



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS AMBIENTAIS

**Camila Freire de Melo**

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA *Atriplex nummularia* Lind. SUBMETIDA À IRRIGAÇÃO COM  
ÁGUA SALINA E AO FUNGO MICORRÍZICO  
ARBUSCULAR**

Recife, 25 de fevereiro de 2019

**Camila Freire de Melo**

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA *Atriplex nummularia* Lind. SUBMETIDA À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA E AO FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento em Processos Ambientais Universidade Católica de Pernambuco como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais.

**Área de Concentração:** Desenvolvimento em Processos Ambientais

**Linha de Pesquisa:** Biotecnologia e Meio Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Armanda Saconi Messias

Co-orientadora: Profa. Dra. Eline Waked Ferreira Gomes (IPA)

**Recife, 25 de fevereiro de 2019**

M528a                      Melo, Camila Freire de  
                                    Avaliação de desenvolvimento da *Atriplex nummularia* lind.  
arbuscular                      submetida à irrigação com água salina e ao fungo micorrízico  
  
                                    / Camila Freire de Melo, 2019  
    54 f. : il.  
  
    Orientador: Arminda Saconi Messias  
    Coorientador: Eline Waked Ferreira Gomes  
    Mestrado (Dissertação) - Universidade Católica de  
Reutilização.                      Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento  
    de Processos Ambientais.  
    Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2019.  
  
    1. Halófitas. 2. Claroideoglomus. 3. Águas residuais -  
    I. Título.

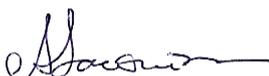
CDU 574.6

Ficha catalográfica elaborada por Catarina Maria Drahomiro Duarte -  
CRB/4-463

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA *Atriplex nummularia* Lind. SUBMETIDA À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA E AO FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR**

**CAMILA FREIRE DE MELO**

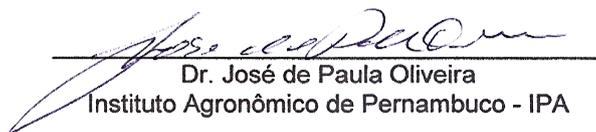
**Examinadores:**



\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Arminda Saconi Messias (Orientadora)  
Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP



\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Galba Maria de Campos Takaki  
Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP



\_\_\_\_\_  
Dr. José de Paula Oliveira  
Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Ivoneide Freire e José Júnior pelo apoio incondicional e a quem devo a vida.

À CAPES, pela bolsa de estudo durante dois anos.

À FACEPE pelo auxílio financeiro.

À Professora Arminda primeiramente por ter me aceitado no Projeto de Pesquisa e pela sua orientação em que sempre esteve muito presente! O aprendizado obtido seja pelos erros ou acertos foi muito gratificante.

À co-orientadora Dra. Eline pelo apoio no projeto.

A todos os professores do Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais pelos conhecimentos adquiridos em sala de aula, em especial ao Professor Valdemir pelo apoio na estatística.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, local em que realizei toda a minha pesquisa. Aos laboratórios de Microbiologia do Solo, Laboratório de Fertilidade do Solo, Laboratório de Física do Solo e Laboratório de Análise de Planta, Ração e Água. Agradeço em especial ao Dr. José de Paula pela paciência e ensinamento teórico e prático no IPA. Agradeço a Fábio, Marilene, Jacira, Marilene e Carminha pelo incentivo e ensinamentos.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	v
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xi
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>CAPÍTULO I</b> .....	11
<b>1.1 Introdução</b> .....	13
<b>1.2 Objetivos</b> .....	15
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	17
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	17
<b>1.3 Revisão da Literatura</b> .....	13
<b>1.3.1 Características Gerais do Semiárido Pernambucano</b> .....	13
<b>1.3.2 Solos Afetados por Sais</b> .....	14
<b>1.3.3 Respostas das Plantas ao Estresse Salino</b> .....	15
<b>1.3.4 Aspectos Gerais da <i>Atriplex nummularia</i></b> .....	16
<b>1.3.5 Resposta do Fungo Micorrízico Arbuscular ao Estresse Salino</b> .....	19
<b>1.3.6 Aspectos Gerais de <i>Claroideoglossum etunicatum</i></b> .....	22
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	24

<b>CAPÍTULO II</b> .....	29
<b>Resumo</b> .....	30
<b>Introdução</b> .....	30
<b>Material e Métodos</b> .....	31
<b>Resultados</b> .....	33
<b>Discussão</b> .....	38
<b>Conclusão</b> .....	38
<b>Agradecimentos</b> .....	39
<b>Referências</b> .....	39
<b>CAPÍTULO III</b> .....	40
<b>Resumo</b> .....	42
<b>Introdução</b> .....	42
<b>Material e Métodos</b> .....	42
<b>Resultados e Discussão</b> .....	44
<b>Agradecimentos</b> .....	48
<b>Referências</b> .....	48
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	42
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	43

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1 - Resposta de plantas sem a presença de FMA (à esquerda) com a presença de FMA (à direita) sob estresse salino.....21

### CAPÍTULO II

Figura 1. Elementos absorvidos pela *Atriplex nummularia* em função dos tratamentos e da altura.....34

Figura 2. Nutrientes P, Ca, Mg, Na e K e o pH do solo não autoclavado e autoclavado.....37

### CAPÍTULO III

Figura 1. Estruturas do *Claroideoglossum etunicatum* observado nas raízes de *Atriplex nummularia* em solo não autoclavado.....49

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

### CAPÍTULO I

Tabela 1 - Tipos de solos e suas classificações.....	14
--	----

### CAPÍTULO II

Quadro 1. Características química do solo utilizado no experimento.....	32
---	----

Quadro 2. Característica física do solo utilizado no experimento.....	32
---	----

Quadro 3. Resultado do teste de Tukey em relação aos elementos absorvidos pela <i>Atriplex</i> e altura.....	38
---	----

Tabela 1. Percentual de colonização micorrízica e altura em <i>Atriplex</i> <i>nummularia</i> Lind. cultivada em diferentes condições.....	49
---	----

### CAPÍTULO III

Tabela 1 - Percentual de colonização micorrízica e altura em <i>Atriplex</i> <i>nummularia</i> Lind. cultivada em diferentes condições.....	44
--	----

## RESUMO

O semiárido pernambucano exhibe vulnerabilidade climática que, por sua vez, promove prejuízos ambientais e sociais para a localidade. Com isso, a busca por alternativas de baixo custo e elevada eficiência que se adequem às características do ambiente são constantes. O objetivo desse trabalho é avaliar o efeito da associação de fungo micorrízico arbuscular (FMA) com rejeito de dessalinizador no desenvolvimento de *Atriplex nummularia*. O experimento foi realizado em casa de vegetação no Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco: combinando cinco níveis de rejeito com adição de cloreto de sódio, com e sem fungo micorrízico arbuscular *Claroideoglossum etunicatum*, em solo autoclavado e não autoclavado, com e sem solução nutritiva. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com duas repetições, totalizando 80 unidades experimentais. Para avaliação do rendimento da *Atriplex* cultivada, foram determinadas as seguintes variáveis: altura de planta, os teores de elementos químicos absorvidos e colonização radicular. Uma amostra de solo, também, foi coletada para análise química completa. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística individual e conjunta das variáveis estudadas com a variância observada pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Percebeu-se que os tratamentos na presença do FMA e da solução nutritiva foram mais significativos em relação aos tratamentos que não receberam FMA e solução nutritiva. A absorção do sódio, potássio, cálcio, magnésio e nitrogênio foi mais favorecida nos tratamentos com solo não autoclavado. A correlação positiva da altura com a colonização micorrízica foi observada no tratamento T4 (rejeito mais 21g NaCl) na presença de FMA, no solo não autoclavado. Diante disso, a colonização micorrízica em *Atriplex nummularia* e a correlação positiva com a altura ( $R= 0,90$  a nível de  $p<0,05$ ) pode ser devido a presença de micro-organismos que promoveram associação mutualística benéfica, favorecendo o seu crescimento e também as elevadas extrações de Na (22%) e Mg (20%) pela planta, evidenciando a potencialidade do uso da *A. nummularia* em programas de fitoextração em solos afetados por sais.

**Palavras-chave:** Halófitas. *Claroideoglossum etunicatum*. Reuso de águas residuais. Tecnologias sustentáveis.

## ABSTRACT

The semiarid Pernambuco exhibits climate vulnerability, which in turn promotes environmental and social damage to a locality. With this, a search for alternatives of low cost and high efficiency that are adapted to the characteristics of the environment are constant. Therefore, the work is better than the effect of the association of mycorrhizal fungi with desalinizer residue on the development of *Atriplex nummularia*. The experiment was carried out in a greenhouse at the Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco, Brazil, with 5 days of rejection with the addition of sodium chloride and without arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) with and without nutrient solution. The experimental design was a randomized block design, with two replicates, totaling 80 experimental units. To evaluate the yield of *Atriplex* cultivar, the following variables are: plant height, specific element contents, copious and root colonization. A soil sample, too, was collected for complete chemical analysis. The obtained data were submitted to the individual and joint statistical analysis of the studied variables with a test variance by the F test as averages compared by the Tukey test at 5% probability. Identity and methods of nutritive analysis in the same as FMA and the nutritive solution. The absorption of sodium, potassium, calcium, magnesium and nitrogen was more favored in the treatments with non-autoclaved soil. The positive correlation of height with mycorrhizal colonization was observed in the T4 treatment (in the absence of 21 g NaCl) in the presence of AMF in the non-autoclaved soil. Therefore, mycorrhizal colonization in *Atriplex nummularia* and positive with a ratio ( $R = 0.90$  per level of  $p < 0.05$ ) may be a presence of microorganisms that favor genetic mutuality, favoring its growth as high extractions of Na (22%) and Mg (20%) by the plant, evidencing a potential of the use of the protein in phytoextraction programs in soils affected by salts.

**Keywords:** Halophytes. *Claroideoglobus etunicatum*. Wastewater reuse. Sustainable technologies.

# **CAPÍTULO I**

## 1.1 Introdução

O sertão de Pernambuco apresenta, de maneira geral, solos rasos, com baixa fertilidade natural, baixo teor de matéria orgânica, drenagem limitada, baixa capacidade de infiltração e de retenção de umidade e grande potencial para a erosão hídrica. Além disso, é caracterizado por apresentar baixo número de espécies vegetais; mas, no conjunto, apresentam alta variabilidade, com vegetação arbustiva ou arbórea, vegetação espinhosa, microfilia, predominância da vegetação do tipo caatinga e outras características xerofíticas. A elevada variabilidade da flora deve-se à grande extensão, os tipos de clima e solo e a multiplicidade nas formas de relevo do semiárido (COELHO et al., 2013).

A salinidade é um fator de estresse para várias espécies botânicas, provocando alteração nos processos de absorção, transporte e crescimento vegetal. Sabendo disso, a maioria dos cultivos agrícolas é glicófito, ou seja, plantas menos resistentes ao sal que, por sua vez, não se adaptam aos solos salinos do semiárido. Por isso, devido aos problemas de água e de salinização, a utilização de espécies halófitas, tolerantes à salinidade, especialmente as que possuem rendimentos elevados e economicamente lucrativos, tem sido empregada em cultivos agrícolas no sertão nordestino (BUHMANN; PAPENBROOK, 2013; VENTURA; SAGI, 2013).

O principal método utilizado para dessalinização de águas salinas no nordeste brasileiro é baseado na osmose reversa. Contudo, este processo tem a desvantagem de gerar águas residuais, o que acaba por impactar solos e águas subterrâneas (TAHERI et al., 2016).

A espécie *Atriplex nummularia*, conhecida como erva sal, planta halófito, originária da Austrália, pertencente à família Chenopodiaceae, é uma das mais de 400 espécies do seu gênero distribuída em diversas regiões árida e semiárida do mundo. Sabendo disso, a implementação desta espécie em áreas ameaçadas pela degradação, na forma de plantios isolados, para fitorremediação de solos salinos-sódicos, torna-se uma alternativa de recuperação (RODRIGUES et al., 2017).

Além disso, existem fatores biológicos que contribuem com o aumento do desenvolvimento vegetal, em termos de absorção de água e nutrientes. Esse fator, deve-se à associação de fungos micorrízicos arbusculares que constituem parte significativa da biomassa microbiana do solo e estão envolvidos diretamente em processos essenciais da interface solo-planta. Essa associação ocorre devido a planta suprir o fungo com energia para o crescimento e

manutenção por meio de produtos fotossintéticos, enquanto o fungo provê à planta água e nutrientes (RODRIGUES; BARROSO; FIGUEIREDO, 2018).

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da associação de fungo micorrízico arbuscular com rejeito proveniente de dessalinizador no desenvolvimento de *Atriplex nummularia* Lind.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a resposta da *Atriplex nummularia* em vaso com solo autoclavado e não autoclavado, submetida à salinidade e à inoculação de esporos, com e sem solução nutritiva;
- Determinar os teores dos elementos absorvidos pela *Atriplex nummularia*;
- Quantificar a porcentagem de colonização micorrízica nas raízes da *Atriplex nummularia*;
- Analisar os componentes químicos do solo utilizado no experimento;
- Analisar estatisticamente os dados obtidos nos experimentos realizados.

## 1.3 Revisão de Literatura

### 1.3.1 Características Gerais do Semiárido Pernambucano

No Brasil, o semiárido é uma das áreas mais vulneráveis aos problemas ambientais. A questão ambiental do semiárido nordestino sempre esteve marcada pela escassez hidroclimatológica sendo condicionadas à necessidade da elaboração de um planejamento ambiental específico. Essa condição é agravada por suas características socioeconômicas sendo amplamente favorável à expansão dos processos de degradação dos recursos naturais da região (RODRIGUES et al., 2016).

Sendo assim, a sobrevivência da população no semiárido e o seu potencial de produção vinculam-se diretamente à disponibilidade hídrica. As precipitações pluviométricas são as que apresentam alta variabilidade no tempo e espaço. Além disso, as temperaturas registradas no

local são altas, contribuindo para a existência de um desequilíbrio entre a quantidade de água presente e a taxa de evaporação. Assim, as águas acumuladas tendem a evaporar com rapidez (ANDRADE; NUNES, 2014).

