

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO**

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS EM MELOEIRO
(*Cucumis melo* L.) INOCULADO COM FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES SOB ESTRESSE SALINO**

WILBER DAS SILVEIRA LÚCIO

**FORTALEZA – CEARÁ
BRASIL**

Respostas Fisiológicas e Bioquímicas em Meloeiro (*Cucumis melo* L.)
Inoculado com Fungos Micorrízicos Arbusculares sob Estresse Salino

WILBER DA SILVEIRA LÚCIO

JULHO – 2008
FORTALEZA – CEARÁ
BRASIL

Respostas Fisiológicas e Bioquímicas em Meloeiro (*Cucumis melo* L.)
Inoculado com Fungos Micorrízicos Arbusculares sob Estresse Salino

WILBER DA SILVEIRA LÚCIO

Dissertação submetida à Coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Agronomia,
Área de Concentração em Solos e
Nutrição de Plantas, com requisito para
obtenção do grau de Mestre.

JULHO – 2008
FORTALEZA – CEARÁ
BRASIL

L972r Lucio, Wilber da Silveira
Respostas fisiológicas e bioquímicas em meloeiro (*Cucumis melo* L.)
inoculado em fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino /
Wilber da Silveira Lucio, 2008.
75 f. ;il, color.enc.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda
Co-Orientador : Prof. Dr. Paulo Furtado Mendes Filho
Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de
Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Fortaleza, 2008.

1. FMA 2. Salinidade 3. Nutrição mineral 4. Trocas gasosas 5. Solutos
Orgânicos e inorgânicos I. Lacerda, Claudivan Feitosa de (orient.) II.
Mendes Filho, Paulo Furtado (co-orient.) III. Universidade Federal do
Ceará – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição
de Plantas IV. Título

CDD 631.4

Esta dissertação será submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgada pela Universidade Federal do Ceará. Uma via do presente estudo encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca de Ciência e Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Wilber da Silveira Lúcio

Dissertação aprovada em 18/07/2008

Prof. Claudivan Feitosa de Lacerda, Dr.
(orientador)

Prof. Paulo Furtado Mendes Filho, Dr.
(Co-orientador)

Prof. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, Dr.
(Examinador)

Prof. Enéas Gomes Filho, Dr.
(Examinador)

“Eu peço que esta obra seja lida com indulgência e que os erros inevitáveis em matéria tão difícil sejam menos assunto de recriminação do que oportunidade para novas tentativas e pesquisas mais felizes”.

Isaac Newton

A Deus e Nossa Senhora de Fátima, por suas maravilhas em minha vida. Aos meus pais, José Roberto e Dilma Maria, minhas irmãs, Roberta e Michaelle, e minha namorada Flávia.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A **Deus** e a minha amada **Nossa Senhora de Fátima** pelo estímulo e presença constante em minha vida;

Aos meus pais, **José Roberto Lúcio** e **Dilma Maria da Silveira Lúcio**, pela educação, apoio e incentivo no decorrer de minha vida e minhas irmãs, **Roberta da Silveira Lúcio** e **Roberta Michaelle Lúcio**, que também me apóiam e incentivam.

A minha namorada, amiga e companheira **Flávia Pimentel Barros**, pela paciência e apoio;

Aos professores **Claudivan Feitosa de Lacerda** e **Paulo Furtado Mendes Filho**, pela confiança depositada, orientação e apoio para o desenvolvimento deste trabalho;

Ao professor e amigo **Fernando Felipe Ferreyra Hernandez** pelas críticas, sugestões e ensinamentos;

Ao professor **Enéas Gomes Filho** e ao Dr. **Francisco Valderez Augusto Guimarães** os quais se fizeram presente pelas valiosas sugestões.

Aos meus colegas do Laboratório de Química do Solo, **Maia Neto**, **Régis**, **David** e **Emanuel** e do Laboratório de Microbiologia do Solo **Aldo**, **Tupinambá** e **João Paulo** que me ajudaram na realização das análises químicas e microbiológicas;

Aos colegas do departamento de Bioquímica, **Carlos Eduardo Braga de Abreu**, **Elton Camelo Marques** e **Thalita Montoril Ferreira**, que me ajudaram a realizar as análises bioquímicas;

Aos **funcionários** do Departamento de Ciências do Solo e Laboratório da **UFC/FUNCEME**, pela ajuda durante todo o tempo de minha permanência no departamento.

Aos **professores e colegas** do curso de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e nutrição de plantas da Universidade Federal do Ceará;

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (**FUNCAP**), pela bolsa de mestrado a mim concedida.

A **todos** que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Melão	3
2.1.1 Características gerais e cultivo no Brasil.....	3
2.2 Salinidade: Caracterização e ocorrência.....	4
2.3 Efeitos da salinidade nas plantas.....	6
2.3.1 Efeito osmótico.....	6
2.3.2 Efeitos tóxicos e distúrbios nutricionais	7
2.4 Fungos micorrízicos arbusculares (FMA)	10
2.5 Micorriza e salinidade.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Localização do experimento	14
3.2 Solo.....	14
3.3 Material vegetal.....	16
3.4 Água salina e solução nutritiva	16
3.5 Delineamento experimental	17
3.6 Instalação e condução do experimento.....	17
3.7 Coletas das plantas e análise de crescimento.....	19
3.8 Colonização micorrízica arbuscular	19
3.9 Dependência micorrízica (DM).....	20
3.10 Determinação dos elementos minerais na planta	20
3.11 Determinação de solutos orgânicos	21
3.11.1 Carboidratos solúveis.....	22
3.11.2 N-aminossolúveis	22
3.11.3 Concentração de prolina livre.....	22
3.12 Análise estatística	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Efeito da salinidade no crescimento da planta.....	24
4.2 Condutância estomática, transpiração e fotossíntese.....	27
4.3 Efeito da salinidade nas variáveis microbiológicas.....	32
4.4 Efeito da salinidade nos teores e nos conteúdos de nutrientes das plantas.....	36
4.4.1 Nitrogênio, fósforo e potássio	36
4.4.2 Cálcio e magnésio.....	44
4.4.3 Sódio e cloreto.....	50
4.4.4 Relação Na/K nas folhas e nos caules + pecíolos	55
4.5 Solutos orgânicos	58
5. CONCLUSÕES.....	67
6. BIBLIOGRAFIA.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Disposição dos vasos na casa de vegetação na terceira aplicação de água salina (19 DAP).	18
Figura 2. Medidas de crescimento: matéria seca das folhas, dos caules + pecíolos, da parte aérea total e área foliar de meloeiro inoculado e não inoculado com FMA submetidos a diferentes níveis de salinidade	26
Figura 3. Condutância estomática, taxa de transpiração e taxa fotossintética em folhas maduras de meloeiro inoculado e não inoculado com FMA, em função de diferentes níveis de salinidade em diferentes épocas de medição (dias após o plantio)	29
Figura 4. Condutância estomática vs taxa fotossintética em folhas maduras de meloeiro inoculado e não inoculado com FMA submetidos a diferentes níveis de salinidade em diferentes épocas (dias após o plantio).....	31
Figura 5. Percentagem de colonização micorrízica arbuscular em raízes de meloeiro cultivado em diferentes níveis de salinidade de água de irrigação	33
Figura 6. Percentagem de dependência micorrízica arbuscular em raízes de meloeiro cultivado em diferentes níveis de salinidade de água de irrigação	35
Figura 7. Teores de nitrogênio nas folhas mais novas, nas folhas mais velhas, nos caules + pecíolos e conteúdo de N em meloeiro inoculado e não inoculado com FMA cultivado em diferentes níveis de salinidade	38
Figura 8. Teores de fósforo nas folhas mais novas, nas folhas mais velhas, nos caules + pecíolos e conteúdo de P em meloeiro inoculado e não inoculado com FMA cultivado em diferentes níveis de salinidade	40
Figura 9. Teores de potássio nas folhas mais novas, nas folhas mais velhas, nos caules + pecíolos e conteúdo de K em meloeiro inoculado e não inoculado com FMA cultivado em diferentes níveis de salinidade	43
Figura 10. Teores de cálcio nas folhas mais novas, nas folhas mais velhas, nos caules + pecíolos e conteúdo de Ca em meloeiro inoculado e não inoculado com FMA cultivado em diferentes níveis de salinidade	46
Figura 11. Teores de magnésio nas folhas mais novas, folhas mais velhas, nos caules + pecíolos e conteúdo de Mg em meloeiro inoculado e não inoculado com FMA cultivado em diferentes níveis de salinidade	49
Figura 12. Teores de sódio nas folhas mais novas, nas folhas mais velhas, nos caules + pecíolos e conteúdo de Na (B) em meloeiro inoculado e não inoculado com FMA cultivado em diferentes níveis de salinidade	51

- Figura 13. Teores de cloreto nas folhas mais novas, nas folhas mais velhas, nos caules + pecíolos e conteúdo de Cl em meloeiro inoculado e não inoculado com FMA cultivado em diferentes níveis de salinidade54
- Figura 14. Relação Na^+/K^+ nas folhas mais novas, nas folhas mais velhas e nos caules + pecíolos de meloeiro inoculado e não inoculado com FMA cultivados em diferentes níveis de salinidade57
- Figura 15. Teores de carboidratos solúveis nas folhas mais novas e nas folhas mais velhas de meloeiro inoculado e não inoculado com FMA cultivado em diferentes níveis de salinidade60
- Figura 16. Teores de N-aminossolúveis nas folhas mais novas e nas folhas mais velhas de meloeiro inoculado e não inoculado com FMA cultivado em diferentes níveis de salinidade62
- Figura 17. Teores de prolina nas folhas mais novas e nas folhas mais velhas de meloeiro inoculado e não inoculado com FMA cultivado em diferentes níveis de salinidade65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas da camada de 0-20 cm.....	15
Tabela 2. Composição da solução nutritiva de Hoagland modificada, com omissão de fósforo, para o cultivo de plantas	17
Tabela 3. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação (CV) para AF e MS de folhas, caules + pecíolos e parte aérea total de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade	24
Tabela 4. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação para condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E) e taxa fotossintética (A) medidas em diferentes dias após o plantio em plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade	28
Tabela 5. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação para teores e conteúdo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade	37
Tabela 6. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação para teores e conteúdo de cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade	45
Tabela 7. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação para teores e conteúdo de sódio (Na) e cloreto (Cl) de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade	50
Tabela 8. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação para as relações Na/K nas folhas mais novas, nas folhas mais velhas e nos caules + pecíolos de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade.....	56
Tabela 9. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação para teores de carboidratos solúveis, N-aminossolúveis e prolina em folhas mais novas e mais velhas de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade.....	59

RESUMO

Nas regiões áridas e semi-áridas é comum a acumulação de sais no solo em quantidades prejudiciais ao crescimento e rendimento das plantas. Neste contexto, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) vêm sendo estudados nos últimos anos, havendo resultados que indicam que as associações micorrízicas com as plantas minimizam alguns efeitos do estresse salino. O presente trabalho teve por objetivo avaliar, mediante parâmetros fisiológicos e bioquímicos, os efeitos da inoculação dos fungos micorrízicos arbusculares na cultura do meloeiro sob estresse salino. Portanto foi instalado um experimento em casa-de-vegetação do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, no Campus do Pici em Fortaleza. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 2 (plantas não inoculadas e plantas inoculadas) x 4 (níveis de salinidade 0,5; 1,5; 3,0 e 4,5 dS m⁻¹) com 4 repetições, totalizando 32 unidades experimentais. No decorrer do experimento foram realizadas medições de condutância estomática, taxa de transpiração e taxa fotossíntese. Ao fim de 37 dias após a germinação das plantas foi coletado o experimento, quando, então, foram determinados os fatores de crescimento (matéria seca e área foliar), as variáveis microbiológicas (dependência micorrízica e colonização), os teores minerais (N, P, K, Ca, Mg, Na e Cl) e os solutos orgânicos (carboidratos solúveis, N-aminossolúveis e prolina). A associação com os FMA proporcionou um incremento no desenvolvimento da cultura do meloeiro, proporcionando um aumento na matéria seca da parte aérea e na área foliar dessa cultura, principalmente no tratamento a 0,5 dS m⁻¹; esse efeito benéfico, entretanto, decresceu com o incremento da salinidade. A condutância estomática, taxa de transpiração e taxa fotossintética foram influenciadas de forma positiva pela associação com os FMA, apresentando maiores valores nas plantas inoculadas em diferentes estádios de desenvolvimento dessa cultura. Os solutos orgânicos, prolina, N-aminossolúveis e carboidratos solúveis, não contribuíram diretamente para o ajuste osmótico dos tecidos foliares. A associação simbiótica entre os FMA e as plantas de meloeiro não proporcionou um aumento na tolerância dessa cultura ao estresse salino, entretanto auxiliou na menor absorção dos íons potencialmente tóxicos (Na e Cl) a partir da salinidade da água de irrigação de 3 dS m⁻¹.

Palavras – chave: *Cucumis melo* L., fungo micorrízico arbuscular, estresse salino, nutrição mineral, trocas gasosas, solutos orgânicos e inorgânicos.

ABSTRACT

The accumulation of salts in the soil is a common problem of arid and semi-arid regions, that cause reduction in plant growth and yield. In this context, the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) have been studied in recent years, with results indicating that their associations with the plants roots minimize some effects of salt stress. The objective of this work was to evaluate the influence of increasing levels of salinity of the irrigation water in the melon plants mycorrhized with AMF. The experiment was carried out at the greenhouse of the Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, in Fortaleza, Ceará. The experiment design was completely randomized with treatments outlined following a 2 x 4 factorial design, comprised of two mycorrhiza treatments (inoculated and not inoculated plants) x 4 levels of salinity (CEa = 0.5; 1.5; 3.0 and 4.5 dS m⁻¹), with 4 repetitions. During the experiment were conducted measurements of stomatal conductance, transpiration and photosynthesis rates. The plants were collected thirty-seven days after germination, when growth (dry and leaf area), microbiological traits (dependency and mycorrhizal colonization), mineral content (N, P, K, Ca, Mg, Na, Cl) and the organic solutes concentrations (soluble carbohydrates, N-aminossolúveis and proline) were measured. The mycorrhized plants showed higher production of shoot dry matter and leaf area, in relation to non-inoculated plants, mainly in the treatment of 0.5 dS m⁻¹. However, this beneficial effect decreased in the higher levels of salinity. The stomatal conductance, transpiration rate and photosynthetic rate were influenced by AMF, being the values higher in mycorrhized plants. The organic solutes, proline, N-aminossolúveis carbohydrates soluble, did not contribute directly to the osmotic adjustment of leaf tissue. The symbiotic association between the AMF, and the melon has not provided an increase in tolerance of this culture to salt stress, however helped in lower absorption of potentially toxic ions (Na, Cl) from the salinity of irrigation water 3.0 dS m⁻¹.

Keywords: *Cucumis melo* L, arbuscular mycorrhizal fungi, salt stress, mineral nutrition, gas exchange, organic and inorganic solute.

1. INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é originário de regiões tropicais e, dessa forma, condições de clima quente e umidade relativa baixa favorecem o melhor desenvolvimento das plantas, além de propiciar alta produtividade e frutos de excelentes qualidades (Grangeiro et al., 2002). Devido a essas características, inúmeras variedades de melão são cultivadas em regiões semi-áridas em todo o mundo. Entretanto, nessas regiões, a salinização do solo se constitui um sério problema que vem limitando a produção agrícola e reduzindo a produtividade das culturas. Segundo a FAO (2000), as regiões áridas e semi-áridas são os locais de maior ocorrência de solos afetados por sais devido à baixa precipitação pluviométrica, a alta taxa de evaporação e, sobretudo, à irrigação incompatível com as características físicas, químicas e mineralógicas do solo.

