Nutrient Absorption by a Sorghum-Oats Forage Succession. **Advances in Agriculture**. Article ID 702650, p.12, 2015.

RHOADES, J. D.; INGVALSON, R. D. Macroscopic swelling and hydraulic conductivity properties of four vermiculitic soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 33, p. 364-370, 1969.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington DC, US Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).

ROCHA, J. M. L.; SANTOS, A. C.; JUNIOR, O. S.; SILVA, R. R.; SANTOS, J. G. D.; OLIVEIRA, L. B. T. Características agrônômicas do milheto sob efeito de nitrogênio nos sistemas consorciado e monocultivo. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 11, n. 1, p. 37-43, 2017.

SANTOS, F. G. Cultivares de Sorgo, Sete Lagoas, MG. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2003, 3p. (Embrapa Milho e Sorgo, Comunicado Técnico 77).

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT: user's Guide. Version 9.3. Cary: **SAS Institute Inc**, 2011. 8621p.

SAWARGAONKAR, G. L.; PATIL, M. D.; WANI, S. P.; PAVANI, E.; REDDY, B. V. S. R.; MARIMUTHU, S. Nitrogen response and water use efficiency of sweet sorghum cultivars. **Field Crops Research**, v. 149, p. 245-251, 2013.

SCALÉA, M. J. Perguntas & Respostas sobre o plantio direto. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 83, p. 1-8. 1998.

SECTMA. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco**. 1.ed. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, 2006. 104p.

SCHIATTONE, M.I.; CANDIDO, V.; CANTORE, V.; MONTESANO, F.F.; BOARI F. Water use and crop performance of two wild rocket genotypes under salinity conditions. **Agricultural Water Management**, v. 194, p. 214-221, 2017.

SHAHBAZ M., ASHRAF M. Improving salinity tolerance in cereals. **Critical Review in Plant Science**, v. 32, p. 237-249, 2013.

SHAINBERG, I; LETEY, J. Response of soils to sodic and saline conditions. **Hilgardia**, v. 52, p. 1-57, 1984.

SHAMME S. K.; RAGHAVAIHAH C. V.; BALEMI T., HAMZA I. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Growth, Productivity, Nitrogen Removal, N- Use Efficiencies and Economics in Relation to Genotypes and Nitrogen Nutrition in Kellem- Wollega Zone of Ethiopia, East Africa. **Advances in Crop Science and Technology**, v. 4, p. 218, 2016.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES A. L. R, SILVA G. L.; SOUSA C. H. C. Interaction between salinity and bovine biofertilizer in the bean crop. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 15, n. 04, p. 383-389, 2011.

SILVA, E. C.; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L.; GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 725-733, 2005.

SILVA, K. S.; MENDONÇA, V.; MEDEIROS, L. M.; FREITAS, P. S. C.; GÓIS, G. B. Influência do tamanho da semente na germinação e vigor de mudas de jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). **Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 217-221, 2010.

SOUSA, P. G. R.; VIANA, T. V. A.; CARVALHO, C. M.; SOUSA, A. M.; COSTA, C. P. M.; AZEVEDO, B. M. Efeito de diferentes lâminas de irrigação e cobertura do solo no crescimento da cultura do sorgo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p. 1528-1537, 2017

SOUZA, L. A. "Obtenção da Amônia: processo de Haber-Bosch"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/obtencao-amonia-processo-haberbosch.htm>>. Acesso em 20 de janeiro de 2018.

SOUTO, A. G. L.; CAVALCANTE, L. F.; GHEYI, H. R.; NUNES, J. C.; OLIVEIRA, F. I. F.; ORESCA, D. Photosynthetic pigments and biomass in noni irrigated with saline waters with and without leaching. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 19, n. 11, p. 1042-1048, 2015.

SPEHAR, C. R.; TRECENTI, R. Desempenho agrônômico de espécies tradicionais e inovadoras da agricultura em semeadura de sucessão e entressafra no cerrado do planalto central brasileiro. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 102-111, 2011.

STEINER, F.; TIAGO ZOZ, T.; JUNIOR, A. S. P.; FRANDOLOSO, J. F.; RUPPENTHAL, V.; JANEGITZ, M. C. Zinco e nitrogênio no desempenho agrônômico do milho safrinha. **Global Science of Technology**, v. 04, n. 02, p.09-17, 2011.

TABOSA, J.N. **Fenologia da planta de sorgo**. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco-IPA, 2011. 1p.