Devido à escassez de água superficiais, a solução empregada para ter o acesso a água nestas regiões é a exploração de águas subterrâneas. Praticamente todos os países do mundo, desenvolvidos ou não, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades. No Brasil, estima-se que pelo menos metade do abastecimento de água potável seja fornecido por recursos hídricos subterrâneos (NEVES et al., 2017).

No entanto, a utilização de água subterrânea para a produção e consumo em algumas fontes apresentam na maioria dos casos restrições para o dessedentamento humano e animal, por apresentarem problemas de salinidade (ANDERS et al., 2017).

Como alternativa para amenizar a problemática do semiárido, a dessalinização de água tem a finalidade de obter água de melhor qualidade para o consumo humano, apresentando resultados bastante satisfatórios à alimentação e à saúde pública (ALVES et al., 2015).

A dessalinização por osmose reversa se apresenta como um tratamento utilizado para reduzir a salinidade dessas águas. O seu funcionamento é baseado no processo de filtração físico-químico, no qual utiliza-se uma fonte de pressão externa para fazer com que a água atravesse uma membrana semipermeável, saindo de uma solução mais concentrada para uma solução mais diluída (CAETANO; SILVA NETO, 2018).

Após a dessalinização da água, parte dos solutos que foram obtidos no processo produz um subproduto, uma água residual chamada de rejeito, de concentração salina muito maior do que a água salobra original e de poder poluente para o solo, fauna e flora. Em alguns locais, o rejeito chega a ser 60 % do volume original e um dos problemas ambientais encontrados nesse processo é o local de descarte, já que o mesmo pode causar danos ao ambiente (FERNANDES et al., 2015).

Com isso, a acumulação de sais, na rizosfera, prejudica o crescimento e desenvolvimento das culturas, provocando um decréscimo de produtividade e, em casos mais severos, pode levar a um colapso da produção agrícola. Isso ocorre em razão da elevação do potencial osmótico da solução do solo, por efeitos tóxicos dos íons específicos e alteração das condições físicas e

químicas do solo (MARQUES et al., 2015).

### 1.3.2 Solos Afetados por Sais

A salinização é um processo decorrente do acúmulo de sais no solo ou na água que dar-se de origem natural e/ou antrópica. A salinização de solos, apresenta-se como um dos principais problemas enfrentados no setor agrícola, sobretudo nas regiões áridas e semiáridas do nordeste brasileiro (SOUZA et al., 2016; SILVA, A. et al., 2017).

A salinização natural ocorre mediante a intemperização de rochas e pela deposição de sais provenientes dos oceanos pela ação das chuvas e dos ventos. Já a salinização antrópica, resulta de alguma atividade de origem humana que promova a alta concentração de sais (PEDROTTI et al., 2015).

De acordo com Pequeno, Silva e Brasileiro (2014), para classificação dos solos afetados por sais devem ser consideradas determinadas propriedades químicas, sendo elas: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e porcentagem de sódio trocável (PST), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Tipos de solos e suas classificações

	Solos normais	Solos Salinos	Solos Salino-Sódicos	Solos Sódicos
CEes	< 4 dS m <sup>-1</sup>	≥ 4 dS m <sup>-1</sup>	≥ 4 dS m <sup>-1</sup>	< 4 dS <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup>
pH	< 8,5	< 8,5	≥ 8,5	≥ 8,5
PST	< 15 %	< 15 %	>15 %	≥ 15 %

**Fonte:** Pequeno, Silva e Brasileiro (2014).

A salinização de origem antrópica é a mais frequente e está associada à baixa qualidade da água de irrigação e aplicação excessiva de sais fertilizantes altamente solúveis. Entretanto, independente da fonte hídrica de irrigação, toda a água constitui em determinadas concentrações salinas que com o uso contínuo acarreta em acúmulo desses sais no solo e conseqüentemente na formação de solos salinos (SANTOS et al., 2016; SOUSA, R. A. et al., 2018).

Em regiões áridas e semiáridas do nordeste brasileiro, há muitos dessalinizadores com o intuito de retirar os sais da água e torna-las própria para o consumo humano. No entanto, um dos grandes problemas desse sistema é o rejeito que possui altas concentrações de sais, que por sua vez não recebe nenhum tratamento antes de ser depositado no solo e como consequência pode trazer prejuízos tanto para o solo quanto para culturas (MARQUES et al., 2015).

Os efeitos da salinidade no solo incluem a alteração dos atributos físico-químicos do solo, devido à grande quantidade de sódio adsorvido em relação aos demais cátions presentes no solo, podendo ocasionar a degradação da estrutura física do solo tornando-o mais suscetível à erosão, desertificação, diminuição da fertilidade e diminuição da permeabilidade pela dispersão de argila no solo. Essas alterações podem interferir de forma negativa na qualidade podendo levar muitas vezes a perda da capacidade produtiva do solo (ALBUQUERQUE et al., 2018; LIRA et al., 2015; PEDRO et al., 2016).

Ainda sobre os efeitos da salinidade, Silva, J. et al. (2018), afirmam que a salinidade do solo promove a condição de estresse abiótico não só sobre o desenvolvimento vegetal como também na microbiota do solo. As respostas de plantas a salinidade são observadas especialmente em termos de crescimento, rendimento e variáveis fisiológicas. O estresse abiótico em espécies vegetais, promove efeitos deletérios nos aspectos fisiológicos e bioquímicos, o que pode reduzir, significativamente, seus rendimentos. A alta concentração de sais na solução do solo corrobora para a diminuição do potencial osmótico, o que dificulta a absorção de nutrientes através dos pelos absorventes de suas raízes, como consequência distúrbios osmóticos, toxicidade por íons e desequilíbrio nutritivo (SÁ et al., 2015; LEMES et al., 2018).

Como alternativa, corretivos químicos, orgânicos e a fitoextração são as principais técnicas de recuperação de solos afetados por sais. De forma geral, a utilização de corretivos químicos utiliza preferencialmente produtos de reação ácida como, por exemplo, o gesso agrícola. Os condicionantes orgânicos, podem reduzir a porcentagem de sódio trocável (PST) devido possivelmente a liberação de CO<sub>2</sub> e ácidos durante a decomposição como, por exemplo, a casa de arroz. Por último, a fitoextração, técnica da fitorremediação sustentável que utiliza plantas halófitas que são tolerantes a salinidade como alternativa para reuso de água residuária e biorremediação de áreas salinas (ARAÚJO; SOUSA; RODRIGUES, 2017).

### 1.3.3 Resposta das Plantas ao Estresse Salino

A salinidade do solo afeta o desenvolvimento dos vegetais através do aumento da pressão osmótica da solução do solo (que dificulta a inibição da absorção de água), desequilíbrio iônico e toxicidade (alta concentração dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas células vegetais) e a deficiência nutricional pela interferência na absorção de nutrientes essenciais, como  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{+2}$  causando alterações e inibições metabólicas, que constitui um dos principais fatores de estresse abiótico que limita o desenvolvimento de culturas na região semiárida (MELO et al., 2017; SILVA; GRZYBOWSKI; PANOBIANCO, 2016).

A redução da disponibilidade de água às plantas com a diminuição do potencial total do substrato provoca maior gasto de energia para absorção da mesma. Logo, as diferentes concentrações salinas afetam a emergência de sementes, o crescimento e o desenvolvimento de plantas devido ao déficit hídrico, que causam estresse osmótico e desequilíbrio iônico celular devido a entrada de íons em quantidades tóxicas (SILVA et al., 2017).

As plantas sob estresse salino mostram, inicialmente, reduções na condutância, taxa fotossintética estomática e na biossíntese de clorofila, além de alterações na eficiência do uso da água e do estado da água da planta, o que leva à inibição do crescimento (MELO et al., 2017).

Por isso que os efeitos gerados pelo déficit hídrico incluem a redução do crescimento, da área foliar e da produção de matéria seca. Já os efeitos iônicos são, principalmente, promovidos por  $\text{Na}^+$ , em consequência da acumulação de íons nos tecidos da planta, causando desequilíbrios nutricionais, toxicidade e alterações metabólicas. As alterações morfológicas, anatômicas e metabólicas em algumas plantas dependem do genótipo e da quantidade de sal na planta. No entanto, algumas plantas têm a capacidade de prevenir a entrada de sais para minimizar a sua concentração no citoplasma via compartimentação vacuolar, assim evitando os efeitos tóxicos dos sais na fotossíntese e outros processos metabólicos. Diferentes mecanismos de tolerância, no entanto, podem ocorrer em espécies diferentes ou em diferentes cultivares das mesmas espécies (MAIA et al., 2016).

Com isso, Silva et al. (2017) informam que as plantas tendem a realizar mecanismos de resposta ao estresse, como, por exemplo, por meio do fechamento dos estômatos, mediado por hormônios, ou por mudanças fotoquímicas, bem como mudanças no metabolismo do carbono

para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma taxa fotossintética menor e contribuindo para a redução do crescimento das espécies sob tal estresse.

A salinidade pode inibir o crescimento das plantas por vários fatores a curto e longo prazos. Os efeitos a curto prazo incluem a redução do crescimento, devido ao efeito osmótico do sal, o que reduz a expansão celular. Os efeitos a longo prazo incluem o estresse iônico, devido à excessiva absorção de sal, levando a uma redução na área da folha fotossintética disponível para manutenção do crescimento. Em ambos os casos, a redução do crescimento é frequentemente acompanhada de baixa assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, devido a limitações estomáticas e não estomáticas, como o fechamento de estômatos e redução do metabolismo causada pelo estresse. No entanto, independentemente da limitação, a salinidade, ainda, pode alterar a condutância estomática, a transpiração, o CO<sub>2</sub> disponível nos locais de absorção no cloroplasto e pigmentos fotossintéticos (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2016).

### 1.3.4 Aspectos Gerais da *Atriplex nummularia*

A espécie *Atriplex nummularia*, conhecida popularmente como erva sal pertence à família Chenopodiaceae, é uma das mais de 400 espécies do seu gênero distribuída em diversas regiões árida e semiárida do mundo. Originária da Austrália tem se adaptado muito bem nas regiões semiáridas da América do Sul, em particular da Argentina, Chile e no Nordeste do Brasil (MOURA et al., 2017; RODRIGUES et al., 2017).

As espécies do gênero *Atriplex* são consideradas xero-halófitas devido a capacidade de crescer em solos secos e salinos e são caracterizadas por apresentarem folhagem sempre verde mesmo em períodos de seca, conforme González-Mata et al. (2016). Além disso, as espécies desse gênero são consideradas halófitas autênticas, uma vez que possuem tolerância a seca e a salinidade, completando seu ciclo de vida ainda que sob esses fatores de estresses (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2016).

As espécies do referido gênero possuem hábito arbustivo exótico, com folhas de 2 a 7 cm de comprimento e 1 a 4 cm de largura, alternas, de forma arredondada, verdes acinzentadas, pecioladas e ovais. Apresenta tolerância a temperaturas entre -8 e 35 °C; no entanto, temperaturas inverniais próximas ao limite podem causar a sua morte. Da mesma forma, tolera valores de precipitação anual entre 49 e 590 mm e não têm inconvenientes ao se desenvolver em qualquer textura do solo, atingem alturas superiores a 2 metros e possuem inflorescência nos terminais dos ramos e folhas (PEQUENO; SILVA; BRASILEIRO, 2014).

A classificação taxonômica da *Atriplex*, segundo Pequeno, Silva e Brasileiro (2014), se enquadra na seguinte ordem: *Eukaryota*; Divisão: Magnoliophyta; Classe: *Magnoliopsida*, Ordem: *Caryophyllales*; Família: *Chenopodiaceae*; Gênero: *Atriplex* e Espécie: *Atriplex nummularia* Lind.

Zucca et al. (2016), defendem que a *Atriplex nummularia* é uma planta que detém mecanismos de tolerância a seca e a salinidade, que por sua vez devido a essa característica, vem sendo utilizada na recuperação de ambientes degradados por sais em regiões áridas e semiáridas.

O processo de tolerância da *Atriplex nummularia* envolve a absorção de sais (principalmente de sódio ( $\text{Na}^+$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ )) que ocorre mediante a capacidade de acumular sais dentro de suas células pelo processo de bioacumulação em compartimentos especializados, tais como: tricomas e microvesículas na epiderme foliar. Em meio disso, para que a célula não perca a turgência esta espécie elimina o soluto por meio de vesículas excretoras especializadas localizadas na superfície foliar e no caule (SILVA EUDES et al., 2016). Sendo assim, a *Atriplex nummularia* é definida como Acrinohalofyte devido ao revestimento epidérmico especializado através dos quais os sais são ativamente excretados, evitando o acúmulo progressivo (KANDIL; ATTIA; FAHMY, 2017).

Como importante ferramenta sustentável no processo de recuperação de ambientes degradados por sais a *A. nummularia* promove por meio da fitorremediação a técnica de fitoextração que consiste em extrair os compostos metálicos biodisponíveis, presentes nos solos para serem armazenados nas partes aéreas da planta (BADACHE, 2016).

Em campo, a espécie pode ser cultivada em regiões áridas e semiáridas com precipitação média de 200 a 400 mm por ano. O baixo índice pluviométrico é superado devido a capacidade de infiltração de suas raízes que explora o solo na busca de águas subterrâneas podendo atingir até 10 m de profundidade. Em relação à produção de matéria seca, a *A. nummularia* pode atingir produções de cerca de 15 a 20 t ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> com seu ciclo de vida podendo chegar a mais de 20 anos (COSTA; SPRINGER, 2016; MELO et al., 2016).

Existem diversos estudos sobre a utilização da *A. nummularia* como importante fonte de recurso na dieta de ovelhas, cabras e gados. A utilização dessa espécie na alimentação é devido ao alto teor mineral em sua composição (17 a 30 % de MS), proteína bruta (CP, variando 10,3-25,2 %) e baixo nível de metabólitos (como taninos e saponinas) (ASKAR et al., 2016; MORENO et al., 2017; HINTSA et al., 2018).