No semi-árido do nordeste brasileiro a irrigação de áreas agrícolas vem mostrando bons resultados e proporcionando, conseqüentemente, um grande desenvolvimento dessa região (Souza, 2000). Porém, a falta de recursos hídricos de boa qualidade em algumas áreas, tem aumentado o uso de fontes de água de baixa qualidade o que vem intensificando, juntamente com as condições ambientais características dessa região, a acumulação de sais solúveis no solo.

As plantas respondem diferentemente às concentrações de sais no solo, sendo que algumas conseguem produzir de maneira satisfatória em níveis elevados de sais e outras são mais sensíveis a níveis relativamente baixos. A manutenção dos rendimentos das culturas, quando submetidas a concentrações elevadas de sais no solo, depende do grau de tolerância das plantas e das práticas de manejo do sistema solo – água – planta.

Existem várias alternativas que podem ser utilizadas para facilitar o manejo da salinidade como, por exemplo, o uso de drenagem, lixiviação, culturas tolerantes, maior frequência de irrigação, entre outras alternativas (Ayers & Westcot, 1999). Além dessas técnicas convencionais, um aspecto que vem sendo recentemente estudado para manter os rendimentos das culturas em áreas afetadas por sais é o emprego de plantas colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA).

Estudos recentes indicam que a associação simbiótica de plantas com os fungos micorrízicos arbusculares promovem maior tolerância das plantas aos vários tipos de estresses abióticos, dentre eles o salino. Essa maior tolerância das plantas micorrizadas à salinidade deve-se a possíveis mecanismos de proteção proporcionados pelos fungos, dentre eles a maior absorção de nutrientes, alteração na morfologia da raiz (maior número de raízes adventícias) e a influencia do FMA na condutividade elétrica do solo (diminuição da CE do solo na micorrizosfera) (Giri et al., 2003).

Fundamentado na hipótese de que o melão colonizado por FMA seja mais tolerante ao estresse salino, essa dissertação teve o objetivo de avaliar, mediante parâmetros fisiológicos e bioquímicos, os efeitos da inoculação dos FMA na cultura do meloeiro sob estresse salino.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Melão

2.1.1 Características gerais e cultivo no Brasil

O meloeiro é uma dicotiledônea da família cucurbitaceae de origem africana e asiática. Seu ciclo é curto, variando de 70 a 80 dias, apresenta caule herbáceo de crescimento rasteiro ou prostrado com número de ramificações variáveis em função da variedade. As suas folhas são alternadas, simples, palmadas, pentalobuladas, angulosas quando jovens e subcordiformes quando completamente desenvolvidas. Possuem gavinhas, que são estruturas de sustentação da planta, localizadas nas axilas das folhas (Grangeiro et al., 2002). As flores são amarelas e constituídas de cinco pétalas, sendo imperfeitas (apenas um órgão sexual em uma flor) e perfeitas ou hermafroditas (órgãos masculino e feminino na mesma flor). O fruto é uma baga carnuda (pepônio), de tamanho, aspecto, forma e cores variadas. O sistema radicular é bastante ramificado, vigoroso e pouco profundo, cujo maior volume se situa de 20 a 30 cm abaixo da superfície do solo (Grangeiro et al., 2002).

A cultura do meloeiro adapta-se bem em local quente com alta intensidade luminosa e baixa umidade relativa do ar (60 a 80%), apresentando seu melhor desenvolvimento na faixa de temperatura de 18 a 33°C (Fontes, 2005). Devido a esses aspectos, essa cultura adaptou-se bem a algumas regiões brasileiras com destaque para a região semi-árida nordestina.

O melão é conhecido no Brasil desde o século XVI quando foi trazido, provavelmente, pelos escravos, entretanto a expansão de seu cultivo só foi iniciada no século XIX pelos imigrantes europeus, sendo inicialmente nas regiões Sul e Sudeste chegando por volta da década de 1960 ao Nordeste (Fontes, 2005). Existem diversas variedades de melões, sendo que as mais cultivadas no Brasil são as de origem espanhola, o valenciano amarelo (HERBÁRIO, 2007). No Nordeste brasileiro, os principais melões produzidos comercialmente pertencem a duas variedades botânicas a *Cucumis melo* var. *inodorus* Naud. e a *Cucumis melo* var. *cantaloupensis* Naud. (Crisóstomo et al., 2002).

O cultivo do meloeiro vem crescendo muito nas últimas décadas no Brasil, apresentando em 2007 produção superior a 500 mil toneladas de frutos (IBGE, 2007). O meloeiro é cultivado em todas as regiões brasileiras, sendo a região Nordeste a principal produtora com cerca de 95% da produção nacional. Os principais estados produtores da região Nordeste são Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia apresentando, respectivamente, 51%, 34% e 10% da produção nordestina (IBGE, 2007). A região Nordeste se destaca na produção do melão devido a sua posição geográfica estratégica, que favorece as exportações e, principalmente, por seus fatores climáticos que favorece o desenvolvimento desse fruto.

O Brasil tem exportado melão para diversos países, sendo os Países Baixos, Reino Unido, Espanha, Itália, Portugal e Argentina os principais. Em 2007, foram exportado cerca de 205 mil toneladas de frutos, no valor de 128.213,6 milhões de dólares (MDIC, 2007).

2.2 Salinidade: Caracterização e ocorrência

Um solo é considerado salino quando apresenta condutividade elétrica do extrato de saturação maior que 4 dS m^{-1} , a 25°C , PST (percentagem de sódio trocável do solo) menor que 15 e pH maior que 8,5 (Richard, 1954).

Os solos salinos se desenvolvem em consequência do acúmulo de sais e os mais frequentemente encontrados são formados pelos cátions de cálcio, magnésio e sódio e pelos ânions cloreto e sulfato. A intensidade de acumulação de sais solúveis no solo depende de inúmeros fatores, tais como, condições climáticas (altas temperaturas, baixa pluviosidade e intensa evaporação), manejo inadequado da irrigação (Ayers &

Westcot, 1999), intemperismo químico e sais fósseis remanescentes de ambientes marinhos e lacustres (Oliveira, 2001).

A salinidade é um problema mundial e atinge cerca de 397 milhões de hectares, entre terras cultivadas e não cultivadas e, além disso, dos 230 milhões de hectares irrigados no mundo, 45 milhões já apresentam problemas de concentração de sais, demonstrando assim que 19,5% das terras irrigadas do globo apresentam problemas de salinidade (FAO, 2000). No Brasil, os solos salinos ocorrem em relevos planos de várzeas e esporadicamente em terraços, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas nordestinas, pantanal mato-grossense e áreas litorâneas relacionadas com a vegetação de mangue (Oliveira, 2001). Nas regiões semi-áridas do nordeste brasileiro a salinização dos solos é encontrada principalmente na região do polígono das secas. Nessa região, é comum baixas precipitações e altas taxas de evaporação, fatores que dificultam a lixiviação dos sais, provocando, assim, sua acumulação em quantidades prejudiciais ao crescimento de inúmeras espécies vegetais. Além disso, pode ocorrer a salinização adicional desses solos pela prática inadequada da irrigação.

A agricultura irrigada na região semi-árida nordestina vem mostrando bons resultados e proporcionando, conseqüentemente, um grande desenvolvimento dessa região (Souza, 2000). Porém, a falta de recursos hídricos de boa qualidade em algumas áreas, associado ao grande consumo de água para a irrigação e a escassez de água de boa qualidade para atender a demanda crescente da população (consumo, indústrias etc.), tem aumentado o interesse pelo uso múltiplo de fontes de água para a irrigação. Nesse contexto, destaca-se o uso de fontes de águas salinas, comuns em regiões semi-áridas (Ayres & Westcot, 1999), a reutilização de água de drenagem com elevados teores de sais e a utilização de espécies tolerantes à salinidade (Rhoades et al., 1992; Seckler et al., 1998; Pessoa, 2000).

No Estado do Ceará, em muitas áreas irrigadas, é comum a existência de fontes de água subterrânea com condutividades elétricas superiores a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, as quais são utilizadas na irrigação, principalmente nos períodos de escassez de água de boa qualidade. Essas fontes de água podem também se constituir em alternativas para locais que não dispõem de rios perenizados. No entanto, a utilização dessas fontes de água salina pode, dependendo de sua composição, alterar de forma negativa as propriedades físicas e químicas do solo e, dependendo de sua forma de aplicação, provocar graus variados de estresse nos tecidos vegetais (Gheyi, 2000).

2.3 Efeitos da salinidade nas plantas

As plantas respondem diferentemente às concentrações de sais no solo. Essa diferença deve-se, de maneira geral, a melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas apresentam, o que lhes permitem absorver quantidades suficientes de água, mesmo em condições de salinidade elevada. Vale salientar que além dos efeitos osmóticos, as concentrações elevadas de sais no solo podem acarretar efeitos tóxicos e desequilíbrios nutricionais nas plantas (Gheyi, 2000).

2.3.1 Efeito osmótico

As plantas extraem a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças de retenção da água exercida pelo solo e, conseqüentemente, à medida que a água é extraída do solo, as forças que a retêm tornam-se maiores podendo chegar ao ponto onde as forças de retenção são maiores que a de extração, iniciando assim o estado de escassez de água na planta (Ayers & Westcot, 1999).

A acumulação de sais no solo proporciona uma diminuição no potencial osmótico e, conseqüentemente, no potencial hídrico do solo, acarretando uma redução no gradiente do potencial hídrico no sistema solo – água – planta, o qual aumenta as forças que retêm a água do solo e, portanto, favorecem o problema de escassez de água na planta.

Na presença de déficit hídrico as plantas podem utilizar mecanismos de tolerância, como o ajuste osmótico, para conseguir manter o gradiente de potencial hídrico favorável à absorção de água. O ajuste osmótico, ou acumulação de solutos pelas células, é um processo pelo qual o potencial hídrico pode ser diminuído sem que haja decréscimo da turgescência ou do volume celular (Taiz & Zeiger, 2004). Segundo esses autores, com a manutenção da turgescência é possível a continuação do alongamento celular e uma condutância estomática mais alta sob potenciais hídricos mais baixos, sugerindo assim que o ajuste osmótico seja um processo de aclimação que aumenta a tolerância das plantas à desidratação.

O ajustamento osmótico em plantas submetidas a estresse salino pode ocorrer pela acumulação de altas concentrações de íons inorgânicos ou de solutos orgânicos de

baixo peso molecular (Ashraf & Harris, 2004). Segundo os mesmos autores, embora esses solutos tenham um papel crucial no desenvolvimento das plantas submetidas a condições salinas, sua contribuição relativa varia entre espécies, entre cultivares de uma mesma espécie, entre órgãos e tecidos da mesma planta e até entre os diversos compartimentos intracelulares.

Dentre os solutos orgânicos que podem ser acumulados e conseqüentemente influenciar no ajuste osmótico de plantas cultivadas em condições de estresse salino destacam-se a prolina, os carboidratos solúveis e os compostos contendo nitrogênio aminossolúvel (N-aminossolúvel) como os mais comumente analisados. A prolina é o soluto orgânico mais analisado nos trabalhos científicos envolvendo o cultivo de plantas submetidas a estresse hídrico e salino. Acredita-se que, além do seu papel no ajustamento osmótico, ela possa contribuir na estabilização de membranas e proteínas e na remoção de radicais livres (Ashraf & Foolad, 2007).

Os carboidratos solúveis são considerados, em muitas plantas, os principais, ou um dos principais, osmólitos (Lacerda et al., 2001; Silva et al., 2003). Segundo Kerepesi & Galiba (2000), as alterações nos teores de carboidratos podem ser de grande importância para a adaptação das plantas submetidas à salinidade, devido à sua relação direta com alguns processos fisiológicos, como a fotossíntese, a translocação e a respiração.

Os N-aminossolúveis englobam diversos compostos, tais como, aminoácidos livres, algumas aminas, sais de amônio quaternário (as betaínas e seus derivados) e sais sulfônicos (Ashraf & Harris, 2004). Segundo Mansour (2000), os N-aminossolúveis são importantes para o ajustamento osmótico, proteção de macromoléculas, manutenção do pH, além de servirem como reservas de N.

2.3.2 Efeitos tóxicos e distúrbios nutricionais

Segundo Ayers & Westcot (1999) o problema de toxicidade surge quando certos constituintes (íons) do solo ou da água são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos em concentrações suficientemente altas para provocar danos e reduzir os rendimentos. Segundo esses autores, a magnitude dos danos depende da sensibilidade das plantas e da quantidade de íons absorvidos.

Em ambiente salino, dentre os sais potencialmente tóxicos destacam-se aqueles que são constituídos pelos íons sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-) como sendo os principais a afetar o metabolismo dos vegetais. O sódio é considerado um nutriente benéfico, ou seja, pode favorecer o crescimento ou a qualidade dos produtos aproveitáveis do vegetal ou melhorar o desempenho da planta diante de fatores desfavoráveis do ambiente. Para algumas plantas C_4 , como *Atriplex vesicaria*, *A. tricolor*, *Kochia childsii*, *Panicum miliaceu* e *Distichlis spicata*, esse elemento pode ser considerado essencial (Marengo & Lopes, 2005). O sódio está envolvido na regeneração do fosfoenolpiruvato (PEP) em plantas C_4 e CAM e pode substituir o potássio (K) em algumas funções, como na regulação dos potenciais osmóticos nas células vegetais, pois grandes quantidades de Na podem ser acumuladas no vacúolo pela ação dos carregadores antiportes Na^+/H^+ (Taiz & Zeiger, 2004). Em regiões áridas e semi-áridas são comuns concentrações elevadas desse elemento na água ou no solo ocasionando assim toxidez ou distúrbios nutricionais para a maioria das plantas cultivadas nessas regiões.

O cloro é um micronutriente essencial para as plantas e é absorvido na forma de cloreto (Cl^-). O seu conteúdo no solo deriva principalmente da chuva, irrigação, aplicações de fertilizantes, ventos marinhos, poeiras e poluições do ar, o que torna sua deficiência muito rara (Marengo & Lopes, 2005), porém, o seu excesso é bastante comum, principalmente, em regiões com problemas de salinidade. Segundo os mesmos autores, as concentrações de cloreto na planta consideradas adequadas para o seu ótimo crescimento estão entre 200 e 400 mg kg^{-1} de matéria seca (MS). Nas células, o Cl encontra-se presente no citosol e vacúolo. No citosol esse nutriente aumenta a atividade de várias enzimas, dentre elas a ATPase, a pirofosfatase e a asparagina sintetase que atua no metabolismo do nitrogênio (Marschner, 1995). No vacúolo, é o ânion osmoticamente mais ativo, estando envolvido com a manutenção da turgescência e a osmorregulação (White & Broadley, 2001).

As concentrações de Na e/ou Cl em ambientes salinos freqüentemente excedem a concentração da maioria dos macros e micronutrientes e conseqüentemente interferem nos processos de absorção, transporte e utilização de íons essenciais ao crescimento das plantas, podendo atingir níveis que proporcionem condições de toxidez (Grattan & Grieve, 1999). Segundo Fontes (2001), antes da ocorrência dos sintomas de toxidez, os elementos potencialmente tóxicos, acumulam-se nas células da planta, geralmente nas folhas, acarretando a sua plasmólise, destruição de estruturas intracelulares, bloqueio de reações enzimáticas e aceleração do processo de retranslocação de nutrientes. O mesmo

autor também afirma que o aparecimento de sintomas de toxidez de um nutriente pode significar que, naquele momento, está havendo falta, em termos relativos ou absolutos, de outros nutrientes.