TABOSA, J. N.; REIS, O. V.; NASCIMENTO, M. M. A.; LIMA, J. M. P.; SILVA, F. G.; SILVA FILHO, J. G.; BRITO, A. R. M. B.; E RODRIGUES, J. A. S. O sorgo sacarino no semiárido brasileiro: elevada produção de biomassa e rendimento de caldo. **In XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia, 2010, Anais....

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant Physiology and Development**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TANGA, C.; YANGA, X.; CHENA, X.; ASIF AMEENA, A.; XIEA, G. Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land. **Field Crops Research**, v. 12, n. 2, p. 215, 2018.

THOMSON, W. W.; WEIER, T. E. The Fine Structure of Chloroplasts from Mineral-Deficient Leaves of *Phaseolus vulgaris*. **American Journal of Botany**, v. 49, n. 10, p. 1047-1055, 1962.

TRNKA, M.; KERSEBAUM, K.C.; EITZINGER, J.; HAYES, M.; HLAVINKA, P.; SVOBODA, M.; DUBROVSKÝ, M.; SEMERÁDOVÁ, D.; WARDLOW, B.; POKORNÝ, E., MOŽNÝ, M.; WILHITE, D.; ŽALUD, Z. Consequences of climate change for the soil climate in Central Europe and the central plains of the United States. **Climatic Change**, v. 120, p. 405-418, 2013

UHART, S. A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. **Crop Science**, Madison, v.35, p.183-190, 1995.

VAN BEEK, C.L., TÓTH, G. (Eds.). **Risk Assessment Methodologies of Soil Threats in Europe**, JRC Scientific and Policy Reports EUR. Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg, 2012.

- WANG, Y.; DENG, C.; LIU, Y.; NIU, Z.; LI, Y. Identifying change in spatial accumulation of soil salinity in an inland river watershed, China. **Science of the Total Environment**, V. 621, p. 177-185, 2018.
- WARNER, R. L.; KLEINHOF, A. Genetics and molecular biology of nitrate metabolism in higher plants. **Plant Physiology**, v. 85, p. 245-252, 1992.
- XAVIER, D. A.; FURTADO, G. F.; JÚNIOR, J. R. S.; MARQUES DE SOUSA, J. R.; SOARES, L. A. S. Irrigation with saline water and nitrogen fertilizer to crop in cowpea. **Revista Verde**, v. 9, n. 3, p. 131 - 136, 2014.
- XIN, Z.; WANG, M. L.; BURROW, G.; BURKE, J. An induced mutant population suitable for bioenergy research. **Bioenergy Research**, v. 2, p. 10-16, 2009.
- YANG, X.; NI, KANG.; SHI, Y.; YI, X.; ZHANG, Q.; LI FANG, L.; MA, L.; RUAN, J. Effects of long-term nitrogen application on soil acidification and solution chemistry of a tea plantation in China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 252, p. 74–82, 2018.
- YASUOR, H.; TAMIR, G.; STEIN, A.; COHEN, S.; BAR-TAL, A.; BEN-GAL, A.; YERMIYAHU, U. Does water salinity affect pepper plant response to nitrogen fertigation? **Agricultural Water Management**, v. 191, p. 57-66, 2017.
- YEO, A.R. Salinity. In *Plant Solute Transport*; YEO, A.R., FLOWERS, T.J., Eds.; Blackwell: Oxford, UK, p. 340-365, 2007.
- ZENG, H.; WISEDCHAI SRI, G.; GONEN, T. Crystal structure of a nitrate/nitrite exchanger. **Nature**, v. 497, n. 7451, p. 647-651, 2013.
- ZHEN, A.; ZHANG, Z.; JIN, X.; TAO LIU, T.; REN, W.; HU, X. Exogenous GABA application improves the  $\text{NO}_3^-$ -N absorption and assimilation in  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  treated muskmelon seedlings. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 117-123, 2018.
- ZOCA, S. M.; PENN, C. An Important Tool with no Instruction Manual: A Review of Gypsum Use in Agriculture. **Advances in Agronomy**, v. 144, p. 2-38, 2017.