No entanto, apesar dos elevados valores, as ramificações do vegetal tornam-se mais lignificadas ao longo do tempo. Com isso, as taxas de crescimento diminuem com a idade, reduzindo seu potencial de uso como forragem. Contudo, as espécies de *Atriplex* ressurgem vigorosamente e ao serem podadas aceleram a extração de sal, como também permite o crescimento de novos ramos e folhagens que são de melhor qualidade de forragem devido à sua menor lignificação (SOUZA et al., 2016).

A *Atriplex nummularia* contribui ecologicamente em função de sua capacidade em sequestrar carbono com quantidades modestas de carbono armazenadas na biomassa acima e abaixo do solo em grandes áreas de terra salina (WALDEN et al., 2017).

Tendo em vista os aspectos mencionados, a *Atriplex nummularia* se destaca dentre as halófitas, uma vez que possui mecanismos especializados de acumulação e eliminação de sais; e em razão de seu comportamento de sobrevivência em ambientes que apresentam elevada salinidade (CARVALHO et al., 2015).

### **1.3.5 Resposta do Fungo Micorrízico Arbuscular ao Estresse Salino**

Microrganismos no solo podem ter um papel fundamental na determinação da composição das comunidades vegetais. Eles podem alterar as características físico-químicas do ambiente, participando diretamente das transformações de nitrogênio, fósforo e enxofre, e formando associações mutualísticas com as plantas; todas essas atividades resultando em maior crescimento das plantas (MASSENSINI et al., 2014).

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) são simbioses obrigatórias ubíquas, pertencentes ao filo Glomeromycota que formam simbioses com a maioria das espécies de plantas terrestres, incluindo várias culturas agrícolas, podendo impulsionar comunidades vegetais a produtividade (CHAIYASEN et al., 2016; OSBORNE et al., 2017).

De acordo com Shasavar, Zarei e Aslmoshtaghi (2016), existem muitas evidências de que os FMAs causam variações nas relações água-planta e na melhora de tolerância a estresses bióticos e abióticos. Além disso, as micorrizas podem ser consideradas uma das mais eficientes estratégias de bioproteção, tanto para a planta quanto para o próprio fungo (CRUZ et al., 2017).

A identificação desses fungos faz-se a partir de técnicas de microscopia clássica e/ou de análises moleculares modernas onde os esporos são extraídos do solo para análises (SALE et al., 2015).

Conforme Khodavandi e Alizadeh (2015) o processo de colonização da planta inicia-se a partir da sinalização entre os parceiros simbióticos, seguida pela adesão e penetração do fungo no interior das células do córtex da raiz e subsequente desenvolvimento de estruturas altamente ramificadas, conhecidas como arbúsculos (que são considerados o local funcional da troca de nutrientes), dentro das células corticais internas. Dessa forma, as células vegetais respondem a essa condição estressante ativando as vias de transdução de sinal e sofrendo alterações no transcriptoma e proteoma, resultando em uma grande reorganização celular.

Para uma exploração eficiente do solo, os FMAs desenvolvem uma rede de hifas que em geral, são eficientes na aquisição e no transporte de fósforo do solo até as raízes, principalmente em condições de baixa disponibilidade, como é no caso da maioria dos solos brasileiros (SILVA EUDES et al., 2016).

Store et al. (2017), afirmam que as hifas do FMA contribuem na minimização do gás  $N_2O$ , gás de efeito estufa. Os mesmos ressaltam que os FMAs são capazes de adquirir tanto  $NH_4^+$  quanto  $NO_3^-$ , embora parece que eles podem preferir o mais energeticamente atraente o  $NH_4^+$ . Contudo, se os fungos competirem efetivamente com outros micro-organismos por essas formas inorgânicas de N, isso poderá reduzir a disponibilidade de substratos de N para os produtores de  $N_2O$ , levando uma redução nas emissões de  $N_2O$ .

O processo de simbiose ocorre mediante a transferência carbono (açúcar e lipídios) da planta hospedeira para o FMA fornecendo crescimento e manutenção, enquanto que o FMA proporciona nutrientes (fósforo e outros) podendo aumentar o crescimento de cerca de 80 % da planta sob condições ambientais regulados pela interação planta-fungo. No entanto, é importante ressaltar que a simbiose depende tanto capacidade de interação da espécie hospedeira quanto da espécie de FMA (BRUSHRA et al., 2016).

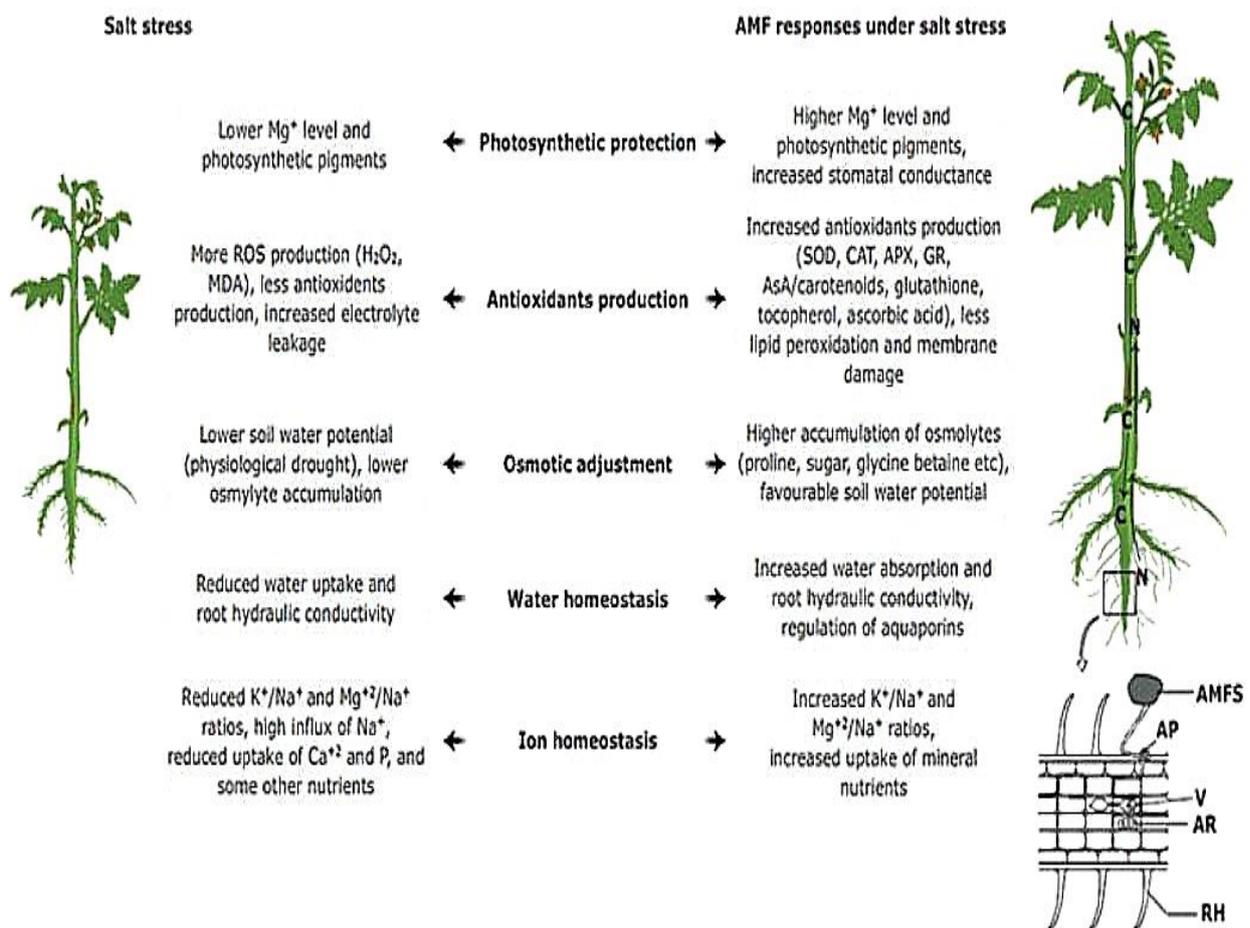
As estruturas responsáveis pelo armazenamento de nutrientes são as vesículas, estruturas de reserva, globosas, que acumulam glicogênio e lipídios. Essas estruturas são formadas durante períodos de baixa temperatura, quando ocorre baixa atividade do fungo e da planta hospedeira. (BACK; ALTAMANN; SOUZA, 2016; TRESEDER et al., 2018).

Conforme Ortiz et al. (2015), há vários relatórios destacam que a atividade microbiana na rizosfera desempenha um papel importante nas respostas antioxidantes induzidas pela seca, uma vez que pode aliviar os efeitos do estresse hídrico, alterando a acumulação de prolina e

antioxidantes nos tecidos vegetais. Além disso, os FMA podem melhorar a estrutura do solo, agregação do solo e a infiltração de água e, portanto, pode contribuir para a prevenção da erosão do solo.

A presença do FMA em culturas melhora no gerenciamento da taxa adequada de fotossíntese para melhor crescimento das plantas; melhora a produção de antioxidantes, que controlam o dano oxidativo; aumenta a acumulação de osmólitos; aumenta absorção de água e sua distribuição para tecidos vegetais com a ajuda de aquaporinas; e aumenta o controle sobre a absorção de íons pelas raízes, compartimentação de íons e seu transporte nos tecidos vegetais para manter a homeostase dos íons, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Resposta de plantas sem a presença de FMA (à esquerda) e com a presença de FMA (à direita) sob estresse salino



Fonte: Saxena, Shukla e Giri (2017).

Por meio do aumento da produção de antioxidantes espécies associadas com FMA podem aliviar a toxicidade de metais pesados nas plantas hospedeiras e tolerar altas concentrações de metais no solo (BERRUTI et al., 2016).

Como alterações morfológicas, há evidências que os FMAs podem aumentar a expressão de uma variedade de características funcionais da planta além da biomassa. Como por exemplo, nos parâmetros de crescimento, como comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, peso fresco e seco, número de nódulos, número de folhas, número de vagem e dentre outros. Isso ocorre devido as diferenças genéticas de nível populacional na capacidade de resposta que provavelmente dar-se por meio das condições expostas no isolamento geográfico (BORDE; DUDHANE; KULKARNI, 2017; OSBORNE et al., 2017).

Ao melhorar a Produtividade Primária Líquida (PPL) das plantas em ecossistemas limitados de nitrogênio ou fosforo, os FMAs podem facilitar a remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera. Assim, usando a fotossíntese da planta, eles podem formar um feedback negativo sobre as mudanças climáticas (TRESEDER et al., 2018).

Com isso, na busca de produção sustentável, estudos mostraram que os FMAs têm aumentado a produção de várias plantas podendo ser uma alternativa sustentável, sem a aplicação de insumos agrícolas (SILVA et al., 2017).

Uma das características dos FMAs envolve a contribuição na estabilidade de sistemas naturais através de diferentes fatores, como por exemplo, a síntese proteica. A proteína em questão é a glomalina, uma glicoproteína constituída na parede das hifas dos FMAs, que se acumula no solo após o processo de decomposição das hifas por micro-organismos edáficos (SILVA, S., 2018).

Especula-se que os fatores bióticos (organismos de solo e vegetação) e abióticos (temperatura, umidade, pH, fertilidade do solo) que influenciam os FMAs também interferem na síntese da glomalina (GOMES JÚNIOR, G. A.; PEREIRA, R. A.; GROSS, E., 2018).

A glomalina é caracterizada por apresentar resistência ao calor, insolubilidade e hidrofobicidade, que por sua vez, garantem sua função cimentante sendo usualmente utilizada em estudos de agregação devido à forte correlação com a estabilidade de agregados. Além disso, essa proteína é separada em duas frações. Fração 1 (facilmente extraível) e fração 2 (extraída com dificuldade). A primeira fração teria referência com a glomalina produzida pelos

fungos, enquanto que a segunda seria o resultado do acúmulo da primeira ao longo do tempo, mais recalcitrante, e sofreria ações de intemperismo (NOBRE et al., 2015).

Essa proteína é responsável por contribuir para a agregação das partículas minerais e orgânicas do solo com propriedades de ligação a microelementos, possivelmente reduzindo os teores de elementos tóxicos disponíveis no solo. Sendo assim, em ambientes degradados pode-se minimizar os elementos nocivos ao vegetal, como por exemplo, metais pesados, proporcionando a complexação dos mesmos e, assim, favorecer o crescimento de plantas e o estabelecimento vegetal, evitando a toxicidade por elementos potencialmente tóxicos (STOFFEL et al., 2016; ROSA et al., 2016).

### **1.3.6 Aspectos Gerais de *Claroideoglossum etunicatum***

O maior número de espécies de FMA registrado pertence ao gênero *Glomus*. O gênero em questão, apresenta maior capacidade de adaptação aos solos submetidos a práticas de adubação, calagem e cultivo. A alta frequência desse gênero pode estar relacionada a sua funcionalidade ecológica, ou a sua capacidade de adaptarem-se e perpetuarem-se em sistemas com baixo ou alto nível de degradação ambiental (DANTAS et al., 2015).

Além disso, conforme Cogo et al. (2016), *C. etunicatum* é uma das espécies que apresenta melhores respostas no cultivo de plantas em casa de vegetação, principalmente no peso de matéria seca da parte aérea e da raiz.

Vários estudos mostraram que as espécies de *Glomus* são típicos de ecossistemas mediterrânicos semiáridos e são capazes de crescer sob alta salinidade (LEONIR; FONTAINE; SAHRAOUI, 2016).