O aumento nos teores de sódio e cloreto em tecidos de plantas submetidas a estresse salino, comumente, é consequência da maior absorção desses elementos, pois estão facilmente disponíveis na solução do solo. Em solos salinos, devido às altas concentrações desses elementos, a absorção de outros nutrientes fica prejudicada, sendo comum a diminuição dos teores de alguns nutrientes, como o nitrogênio, o fósforo, o potássio, o cálcio, o magnésio entre outros, em diferentes partes da planta, podendo acarretar problemas nutricionais. A redução nos teores de nitrogênio, comumente, está associada à menor absorção de NO_3^- devido à competição com o íon Cl^- nos sítios de absorção (Parida & Das, 2005). No caso do fósforo, a diminuição em seus teores também está associada à competição com o íon Cl^- . Segundo Ferreira et al. (2007), a diminuição desse elemento, sob condições de salinidade, está relacionada a uma baixa atividade do P_2O_5 na solução do solo que eleva a força iônica, ou a uma desordem nutricional induzida por elevados teores de Cl^- nos tecidos da planta, inibindo a absorção de P. A redução da absorção de K possivelmente está associada ao processo competitivo com o Na que se encontra em excesso na solução do solo. Segundo Maathuis & Amtmann (1999), esse processo competitivo deve-se as similaridades físico-químicas dos íons Na e K que fazem com que os transportadores de K possam ser utilizados na absorção de Na que se encontram em excesso no ambiente onde as plantas estão crescendo, ocasionando assim a deficiência de K. Elevadas concentrações de Na no meio externo também podem reduzir a atividade do Ca na solução do solo, resultando num decréscimo da quantidade de Ca disponível para a absorção pelas plantas (Fernandes et al., 2002). Segundo esses autores, a salinidade do solo também pode induzir o decréscimo no teor de Mg nas plantas e esse decréscimo também pode estar relacionado a uma competição iônica com o Na.

É importante ressaltar que em condições de estresse salino também pode ocorrer um aumento nos teores de alguns nutrientes em diferentes partes da planta. Esse fato deve-se, principalmente, ao efeito de concentração, ou seja, o aumento dos teores de nutrientes estão associados à diminuição da matéria seca proporcionada pelo efeito salino.

2.4 Fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

O termo “mycorrhiza”, originário do grego (myco = fungo, e rhiza = raízes) e posteriormente mudado para “mycorrhiza” ou micorriza em português, foi empregado pela primeira vez pelo fisiologista de plantas alemão Bernard Frank em 1885 para se referir a uma peculiar associação entre raízes de plantas e fungos (Koide & Mosse, 2004). Essa associação peculiar é definida como uma associação mutualística não patogênica entre certos fungos do solo e as raízes da planta, na qual a planta, através da fotossíntese, fornece energia e carbono para a sobrevivência e multiplicação dos fungos, enquanto estes absorvem nutrientes minerais e água do solo, transferindo-os para as raízes da planta, estabelecendo assim a simbiose (Moreira & Siqueira, 2006).

Entre os sete tipos de micorrizas conhecidos, as micorrizas arbusculares, formadas por fungos da ordem *Glomales*, são as mais comuns nos ecossistemas terrestres podendo ser encontrados em plantas que ocupam os mais diversos ecossistemas, como florestas, desertos, dunas, savanas, campos e agrossistemas (Siqueira et al., 2002). Essas micorrizas ocorrem na maioria das fanerógamas (97%), incluindo quase todas as espécies de interesse agrônômico, pastoril e espécies florestais nativas dos trópicos (Moreira & Siqueira, 2006).

As micorrizas arbusculares são simbiotróficas necessitando assim associar-se a uma planta hospedeira, a qual lhe fornece carboidratos e outros fatores necessários ao seu desenvolvimento e esporulação, para completar seu ciclo de vida (Siqueira et al., 1985). Essa aparente desvantagem, entretanto, é compensada, em geral, pela pouca especificidade existente entre os FMA e os hospedeiros, pois, normalmente, uma determinada espécie fúngica pode colonizar as raízes de vários hospedeiros entre as Angiospermas, Gimnospermas e Pteridófitas (Siqueira et al., 2002). Portanto, o fungo isolado de determinada espécie de planta pode colonizar qualquer outra susceptível às micorrizas.

Em algumas culturas um percentual significativo do crescimento e da produtividade depende da presença dos FMA no solo e da conseqüente colonização radicular das plantas (Miranda & Miranda, 2003). De acordo com os mesmos autores, essa contribuição pode variar em função dos níveis de fertilidade do solo, como também das espécies de FMA presentes no solo e da dependência micorrízica da cultura.

Segundo Gerdemann (1975), a dependência micorrízica (DM) pode ser definida como sendo o grau pelo qual a planta é dependente à condição micorrízica para

atingir seu crescimento máximo num determinado nível de fertilidade do solo. Já Janos (1988) considerou a DM como uma característica intrínseca e a definiu como a incapacidade da planta de crescer na ausência de micorriza numa determinada condição de fertilidade.

As plantas podem apresentar diferentes graus de dependência micorrízica e, conseqüentemente, podem alterar a quantidade de estruturas dos FMA do solo (Miranda & Miranda, 2001). Em solos cuja população de FMA seja baixa o cultivo de plantas altamente dependentes, como as culturas anuais soja, feijão, milho, os adubos verdes mucuna, crotalária, feijão-de-porco, guandu, girassol, milheto, mamona e as forrageiras estilósantes e andropogon, aumenta essa população no solo beneficiando os cultivos subseqüentes (Miranda et al., 2001).

Entre os benefícios proporcionados pelos FMA para as plantas podem-se destacar a maior absorção de nutrientes (Tavares, 2007), a maior resistência a doenças (Bodker et al., 1998), o maior crescimento na formação e no transplante de mudas (Pouyú-Rojas & Siqueira, 2000), a antecipação da fase de aclimação de mudas micropropagadas (Lins et al., 2003) e a diminuição dos efeitos de diferentes tipos de estresses como o hídrico (Souza et al., 2002), salino (Al-Karaki, 2000) e os causados por metais pesados (Davies Junior et al., 2001). Além desses benefícios, os FMA produzem uma glicoproteína denominada glomalina, a qual está relacionada à agregação de partículas e ao estoque de carbono do solo (Rillig et al., 2002).

2.5 Micorriza e salinidade

Segundo Ayers & Westcot (1999), existem várias alternativas que podem ser utilizadas para facilitar o manejo da salinidade como, por exemplo, o uso da drenagem, da lixiviação, de culturas tolerantes a salinidade e de uma irrigação mais freqüente entre outras alternativas. Além dessas técnicas convencionais, um aspecto que vem sendo recentemente estudado para manter os rendimentos das culturas em áreas afetadas por sais é o emprego de plantas colonizadas com FMA.

Estudos indicam que a associação micorrízica promove maior tolerância das plantas ao estresse salino e, segundo Giri et al. (2003), essa tolerância deve-se aos possíveis mecanismos de proteção proporcionados pelos fungos, dentre eles a maior absorção de nutrientes, a alteração na morfologia da raiz (maior número de raízes

adventícias) e a influencia na condutividade elétrica do solo (diminuição da CE do solo na micorrizosfera).

Al-Karaki et al. (2000), estudando o cultivo de tomate submetido a níveis crescentes de salinidade, afirmam que as plantas inoculadas com FMA conseguem apresentar maiores teores de P, Fe, Cu e Zn que as plantas não inoculadas e que esse resultado está relacionado a maior absorção e/ou translocação desses nutrientes devido as hifas do FMA. Outros estudos também constataam a maior absorção de nutrientes pelas plantas associadas ao FMA quando cultivadas em estresse salino (Al-Karaki et al., 2001; Sharifi et al., 2007; Tavares, 2007).

A maior absorção de nutrientes propicia às plantas colonizadas com FMA um melhor estado nutricional e conseqüentemente uma menor redução do crescimento quando cultivadas em ambiente salino, em comparação com as plantas não colonizadas. Ruiz-Lozano & Azcón (2000), estudando o cultivo de alface, verificaram que as plantas inoculadas com FMA apresentaram um aumento na produção de biomassa da parte aérea de 100% quando associadas a *Glomus deserticola* e 85% quando associadas com *Glomus* sp. em comparação com as plantas não inoculadas com FMA no nível de salinidade mais elevado por eles estudados (1,5 dS m⁻¹). Tian et al. (2004), estudando a cultura de algodão, verificaram um aumento da matéria seca da parte aérea em até 68% das plantas inoculadas com FMA em relação às plantas não inoculadas sob condições salinas. Resultados semelhantes de maior produção de matéria seca da parte aérea de plantas inoculadas com FMA em relação as não inoculadas em condições de salinidade foram encontrados em outros estudos (Al-Karaki et al., 2001; Giri et al., 2003; Asghari et al., 2005).

Em relação as variáveis microbiológicas, as respostas das plantas colonizadas com FMA submetidas a estresse salino são pouco relatadas na literatura e apresentam resultados muito variados. Essa diferença de resultados pode estar associada tanto às características intrínsecas do fungo quanto a sua capacidade de germinação ou de infectar a planta hospedeira em condições salinas, ou pode estar relacionada às características fisiológicas ou fenológicas do hospedeiro.

Yano-Melo et al. (2003), estudando bananeiras inoculadas com diferentes espécies de FMA cultivadas sob diferentes níveis de salinidade, verificaram um comportamento diferenciado da colonização das raízes em relação as espécies fúngicas associadas as plantas, pois as plantas inoculadas com *Glomus clarum* apresentaram um pico de colonização com uma posterior diminuição em relação aos níveis crescentes de

salinidade da água de irrigação, enquanto que as plantas associadas com a espécie de FMA *Acaulospora scrobiculata* a colonização aumentou linearmente até o último nível de salinidade estudado por esses autores (7,39 dS m⁻¹). Saint-Etienne et al. (2006), estudando *Pterocarpus officinalis* (Jacq.) em duas estações (chuvosa e seca), verificaram que a percentagem de colonização de FMA diminui linearmente com o aumento da salinidade do solo. Asghari et al. (2005), estudando *Atriplex nummularia*, também verificaram uma diminuição na colonização de raízes por FMA com o aumento da salinidade e ainda encontraram que essa colonização apresentava-se maior quando as plantas estavam em seu ambiente natural (colonização micorrízica = 30%) do que quando cultivadas em casa-de-vegetação (colonização micorrízica = 1 a 2%). Conforme os mesmos autores, essa diferença na percentagem de colonização foi atribuída a fatores e interações entre os FMA e o hospedeiro característicos das condições de campo.

Tavares (2007), estudando plantas jovens de sabiá, também constatou uma diminuição linear da colonização das raízes com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação. Além da colonização micorrízica Tavares (2007) também verificou alterações na dependência micorrízica com o aumento dos níveis de salinidade e seus resultados indicaram que o estado nutricional das plantas pode ser um fator controlador da associação, visto que as plantas de sabiá não adubadas com material orgânico apresentaram uma dependência micorrízica maior que as adubadas sob níveis crescentes de salinidade da água de irrigação. O mesmo autor também constatou que as plantas de sabiá, adubadas com composto orgânico, reduziram linearmente os valores de dependência micorrízica com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação. Em contraste, Tian et al. (2004), estudando a cultura do algodão sob níveis crescentes de salinidade, verificaram que o aumento dos níveis de NaCl do solo proporcionaram um aumento na dependência micorrízica.

Apesar de alguns resultados divergentes na literatura, sendo esses associados a mecanismos da associação simbiótica ainda não totalmente elucidados, é possível constatar que há um benefício para as plantas quando associadas aos FMA sob condições salinas e segundo Al-Karaki et al. (2000), os benefícios propiciados pelos FMA, como aumento no desenvolvimento e na aquisição dos nutrientes pelas plantas, demonstram o potencial da colonização do FMA para a proteção do cultivo de plantas para estresse salino em regiões áridas e semi-áridas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos neste trabalho foi conduzido um experimento, em condições de casa-de-vegetação, no período de 28 de setembro a 04 de novembro de 2007.

3.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, pertencente ao Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada no Campus do Pici, em Fortaleza/CE, numa altitude de 20 m acima do nível do mar, apresentado as seguintes coordenadas geográficas: latitude 3° 44' S e longitude 38° 33' W. A temperatura média no interior da casa-de-vegetação no decorrer do experimento foi de 30,6°C ± 4,5°C. Segundo a classificação de Köeppen, a região apresenta um clima do tipo Aw'.

3.2 Solo

O solo utilizado no experimento foi coletado da camada arável (0 – 20 cm) da área da Horta da UFC, sendo que os dados das análises físicas e químicas estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas da camada de 0-20 cm.

Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					Classificação textural	Grau de floculação (g 100g ⁻¹)	Densidade (g cm ⁻³)		Umidade (g 100g ⁻¹)		pH		CE (dS m ⁻¹)		
Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Argila natural			Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água útil	água			
610	310	60	20	10	Areia	50	1,68	2,81	2,39	1,29	1,10	5,60	0,13		
Complexo Sortivo (Cmol _c kg ⁻¹)								V (%)	m (%)	PST	C (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C/N	MO (g kg ⁻¹)	P Assimilável (mg kg ⁻¹)
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	S	T	63	11,3	3,4	3,3	0,34	10	5,69	6,5

3.3 Material vegetal

A variedade de melão utilizada no experimento foi o amarelo (*Cucumis melo* L. variedade *inodorus*) sendo suas sementes adquiridas em uma loja agropecuária. Antes da instalação do experimento, as sementes foram superficialmente esterilizadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 5% (v/v), seguida por várias lavagens com água destilada para retirada do excesso da substância esterilizante. Este procedimento evitou o transporte de qualquer propágulo de FMA nativos para o solo esterilizado dos vasos.

3.4 Água salina e solução nutritiva

Os níveis de salinidade do solo foram induzidos através da aplicação de água de diferentes condutividades elétricas (CEa). Os níveis de salinidade de 0,5; 1,5; 3,0 e 4,5 dS m⁻¹ foram obtidos a partir de água destilada com adição de NaCl obedecendo a relação entre CEa e concentração (mmol_cL⁻¹ = CE x 10).

A solução nutritiva utilizada no experimento foi a de Hoagland (Tabela 2), entretanto a sua composição foi modificada, com a omissão do fósforo, para cultivo das plantas. A omissão do fósforo foi realizada no intuito de promover uma resposta das plantas inoculadas com FMA, visto que, em ambiente com baixo suprimento de nutrientes, particularmente de fósforo, geralmente tais simbioses garantem benefícios para as plantas.

No decorrer do experimento foram realizadas seis aplicações dessa solução nutritiva contendo 200 mL cada e sendo aplicada em todos os tratamentos. O volume aplicado dessa solução foi determinado levando em consideração dois fatores. O primeiro estava relacionado com a análise do solo e conseqüentemente com a quantidade de nutrientes necessários para que não ocorresse uma deficiência nutricional nas plantas e o segundo estava relacionado com um volume que não proporcionasse lixiviação, evitando assim perdas de nutrientes.

Tabela 2. Composição da solução nutritiva de Hoagland modificada, com omissão de fósforo, para cultivo de plantas.

Composto	Elemento	Quantidade de elemento aplicado por vaso (mg)
Macronutrientes		
NH ₄ NO ₃	N	268,8
KNO ₃	K	283,2
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	Ca	192,0
MgSO ₄ .7H ₂ O	S	38,4
	Mg	28,8
Micronutrientes		
KCl	Cl	2,124
H ₃ BO ₃	B	0,324
MnSO ₄ .H ₂ O	Mn	0,132
ZnSO ₄ .7H ₂ O	Zn	0,156
CuSO ₄ .H ₂ O	Cu	0,036
H ₂ MoO ₄ (85% MoO ₃)	Mo	0,060
Na ₂ FeDTPA	Fe	1,344

3.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 2 (plantas não inoculadas e plantas inoculadas) x 4 (níveis de salinidade 0,5; 1,5; 3,0 e 4,5 dS m⁻¹) com 4 repetições, totalizando 32 unidades experimentais.