# ANEXO

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância das variáveis altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas vivas (NFV), número de folhas mortas (NFM), número de folhas total (NFT), massa verde da parte aérea (MV t ha<sup>-1</sup>), conteúdo de matéria seca (CMS %), matéria seca da parte aérea (MS t ha<sup>-1</sup>), Nitrogênio Total (g kg<sup>-1</sup>), Sódio (g kg<sup>-1</sup>), Potássio (g kg<sup>-1</sup>), Cloreto (g kg<sup>-1</sup>) do **SORGO** submetido a diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Mé dio											
		AP	DC	NFV	NFM	NFT	MVPA	CMS	MSPA	N-total	Na	K	Cl
<b>Bloco</b>	3	0,05**	0,15**	1,51**	3,27**	0,63 <sup>ns</sup>	133,8*	0,0005**	15,87**	9,18 <sup>ns</sup>	0,38*	6,69 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
<b>Lâmina (L)</b>	3	1,04**	0,83**	14,06**	3,97**	3,15**	683,8**	0,0023**	100,88**	14,05 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	5,84 <sup>ns</sup>	1,43**
<b>Erro (a)</b>	9	0,03	0,02	0,78	0,69	0,70	33,7	0,0003	1,87	14,89	0,07	2,44	0,08
<b>Nitrogê</b>	n 3	2,27**	1,99**	38,72**	5,37**	15,42**	4550,7**	0,0109**	682,92**	32,37*	0,03 <sup>ns</sup>	12,81**	1,45**
<b>L x N</b>	9	0,02*	0,02 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	51,4 <sup>ns</sup>	0,0006**	68,53**	7,11 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,05**
<b>Erro (b)</b>	36	0,01	0,02	0,30	0,38	0,35	26,6	0,00009	2,93	11,21	0,09	0,77	0,02
<b>Total</b>	63												
<b>CV (%)</b>		3,20	7,77	7,11	22,66	5,74	11,09	3,02	11,58	15,91	5,18	7,57	6,49
<b>Mé dia</b>		2,91	1,71	7,66	2,71	10,37	46,49	0,07	2,98	9,31	1,15	11,65	1,90

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância das variáveis altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas vivas (NFV), número de folhas mortas (NFM), número de folhas total (NFT), massa verde da parte aérea (MVPA t ha<sup>-1</sup>), conteúdo de matéria seca (CMS), matéria seca da parte aérea (MSPA t ha<sup>-1</sup>), Nitrogênio Total ( g kg<sup>-1</sup>), Sódio (g kg<sup>-1</sup>), Potássio (g kg<sup>-1</sup>), Cloreto (g kg<sup>-1</sup>) do **MILHETO** submetido a diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Mé dio											
		AP	DC	NFV	NFM	NFT	MVPA	CMS	MSPA	N-total	Na	K	Cl
<b>Bloco</b>	3	0,04*	0,23**	6,22**	4,49**	11,66**	15,08 <sup>ns</sup>	0,0021*	1,66ns	16,73 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	4,31ns	0,38**
<b>Lâmina (L)</b>	3	0,03 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	4,60**	5,70**	0,67 <sup>ns</sup>	42,31*	0,0008 <sup>ns</sup>	4,16**	6,45 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	3,83 <sup>ns</sup>	2,08**
<b>Erro (a)</b>	9	0,01	0,02	2,12	1,00	0,83	7,75	0,0004	0,44	8,31	0,06	1,49	0,05
<b>Nitro (N)</b>	3	0,78**	1,27**	19,09**	0,27 <sup>ns</sup>	17,23**	432,03**	0,0005 <sup>ns</sup>	34,01**	20,05*	0,33*	7,82**	5,04**
<b>L x N</b>	9	0,00 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	11,62**	0,0005 <sup>ns</sup>	0,69*	3,16 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	0,31**
<b>Erro (b)</b>	36	0,01	0,01	0,27	0,29	0,21	3,91	0,0004	0,03	6,01	0,08	0,39	0,05
<b>Total</b>	63												
<b>CV (%)</b>		5,91	7,01	6,49	34,85	4,72	10,10	7,60	10,97	19,71	15,62	6,10	5,42
<b>Mé dia</b>		2,91	1,21	8,04	1,55	9,59	19,56	0,15	2,84	12,41	1,01	10,23	3,95

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância da variável produtividade, expressa em massa verde total da parte aérea (MVTPA t ha<sup>-1</sup>), conteúdo de matéria seca total (CMST %), matéria seca total da parte aérea, (MSTPA t ha<sup>-1</sup>) do sistema **Sorgo + Milheto** submetido a diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses crescentes de nitrogênio, Serra Talhada – PE.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		MVTPA	CMST	MSTPA
Bloco	3	198,91**	0,0006*	15,45**
Lâmina (L)	3	1036,50**	0,0019**	144,31**
Erro (a)	9	31,41	0,0001	1,61
Nitrogênio (N)	3	7741,94**	0,0070**	1011,25**
L x N	9	87,59**	0,0002*	11,19**
Erro (b)	36	26,14	0,0001	2,66
<b>Total</b>	<b>63</b>			
CV (%)		7,74	3,31	8,28
Mé dia		66,06	0,09	5,82

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.