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. S. Atributos químicos em solo salinos-sódico e efeito do ácido sulfúrico no crescimento da *Prosopis juliflora*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1-8, 2018.
- ALVES, R. V.; FERNANDES, M.S.M.; LIMA, S.A.; COSTA, T.S.; FRANÇA, K.B. Qualidade da água consumida pelos moradores do semiárido paraibano após a dessalinização. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 1, p. 222-245, 2015.
- ANDERS, C. R.; MELO, M. R. de S.; DIAS, N. da S.; SOUZA, A. C. M.; PORTELA, J. C.; JÚNIOR FRANCISCO, S. de S. Caracterização das águas de estações de tratamento na mesorregião do oeste potiguar, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 3, p. 1430-1437, 2017.
- ANDRADE, J. A. de; NUNES, M. A. Acesso à água no Semiárido brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço**, v. 3, n. 2, p. 28-39, 2014.
- ARAÚJO, M. M. de; SOUZA, G. de M.; RODRIGUES, L. R. C. C. Técnicas utilizadas na recuperação de solos afetados por sais. **Revista Agroecologia no Semiárido**, v.1, n. 2, p. 1-11, 2017.
- ASKAR, A. R.; NASSAR, M. S.; BADAWY, H. S.; EID, E. Y.; GUADA, J. A.; FARID, M. F. A. Recovered energy and efficiency of digestion in sheep and goats fed *Atriplex nummularia* compared to alfalfa hay. **Livestock science**, v. 194, p. 1-6, 2016.
- BACK, M. M.; ALTMANN T.; SOUZA P. V. D. de. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the vegetative development of citrus rootstocks. **Pesquisa Agropecuária**, v. 46, n. 4, 2016.
- BADACHE, H et al. Phytoextraction of Cd by *Atriplex nummularia* L., a xero-halophyte species. **International Journal of biosciences**, v. 6, n. 8, p. 130-139, 2015.
- BERRUTI, A.; LUMINI E.; BALESTRINI R.; BIANCIOTTO V. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, 2016.
- BORDE, M.; DUDHANE M.; KULKANI M. **Role of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in salinity tolerance and growth response in plants under salt stress conditions**. Springer cham, 2017.
- BRUSHRA, G.; ZHIHUI C.; WU C.; LIU H.; LI H.; REHMAN R. N. U.; AHMAD I.; KHAN A. R. *Glomus etunicatum* root inoculation and foliar application of acetyl salicylic acid induced NaCl tolerance by regulation of NaCl & LeNHXL gene expression and improved photosynthetic performance in tomato seedlings. **Journal of Ginseng Research**, v. 48 n. 3, p. 1209-1217, 2016.
- BUHMANN, A.; PAPENBROOK, J. An economic point of view of secondary compounds in halophytes. **Functional Plant Biology**, n.40, p. 952-967, 2013.
- CAETANO, E.; SILVA NETO, R. Desenvolvimento de protótipo experimental de dessalinizador por osmose reversa para o tratamento em água salobra em áreas rurais. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 3, p. 372-379, 2018.

CARVALHO M. F.; EL-DEIR S. G.; CORRÊA M. M.; CARVALHO G. C. Estudo de caso de três espécies de plantas bioindicadoras de solos salinos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n.3, p 01-08, 2015.

CHAIYASEN, A.; CHAIYA, L.; DOUDS, D. D.; LUMYONG, S. Influence of host plants and soil diluents on arbuscular mycorrhizal fungus propagation for on-farm inoculum production using leaf litter compost and agrowastes. **Biological Agriculture & Horticulture**, 2016.

COELHO, I. A. M.; SERPA, P. R. K; SILVA, J. P. F. da; COELHO, O. A. M.; COELHO JUNIOR, J. M. Caracterização da produção florestal em áreas de assentamentos rurais localizados no sertão pernambucano. **Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, v. 5, n. 1, p. 78-84, 2013.

COGO, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. G.; ROJAS, E. P.; JÚNIOR ORIVALDO, J. S.; SIQUEIRA J. O.; CARNEIRO M. A. C. Arbuscular mycorrhiza in *Coffea arabica* L.: Review and meta-analysis. **Coffe Science**, v. 12, n.3, p. 419-443, 2017.

COSTA, C. S. B.; SPRINGER, O. B. H. Halophytic life Brazilian salt flats: biodiversity, uses and threats. **Tasks For Vegetation Science**, v. 48, p. 11-27, 2016.

CRUZ, R. M. S. da.; MARCHI, B. de A.; SOUZA, B. C. de; SOUZA, J. S. de; BELTRAME, S. R.; ALBERTON O. O crescimento de *Ruta graveolens* L. inoculada com micorriza sob doses de fosforo. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 20, n. 1, p. 23-27, 2017.

DANTAS, B. L.; WEBER, O. B.; NETO, J. P. M.; ROSSETTI, A. G.; PAGANO, M. C. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em pomar orgânico no semiárido cearense. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, 2015.

DIAS, A. S. Crescimento e produção de algodoeiro de fibra colorida cultivado em solo salino-sódico e adubação orgânica. **Irriga**, p. 260-273, 2016.

FERNANDES, A. B. B. O processo de dessalinização da água para consumo. **Atas de Saúde Ambiental**, v. 3, n. 2, 2015.

GOMES JÚNIOR, G. A.; PEREIRA, R. A.; GROSS, E. Dependência micorrízica e produção de glomalina por fungos micorrízicos arbusculares inoculados em gravioleira adubada com composto orgânico da casca de cacau. **Ciência Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 21-25, 2018.

GONZALEZ-MATA R. Growth and leaf chemistry of *Atriplex* species from Northern Mexico as affected by salt stress. **Journal Arid Land Research and Management**, v. 31, 2016.

GRZYBOWSKI, C. R. S.; PANOBIANCO, M. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**. v. 37, p. 491-499, 2016.

HINTSA, K.; BERHE, A.; BALEGEGN, M.; BERHE, K. Effect of replacing concentrate feed with leaves of oldman saltbush (*Atriplex nummularia*) on feed intake, weight gain, and carcass parameters of highland sheep fed on wheat straw in northern Ethiopia. **Tropical Animal Health and Production**, 2018.

KANDIL, A.; ATTIA, A.; FAHMY, A. Studies on the growth and forage production of some atriplex species under different levels of salinity. **Advances in agricultural science**, v. 4, p. 53-63, 2016. KEYMER, A. et al. Lipid transfer from plants to arbuscular mycorrhiza fungi. **Elife** v.6, 2017.

KHODAVANDI, A.; ALIZADEH, F. Gene expression. Profiling of fatty acid biosynthetic pathway during interaction of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) with the mutualistic fungus *Glomus etunicatum*. **Acta Physiology and Plant**, v.37 n. 221, 2015.

LEMES, E. Aplicação de silício no solo: efeito na expressão enzimática de sementes oriundas de plantas de arroz sob estresse salino. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n.1, p. 129-136, 2018.

LENOIR, I.; FONTAINE, J.; SAHRAOUI, A. L. Arbuscular mycorrhizal fungal responses to abiotic stresses: A review. **Phytochemistry**, v. 123, p. 4-15, 2016.

LIRA, R. M. Cultivo de coentro em diferentes níveis de salinidade e umidade do solo. **Revista Gearma**, v. 1, n.3, 2015.

MAIA, F. M. A.; COSTA, A. C.; CASTRO, J. N. de; MEGGUER, C. A.; SOARES, F. A. L. Photosynthesis and water relations of sunflower cultivars under salinity conditions. **African Journal of Agricultural**, v. 11, p. 2817-2824, 2016.

MARQUES, H. G.; SOUZA, F. da C. R.; OLIVEIRA, A. M. de; MARTINS, D. F. F. Fitorremediação da água de rejeito de dessalinizadores utilizados no oeste potiguar por *Pistia statiotes*. **Blucher Chemistry Proceedings**, v. 3, n. 1, 2015.

MASSESSINI, A. M.; BONDUKI, V. H. A.; MELO, C. A. D.; TÓTOLA, M. R.; FERREIRA, F. A.; COSTA, M. D. Soil microorganisms and their role in the interactions between weeds and crops. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 873-884, 2014.

MELO, H. F. de; SOUZA, E. R. de; ALMEIDA, B. G. de; FREIRE, M. B. G dos S.; MAIA, F. E. Growth, biomass production and ions accumulation in *Atriplex nummularia* Lind. Grown under abiotic stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, 2016.

MELO, H. F. de.; SOUZA, E. R. de; DUARTE, H. H. F.; CUNHA, J. C. SANTOS, H. R. B. Trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos em pimentão irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 38-42, 2017.

MORENO, G. M. B.; BORBA, H.; ARAÚJO, G. G. L. de; VOLTOLINI, T. V.; MORAES, S. A. de; SOBRINHO, A. G. da S.; NETO, O. B.; JÚNIOR DORGIVAL, M. de L.; CIRNE, L. G. A.; BUZANSKAS, M. E. Digestibility and performance of lambs fed diets containing old man saltbush hay. **Semina: Ciência Agrária**, v. 38, n. 1, p. 455-466, 2017.

NEVES, A. L. R. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste-CE. Taubaté, **Ambiente & Água**, v. 12, n. 1, p. 124-135, 2017.

NOBRE, C. P.; LÁZARO, M. L.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; PEREIRA, M. G. Agregação, glomalina e carbono orgânico na chapada do Araripe, Ceará, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 138-147, 2015.

OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G. de; REIS F. de O.; FAGUNDES J. L. GAGLIARDI P. R.; OLIVEIRA L. F. M. Respostas ecofisiológicas e bioquímicas de erva-sal submetida a salinidade. **Pesquisa Agropecuária Tropical Research**, v. 46, n.2, p. 116-122 2016.

ORTIZ, N.; ARMADA, E.; DUGUE, E.; ROLDÁN, A.; AZCÓN, R. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi and/or bacteria to enhancing plant drought tolerance under natural soil

conditions: effectiveness of autochthonous of allochthonous strains. **Journal of Plant physiology**, v. 174, p. 87-96, 2015.

OSBORNE, O. G.; DE-KAYNE, R.; BIDARTONDO, M. I.; HUTTON, I.; BAKER, W. J.; TURNBULL, C. G. N.; SAVOLAINEN, V. Arbuscular mycorrhizal fungi promote coexistence and niche. **New Phytologist**, v. 217, n. 3, p. 1254-1266, 2017.

PEDRO, A. A.; STEINER, F.; ZUFFO, A. M.; DOURADINHO, G. Z. Crescimento inicial de cultivares de algodoeiro submetido ao estresse salino. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 4, p. 32-38, 2016.

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

PEQUENO, O. T. B. L.; SILVA, J. L. B. C. da; BRASILEIRO, I. M. do N. Fitoextração de sais através de estresse salino por *Atriplex nummularia* do semiárido Paraibano. **Revista Saúde e Ciência Online**, v. 3, p 37-52, 2014.

RODRIGUES, C. B.; OLIVEIRA, M.R.R.de; LIMA, P.V.P.S.; CASIMIRO FILHO, F. Instrumentos de gestão ambiental em municípios do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira Gestão. Ambiental Sustentável.**, n. 3, v. 5, p. 101-112, 2016.

RODRIGUES, C. T. A.; SILVA, T. G. F. da; CARVALHO, H. F. de S.; MOURA, M. S. B. Definition of production environments for the culture of *Atriplex* in the state of Pernambuco. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, p. 302-311, 2017.

RODRIGUES, L.A.; BARROSO, D. G.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. A. Fungos Micorrízicos arbusculares no crescimento e na nutrição mineral de mudas de *Tectona grandis*. **Ciência Florestal**, v. 28, n.1, p.25-34, 2018.

ROSA, D. J. Parâmetros fisiológicos em videiras 'Paulsen 1103' (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) inoculadas com fungo micorrízicos arbusculares em solo contaminado com cobre. **Ciência Técnica Vitivinícola**, v. 31, n. 1, p. 14-23, 2016.

SÁ, F. V. da S. Influência do gesso e biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e no crescimento inicial do girassol. Botucatu, **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 46-59, 2015.

SALE, V.; AGUILERA, P.; LACZKO, E.; MADER, P.; BERNER, A.; ZIHLMANN, U.; HEIJDEN, M. G. A. V. D.; OEHL F. Impact of conservation tillage and organic farming on the diversity Q8 of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 84, p. 1-15, 2015.

SANTOS, D. P. dos. Crescimento e fitomassa da beterraba sob irrigação suplementar com água de diferentes concentrações salinas. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p. 509-516, 2016.

SAXENA, B.; SHUKLA K.; GIRI B. **Arbuscular mycorrhizal fungi and tolerance of salt stress in plants**. Springer Nature Singapore, 2017.

SHAHSAVAR, A. R.; ZAREI A. R.; ASLMOSHTAGHI E. Analysis of the effects of *Glomus etunicatum* fungi and pseudomonas fluorescence bacteria symbiosis on some e morphological and a physiological characteristics of Mexican lime (*Citrus aurantifolia* L.) under drought stress conditions. **Advances in Horticultural Science**, v. 30, 2016.

SILVA A, L. da. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de alface crespa. **Enciclopédia Biosfera**, (Centro Científico Conhecer), v. 14, n. 26, p.328, 2017.

SILVA, EUDES. P.; GOMES, V. F. F.; FILHO PAULO, F. M.; JÚNIOR JOSÉ, M. T. da S.; ALMEIDA, M. M. de A. Mudanças de sabiá colonizadas com fungo micorrízicos arbusculares nativos e adubadas com fosfato natural e material orgânico. **Revista Científica Rural**, v. 18, n.1, 2016.

SILVA, J. R. I.; JARDIM, A. M. da R. F.; NETO, J. B.; LEITE, M. L. de M. V. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. Guarapuava-PR, **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.11, n.3, p.127-139, sep-dec., 2018.

SILVA RITA, C. B.; SANTANA, G. S.; LEITE, R. L.; NETO, M. R. B.; COELHO, F. J. S.; MONTEIRO, G. de S. Emergência de sementes de girassol (*Helianthus annuus*) sob estresse salino. **Revista Semiárido de Visu**, v. 5, p. 80-87, 2017.

SILVA Y, J. A. B. et al. *Atriplex nummularia* Lindl. as alternative for improving salt-affect soil conditions in semiarid environments: a field experiment. **Chilean Journal of Agricultural Research**. v. 76, n. 3, 2016.