3.6 Instalação e condução do experimento

Foram utilizados vasos perfurados que continham 4,0 kg de solo. O solo utilizado em todos os vasos foi anteriormente seco ao ar, destorroado, peneirado em tamis de 2 mm e esterilizado por autoclavagem durante 2 horas a 127°C e 1 atm de pressão.

A inoculação com FMA foi realizada antes do plantio das sementes, sendo o inóculo constituído de 20 g de solo contendo fragmentos de raízes colonizadas e propágulos das espécies *Glomus clarum* e *Glomus intraradices*, cerca de 30 esporos g⁻¹ de solos, oriundos do Banco de Inóculo do Setor de Microbiologia do Solo do

Departamento de Ciências do Solo da UFC. O inóculo foi posicionado a cerca de 3 cm abaixo do local do plantio das sementes.

As sementes de melão foram plantadas no dia 28 de setembro e, após sete dias, foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por vaso, juntamente com a primeira aplicação de solução nutritiva. A aplicação de água salina foi iniciada seis dias após o desbaste e foi realizada sempre que necessária, a cada dois ou três dias variando de acordo com o desenvolvimento das plantas, mantendo-se a cada aplicação uma fração de lixiviação de 20% (Figura 1).

Aos 25, 29 e 37 dias após o plantio (DAP) foram realizadas medições da taxa fotossintética líquida, da taxa de transpiração e da condutância estomática em folhas completamente expandidas, utilizando-se um analisador de gás no infravermelho (IRGA, mod. LCI, ADC System, Hoddesdon, UK), em sistema aberto, com fluxo de ar de 300 mL min^{-1} . As medições ocorreram sempre entre 8:00 e 12:00 h, utilizando-se uma fonte de radiação artificial (cerca de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).



Figura 1. Disposição dos vasos na casa de vegetação na terceira aplicação de água salina (19 DAP).

3.7 Coletas das plantas e análise de crescimento

Ao término do experimento, 37 DAP, as plantas foram separadas em folhas, caules + pecíolos e raízes. As folhas coletadas de cada unidade experimental foram separadas de acordo com o seu posicionamento na planta, ou seja, metade superior (mais novas) e metade inferior (mais velhas), sendo então transportadas em isopor com gelo para a casa-de-vegetação do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, também localizada no Campus do Pici, para determinar a área foliar (AF), o que foi feita com o medidor de área LI-3100 (Área Meter, Li-Cor, Inc. Lincoln, NE, USA). Em seguida, as folhas foram pesadas para determinação da matéria fresca (MF) e congeladas em nitrogênio líquido, sendo então conservadas a baixas temperaturas (-25°C). Todas as folhas congeladas foram liofilizadas, pesadas, para a determinação da matéria seca (MS), e maceradas. Os caules + pecíolos foram coletados e pesados em balança analítica, para se determinar a MF. Posteriormente foram colocados em sacos de papel e postos para secar em estufa com circulação de ar em temperatura em torno de 65°C até atingir peso constante e então foram pesados, em balança analítica, para a determinação da MS. Após a determinação das medidas de crescimento o material liofilizado (folhas) foi utilizado para determinar os nutrientes minerais das folhas e os solutos orgânicos. Já o material seco em estufa (caules + pecíolos) foi utilizado apenas para a determinação dos elementos minerais.

As raízes de cada unidade experimental foram coletadas e colocadas em álcool a 70% para avaliação posterior da colonização micorrízica.

3.8 Colonização micorrízica arbuscular

A colonização micorrízica foi avaliada segundo a metodologia de coloração descrita por Philips & Hayman (1970). As raízes coletadas nos experimentos foram clarificadas através de aquecimento em KOH a 10% seguido de acidificação com HCl diluído e posterior coloração com solução corante de azul de tripano a 0,05%, a 90°C. A quantificação da colonização radicular foi feita pela observação de estruturas típicas dos fungos micorrízicos arbusculares na região do córtex de raízes coradas (Giovanetti & Mosse, 1980).

3.9 Dependência micorrízica (DM)

A dependência micorrízica (DM), definida por Gerdemann em 1975, foi estimada pela diferença entre as matérias secas das plantas inoculadas e não inoculadas com FMA, como um percentual da matéria seca de plantas inoculadas em relação às não inoculadas, de acordo com metodologia descrita por Plenchette et al. (1983).

$$DM = \frac{MS \text{ planta colonizada} - MS \text{ planta não colonizada}}{MS \text{ planta colonizada}} \times 100$$

3.10 Determinação dos elementos minerais na planta

Com o material foliar, liofilizado e macerado, e os caules + pecíolos, secos e moídos, foram determinados os teores dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e de Na, todos de acordo com Malavolta et al. (1997). Os elementos minerais Na, K, Ca, Mg e P foram extraídos pela digestão nítrico – perclórica. O extrato foi preparado a partir da digestão de 0,5 g do material vegetal em 6 mL da mistura de ácido nítrico (HNO₃) + ácido perclórico (HClO₄) na proporção de 2:1 (v/v). O homogenato foi deixado por uma noite em tubos de digestão. Em seguida, os tubos foram colocados em uma placa digestora no qual a temperatura foi gradativamente elevada até atingir 160°C, permanecendo nessa temperatura até o volume ser reduzido à metade. Posteriormente, a temperatura foi aumentada para 250°C, daí permanecendo até o extrato apresentar-se incolor. Quando o extrato atingiu a temperatura ambiente foi transferido para um balão volumétrico onde seu volume foi elevado, com água destilada, para 50 mL.

Com o extrato preparado, foram determinados os teores de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, sendo necessário a adição de estrôncio nos extratos de determinação. Os teores de Na e K foram determinados por fotometria de chama e o de P por colorimetria.

Para a determinação do nitrogênio total foi seguido o método do semi-micro-Kjeldahl. Para isso, 0,1 g do material vegetal (folhas e caules + pecíolos) foram colocados em tubos de digestão, onde posteriormente foram adicionados 2 mL de solução digestora (ácido sulfúrico concentrado, contendo 1,1 g de mistura catalisadora composta por sulfato de potássio e sulfato de cobre, na proporção em massa de 100/10,

respectivamente). Os tubos foram colocados na placa digestora a qual teve a temperatura gradativamente elevada até atingir 350°C. Ao final desse processo os tubos foram levados para o microdestilador, sendo adicionados 10 mL de água destilada e 10 mL de NaOH a 40%, contendo fenolftaleína. Os tubos foram submetidos a uma microdestilação, sendo o NH₃ liberado da solução contida no tubo e recuperado em um erlenmeyer contendo 5 mL de uma solução de ácido bórico a 0,02 N. O conteúdo de cada erlenmeyer foi titulado com solução de H₂SO₄ a 0,02 M.

Para determinação de Cl⁻ foi preparado um extrato aquoso, em que 100 mg do material liofilizado (folhas) ou seco em estufa (caules + pecíolos) foi macerado em almofariz com 10 mL de água deionizada, sendo essa mistura mantida sob agitação constante por 1 h à temperatura ambiente (25°C). Após agitação, o homogenato foi centrifugado a 3.000 x g por 5min, sendo o precipitado descartado e o sobrenadante congelado (extrato). A concentração de Cl⁻ foi determinada de acordo com Gaines et al. (1984). Para isso uma alíquota de 0,2 mL do extrato aquoso foi colocada em tubos de ensaio juntamente com 2,8 mL de água deionizada e 0,5 mL da mistura reativa feita com Hg(SCN)₂ a 13,2 mM, em metanol absoluto, e Fe(NO₃)₃ a 20,2%, em água deionizada, na proporção de 4:1. Essa mistura foi agitada vigorosamente e, após repouso por 15 min, foram efetuadas as leituras de absorbância em 460 nm. A curva de calibração foi preparada utilizando-se NaCl com padrão, sendo o extrato dosado em duplicata.

3.11 Determinação de solutos orgânicos

Para a determinação dos solutos orgânicos (carboidratos solúveis, N-aminossolúveis e prolina), foi preparado um extrato base a partir do pó liofilizado dos tecidos foliares (folhas novas e folhas velhas). Na preparação desse extrato, 100 mg do material foram macerados em almofariz com 10 mL de água deionizada, sendo a mistura mantida sob agitação constante por 1 h à temperatura ambiente (25°C). Em seguida, o homogenato foi centrifugado a 3.000 x g por 5 min, sendo o precipitado descartado e o sobrenadante congelado a -30°C.

3.11.1 Carboidratos solúveis

Os carboidratos solúveis foram determinados de acordo com Dubois et al. (1956). Em tubos de ensaio, foram adicionadas alíquotas de 0,5 mL do extrato base, 0,5 mL de fenol a 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Essa mistura foi agitada vigorosamente e deixada em repouso por 10 min para seu resfriamento. Em seguida, os carboidratos solúveis foram quantificados em espectrofotômetro a 490 nm, sendo usado como branco a mistura formada de 0,5 mL de água destilada, com 0,5 mL de fenol a 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Os teores de carboidratos solúveis foram determinados mediante uma curva padrão, utilizando D(+) glicose anidra, sendo os resultados foram expressos em $\mu\text{mol kg}^{-1}$ MS. Cada extrato foi dosado em duplicata.

3.11.2 N-aminossolúveis

A determinação de N-aminossolúveis foi realizada conforme o método descrito por Yemm & Cocking (1955). Em tubos de ensaio com tampas rosqueadas, foram adicionados 0,1 mL do extrato base, 1,250 mL do tampão citrato de sódio (pH 5,0) a 0,2 M, 0,5 mL de KCN a 0,1M e 0,1 mL de ninhidrina a 5%, em metilcelosolve a 100%. Em seguida, os tubos foram fechados, agitados vigorosamente e colocados em banho-maria a 100°C por 15 min. A reação foi interrompida abruptamente colocando-se os tubos em banho de gelo e, após resfriamento, foram adicionados 0,65 mL de etanol a 60% para fixar a cor desenvolvida (violeta), a qual permanece estável por até três horas. As leituras foram efetuadas em espectrofotômetro a 570 nm, sendo o branco preparado com 0,6 mL da mistura reveladora (0,5 mL de KCN a 0,1M + 0,1 mL de ninhidrina a 5%) e 1,350 mL do tampão citrato a 0,2 M, pH 5,0. Os teores de N-aminossolúveis foram determinados com base em uma curva padrão ajustada a partir de concentrações crescentes de L-glicina, sendo os resultados expressos em $\mu\text{mol kg}^{-1}$ MS. Cada extrato foi dosado em duplicata.

3.11.3 Concentração de prolina livre

A determinação de prolina foi realizada pelo método de Bates et al. (1973), com o uso do reagente da ninidrina ácida (1,25 g de ninidrina dissolvidos em 30 mL de

ácido acético glacial e 20 mL de ácido fosfórico a 6,0 M). Para a reação, foram adicionados em tubos de ensaio com tampas rosqueadas 1 mL do extrato base, 1 mL de ninidrina ácida e 1 mL de ácido acético glacial, sendo a mistura aquecida em banho-maria a 100°C, por uma hora, para o desenvolvimento da cor. Em seguida, a reação foi interrompida por meio de uma imediata redução de temperatura mediante o contato dos tubos de ensaio com água a 2°C durante 10 min. Após o resfriamento, 2 mL de tolueno foram adicionados aos tubos, sendo os mesmos submetidos à agitação vigorosa por aproximadamente 15 min. Os tubos foram deixados em repouso, sendo observada a formação de uma fase superior (cromóforo + tolueno) e outra inferior. Com o auxílio de uma pipeta Pasteur, a fase superior, com coloração avermelhada, foi aspirada e colocada numa cubeta de quartzo para as leituras de absorvância em 520 nm, sendo o tolueno usado como branco. Os teores de prolina livre foram estimados com base em uma curva padrão ajustada a partir de concentrações crescentes de L-prolina e os resultados foram expressos em $\mu\text{mol kg}^{-1}$ MS. Cada extrato foi dosado em duplicata.

3.12 Análise estatística

Os dados experimentais obtidos, de todas as variáveis estudadas, foram submetidos à análise de variância (teste F) e de regressão. A escolha dos modelos de regressões baseou-se na significância dos coeficientes de determinação ao nível de 1 e 5% de probabilidade. Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, adotou-se o programa estatístico SAEG/UFV.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito da salinidade no crescimento da planta

No presente estudo, observou-se que o crescimento do melão foi influenciado significativamente pelos tratamentos salinos ($p < 0,01$), pela associação simbiótica com os FMA ($p < 0,01$) e pela interação de ambos ($p < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação (CV) para AF e MS nas folhas, caules + pecíolos e na parte aérea total de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade.

Fonte de Variação	MS			AF
	Folhas	Caules + pecíolos	Parte aérea total	
Tratamento salino	8,50**	4,23**	24,31**	312047,3**
Tratamento micorrízico	4,60**	3,92**	17,01**	608152,8**
Trat. salino x Trat. micorrízico	1,28**	0,55*	3,48**	158119,0**
Resíduo	0,09	0,156	0,39	10022,5
CV (%)	10,53	16,41	11,92	12,79

** Significativo pelo teste F a 1%; * Significativo pelo teste F a 5%; ^{NS} Não Significativo.

As plantas inoculadas com os FMA apresentaram um decréscimo linear na produção de matéria seca das folhas, dos caules + pecíolos e da parte aérea total com o aumento dos níveis de salinidade, enquanto que nas plantas não inoculadas a produção de matéria seca ajustou-se a uma tendência quadrática, sendo observado um aumento da

produção do tratamento salino se 0,5 para 1,5 dS m⁻¹ com uma posterior diminuição com o aumento da salinidade (Figura 2 A1, A2 e A3).

Tavares (2007), em estudos com plantas jovens de sabiá, também encontrou uma redução na matéria seca das folhas e do caule, entretanto verificou que a salinidade reduziu de forma linear a matéria seca da parte aérea (folha e caule) das plantas não inoculadas e de forma quadrática as plantas inoculadas com FMA.

Levando em consideração todos os níveis de salinidade, foi possível constatar que as plantas inoculadas com FMA apresentaram, em média, maior produção de matéria seca da parte aérea das folhas, caules + pecíolos e parte aérea total, respectivamente 30, 36 e 33%, quando comparadas com as não inoculadas. Tian et al. (2004), estudando a cultura do algodão, verificaram um aumento da matéria seca da parte aérea de até 68% das plantas inoculadas com FMA em relação às não inoculadas, sob diferentes níveis de salinidade do solo. Yano-Melo et al. (2003) verificaram em bananeiras colonizadas com FMA, em particular com a espécie *Glomus clarum*, um aumento de 83% da matéria seca na parte aérea em relação às não colonizadas sob diferentes níveis de salinidade. Resultados semelhantes de maior produção de matéria seca da parte aérea de plantas colonizadas em relação às não colonizadas em diferentes níveis de salinidade foram encontrados em outros estudos (Ruiz-Lozano & Azcón, 2000; Al-Karaki et al., 2001; Giri et al., 2003; Asghari et al., 2005; Sharifi et al., 2007).

A área foliar teve comportamento semelhante ao da matéria seca, apresentando decréscimos lineares nas plantas colonizadas com o aumento dos níveis de salinidade da água aplicada, enquanto que as plantas não colonizadas apresentaram um aumento do primeiro para o segundo nível de salinidade com uma posterior diminuição, aproximando-se a uma tendência quadrática (Figura 2 B). Em média, as plantas colonizadas apresentaram-se com 47% a mais de área foliar que as não colonizadas em relação aos diferentes níveis de salinidade. Yano-Melo et al. (2003) verificaram um aumento de 60% na área foliar das plantas colonizadas em relação às plantas não colonizadas sob diferentes níveis de salinidade. Al-Karak et al. (2001), estudando duas cultivares de tomate, também encontraram áreas foliares maiores em plantas micorrizadas submetidas a níveis crescentes de salinidade.

Os valores das matérias secas das folhas, caules + pecíolos, parte aérea total e área foliar das plantas não inoculadas com FMA no primeiro nível do tratamento salino (0,5 dS m⁻¹) foram bem menores que os verificados nas plantas inoculadas. Esse resultado está associado a um distúrbio no crescimento dessas plantas verificado nos

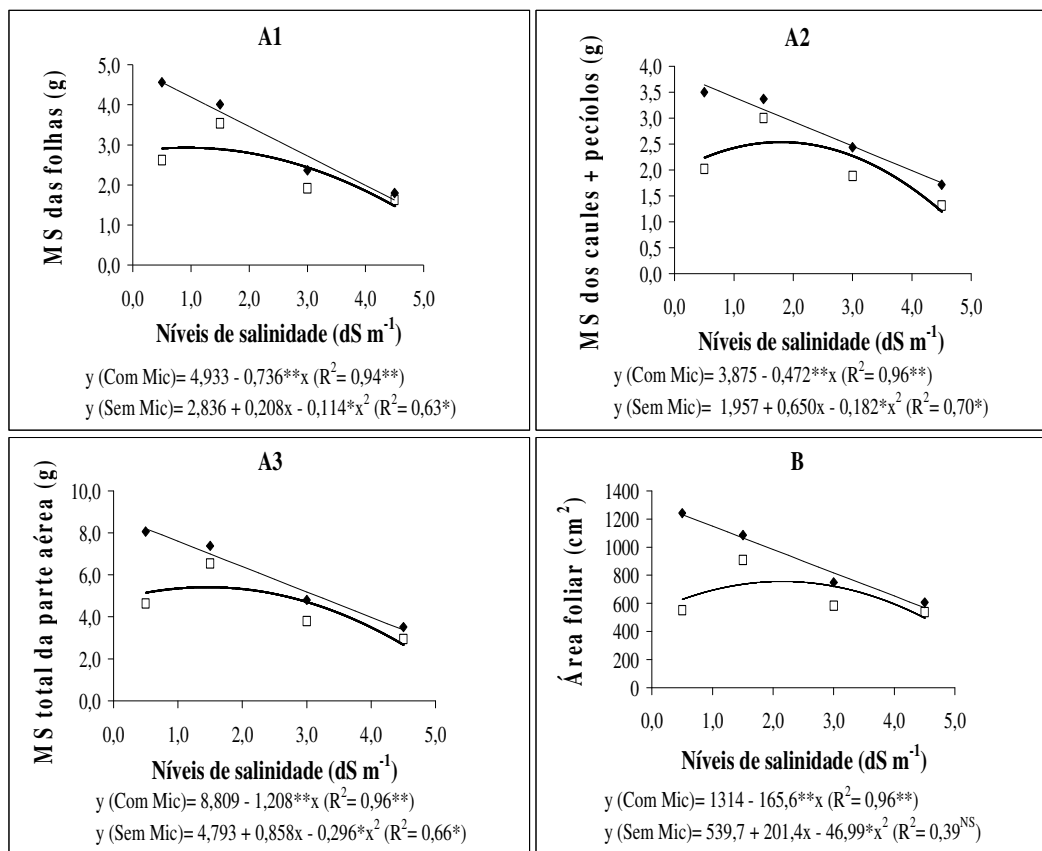


Figura 2. Medidas de crescimento: Matéria seca (MS das folhas= A1, MS dos caules + pecíolos= A2, MS total da parte aérea= A3) e área foliar (B) do meloeiro inoculado (◆) e não inoculado (□) com FMA submetido a níveis crescentes de salinidade. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; * Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

últimos dias do experimento. Portanto, é provável, que tenha ocorrido um estresse nutricional em baixos níveis de salinidade nas plantas não inoculadas, visto que as mesmas não receberam fósforo na solução nutritiva. Assim, os níveis de P extraídos do solo pelas raízes e, possivelmente de outros nutrientes, não foi suficiente para as plantas sob condições controle. Esse efeito decresceu nos demais tratamentos salinos (CE= 1,5; 3,0 e 4,5 dS m⁻¹), visto que a salinidade crescente reduziu o crescimento e, conseqüentemente, menos nutriente foi requerido por essas plantas. As plantas inoculadas também não foram influenciadas sob condições de baixa salinidade porque a associação com FMA induz a uma exploração mais eficiente do solo, proporcionando assim maior absorção de nutrientes além de proporcionar outros benefícios à planta hospedeira. Feijão (2007), estudando os efeitos do nitrato no crescimento, no acúmulo de íons e nas trocas gasosas em plantas de milho submetidas à salinidade, concluiu que, em baixos níveis de nitrato, o estresse nutricional é mais limitante para o crescimento das plantas do que o estresse salino.

Os resultados das medidas de crescimento, excluindo os valores influenciados pelo distúrbio nutricional, mostraram que as plantas associadas com os FMA apresentaram, em média, melhor desempenho que as plantas não associadas, já que em praticamente todos os níveis de salinidade estas apresentaram os maiores valores de matéria seca da parte aérea e da área foliar. Além disso, os FMA foram essenciais ao desenvolvimento normal do meloeiro irrigado com água de 0,5 dS m⁻¹. Provavelmente, esses resultados estão associados a fatores e interações característicos da simbiose com os FMA. É importante ressaltar que os efeitos negativos da salinidade sobre o crescimento das plantas devem-se, em parte, às alterações em processos fisiológicos essenciais, como taxa de assimilação de CO₂, de respiração entre outros, sendo possível que as plantas associadas com os FMA apresentem resultados superiores a essas taxas quando comparadas com plantas não colonizadas.

4.2 Condutância estomática, transpiração e fotossíntese

A condutância estomática (g_s), a taxa de transpiração (E) e a taxa fotossintética (A) foram influenciadas significativamente pelos níveis crescentes de salinidade da água aplicada ($p < 0,01$), pela associação com os FMA ($p < 0,05$) e pelas diferentes épocas das coletas de dados ($p < 0,01$) (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação (CV) para condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E) e taxa fotossintética (A) medidas em diferentes dias após o plantio em plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com água de diferentes níveis de salinidade.

Fonte de variação	g_s	E	A
Tratamento salino	0,08**	3,00**	64,35**
Tratamento micorrízico	0,03**	1,35*	53,72**
Época	0,57**	13,05**	428,58**
Tratamento salino x Tratamento micorrízico	0,01*	0,16 ^{NS}	6,25*
Tratamento salino x Época	0,02**	0,27 ^{NS}	8,45**
Tratamento micorrízico x Época	0,03**	1,03*	33,01**
Trat. salino x Trat. micorrízico x Época	0,008 ^{NS}	0,24 ^{NS}	6,02*
Resíduo	0,004	0,3	2,37
CV (%)	23,21	15,56	11,13

** Significativo pelo teste F a 1%; * Significativo pelo teste F a 5%; ^{NS} Não Significativo.

A condutância estomática (g_s) decresceu com o aumento da salinidade e com o tempo de estresse salino (Figura 3 A), fato também evidenciado por Távora et al. (2001), estudando o crescimento e as relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl, e por Bezerra et al. (2003) estudando a fotossíntese de plantas de cajueiro-anão precoce submetidas ao estresse salino.

As folhas das plantas inoculadas apresentaram, nas leituras feitas aos 25 DAP, uma menor condutância estomática quando comparadas com as plantas não inoculadas. Entretanto, aos 29 e 37 DAP essa tendência mudou e as plantas inoculadas apresentaram uma g_s significativamente maior em todos os níveis de salinidade (Figura 3 A). Aos 25 DAP, as plantas não inoculadas apresentaram um acréscimo de 17, 18, 43 e 15% na g_s quando comparadas com as inoculadas nos respectivos níveis de salinidade 0,5; 1,5; 3,0; 4,5 dS m⁻¹, enquanto que aos 29 e 37 DAP as plantas inoculadas apresentaram, respectivamente, acréscimos de 30, 31, 17, 38% e 30, 33, 33, 36% nos mesmos níveis de salinidade (Figura 3 A), demonstrando assim, a importância da associação simbiótica do meloeiro com os FMA em relação aos tratamentos salinos e sobre o tempo de exposição ao estresse.

A taxa de transpiração (E) foi afetada pelo aumento da salinidade, principalmente nos níveis mais elevados, apresentando, de maneira geral, decréscimos à medida que níveis de salinidade aumentaram (Figura 3 B), fato também relatado por

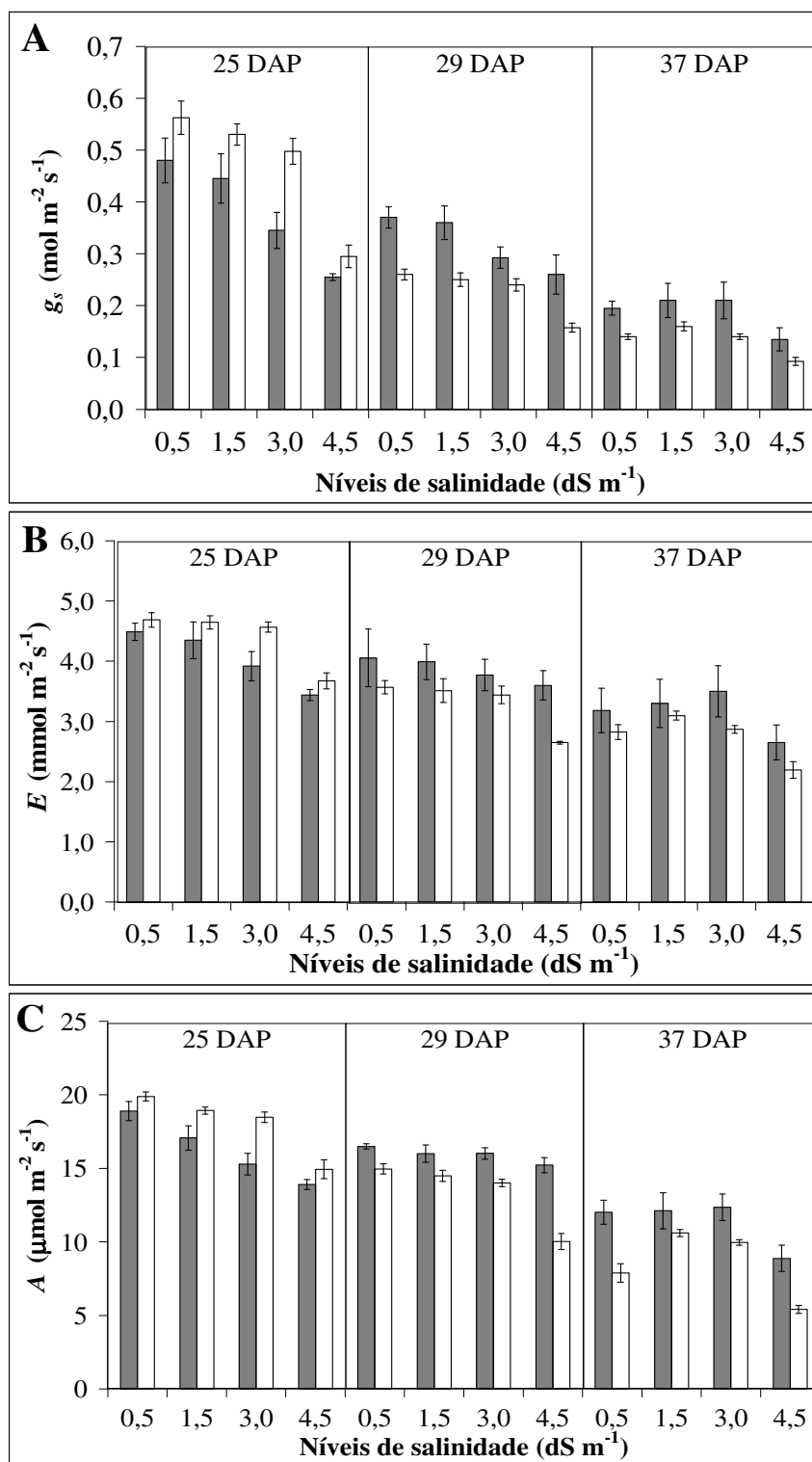


Figura 3. Condutância estomática (A), taxa de transpiração (B) e taxa fotossintética (C) em folhas maduras de meloeiro inoculado (■) e não inoculado com FMA (□), em função dos níveis de salinidade da água de irrigação em diferentes épocas de medição (dias após o plantio, DAP). As barras representam o erro padrão.

outros autores (Távora et al., 2001; Sousa 2006). A redução da E está associada ao fechamento parcial dos estômatos que, segundo Peyrano et al. (1997), pode ocorrer em função da redução na condutividade hidráulica do sistema radicular provocada pelo estresse salino.

Aos 25 DAP, a E foi estatisticamente igual para as plantas inoculadas e não inoculadas com FMA em relação aos níveis crescentes de salinidade, exceto no nível de salinidade de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ onde as plantas não inoculadas com os fungos apresentaram um maior valor. Aos 29 DAP as plantas inoculadas e não inoculadas com FMA também apresentaram taxas estatisticamente iguais, entretanto no último nível de salinidade ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$) verificou-se que as plantas inoculadas com FMA apresentaram um aumento de 26,4% na E em relação as não inoculadas. Nas leituras realizadas aos 37 DAP as plantas inoculadas com FMA tenderam, nos níveis de salinidade de $3,0$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, a apresentar uma taxa de transpiração mais elevada que as das plantas não inoculadas, apresentando acréscimos de 18 e 17%, respectivamente (Figura 3 B).

A taxa fotossintética (A) no meloeiro inoculado e não inoculado com FMA, da mesma forma que na g_s e E , também apresentou uma tendência de diminuição em relação aos níveis de salinidade e com o tempo de exposição ao estresse (Figura 3 C). A redução nos valores de A em relação aos níveis crescentes de salinidade pode ser atribuída, em grande parte, às limitações estomáticas, uma vez que houve forte interação entre g_s e A nos períodos estudados (Figura 4). Observações similares de redução da fotossíntese em função da salinidade sendo atribuída, em grande parte, às limitações estomáticas também foram evidenciados por Bezerra et al. (2005).

Observando as leituras de trocas gasosas realizadas aos 25 DAP foi possível verificar que nos níveis intermediário de salinidade ($1,5$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$) as plantas não inoculadas com FMA apresentaram maior valor de A que as inoculadas, enquanto que nos outros níveis, mais baixo ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$) e mais alto ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$), os valores foram estatisticamente iguais. Aos 29 e 37 DAP as plantas inoculadas com FMA apresentaram maior valor de A quando comparadas com as não inoculadas em todos os níveis de salinidade, sendo constatado no tratamento salino de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ acréscimos de 34% e 39%, respectivamente (Figura 3 C). É possível, que as maiores taxas fotossintéticas verificadas nas plantas inoculadas com FMA estejam relacionados a uma melhor condição fisiológica proporcionada pela associação simbiótica estabelecida, visto que essas plantas apresentaram melhor crescimento (Figura 2).