SILVA, S. V. L. da. Comunidade de fungos micorrízico arbusculares e glomalina em ecossistemas de mata seca, Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 117, n. 1, p. 13-21, 2018.

SOUSA R, A. de. Crescimento do sorgo em função da irrigação com água salobra e aplicação de compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1, p. 2315 - 2326, 2018.

SOUZA E. R. de.; FREIRE M. B. G. dos S.; MELO D. V. M.; MONTENEGRO A. A. de. Management of *Atriplex nummularia* Lindl. in a salt affected soil in a semiarid region of Brazil. **International and Journal of Phytoremediation**, v. 16, n. 1, p. 73-85, 2014.

SOUZA L, de P. Cultivo de algodoeiro c. BRS Topázio em solos salino-sódico com adição de matéria orgânica. **Revista Espacios**, v. 38, n. 14, p. 17, 2017.

STOFFEL, S. C. G.; ARMAS, R. D. de; GIACHINI, A. J.; ROSSI, M. J.; GONZALEZ, D.; MEYER, E.; NICOLEITE, C. H.; ROCHA-NICOLEITE, E., SOARES, C. R. F. S. Micorrizas arbusculares no crescimento de leguminosas arbóreas em substrato contendo rejeito de mineração de carvão. **CERNE**, v. 22, n. 2, 2016.

STORER, K.; COGGAN A.; INESON P.; HODGE A. Arbuscular mycorrhizal fungi reduce nitrous oxide emissions from N<sub>2</sub>O hotspots. **New Phytologist**, p. 1-11, 2017.

TAHERI, R.; RAZMJOU A.; SZEKELY G.; HOU J.; GHEZELBASH G. R. Biodesalination – on harnessing the potential of nature’s desalination processes. **Bioinspiration & Biomimetics**, n.4, v.11, p. 1748-3190, 2016.

TRESEDER, K. K.; ALLEN, E. B.; EGERTON-WARBURTON, L. M.; HART, M. Arbuscular mycorrhizal fungi as mediators of ecosystem responses to nitrogen deposition: A trait-based predictive framework. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 2, p. 480-489, 2018.

VENTURA, Y.; SAGI, M. Halophyte crop cultivation: the case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 144-153, 2013.

WALDEN, L. L.; SOCHACKI, S. J.; MONTAGU, K. D.; DUTTNER, K. M.; WOCHESLANDER, R.; CLARKE, M.; RITSON, P.; EMMS, J.; DAVOREN, C. W.; GUPTA, V. V. S. R.; MOWAT, D. SMITH, A. P.; HARPER, R. J. Mitigation of carbon using *Atriplex nummularia* revegetation. **Ecological Engineering**, v. 106, 2017.

ZUCCA, C.; GARCIA S. A.; DEROMA M.; MADRAU S. Organic carbonic and alkalinity increase in topsoil after rangeland restoration through *Atriplex nummularia* plantation. **Land Degradation & Development**. v. 27, n. 3, p. 573-582, 2016.

## **CAPÍTULO II**

## **Análise da *Atriplex* submetida ao *Claroideoglossum etunicatum* e ao rejeito de dessalinizador**

**Camila Freire de Melo<sup>1</sup>, Eline Waked Ferreira Gomes<sup>2</sup>, Arminda Saconi Messias<sup>3\*</sup>**

<sup>1</sup>Mestranda em Desenvolvimento de Processos Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>2</sup> Pesquisadora do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>3</sup> Professora Titular da Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP e Pesquisadora do IPA, Recife, Pernambuco, Brasil.

\*Autor correspondente. Email: arminda.saconi@unicap.br

### **Resumo**

O objetivo deste trabalho foi analisar os minerais extraíveis do solo e absorvidos pela *Atriplex nummularia* Lind. submetida ao *Claroideoglossum etunicatum* e ao rejeito de dessalinizador. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na sede do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco, Brasil. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com os tratamentos constituídos em esquema fatorial, em cinco níveis de salinidade: TA: 2,87 mS/cm; T1: 11,54 mS/cm; T2: 12,04 mS/cm; T3: 13,13 e T4: 14,16 mS/cm, associada com a presença e ausência de FMA, presença e ausência de solução nutritiva e solo autoclavado e não autoclavado. Quinzenalmente foi adicionada 8,0 mL de solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon. Após cinco meses, foi avaliado os teores dos elementos absorvidos pela planta e presentes no solo. Percebeu-se que em solo não autoclavado a *Atriplex* absorveu maiores teor de nutrientes. Além disso o melhor tratamento foi o T4 de CE de 14,16 mS/cm + FMA + solução de Hoagland e Arnon. Portanto, o alto teor de sódio absorvido (22%) pela *Atriplex* evidencia a potencialidade do seu uso em programas de fitoextração em solos afetados por sais.

**Palavras-chave:** Nutrição Mineral, Solos salinos, Plantas tolerantes à salinidade, Erva-sal.

### **1. Introdução**

O excesso de sais e de sódio é um dos principais fatores responsáveis pela degradação dos solos, causando impactos negativos sobre a produção agrícola e sobre a sustentabilidade de ecossistemas, sobretudo de regiões áridas e semiáridas (Araújo, Sousa e Rodrigues, 2017).

Além disso, como mecanismos de fornecimento de nutrientes para a produção de mudas está o uso de microrganismos. A simbiose mutualística entre certos fungos do solo e as raízes de plantas é denominada de micorriza. Dentre os vários tipos de micorrizas, destacam-se as micorrizas

arbusculares que ocorrem na maioria das espécies florestais e destaca-se por trazer benefícios nutricionais, maior resistência a fatores de estresses abióticos e maior tolerância à salinidade (Martins, Melloni e Melloni, 2017; Silva *et al.*, 2017).

O conhecimento dos teores minerais em *Atriplex nummularia* pode fornecer subsídios para um programa de manejo em áreas salinas, cujos objetivos sejam a extração de sais e/ou a utilização desta planta como forrageira. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar os minerais presentes no solo e absorvidos pela *Atriplex nummularia* Lind. submetida ao *Claroideoglossum etunicatum* e ao rejeito de dessalinizador.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na sede do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Recife, Pernambuco, Brasil.

O solo utilizado foi obtido da Estação Experimental do IPA, no município de São Bento do Una, Pernambuco, seco ao ar, destorroado, homogeneizado e peneirado em malha de 2 mm. Em seguida, uma parte do solo foi pesada (8 kg) e usada de forma natural, e a outra parte, após pesada foi esterilizada em autoclave a 120 °C, por 1 hora. Por fim, os solos foram transferidos para 80 vasos de polietileno.

Além disso, uma amostra do solo foi coletada e analisada no Laboratório de Fertilidade do Solo do IPA, conforme os Quadros 1 e 2.

**Quadro 1.** Características química do solo utilizado no experimento, com precisão de 0,1mg.

P mg/dm <sup>3</sup>	pH (H <sub>2</sub> O)	cmolc/dm <sup>3</sup>					
		Ca	Mg	Na	K	Al	H
350	7,8	16	3,9	3,0	0,7	0,0	-

**Quadro 2.** Característica física do solo utilizado no experimento, com precisão de 0,1g

Dap	Dr	Areia grossa	Areia	Silte	Argila	Textura
(g/cm <sup>3</sup> )		4	21	56	19	Francosiltosa
1,3	2,6					

O rejeito utilizado foi proveniente do dessalinizador implantado no Município de Riacho das Almas, Pernambuco com as seguintes características: Condutividade elétrica= 11,54 mS/cm a 25 °C, Ca<sup>+2</sup>= 403 mg/L, Mg<sup>+2</sup>= 393,09 mg/L, Na<sup>+</sup>= 200 mg/L e K<sup>+</sup>= 40 mg/L, RAS= 23,67, pH= 7,9, Classificação para irrigação= C4S4 (Água de salinidade muito alta e alta concentração de sódio; sob essas condições não é apropriada para irrigação).

A água (testemunha) utilizada no experimento contém as seguintes características: Condutividade elétrica= 2,87 mS/cm a 25 °C, Ca<sup>+2</sup>= 10,21 mg/L, Mg<sup>+2</sup>= 9,05 mg/L, Na<sup>+</sup>= 10,4 mg/L e K<sup>+</sup>= 11,6 mg/L, RAS= 0,57, pH= 6,4, Classificação para irrigação= C2S1 (Água de salinidade média, para irrigação sempre que houver um grau moderado de irrigação).

Foram utilizadas mudas de *Atriplex nummularia* com 120 dias de idade, multiplicadas através da de propagação vegetativa por estaquia por 30 dias. Após o enraizamento, foram selecionadas as melhores mudas para serem transplantadas para o vaso.

O fungo micorrízico arbuscular, *Claroideoglossum etunicatum*, foi obtido do Banco de Inóculos de FMA do Laboratório de Microbiologia do Solo do IPA, onde são mantidos sob refrigeração a  $\pm$  4 °C. Durante o transplante, cada tratamento recebeu 50 g de solo-inóculo com 50 esporos.

A solução nutritiva utilizada foi a de Hoagland & Arnon (1950) completa, na qual aplicou-se 8 mL por vaso, cada 15 dias, durante 5 meses.

O delineamento experimental utilizado no experimento foi o de blocos casualizados constituído de esquema fatorial de 5 níveis de irrigação ((TA: água – CE= 2,87 mS/cm; T1: rejeito – CE= 11,54 mS/cm; T2: rejeito mais 7g NaCl – CE= 12,04 mS/cm; T3: rejeito mais 14g NaCl – CE=13,13 e T4: rejeito mais 21g NaCl – CE= 14,16 mS/cm), associados a 2 níveis do FMA (presença e ausência), 2 níveis de solução nutritiva (presença e ausência), e 2 níveis de solo (autoclavado e não autoclavado). Tem-se, então, um fatorial 5x2x2x2, com 2 repetições, totalizando-se 80 unidades experimentais.

Após 5 meses, foi monitorado o crescimento da *A. nummularia* através da mensuração da altura, em seguida, foram coletadas a parte aérea e a raiz da *Atriplex nummularia*, separando-as na altura do colo da planta e lavadas com água destilada. Feito isso, todo o material foi acondicionado em sacos de papel e seco em estufa de circulação de ar, a 60 °C, por 72 horas.

Logo após, o material foi moído, em moinho tipo Wiley, provido de peneira com abertura de 42 mm para, por meio de digestão nitroperclórica (EMBRAPA, 1999), determinarem-se os teores dos elementos absorvidos (P, K, Ca, Mg, Na) e o nitrogênio total pelo método microkjeldhal (EMBRAPA, 1999).

Uma amostra de solo, também, foi coletada para análise química completa (EMBRAPA, 1997) e determinações do fósforo com solução de Melich-1 e leitura no espectrofotômetro de absorção atômica.

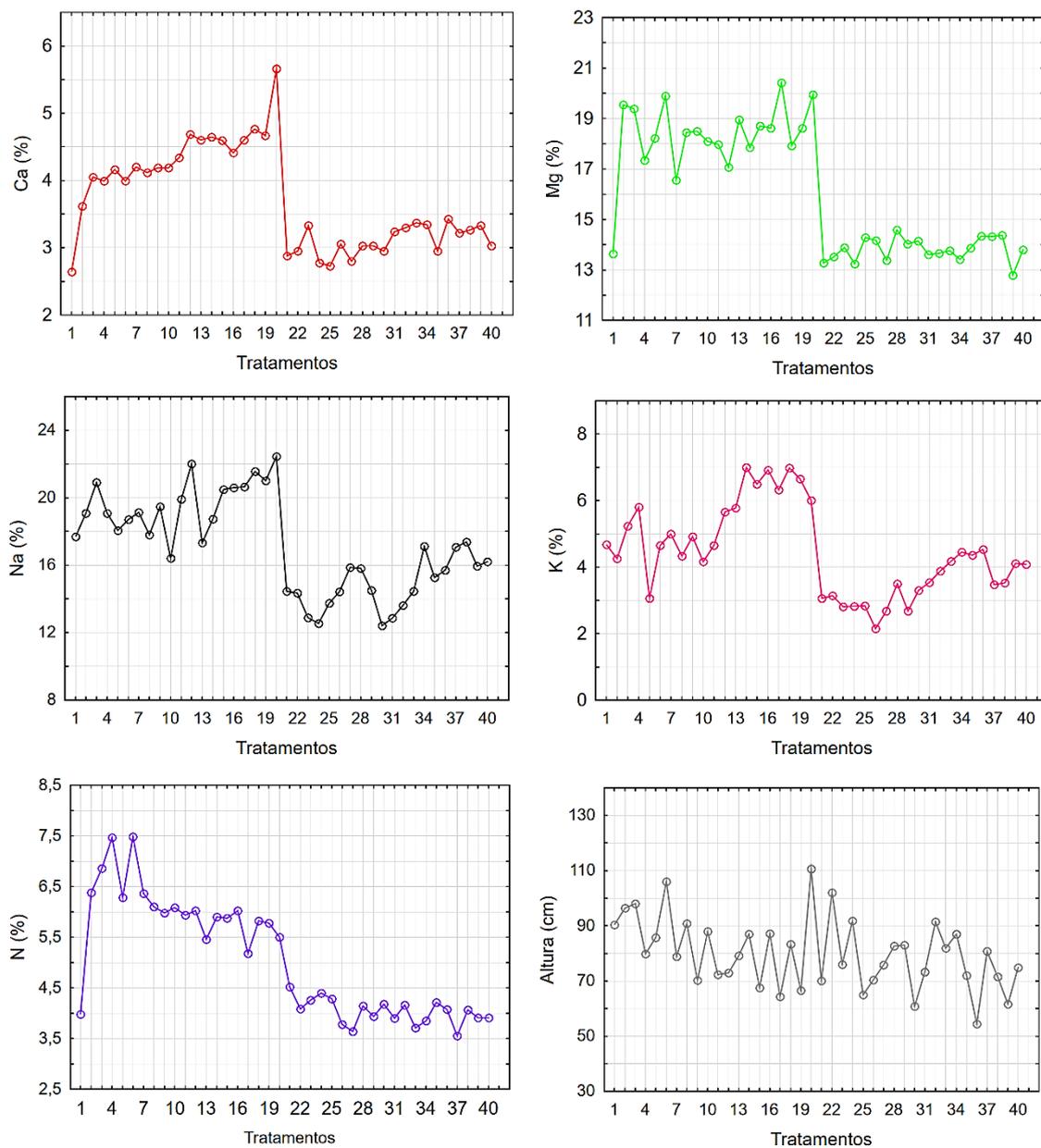
Os dados obtidos foram analisados estatisticamente comparando-se as médias entre os tratamentos através da análise de variância ANOVA e o teste de Tukey a 5% de probabilidade empregando-se o software STATISCTICA versão 10.