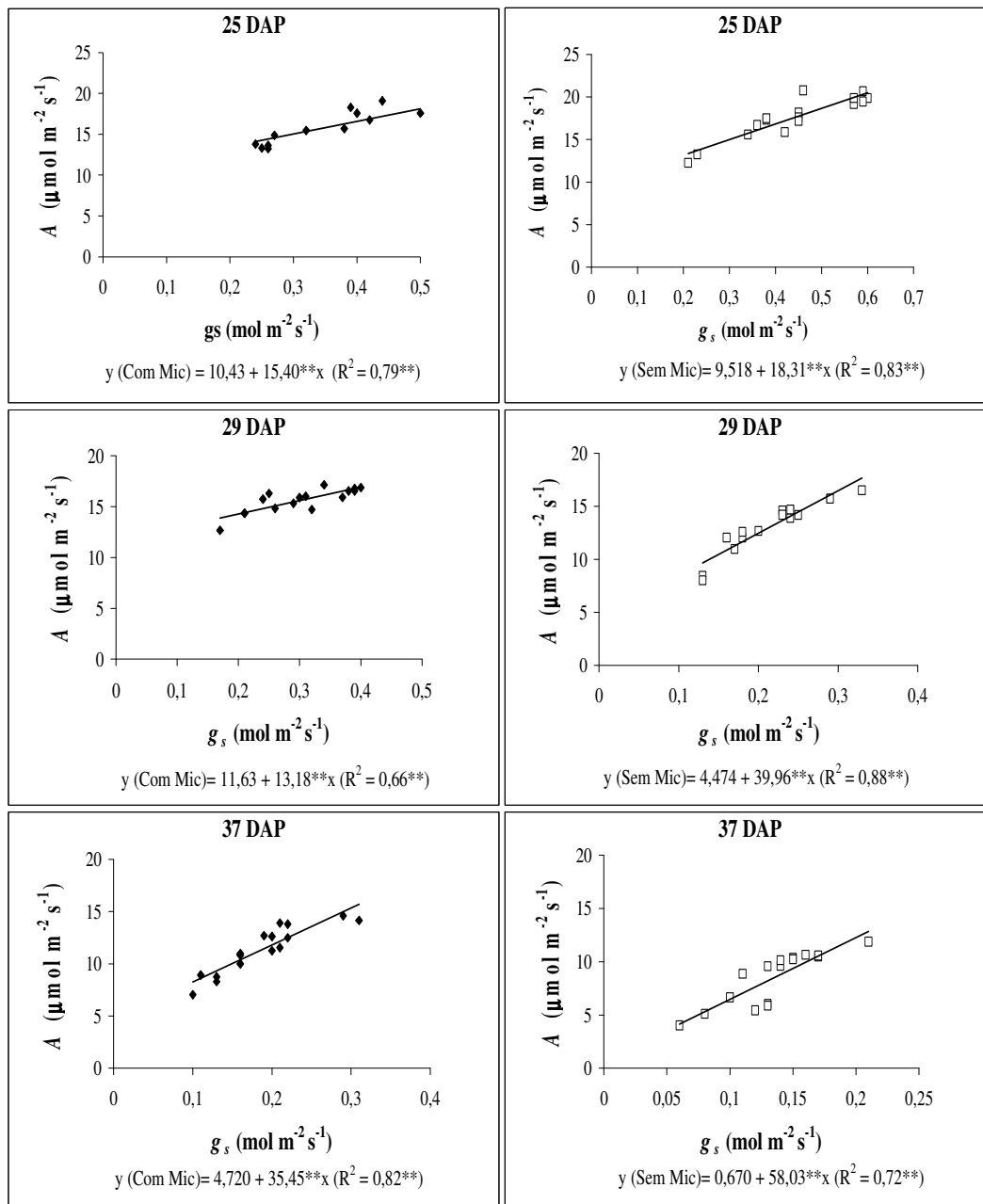


Figura 4. Condutância estomática (g_s) vs taxa fotossintética (A) em folhas maduras de melão inoculado (\blacklozenge) e não inoculado (\square) com FMA submetidos a diferentes níveis de salinidade em diferentes épocas (dias após o plantio, DAP). Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; * Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

Com os resultados encontrados de condutância estomática, taxa de transpiração e taxa fotossintética pode-se concluir que a eficiência da associação simbiótica entre os FMA e o meloeiro varia de acordo com o desenvolvimento dessa planta. Aos 25 DAP o meloeiro foi pouco influenciado por essa associação, entretanto com o desenvolvimento da planta e com o aumento da duração do estresse salino a simbiose passou a influenciar de forma mais intensa, aumentando assim os valores das trocas gasosas na maioria dos níveis de salinidade.

4.3 Efeito da salinidade nas variáveis microbiológicas

Na avaliação da colonização radicular foi verificada, em todas as plantas inoculadas com FMA, a presença de estruturas características dos fungos micorrízicos arbusculares. Nas plantas não inoculadas com FMA a percentagem de colonização foi zero.

Os resultados encontrados mostram um pico de colonização no tratamento com água de irrigação de $CEa = 1,5 \text{ dS m}^{-1}$ e a partir dessa uma tendência de diminuição (Figura 5). Yano-Melo et al. (2003) também verificaram picos de colonização de raiz em plantas inoculadas com *Glomus clarum* com uma posterior diminuição devido ao aumento dos níveis de salinidade. Entretanto, em plantas associadas com a espécie de FMA *Acaulospora scrobiculata* a colonização aumentou linearmente até o último nível de salinidade estudado por esses autores ($7,39 \text{ dS m}^{-1}$). Saint-Etienne et al. (2006), estudando *Pterocarpus officinalis* (Jacq.) em duas estações (chuvosa e seca), verificaram que a percentagem de colonização de FMA diminui linearmente com o aumento da salinidade do solo. Asghari et al. (2005), estudando *Atriplex nummularia*, também verificaram uma diminuição na colonização de raízes por FMA com o aumento da salinidade e ainda encontraram que essa colonização apresentava-se maior quando as plantas estão em seu ambiente natural (colonização micorrízica = 30%) do que quando cultivadas em casa-de-vegetação (colonização micorrízica = 1 a 2%). Conforme os mesmos autores, essa diferença na percentagem de colonização foi atribuída a fatores e interações entre os FMA e o hospedeiro característicos das condições de campo.

Segundo Juniper & Abbott (2006), a adição de NaCl no solo inibe a germinação de esporos e o comprimento de hifas/esporos de FMA. Esse fato pode explicar, em parte, a redução da colonização radicular das plantas submetidas a estresse salino. Entretanto, a diferença entre espécies e a capacidade para germinar seus esporos

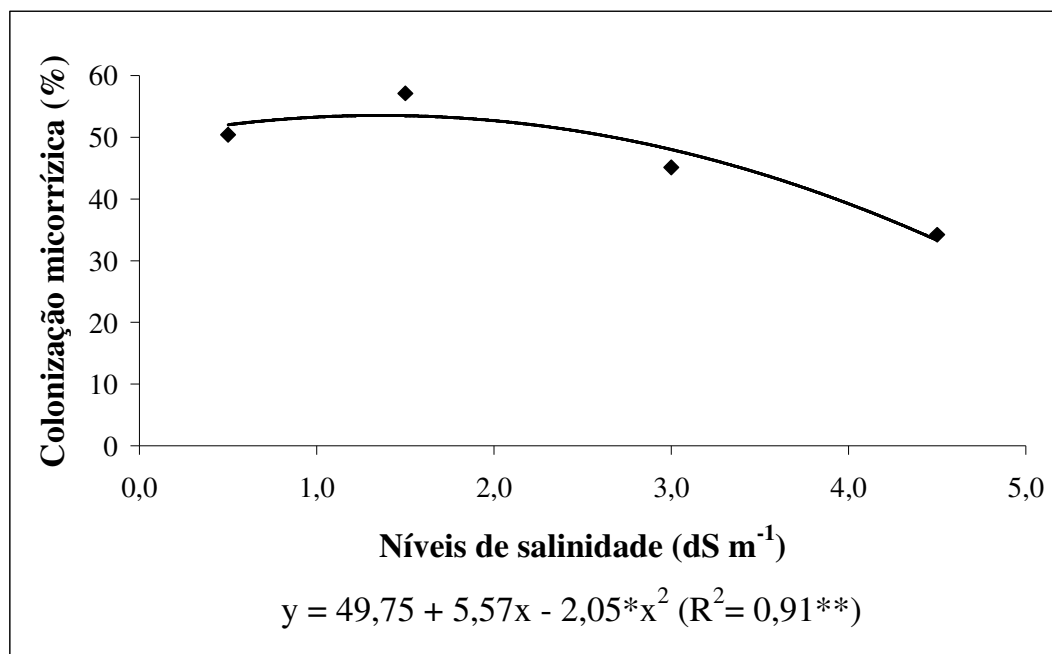


Figura 5. Percentagem de colonização micorrízica arbuscular em raízes de meloeiro cultivado em diferentes níveis de salinidade de água de irrigação. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; * Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

e se desenvolver na presença de NaCl geram diferentes resultados de colonização de raízes. Carvalho et al. (2004) verificaram que isolados de FMA extraídos de diferentes áreas apresentavam diferentes respostas para percentagem de germinação de esporos em diferentes concentração de NaCl no solo.

García & Mendoza (2007), estudando a associação simbiótica entre plantas e FMA em solo salino-sódico, constataram que a percentagem de colonização de raiz apresenta-se diferente entre espécies de plantas e entre algumas estações do ano. Segundo os autores, a diferença na colonização entre espécies de plantas pode ser atribuída a interação entre a taxa de crescimento das raízes da planta e do fungo nas diferentes estações do ano.

O valor percentual médio para a dependência micorrízica (DM) encontrado nesse experimento (Figura 6), levando-se em consideração todos os níveis de salinidade, foi classificado como “médio” segundo dados adaptados de Howeler et al. (1987) por Miranda & Miranda (2004). Entretanto, tal classificação ainda é meramente um referencial questionável, uma vez que mais pesquisas são necessárias para o estabelecimento de limites adequados às diversas interações e condições ambientais. O maior valor de DM foi constatado nas plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 6). Essa resposta pode ser explicada pelo distúrbio nutricional das plantas não inoculadas com FMA ocorrido no tratamento a $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ de salinidade, pois como foi visto no item 4.1, as plantas não inoculadas com FMA nesse tratamento apresentaram produção de matéria seca bem menores que as inoculadas. A partir do tratamento a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ o valor da DM apresentou uma tendência de diminuição (Figura 6). Tavares (2007) apresentou resultados que indicam que o estado nutricional das plantas pode ser um fator controlador da associação, pois plantas de sabiá não adubadas com material orgânico apresentaram uma DM maior que as adubadas sob níveis crescentes de salinidade da água de irrigação. O mesmo autor também constatou que as plantas de sabiá, adubadas com composto orgânico, reduziram linearmente os valores de DM com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação. Em contraste, Tian et al. (2004), estudando a cultura do algodão sob níveis crescentes de salinidade, verificaram que o aumento dos níveis de NaCl do solo proporcionaram um aumento na DM.

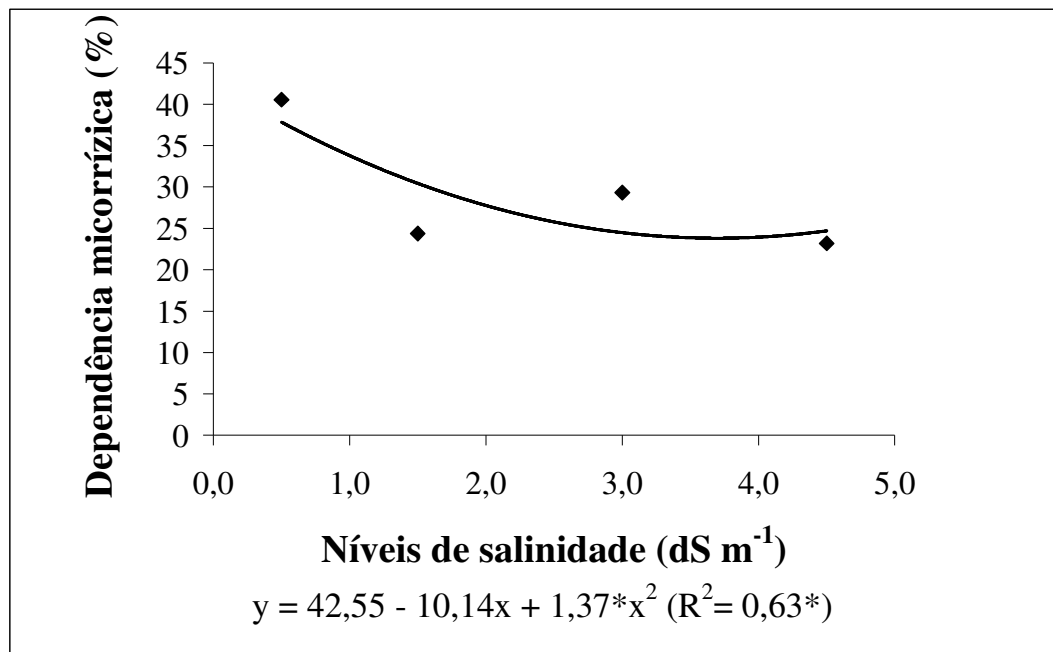


Figura 6. Percentagem de dependência micorrízica arbuscular em raízes de melão cultivado em diferentes níveis de salinidade de água de irrigação. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; * Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

As respostas das plantas submetidas a estresse salino em relação às variáveis microbiológicas são pouco relatadas na literatura e apresentam resultados muito variados. Essa diferença de resultados pode estar associada tanto às características intrínsecas do fungo quanto a sua capacidade de germinação ou de colonizar a planta hospedeira em condições salinas, ou pode estar relacionada às características fisiológicas ou fenológicas do hospedeiro. No entanto, é importante ressaltar que há uma associação simbiótica entre a planta e o fungo, ou seja, uma interação mútua de benefícios. Dessa forma, é provável que as diferenças de resultados estejam relacionadas aos mecanismos ainda desconhecidos dessa associação.

4.4 Efeito da salinidade nos teores e nos conteúdos de nutrientes das plantas

4.4.1 Nitrogênio, fósforo e potássio

As folhas mais novas da cultura do melão não apresentaram diferenças significativas nos teores de nitrogênio (N) em relação aos níveis crescentes de salinidade da água de irrigação e em relação à associação simbiótica com os FMA ($p>0,05$), entretanto na interação dos tratamentos foi possível constatar diferenças significativas nos teores desse elemento ($p<0,05$) (Tabela 5). Dessa forma, é possível afirmar que a influência conjunta das fontes de variação (micorriza e salinidade) proporcionou, em pelo menos um nível de salinidade, diferenças entre os teores de N das folhas mais novas das plantas inoculadas com FMA em comparação com as não inoculadas. Observando a figura 7 A1 é possível constatar que no nível de salinidade de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ os teores de N das folhas mais novas das plantas inoculadas com FMA foram maiores que as das não inoculadas.

As folhas mais velhas de meloeiro apresentaram diferenças significativas nos teores de N em relação aos tratamentos salinos ($p<0,01$), sendo que em relação ao tratamento micorrízico não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$), entretanto na interação dos tratamentos foi possível constatar diferenças significativas nos teores desse elemento ($p<0,01$) (Tabela 5). Nas plantas inoculadas com FMA os teores de N ajustaram-se a uma tendência quadrática sob os níveis crescentes de salinidade, apresentando um aumento nos teores N até a salinidade $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ e uma posterior diminuição. Nas plantas não inoculadas os teores de N ajustaram-se a uma tendência linear decrescente (Figura 7 A2).

Tabela 5. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação (CV) para teores e conteúdo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade.