### 3. Resultados

Os resultados obtidos nas determinações laboratoriais em relação aos nutrientes absorvidos N, Ca, Na, Mg e K estão apresentados na Figura 1.

Na Figura 1 pode-se observar para o elemento cálcio, a melhor absorção foi para o tratamento T4 (rejeito + 21g NaCl) + FMA + solução nutritiva com 5,6%. Em relação aos demais tratamentos, o tratamento com fungo mais solução nutritiva se destacou na absorção desse elemento, sendo eles T2 (rejeito + 7g NaCl) = 4,4% e T3 (rejeito + 14g NaCl) = 4,7%.

Para o nitrogênio observou-se que o melhor tratamento foi o T1 (rejeito) com solução nutritiva, correspondendo a 7%. Dentre as demais variáveis observou-se que o tratamento com solução nutritiva se destacou na absorção desse elemento apresentando além do T1, T2 = 6,1% o T4 = 5,8% (Figura 1).



**Legenda:** Tratamentos (TA=1; TA+FMA=2; TA+SHA=3; TA+FMA+SHA=4; T1=5; T1+FMA=6; T1+SHA=7; T1+FMA=8; T2=9; T2+FMA=10; T2+SHA=11; T2+FMA=12; T3=13; TA+FMA=14; T3+SHA=15; T3+FMA=16; T4=17; T4+FMA=18; T4+SHA=19; T4+FMA=20; \*TA= 21; \*TA+FMA=22; \*TA+SHA=23; \*TA+FMA+SHA= 24 \*T1=25; \*T1+FMA=26; \*T1+SHA=27; \*T1+FMA=28; \*T2=29; \*T2+FMA=30; \*T2+SHA=31; \*T2+FMA=32; \*T3=33; \*TA+FMA=34; \*T3+SHA=35; \*T3+FMA=36; \*T4=37; \*T4+FMA=38; \*T4+SHA=39; \*T4+FMA=40).

TA= água; T1= rejeito; T2= rejeito + 7gNaCl; T3= rejeito + 14g NaCl; T4= rejeito + 14gNaCl.

FMA= Fungo Micorrízico Arbuscular.

SHA= Solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950).

**Figura 1.** Elementos absorvidos pela *Atriplex nummularia* em função dos tratamentos e da altura.

Observando-se o Quadro 3, o tratamento T4 (rejeito mais 21g NaCl) + solução nutritiva + FMA foi o mais significativo em relação à quantidade de sódio absorvido, com 22%. Além disso, dentre todos os tratamentos, a associação FMA + solução nutritiva foi a mais expressiva para quantidade absorvida de sódio, com TA (água) = 19,08%, T2 (rejeito mais 7g NaCl) = 22%, T3 (rejeito mais 14g NaCl) = 21% e T4 = 22%; apenas o T1 (rejeito) foi mais significativo para o tratamento com solução nutritiva (19%).

O melhor tratamento para absorção de potássio (Quadro 3) consistiu no tratamento T3 + FMA com 7,0%.

Para o magnésio (Quadro 3) foi observado que a melhor absorção correspondeu ao tratamento T4 com 17%. Dentre os demais fatores, a melhor absorção para esse elemento consistiu nos tratamentos na ausência de fungo e solução nutritiva: T2 = 18%, T3 = 19% e T4 = 20%.

Em relação à altura da parte aérea da planta, observou-se que o T4 + FMA + solução de Hoagland e Arnon foi o que indicou maior crescimento com 110 cm.

Na Figura 2, os resultados analíticos obtidos para o solo não autoclavado, o teor de nutrientes aumenta à medida que se aumenta a condutividade elétrica dos tratamentos. Nesse solo, observou-se que os atributos químicos apresentaram maiores teores para o fósforo com 377 mg/dm<sup>3</sup>, seguido do sódio com 54,20 cmol.kg<sup>-1</sup>, do cálcio com 50,97 cmol.kg<sup>-1</sup>, do magnésio 18,84 cmol.kg<sup>-1</sup> e, por fim, do potássio com 0,75 cmol.kg<sup>-1</sup>. Todos esses resultados foram para o tratamento T4 (rejeito + 21g NaCl) com presença de solução nutritiva e FMA, exceto para o potássio cujo maior teor foi no tratamento T2 (rejeito + 7gNaCl) com solução nutritiva e FMA.

Os elementos contidos no solo que foram determinadas antes da execução do experimento com (Ca= 16 cmolc/dm<sup>3</sup>; Mg= 3,9 cmolc/dm<sup>3</sup>; Na= 3,0 cmolc/dm<sup>3</sup> e K= 0,7 cmolc/dm<sup>3</sup>) ao serem comparadas com a coleta de solo final, apresentou-se com os seus teores em crescente, exceto para o potássio com valores chegando a 0,5 cmolc/dm<sup>3</sup>.

**Quadro 3.** Resultado do teste de Tukey a 5% em relação aos elementos absorvidos pela *Atriplex* em solo não autoclavado.

<b>Nutrientes absorvidos</b>	
<b>Tratamentos</b>	<b>Potássio (%)</b>
T3 + FMA	7,00 a
T4 + FMA	6,98 ab
T3 + FMA + SHA	6,92 ab
T4 + SHA	6,66 abc
T3	6,50 abcd
T4	6,32 abcdf
T4 + FMA + SNA	6,00 abcdfc
<b>Tratamentos</b>	<b>Magnésio (%)</b>
T4	20,4 a
T4 + FMA + SHA	19,9 ab
T1 + FMA	19,8 ab
TA + FMA	19,5 abc
TA + SHA	19,3 abcd
<b>Tratamentos</b>	<b>Sódio (%)</b>
T4 + FMA + SHA	22,4 a
T2 + FMA + SHA	22,0 ab
T4 + FMA	21,6 abc
T4 + SHA	21,0 abcd
T3 + FMA + SHA	20,9 abcd
<b>Tratamentos</b>	<b>Altura (cm)</b>
T4 + FMA + SHA	110 a
T1 + FMA	106 ab
TA + FMA*	102 abc
TA + SHA	98 abcd

**Legenda:**

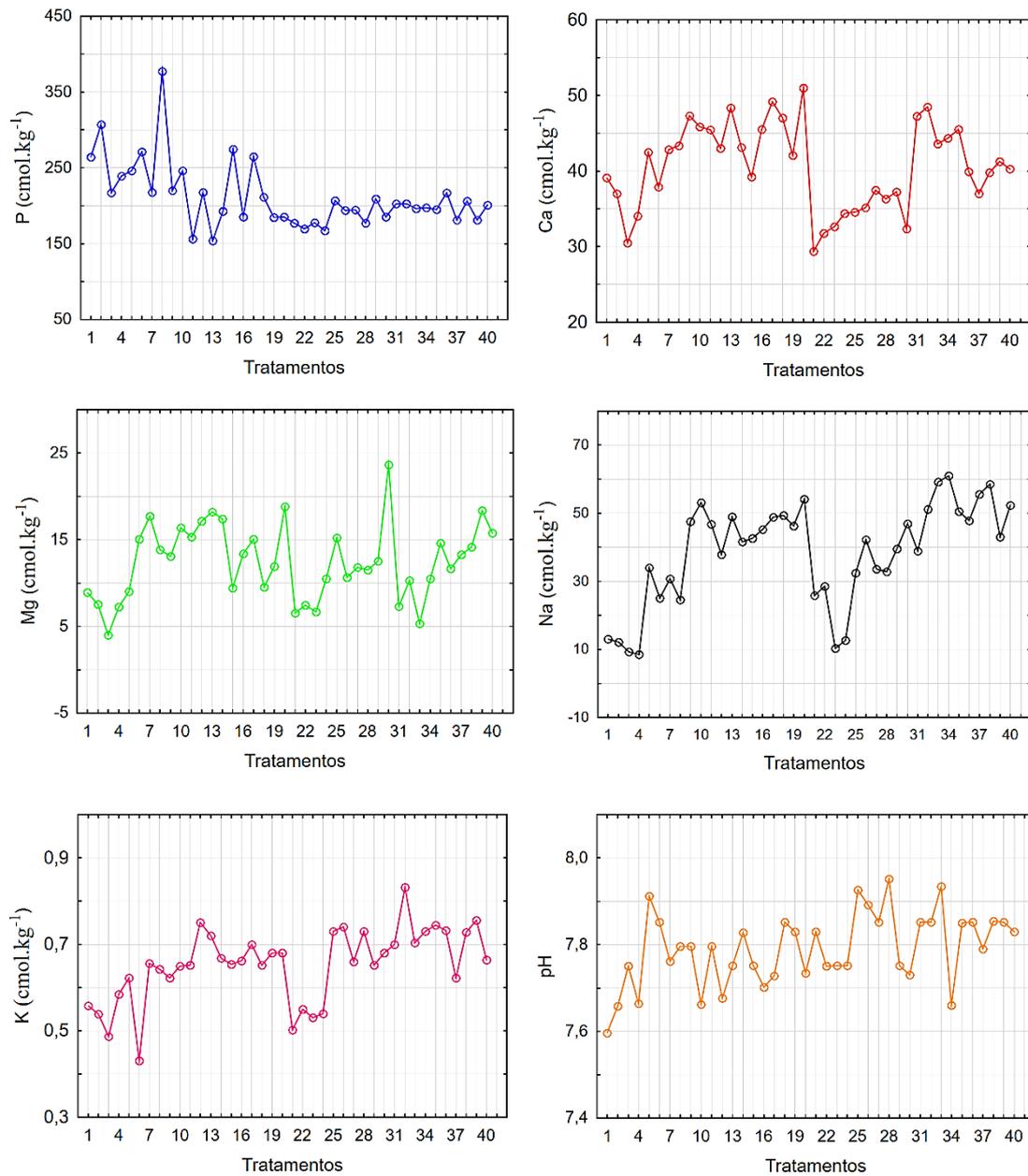
(\*) Solo autoclavado; TA= água; T1= rejeito; T2= rejeito + 7g NaCl; T3= rejeito + 14g NaCl; T4= rejeito + 20g NaCl

Letras diferentes indicam diferença significativa a nível de 5% de probabilidade.

TA= água; T1= rejeito; T2= rejeito + 7g NaCl; T3= rejeito + 14g NaCl; T4= rejeito + 21g NaCl.

FMA= Fungo Micorrízico Arbuscular.

SHA= Solução de Hoagland e Arnon (1950).



**Legenda:** Tratamentos (TA=1; TA+FMA=2; TA+SHA=3; TA+FMA+SHA=4; T1=5; T1+FMA=6; T1+SHA=7; T1+FMA=8; T2=9; T2+FMA=10; T2+SHA=11; T2+FMA=12; T3=13; TA+FMA=14; T3+SHA=15; T3+FMA=16; T4=17; T4+FMA=18; T4+SHA=19; T4+FMA=20; \*TA= 21; \*TA+FMA=22; \*TA+SHA=23; \*TA+FMA+SHA= 24 \*T1=25; \*T1+FMA=26; \*T1+SHA=27; \*T1+FMA=28; \*T2=29; \*T2+FMA=30; \*T2+SHA=31; \*T2+FMA=32; \*T3=33; \*TA+FMA=34; \*T3+SHA=35; \*T3+FMA=36; \*T4=37; \*T4+FMA=38; \*T4+SHA=39; \*T4+FMA=40).

TA= água; T1= rejeito; T2= rejeito + 7gNaCl; T3= rejeito + 14g NaCl; T4= rejeito + 14gNaCl

FMA= Fungo Micorrízico Arbuscular

SHA= Solução Nutritiva de Hoagland e Amon

**Figura 2.** Nutrientes P, Ca, Mg, Na e K e o pH do solo não autoclavado e autoclavado.

#### 4. Discussão

Os teores dos elementos absorvidos pela *Atriplex* com inoculação micorrízica, conforme Brito et al. (2017), em pesquisa com pupunheira com fungo micorrízico seguiram a ordem decrescente  $P > K > Mg > Ca$ .

Berude et al. (2015) indicam que a associação mutualística entre fungo micorrízico arbuscular pode fornecer à planta hospedeira maior resistência aos efeitos do estresse salino como ao déficit hídrico. Sendo assim, como a *Atriplex nummularia* é uma planta tolerante à salinidade, a associação de FMA pode contribuir para a resistência aos efeitos deletérios da salinidade. Mostraram nos seus resultados a presença de sódio em maior quantidade na parte aérea do que em relação à raiz, de todos os tratamentos utilizados, o que reforça a hiperacumulação de sódio na parte aérea da *Atriplex nummularia*.

Melo et al. (2016) demonstraram em experimento sobre o crescimento de *Atriplex nummularia* submetida a concentrações de CE de 0 a 40  $dSm^{-1}$ , que a CE: 0 (testemunha) apresentou o melhor crescimento da planta.

Houve uma pequena diminuição do pH do solo da maioria dos tratamentos o que pode ser atribuído à capacidade que a *Atriplex nummularia* tem de absorver o sódio. Cunha, et al. (2017) observaram reduções nos valores de pH com cultivar de *Atriplex nummularia* com CE: 63,45  $\mu S cm^{-1}$ .

#### 5. Conclusão

As altas absorções de Na e Mg pela *Atriplex nummularia* evidenciam a potencialidade do uso dessa planta em programas de fitoextração em solos afetados por sais.