Elementos minerais	Fração	Fonte de variação			Resíduo	CV (%)
		Tratamento salino	Tratamento micorrízico	T. salino x T. mic.		
N	Folhas mais novas	137,56 ^{NS}	62,85 ^{NS}	200,60*	55,44	19,64
	Folhas mais velhas	18,92**	1,79 ^{NS}	28,19**	3,42	6,19
	Caules + pecíolos	14,46**	9,02*	14,73**	2,04	9,27
	Planta	12917,40**	12108,60**	758,24*	216,13	11,60
P	Folhas mais novas	0,11 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,16	17,10
	Folhas mais velhas	0,11**	0,05 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,02	14,13
	Caules + pecíolos	0,04**	0,62**	0,13**	0,004	5,52
	Planta	24,20**	54,98**	2,53*	0,74	12,65
K	Folhas mais novas	98,14**	147,46**	93,88**	4,46	9,36
	Folhas mais velhas	28,78*	139,95**	32,09*	8,7	16,96
	Caules + pecíolos	1052,01**	68,05 ^{NS}	88,49*	30,02	17,07
	Planta	33114,55**	6459,28**	1902,73**	331,76	13,46

** Significativo pelo teste F a 1%; * Significativo pelo teste F a 5%; ^{NS} Não Significativo.

Os caules + pecíolos apresentaram diferenças significativas nos teores de N em relação aos tratamentos salinos ($p < 0,01$), ao tratamento micorrízico ($p < 0,05$) e na interação desses tratamentos ($p < 0,01$) (Tabela 5). Nas plantas inoculadas com FMA os teores de N ajustaram-se a uma tendência quadrática em relação aos níveis crescentes de salinidade, apresentando um aumento nos teores desse elemento até a salinidade de 3,0 dS m^{-1} e uma posterior diminuição. Nas plantas não inoculadas com FMA os teores de N também se ajustaram a uma tendência quadrática, entretanto o comportamento dos teores de N foi inverso ao observado nas plantas inoculadas (Figura 7 A3).

Tavares (2007), estudando plantas jovens de sabiá submetidas a estresse salino, constatou que tanto nas plantas inoculadas quanto nas não inoculadas com FMA os teores de N no caule aumentaram de forma significativa com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação, enquanto que os teores nas folhas não foram estatisticamente significativos. Cantrell & Linderman (2001), estudando alface e cebola

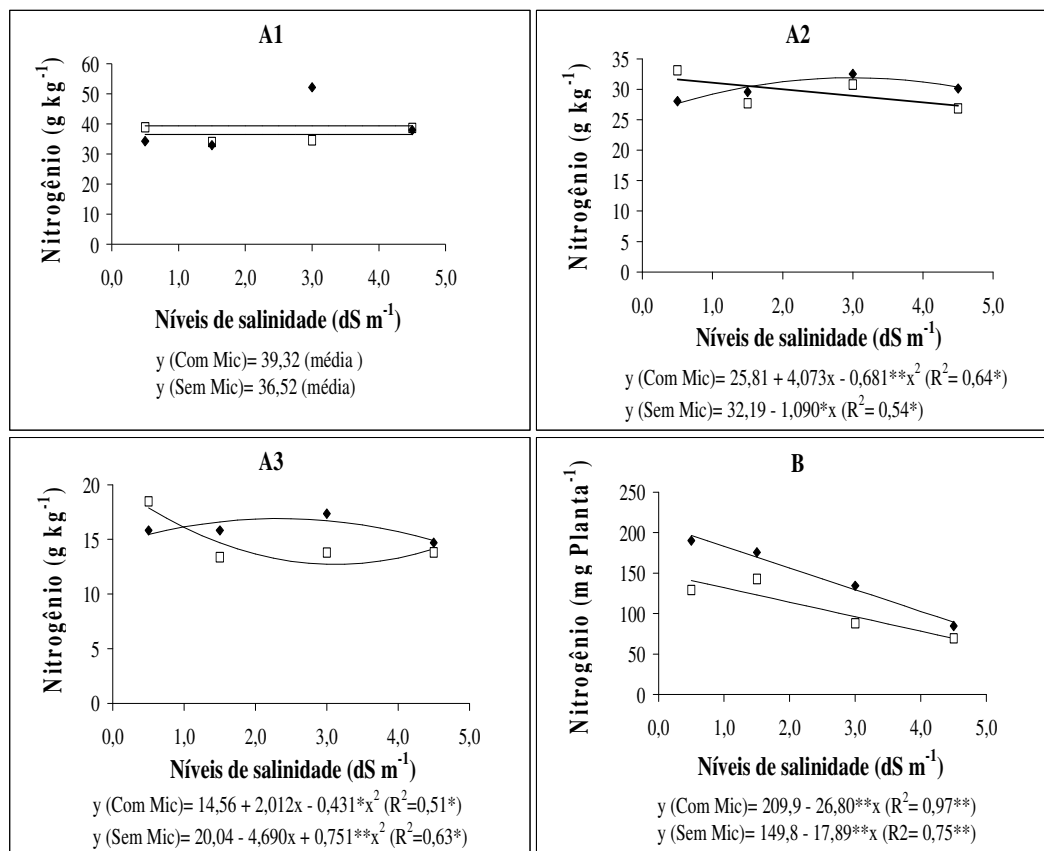


Figura 7. Teores de nitrogênio nas folhas mais novas (A1), folhas mais velhas (A2), caules + pecíolos (A3) e conteúdo de N (B) em meloeiro inoculado (◆) e não inoculado (□) com FMA cultivado em níveis crescentes de salinidade. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

não inoculadas e inoculadas com espécies de FMA isoladas de áreas salinas e não salinas, verificaram que os teores de nitrogênio da parte aérea da alface não apresentaram diferenças significativas em relação aos tratamentos micorrízicos sob níveis crescentes de salinidade do solo. Entretanto, os teores de N da parte aérea da cebola apresentaram valores significativos e as plantas não inoculadas com FMA foram as que tiveram os maiores teores de N em todos os níveis de salinidade (2, 4, 8 e 12 dS m⁻¹).

O conteúdo de N foi afetado significativamente em relação aos tratamentos salinos ($p < 0,01$), ao tratamento micorrízico ($p < 0,01$) e na interação dos tratamentos ($p < 0,05$) (Tabela 5). Tanto as plantas inoculadas com FMA quanto as não inoculadas apresentaram decréscimos lineares no conteúdo desse elemento com o aumento nos níveis de salinidade (Figura 7 B), mas as plantas inoculadas com FMA apresentaram maior conteúdo de nitrogênio que as não inoculadas em todos os níveis de salinidade. Possivelmente, esse fato está relacionado a maior eficiência das plantas na produção de MS e na absorção de N quando associada aos FMA. Ruiz-Lozano & Azcón (2000), estudando o cultivo de alface associado a fungos micorrízicos arbusculares em condições de estresse salino, também observaram que as plantas inoculadas com FMA (isolados de área salina) apresentaram um aumento no conteúdo de N em relação às não inoculadas sob condições crescentes de salinidade. Os mesmos autores ainda verificaram que as plantas inoculadas com *Glomus* sp. (proveniente de áreas não salinas) foram mais eficientes para acumular N nos níveis de salinidade mais elevados.

Os teores de Fósforo (P) nas folhas mais novas não diferiram significativamente com o aumento da salinidade da água aplicada, com a associação de FMA e com a interação salinidade e FMA ($p > 0,05$) (Tabela 5). Com esses resultados, pode-se afirmar que os teores de P, nas folhas mais novas, são estatisticamente iguais em relação aos níveis crescentes de salinidade e em relação à associação com os FMA.

Os teores de P nas folhas mais velhas diferiram significativamente com os níveis crescentes de salinidade ($p < 0,01$), enquanto que em relação à associação com os FMA e a interação salinidade e FMA não houve diferença significativa ($p > 0,05$). Os teores de fósforo nessas folhas ajustaram-se a uma tendência quadrática em relação aos níveis crescentes de salinidade, diminuindo do tratamento de salinidade 0,5 para o 1,5 dS m⁻¹ e posteriormente aumentando até o último nível de salinidade (Figura 8 A2).

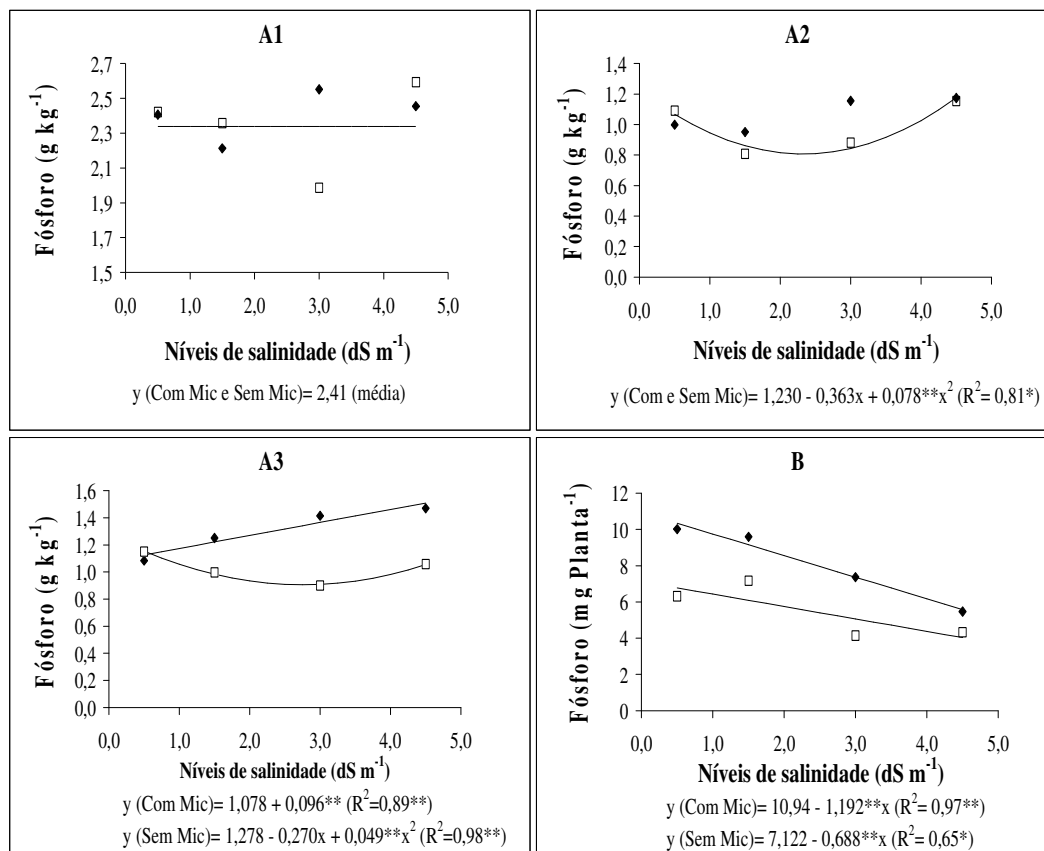


Figura 8. Teores de fósforo nas folhas mais novas (A1), folhas mais velhas (A2), caules + pecíolos (A3) e conteúdo de P (B) em meloeiro inoculado (◆) e não inoculado (□) com FMA cultivado em níveis crescentes de salinidade. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

Nos caules + pecíolos os teores de P apresentaram diferenças significativas em relação aos níveis crescentes de salinidade, em relação à associação com os FMA e em relação a interação salinidade e FMA ($p < 0,01$) (Tabela 5). Nas plantas inoculadas com FMA os teores de P apresentaram uma tendência linear de crescimento com o aumento dos níveis de salinidade, enquanto que nas plantas não inoculadas a tendência foi quadrática, com uma diminuição dos teores de P até o nível de salinidade de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ e um posterior aumento (Figura 8 A3). O aumento nos teores de P nos caules + pecíolos, sob condições de salinidade, possivelmente, não foi apenas consequência da redução do crescimento, devido ao efeito de concentração, mas também esteja relacionado, principalmente, com a maior eficiência de absorção de P proporcionada pela associação com os FMA, visto que nos níveis mais baixos de salinidade, nas plantas não inoculadas, houve uma tendência de diminuição nos teores desse elemento. Além disso, é importante ressaltar que as plantas inoculadas com FMA, em média, apresentaram teores de P bem maiores que as plantas não inoculadas.

Al-Karaki (2000), verificou que o cultivo de tomate em níveis crescentes de salinidade da água de irrigação proporciona a diminuição dos teores de P da parte aérea tanto nas plantas inoculadas como nas não inoculadas com FMA, tendo as primeiras apresentado maiores teores desse nutriente. Sharifi et al. (2007), estudando a cultura do sorgo, também verificaram que os teores de P da parte aérea das plantas inoculadas e das não inoculadas com FMA decresceram com níveis crescentes de NaCl e que as plantas colonizadas pelo fungo apresentaram um maior teor de P que as não colonizadas em praticamente todos os níveis, com exceção dos que receberam 200 mM de NaCl onde os teores de P foram estatisticamente iguais para as duas condições de inoculação.

O conteúdo de P diferiu significativamente com os tratamentos salinos ($p < 0,01$), com o tratamento micorrízico ($p < 0,01$) e com a interação dos tratamentos ($p < 0,05$) (Tabela 5). O conteúdo de P decresceu com o aumento da salinidade e apresentou tanto nas plantas inoculadas quanto nas não inoculadas com FMA uma tendência linear de diminuição. As plantas inoculadas com FMA apresentaram maior conteúdo de P em todos os níveis de salinidade ($0,5, 1,5, 3,0$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$) quando comparadas com as plantas não inoculadas (Figura 8 B). Esses resultados de conteúdo, possivelmente, estão relacionados a maior eficiência das plantas na produção de MS e na absorção de P quando associada aos fungos micorrízicos arbusculares. Al-Karaki et al. (2001), também encontraram reduções no conteúdo de P com o aumento da salinidade tanto nas plantas inoculadas quanto nas não inoculadas com FMA. Os

mesmos autores também relataram que as plantas inoculadas tiveram maior conteúdo de P que as não inoculadas.

Os teores de potássio (K) nas folhas mais novas do meloeiro diferiram significativamente ($p < 0,01$) com os tratamentos salinos, com o tratamento micorrízico e com a interação (Tabela 5). Apesar dos teores de K apresentarem diferenças significativas com os aumentos dos níveis de salinidade, os teores desse elemento nessas folhas das plantas inoculadas com FMA não se ajustaram de forma significativa a nenhum modelo de regressão. Nas plantas não inoculadas com FMA os teores K apresentaram a uma tendência quadrática de diminuição com o aumento da salinidade. É importante ressaltar que os teores de K nas folhas novas das plantas inoculadas e não inoculadas com FMA não variaram muito em relação aos níveis crescentes de salinidade, no entanto, no último nível salino as plantas não inoculadas apresentaram um decréscimo acentuado no teor desse elemento (Figura 9 A1). É possível que essa manutenção de K nas folhas novas das plantas inoculadas com FMA possa ter contribuído tanto para o ajuste osmótico quanto para manutenção do movimento estomático e de outros processos celulares.

Os teores de K nas folhas mais velhas também diferiram significativamente com os tratamentos salinos ($p < 0,05$), com o tratamento micorrízico ($p < 0,01$) e com a interação dos tratamentos ($p < 0,05$) (Tabela 5). Nas plantas inoculadas com FMA os teores de K nessas folhas apresentaram uma tendência linear de decrescente com os níveis crescentes de salinidade. Nas plantas não inoculadas com FMA os teores de K ajustaram-se a uma tendência quadrática diminuindo do tratamento de salinidade de 0,5 para o 3,0 dS m^{-1} e posteriormente aumentando (Figura 9 A2).

Os teores de K nos caules + pecíolos apresentaram influencias significativas em relação aos tratamentos salinos ($p < 0,01$), entretanto não foram influenciadas significativamente pelos FMA ($p > 0,05$), sendo que na interação salinidade e FMA apresentaram influencias significativas ($p < 0,05$) (Tabela 5). Nas plantas inoculadas e não inoculadas com FMA os teores de K nos caules+pecíolos apresentaram uma tendência linear decrescente com o aumento dos níveis de salinidade, sendo que nas plantas não inoculadas houve uma tendência mais acentuada, pois a equação da reta de regressão apresentou, em termos absolutos, um maior coeficiente angular (Figura 9 A3).