A *Atriplex nummularia* não foi influenciada negativamente pela irrigação com os tratamentos com rejeito e NaCl. Além disso, a *Atriplex* comportou-se como planta hiperacumuladora de sódio, absorvendo grandes quantidades do elemento com 22%.

Os tratamentos com *Claroideoglossum etunicatum* mais solução nutritiva e apenas com o FMA foram os mais significativos para altura de planta.

Em solo não autoclavado, a *Atriplex nummularia* absorveu maior quantidade de nutrientes em relação ao solo autoclavado.

O melhor tratamento consistiu no T4 (rejeito + 21g NaCl) + FMA (*Claroideoglossum etunicatum*) + SHA (solução nutritiva de Hoagland e Arnon).

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, à Fundação para o Apoio da Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo auxílio pesquisa, ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) pelo espaço físico, ao Consórcio Universitas pelo auxílio pesquisa e ao Laboratório de Química Analítica da Universidade Católica de Pernambuco, pelo apoio nos experimentos.

## Referências

- Araújo, M. M. de, Sousa G. de M., Rodrigues, L. R. C. C. 2017. Técnicas utilizadas na recuperação de solos afetados por sais. *Agroecologia no semiárido*, 1(2).
- Azevedo, L. C. de. 2018. Salinidade do solo em ambiente protegido. *Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias*, 13 (1), p 52-69.
- Brito, V. N. et al. 2017. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na presença de mudas de paricá. *Ciência florestal*, 27(2): 485-497.
- Brude, M. C. et al. 2015. Micorriza e sua importância agroecológica. *Enciclopédia biosfera*, 11(22): 133-146.
- Cunha J. C., Freire M. B. G. dos S., Silva, J. D. G. S. Phytoextraction potential of *Atriplex nummularia* Plants under Nitrogen and Phosphate fertilization.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I. 1950. The waterculture method for growing plants without soil - CA: Agric. Exp. Stn., Univ. of California. Berkeley.
- Martins, R. M. S., Melloni R., Melloni, E. G. 2017. Crescimento micelial de fungos micorrízicos arbusculares e formação de micorriza em solo contaminado por cádmio. *Revista Scientia Agraria*.
- Melo, H. F. de. 2016. Crescimento, produção de biomassa e acúmulo de íons em *Atriplex nummularia* Lindl. Cultivada sob estresse abiótico. *Rev. Bras. Eng. Agrícola atmosfera* 2 (2).
- Rodrigues, C. T. A. et al. 2017. Definições de ambientes de produção para a cultura da *Atriplex* no estado de Pernambuco. *Journal of Environmental Analysis and Progress* 2(3): 302-311.
- Silva, E. P. da. et al. 2017. Micorrizas arbusculares e fosfato no desenvolvimento de mudas de cedro-australiano. *Ciência Florestal*, 27 (4): 1269-1281.
- Tang, X. L. et al. 2015. Mecanismos globais de resposta de plantas ao estresse salino: níveis fisiológicos e moleculares e implicações na biotecnologia. *Crit. Rev. Biotechnol.* 35: 425–437.

# CAPÍTULO III

## Colonização micorrízica em *Atriplex nummularia* Lind. submetida ao rejeito de dessalinizador

Camila Freire de Melo<sup>1</sup>, Eline Waked Ferreira Gomes<sup>2</sup>, Arminda Saconi Messias<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP e IPA, Recife, Pernambuco, Brasil. Email:

arminda.saconi@unicap.br. \*Autor correspondente

### RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de avaliar a colonização micorrízica do FMA *Claroideoglossum etunicatum* em *Atriplex nummularia* Lind. submetida ao rejeito de dessalinizador. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na sede do Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco, Brasil. O delineamento experimental foi blocos casualizados com os tratamentos constituídos em esquema fatorial de cinco níveis de salinidade em TA= 2,86 mS/cm; T1= 11,54 mS/cm; T2= 12,04 mS/cm; T3= 13,13 mS/cm e T4= 14,16 mS/cm, associada com a presença e ausência de fungo, presença e ausência de solução nutritiva e solo autoclavado e não autoclavado. Quinzenalmente foi adicionada 8,0 mL de solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon. Após 5 meses, foram coletadas as raízes dos tratamentos e avaliada a colonização radicular. Percebeu-se que em todos os tratamentos a associação entre o *Claroideoglossum etunicatum* e a *Atriplex nummularia* foram benéficas. A correlação foi positiva para o tratamento T4 (Rejeito + 14gNaCl) + FMA. Sendo assim, percebe-se que a salinidade não teve efeito negativo na associação bem como no crescimento do vegetal.

**Palavras-chave:** Mutualismo. Crescimento vegetal. Plantas Halófitas. FMA. Rejeito salino.

### Introdução

A salinidade é um estresse abiótico limitante do crescimento e produtividade das plantas em todo o mundo, o que pode induzir modificações fisiológicas e comprometer o crescimento e desenvolvimento da planta Dias *et al.* (2015).

Em meio disso, algumas espécies da família Chenopodiaceae são bastante tolerantes à alta salinidade e muitas delas são de grande importância econômica e ambiental. A *Atriplex nummularia* é uma das espécies tolerantes a salinidade, que vem sendo bastante utilizada como planta modelo em condições bio-salinas em razão da sua natureza halófito e também por extrair os sais do solo e acumular na parte aérea Yianan *et al.* (2017), Melo *et al.* 2016.

Micorriza é uma associação mutualista entre determinados fungos do solo e raízes de plantas, sua classificação divide-se em três grupos conforme seu aspecto morfológico e anatômico da colonização radicular, sendo eles: ectomicorriza, endomicorriza e ectoendomicorriza. Os FMA são endomicorrízicos devido a penetração do micélio interno no córtex da raiz que ocorre inter e intracelularmente. Uma das principais características dessa associação é aumentar a área da superfície da raiz e permitir maior capacidade de absorção de água e nutrientes do solo, proporcionando maior taxa de crescimento e sobrevivência Berude *et al.* (2015), Camara *et al.* (2016), Brito *et al.* (2017).

Sendo assim, o objetivo do trabalho é analisar a colonização micorrízica do *Claroideoglossum etunicatum* em *Atriplex nummularia* Lind. submetida à irrigação com o rejeito de dessalinizador.

## **Materiais e Métodos**

O experimento foi conduzido no período de novembro/2018 a março/2019 em casa vegetação na sede do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco, Brasil.

O solo foi obtido da Estação Experimental do IPA de São Bento do Una, seco ao ar, destorroado, homogeneizado e peneirado em malhas de 2 mm. Parte do solo foi esterilizado em autoclave a 120 C por 1 horas. Em seguida, o solo estéril e o natural foram transferidos para os 80 vasos de polietileno.

No Laboratório de Fertilidade do Solo do IPA realizou-se análise química, determinando-se P=350 mg/dm<sup>3</sup>, pH(H<sub>2</sub>O)= 7,8, Ca= 16 cmolc/dm<sup>3</sup>, Mg=3,9 cmolc/dm<sup>3</sup>, Na= 3 cmolc/dm<sup>3</sup>, K= 0,7 cmolc/dm<sup>3</sup> e Al= 0 cmolc/dm<sup>3</sup>. As características físicas do solo foram Dap= 1,29 g/cm<sup>3</sup>, Dr= 2,62 g/cm<sup>3</sup>, Areia grossa= 7%, Areia= 21%, Silte= 56%, Floculação= 100%, Argila= 19%, Textura= Fracosiltoso, Umidade residual= 1,7%.

O rejeito para irrigação foi obtido do dessalinizador situado no município de Riacho das Almas, Pernambuco, Brasil. A análise físico-química foi realizada no Laboratório de Análise de Planta, Ração e Água – LAPRA do IPA com as seguintes características: condutividade elétrica= 11,541 µS/cm a 25 °C, Ca<sup>+2</sup>= 403 mg/L, Mg<sup>+2</sup>= 393,09 mg/L, Na<sup>+</sup>= 200 mg/L e K<sup>+</sup>= 40 mg/L, RAS=

23,67, pH= 7,9, classificação para irrigação= C4S4 (água de salinidade muito alta e alta concentração de sódio).

As mudas obtidas com 120 dias de idade, foram multiplicadas pela técnica de estaquia, em seguida, plantadas em substrato comercial e após 30 dias escolhido as melhores mudas e, em seguida, transplantadas nos vasos.

O FMA utilizado foi adquirido do Banco de Inóculos de FMA do Laboratório de Microbiologia do Solo do IPA. Durante o transplante nos vasos inoculou solo inóculo contendo 50 g de *Claroideoglomus etunicatum*.

Em todos os tratamentos, aplicou-se 8mL de solução de Hoagland e Arnon (1950), quinzenalmente. Além disso, a temperatura e umidade da casa de vegetação foi monitorada diariamente.

O delineamento experimental foi de blocos casualizado constituído de esquema fatorial de 5 níveis de TA: água – CE= 2,86 mS/cm; T1: rejeito – CE= 11,54 mS/cm; T2: rejeito mais 7g NaCl – CE= 12,4 mS/cm; T3: rejeito mais 14g NaCl – CE=13,13 e T4: rejeito mais 21g NaCl – CE= 14,16 mS/cm, associados a 2 níveis do fungo (presença e ausência), 2 níveis da solução nutritiva (presença e ausência), e 2 níveis do solo (autoclavado e não autoclavado). Tem-se, então, um fatorial 5x2x2x2, com 2 repetição, totalizando 80 unidades experimentais.

Após 5 meses, realizou-se a mensuração da altura. Em seguida, as raízes foram coletadas, lavadas e encaminhada para o Laboratório de Microbiologia do solo para realizar a coloração radicular.

A coloração radicular foi realizada através da metodologia descrita por Philips e Hayman (1970) modificada, onde cinco gramas de raízes secundárias foram retirados das plantas, lavadas e colocadas em solução de KOH a 10 % e aquecidas em banho-maria a 90 °C, por 10 minutos. Em seguida, as raízes foram lavadas em água corrente para tirar o excesso de KOH, colocadas em solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 10 %, por 2 minutos, lavadas em água corrente, colocadas em solução de HCl a 1 %, durante 5 minutos. Em seguida, descartou-se o HCl e adicionou-se solução de azul de trypan a 0,05 %, aqueceu-se a 90 °C, por 10 minutos, retirou-se o excesso de corante e colocou-se as raízes em lactoglicerol.

A avaliação da colonização micorrízica foi através da técnica de Giovannetti e Mosse (1980), pela observação das estruturas fúngicas (hifas, arbúsculos, vesículas e glomerosporos) no interior das raízes, na região do córtex. Segmentos de raízes de, aproximadamente, 1 cm de amostra corada foram selecionados ao acaso e montados paralelamente em lâminas, em grupos de 10 (10 lâminas com 10 segmentos de raízes cada). Cem segmentos de raízes são suficientes para avaliação pelo método. Os segmentos de raízes foram fixados com lactoglicerol, cobrindo toda a superfície da lâmina, que, em seguida, foram cobertas com lamínula, sem formar bolhas de ar.

O método consiste na avaliação da presença ou ausência de colonização em cada segmento e o resultado expresso em porcentagem de raízes colonizadas.

Para análise estatística comparou-se as médias entre os tratamentos através da análise de variância ANOVA e o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Além disso, realizou-se análise de correlação simples de Pearson ( $r$ ) entre as variáveis da altura da planta e percentual de colonização micorrízica. Essas análises foram realizadas com auxílio do software STATISCTICA versão 10.

## **Resultados e Discussão**

Durante a condução do experimento, a média da temperatura e umidade atmosférica da casa de vegetação foi de 32 °C e 61 %, respectivamente.

Todos os tratamentos apresentaram diferença significativa entre as médias ao nível de significância de  $p < 0,001$ . A diferença entre as médias dos tratamentos para a colonização micorrízica das raízes da *Atriplex* e altura, estão apresentados na Tabela 1.

O melhor resultado obtido referente à colonização do *Claroideoglobus etunicatum* em *Atriplex* foi de tratamento T3 (rejeito mais 14g NaCl – CE=13,13 mS/cm) na presença do FMA em solo autoclavado com 9,6%.

A colonização radicular observada foi do tipo *Paris*, caracterizada pelo crescimento intracelular de hifas, de maneira linear e longitudinal ao longo do espaço cortical. As estruturas fúngicas encontradas em todos os tratamentos encontram-se na Figura 1. Além disso, não foram observados arbúsculos e também houve a presença de várias hifas septadas em solo não autoclavado de

tratamentos T3 e T4 (rejeito mais 14g NaCl – CE= 14,16 mS/cm), o que não caracteriza com as hifas do fungo.

**Tabela 1.** Percentual de colonização micorrízica e altura em *Atriplex nummularia* Lind. cultivada em diferentes condições.

Tratamentos	Colonização (%)	Altura (cm)
TA= Água + FMA	8,7 ± 0,3 abcd	72 ± 5,0 bcd
TA= Água + FMA + SHA	8,2 ± 0,2 cd	80 ± 1,0 acdb
T1= Rejeito + FMA	8,4 ± 0,2 bcd	106 ± 22 ab
T1= Rejeito + FMA + SHA	9,0 ± 0,1 abcd	73 ± 3,0 bcd
T2= Rejeito + 7g NaCl + FMA	7,3 ± 0,4 f	88 ± 2,0 abc
T2= Rejeito + 7g NaCl + FMA + SHA	8,1 ± 0,1 de	73 ± 5,0 bcd
T3= TRejeito + 14g NaCl + FMA	9,4 ± 0,1 ab	87 ± 1,0 abc
T3= Rejeito + 14g NaCl + FMA + SHA	9,3 ± 0,1 abc	70 ± 6,0 cd
T4= Rejeito + 21g NaCl + FMA	9,3 ± 0,2 abc	83 ± 2,0 abcd
T4= Rejeito + 21g NaCl + FMA + SHA	9,5 ± 0,1 ab	110 ± 2,0 a
*TA= Água + FMA	8,2 ± 0,1 de	102 ± 1,0 ab
*TA= Água + FMA + SHA	9,4 ± 0,1 abc	92 ± 1,0 abc
*T1= Rejeito + FMA	8,5 ± 0,1 abcd	70 ± 4,0 bcd
*T1= Rejeito + FMA + SHA	9,1 ± 0,2 abcd	82 ± 1,0 abcd
*T2= Rejeito + 7g NaCl + FMA	9,1 ± 0,2 abc	75 ± 3,3 abcd
*T2= Rejeito + 7g NaCl + FMA + SHA	8,8 ± 0,2 abcd	91 ± 3,0 abc
*T3= Rejeito + 14g NaCl + FMA	9,6 ± 0,2 a	87 ± 3,0 abc
*T3= Rejeito + 14g NaCl + FMA + SHA	8,1 ± 0,4 de	54 ± 6,0 d
*T4= Rejeito + 21g NaCl + FMA	9,3 ± 0,2 abc	72 ± 6,0 bcd
*T4= Rejeito + 21g NaCl + FMA + SHA	8,1 ± 0,2 de	75 ± 1,0 abcd

**Legenda:**

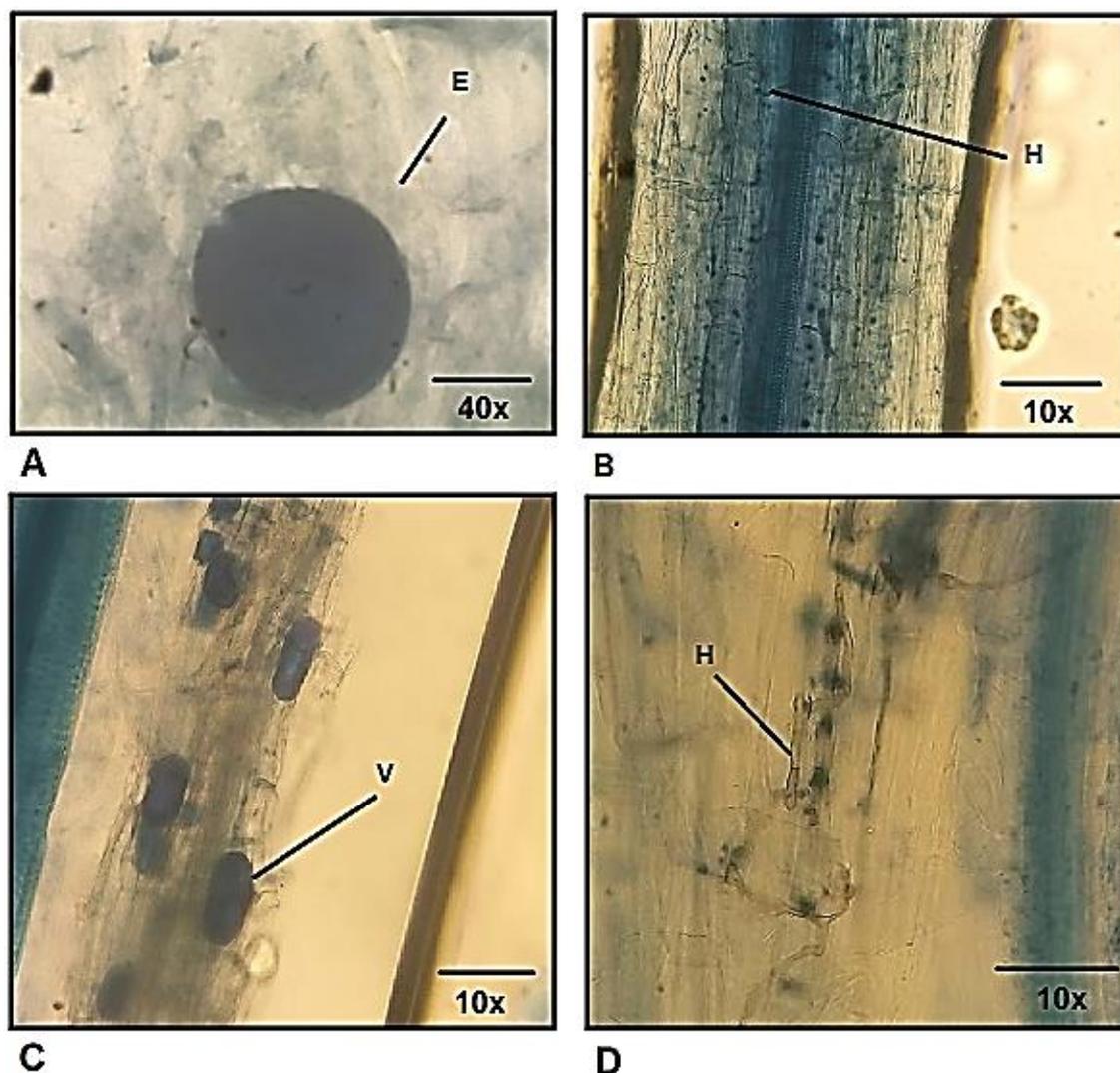
FMA= Fungo Micorrízico Arbuscular; SHA= Solução de Hoagland e Arnon.

Letras diferentes indicam diferença significativa a nível de 5% de probabilidade.

Valores representam média ± erro padrão.

\* Solo autoclavado.

Foi observado por Cofré *et al.* (2012) o percentual de colonização micorrízica em *Atriplex cordobensis* inoculada com *Funneliformis geosporum* em solos salinos com 90% de colonização micorrízica. Já no trabalho de Plenchette e Duponnois (2005), a colonização de raízes de *A. nummularia* por *G. intraradices* foi bem desenvolvida (77%) e também neste trabalho, apenas hifas e vesículas internas foram observadas, os arbúsculos não foram encontrados.



**Figura 1.** Estruturas do *Claroideoglomus etunicatum* observado nas raízes de *Atriplex nummularia* em solo não autoclavado

**Legenda:**

(A) esporo, (B) Hifas intracelulares, (C) Vesículas, (D) Hifas septadas de outro fungo.

No tratamento com solo autoclavado e não autoclavado, observou-se que, na presença do FMA e na combinação FMA x SHA (Solução nutritiva de Hoagland e Arno), a colonização micorrízica aumenta de acordo com a condutividade elétrica, com exceção do tratamento FMA x SHA de solo autoclavado. Sendo assim, de acordo com a tabela 1, na presença do fungo, em solo autoclavado segue a seguinte ordem: TA (8,2%)>T1(8,5%)>T2(9,1%)>T3(9,3%), exceto para o T4 (8,1%) e em solo não autoclavado com: TA>(8,7)>T1(8,4)>T3(9,4) e T4(9,3), exceto para o T2 (7,3%). Na combinação, resultou para o solo não autoclavado em TA (8,2%)>T1 (8,8%)>T2 (28,1) %>T3

(9,3) % > T4 (9,5%). E, por fim, o solo autoclavado que houve a diminuição com: TA (9,4%), T1 (9,1%), T2 (9,0%), T3 (8,1%) e T4 (8,1%).

No trabalho de Costa *et al.* (2005) a colonização com *Glomus etunicatum* (*Claroideoglomus etunicatum*), em solo estéril apresentou-se baixa, não excedendo os 7% e, o solo não-desinfestado, chegou a 55% de colonização. O que não foi observado neste trabalho, com o percentual de colonização sendo superior nos tratamentos em solo não autoclavado.

Hajboland *et al.* (2015), observaram que houve redução da porcentagem de colonização em *Aeluropus littoralis* com *Claroideoglomus etunicatum* nos tratamentos com adição de NaCl, apresentando água de irrigação salina em três tratamentos sendo eles o controle e adição de 50mM e 200mM de NaCl, o que resultou em porcentagem de colonização de 33%, 16% e 10%, respectivamente. Conforme Takeshi *et al.* (2015), para a espécie *Tamarox ramosíssima*, espécie arbórea altamente resistente ao sal e a seca a colonização de FMA aumentou com a CE do solo em níveis de salinidade baixo e médios (0,4 a 4,3 dS m<sup>-1</sup>) mas diminuiu em níveis de salinidade elevado (>7 dS m<sup>-1</sup>).

O pH do solo variou de 7,6 a 7,9. Em relação ao pH apresentado pelo solo autoclavado e não autoclavado, Silva *et al.* (2015), afirmam que o pH próximo da neutralidade favorece as espécies do gênero *Glomus*.

A correlação entre a altura e a colonização da planta foi significativa ao nível de p<0,05 para os tratamentos com fungo. Em solo não autoclavado, com T2 + Fungo (R= -0,91) e T4 + Fungo (R= 0,90). Já para o solo autoclavado a correlação foi a seguinte: no tratamento TA + Fungo (R= 1,00) e no T1 + Fungo (R= -0,97).

Asghari *et al.* (2005) observaram que a *A. nummularia* em baixo nível de salinidade 2,2 dSm<sup>-1</sup> mostrou percentual de colonização de 2%; mesmo assim, apesar da baixa colonização, a inoculação promoveu o crescimento das plantas e afetou a absorção de nutrientes positivamente.

Diante dos resultados obtidos conclui-se que:

A associação micorrízica foi benéfica para todos os tratamentos.

O melhor tratamento envolvendo o percentual de colonização micorrízica consistiu no T3 (rejeito mais 14g NaCl – CE=13,13 mS/cm) na presença do FMA *Claroideoglopus etunicatum* em solo autoclavado.

Já para altura da *Atriplex nummularia* foi observado que o tratamento T2 (rejeito mais 7g NaCl – CE= 12,4 mS/cm), na presença de fungo, no solo não autoclavado, apresentou melhor resultado.

Quando correlacionado de forma positiva, a altura com o percentual de colonização, os tratamentos mais significativos foram o T4 (rejeito mais 21g NaCl – CE= 14,16 mS/cm) na presença de *Claroideoglopus etunicatum* em solo não autoclavado e TA (água – CE= 2,86 mS/cm) na presença de fungo em solo autoclavado.

Em solo não autoclavado a presença de micro-organismos pode ter promovido uma combinação de associações benéficas que favoreceram o crescimento da *Atriplex*. Já para o solo autoclavado, há possibilidade de ter sofrido com o estresse abiótico.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, à Fundação para o Apoio da Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo auxílio pesquisa, ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) pelo espaço físico, ao Consórcio Universitas pelo auxílio pesquisa e ao Laboratório de Química Analítica da Universidade Católica de Pernambuco, pelo apoio nos experimentos.

### **Referências**

- BRITO, V. N. et al., 2017. Fungos micorrízico arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 2.
- BRUDE M. C. et al., 2015. Micorrizas e sua importância agroecológica. *Enciclopédia biosfera*, 11 (22): 132-2015.
- CAMARA, R. et al., 2016. Fungos micorrízico arbusculares em dois fragmentos florestais de restinga periodicamente inundável em Marambaia, RJ. *Floresta ambiente*, 23 (1).
- COFRÉ, N. et al., 2012. Arbuscular mycorrhizae and dark-septate endophytes on *Atriplex cordobensis* in saline sites from Argentina. *Journal of Agricultural Technology*, 8 (7).

- COSTA C. M. C., 2005. Fungos micorrízico arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33: 225-232.
- DIAS, T. J. et al., 2015. Atributos químicos do solo irrigado com águas salinas e uso de mitigadores do estresse salino no maracujazeiro amarelo. *Revista principia*, 27.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B., 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, 84:489-500.
- HAJIBOLAND R.; DASHTEBANI F.; ALIASGHARZAD N. Physiological responses of halophytic C4 grass, *Aeluropus litoralis* to salinity and arbuscular mycorrhizal fungi colonization. *Photosynthetica*, v. 53, p. 572-584, 2015.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I., 1950. The waterculture method for growing plants without soil - CA: Agric. Exp. Stn., Univ. of California. Berkeley.
- MELO, H. F. de, 2016. Growth biomass production and ions accumulation in *Atriplex nummularia* Lindl. grow under abiotic stress. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiente*. 20 (2).
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S., 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *British Mycological Society Transactions*, 55 (1): 158-160.
- PLENCHETTE C.; DUPONNOIS R., 2005. Growth response of the saltbush *Atriplex nummularia* Lind. to inoculation with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *Journal of Arid Environments* 61: 535-540.
- SILVA, R. F., 2015. Influência do uso do solo na ocorrência e diversidade de FMAs em latossolo no sul do Brasil. *Ciências Agrárias*, 36(3): 1851-1862.
- TANIGUCHI T. et al. Colonização micorrízica arbuscular de *Tamarix ramosíssima* ao longo de um gradiente de salinidade no sudoeste dos Estados Unidos. *Engenharia de Paisagem e Ecológica*, v. 11, p. 221-225, 2015.
- YIANAN, Z. et al., 2017. Mycorrhizal colonization of chenopods and its influencing factors in different saline habitats, China. *J. Arid Land*, 9 (1): 143-452.

# **CAPÍTULO IV**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante disso, foi observado o potencial da *Atriplex nummularia* na absorção de nutrientes minerais, com água de irrigação salina. As informações obtidas através da nutrição mineral podem subsidiar futuros programas de manejos de áreas com grandes concentrações de sais no solo, que por sua vez, além de serem remediados podem utilizar a planta como ração animal devido aos seu alto teor de proteína bruta.

Além disso, percebeu-se que a colonização micorrízica foi benéfica em *Atriplex nummularia*, tendo em vista que a colonização de fungos depende de diversos fatores sendo um deles a salinidade. A presença do fungo micorrízico arbuscular pode reduzir a utilização de insumos químicos e devido aos benefícios fornecidos para as plantas. Aliado a isso, temos uma espécie de fácil propagação, e que pode remediar os solos com altas concentrações salinas. Sendo assim, fornecendo uma biotecnologia sustentável para o setor agrícola.

Em meio disso, espera-se que esses dados possam servir de auxílio para promover futuros trabalhos envolvendo a comunidade científica com a possibilidade de aplicação de água de irrigação de condutividade elevada como a água do mar. Além disso, espera-se também, que esse trabalho possa ser aplicado em campo, tendo em vista que tem-se uma demanda elevada do rejeito de dessalinizadores em regiões áridas e semiáridas do nordeste brasileiro, contribuindo dessa forma, para a sociedade.