Sharifi et al. (2007) também encontraram diminuições nos teores de potássio na parte aérea de plantas submetidas a estresse salino. Os mesmos autores também verificaram que as plantas inoculadas com FMA quando comparadas com as não

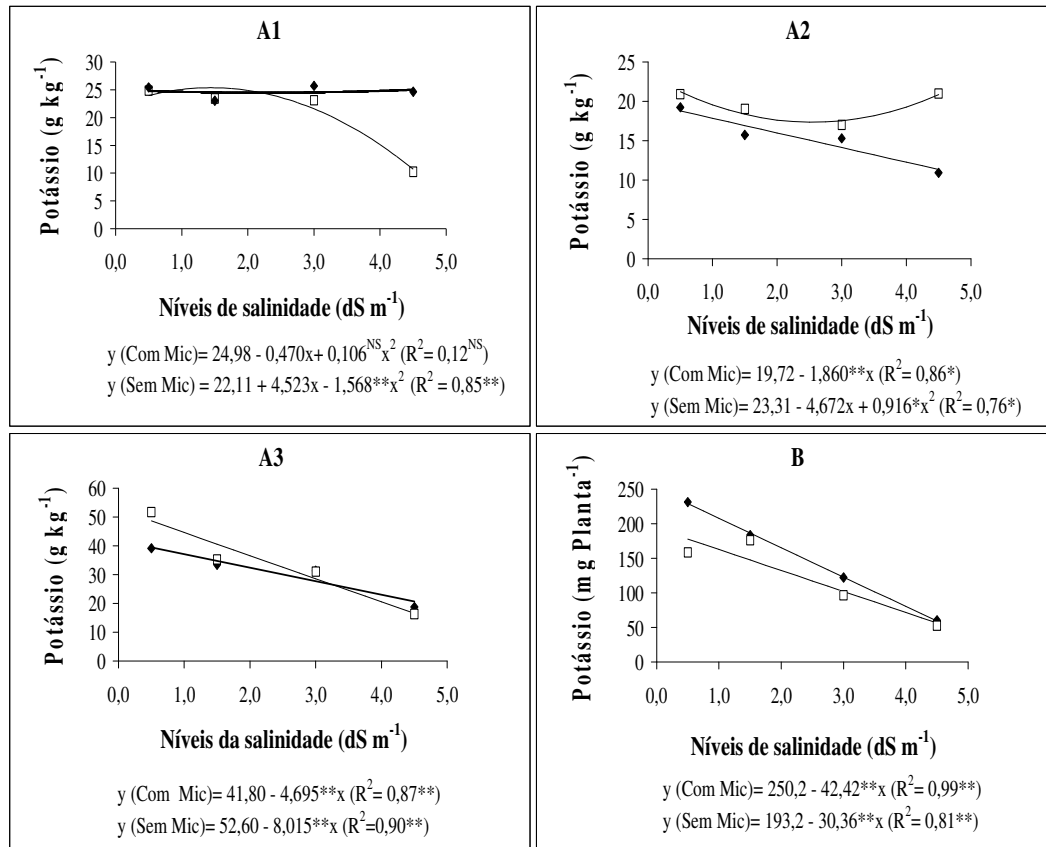


Figura 9. Teores de potássio nas folhas mais novas (A1), folhas mais velhas (A2), caules + pecíolos (A3) e conteúdo de K (B) em meloeiro inoculado (◆) e não inoculado (□) com FMA cultivado em níveis crescentes de salinidade. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

inoculadas apresentaram maior teor de K, na maioria dos tratamentos com NaCl, com exceção dos tratamentos de maior concentração desse sal (150 e 200 mM), nos quais os teores de K foram estatisticamente iguais.

O conteúdo de K diferiu significativamente ($p < 0,01$) em relação aos níveis de salinidade, em relação a associação com os FMA e em relação a interação dos dois fatores (Tabela 5). Tanto as plantas inoculadas quanto as não inoculadas com FMA apresentaram uma tendência linear de diminuição do conteúdo de K em relação aos níveis crescentes de salinidade (Figura 9 B). A redução no conteúdo de K nas plantas, inoculadas e não inoculadas, pode estar relacionada, de maneira geral, a redução da absorção de K, juntamente com a redução do crescimento da planta (redução da MS) devido à exposição à salinidade. A redução na absorção de K possivelmente está associada ao processo competitivo com o Na que se encontra em excesso na solução do solo. Segundo Maathuis & Amtmann (1999), esse processo competitivo deve-se as similaridades físico-químicas dos íons Na^+ e K^+ que fazem com que os transportadores de K^+ possam ser utilizados na absorção de Na^+ que se encontram em excesso no ambiente onde as plantas estão crescendo, ocasionando assim a deficiência de K^+ .

As plantas inoculadas com FMA apresentaram maior conteúdo de K quando comparadas com as não inoculadas, entretanto sob níveis crescentes de salinidade os conteúdos de K nas plantas inoculadas e não inoculadas com FMA foram muito próximos, apresentando exceção apenas no nível mais baixo de salinidade ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$). Al-Karaki et al. (2001) verificaram maiores conteúdos de K de plantas inoculadas com FMA quando estas foram submetidas a baixa ($1,4 \text{ dS m}^{-1}$) e média ($4,9 \text{ dS m}^{-1}$) salinidade da água de irrigação, entretanto em alta salinidade ($7,1 \text{ dS m}^{-1}$) o conteúdo de K das plantas inoculadas com FMA foram estatisticamente iguais aos das plantas não inoculadas.

4.4.2 Cálcio e magnésio

Os teores de Cálcio (Ca) nas folhas mais novas foram influenciados significativamente pela aplicação de água salina ($p < 0,01$), pela ação dos FMA ($p < 0,05$) e pela interação salinidade e FMA ($p < 0,01$) (Tabela 6). Em média, as plantas não inoculadas com FMA apresentaram maiores teores de Ca nas folhas mais novas que as inoculadas, além disso, o maior teor desse nutriente foi verificado no nível mais elevado

de CEa. Nas plantas inoculadas com FMA os teores de Ca, nessas folhas, ajustaram-se a uma tendência quadrática em relação aos níveis crescentes de salinidade, apresentando um aumento nos teores desse elemento até a salinidade de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ e uma posterior diminuição. Nas plantas não inoculadas com FMA os teores de Ca também se ajustaram a uma tendência quadrática em relação aos níveis crescentes de salinidade, entretanto o comportamento foi inverso. No último ponto de salinidade, verificou-se que as plantas inoculadas com FMA apresentaram teores bem menores de Ca que as plantas não inoculadas quando comparado com os outros níveis de salinidade (Figura 10 A1).

Tabela 6. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação (CV) para teores e conteúdo de cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade.

Elementos minerais	Fração	Fonte de variação				CV (%)
		Tratamento salino	Tratamento micorrízico	T. salino x T. mic	Resíduo	
Ca	Folhas mais novas	287,06**	305,17*	345,62**	49,46	16,47
	Folhas mais velhas	171,26*	158,89 ^{NS}	235,74**	48,25	19,08
	Caules + pecíolos	2,98**	7,75**	0,60 ^{NS}	0,63	11,31
	Planta	11280,33**	11871,42**	2063,92**	285,34	13,95
Mg	Folhas mais novas	2,64**	2,22*	2,34**	0,41	19,2
	Folhas mais velhas	5,67**	0,005 ^{NS}	5,82**	0,86	20,39
	Caules + pecíolos	2,57**	2,91**	0,07 ^{NS}	0,11	13,56
	Planta	484,50**	67,86**	2,87 ^{NS}	8,81	16,80

** Significativo pelo teste F a 1%; * Significativo pelo teste F a 5%; ^{NS} Não Significativo.

Nas folhas mais velhas os teores de Ca diferiram significativamente em relação aos tratamentos salinos ($p < 0,05$), não diferiram em relação ao tratamento micorrízico ($p > 0,05$) e diferiram na interação dos tratamentos ($p < 0,01$) (Tabela 6). Nas plantas inoculadas com FMA os teores de Ca ajustaram-se a uma tendência quadrática crescente em relação ao aumento dos níveis de salinidade. Nas plantas não inoculadas com FMA os teores de Ca também se ajustaram a uma tendência quadrática, em relação aos níveis crescentes de salinidade, sendo que os teores desse nutriente apresentaram uma diminuição até a salinidade de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ e um posterior aumento até o último nível de salinidade estudado (Figura 10 A2). Em contraste, Tavares (2007) verificou

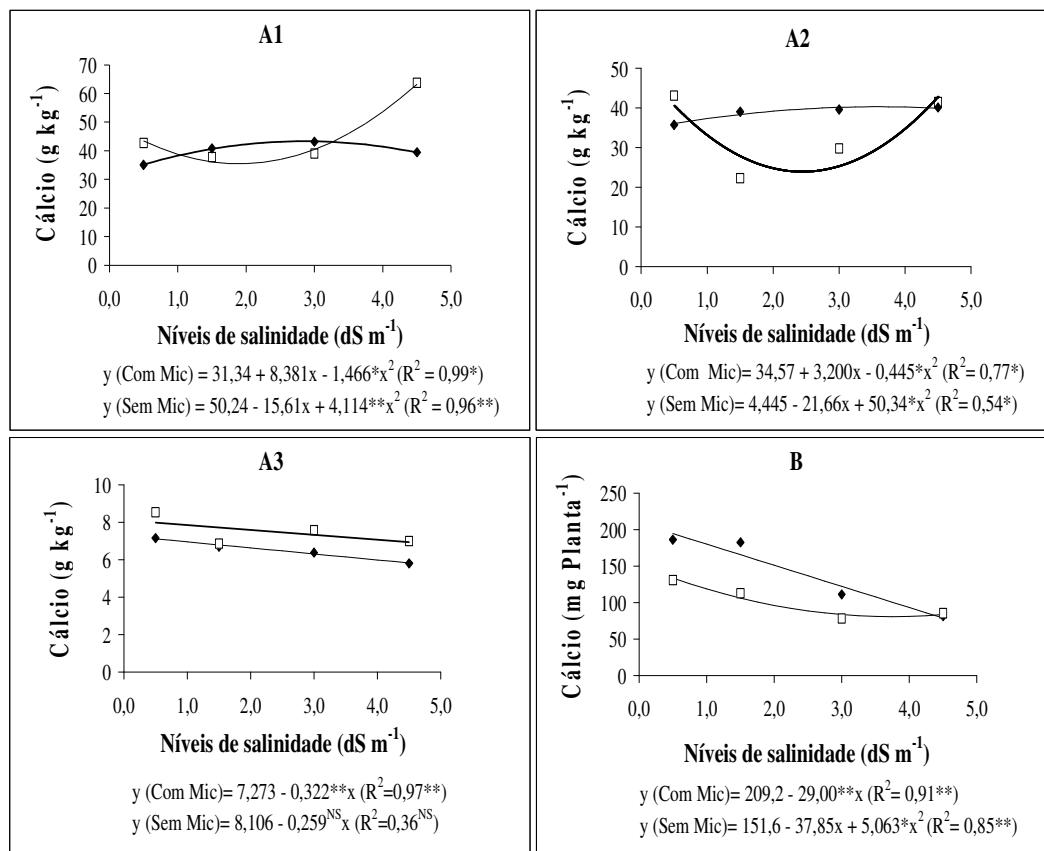


Figura 10. Teores de cálcio nas folhas mais novas (A1), folhas mais velhas (A2), caules + pecíolos (A3) e conteúdo de Ca (B) em meloeiro inoculado (◆) e não inoculado (□) com FMA cultivado em níveis crescentes de salinidade. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

que as folhas das plantas de sabiá, inoculadas e não inoculadas com FMA, apresentaram uma tendência significativa de aumento dos teores Ca com os níveis crescentes de salinidade da água de irrigação.

Os teores de Ca nos caules + pecíolos apresentaram diferenças significativas em relação aos níveis de salinidade e em relação à associação simbiótica com os FMA ($p < 0,01$), entretanto não diferiram significativamente em relação a interação salinidade e FMA (Tabela 6). Nas plantas inoculadas com FMA os teores de Ca ajustaram-se a uma tendência linear significativa de diminuição dos teores de Ca com ao aumento dos níveis de salinidade da água, enquanto nas não inoculadas os teores de Ca não se ajustaram de forma significativa a nenhum modelo de regressão (Figura 10 A3). Em contraste, Tavares (2007) verificou que as plantas de sabiá não inoculadas com FMA apresentaram acréscimos significativos nos teores de Ca do caule com o aumento dos níveis de salinidade.

Segundo Yano-Melo et al. (2003) os teores de Ca da parte aérea de bananeira inoculadas com *Glomus clarum* e *G. etunicatum* apresentaram uma tendência de aumento em relação aos níveis crescentes de salinidade da água de irrigação. Em contraste, Rabie (2005) observou redução da concentração de Ca em plantas inoculadas com FMA com o aumento dos níveis de salinidade do solo.

O conteúdo de Ca nas plantas diferiu significativamente ($p < 0,01$) com o aumento da salinidade da água aplicada, com a associação com os FMA e na interação salinidade e FMA (Tabela 6). Nas plantas inoculadas com FMA o conteúdo de Ca ajustou-se a uma tendência linear decrescente com os aumentos de salinidade, enquanto que nas plantas não inoculadas ajustou-se a uma tendência quadrática, apresentando uma diminuição até a salinidade de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ com um posterior aumento (Figura 10 B). As plantas inoculadas com FMA apresentaram maior conteúdo de Ca em relação às plantas não inoculadas em praticamente todos os níveis de salinidade, com exceção do último (Figura 10 B). Esses resultados, possivelmente, estão relacionados a maior eficiência das plantas na produção de MS e na absorção de Ca quando associada aos fungos micorrízicos arbusculares. Yano-Melo et al. (2003), estudando bananeiras irrigadas com água de diferentes níveis de salinidade, também verificaram um aumento no conteúdo de Ca nas plantas inoculadas com FMA em relação às não inoculadas.

Os teores de magnésio (Mg) nas folhas mais novas apresentaram diferenças significativas com os níveis crescentes de salinidade ($p < 0,01$), com a associação micorrízica ($p < 0,05$) e com a interação salinidade e associação micorrízica ($p < 0,01$)

(Tabela 6). Apesar de haver diferença significativa entre os teores de Mg em relação aos níveis crescentes de salinidade, os teores desse elemento nas plantas inoculadas com FMA não se ajustaram de forma significativa a nenhum modelo de regressão, entretanto nas plantas não inoculadas houve uma tendência linear de diminuição (Figura 11 A1).

Os teores de Mg nas folhas mais velhas diferiram significativamente em relação aos tratamentos salinos ($p < 0,01$), não diferiram em relação ao tratamento micorrízico ($p > 0,05$) e diferiram na interação dos tratamentos ($p < 0,01$) (Tabela 6). De forma similar ao ocorrido com os teores de Mg nas folhas mais novas, os teores desse elemento nas folhas mais velhas das plantas inoculadas com FMA também não se ajustaram de forma significativa a nenhum modelo de regressão, enquanto que nas plantas não inoculadas houve uma tendência linear de diminuição (Figura 11 A2).

Os caules + pecíolos apresentaram diferenças significativas nos teores de Mg ($p < 0,01$) em relação aos tratamentos salinos e em relação ao tratamento micorrízico, entretanto na interação dos tratamentos salinos e micorrízicos não apresentaram diferenças significativas (Tabela 6). Tanto as plantas inoculadas quanto as não inoculadas com FMA apresentaram uma tendência de diminuição linear dos teores de magnésio nos caules + pecíolos com os aumentos dos níveis de salinidade da água de irrigação (Figura 11 A3).

Cantrell & Linderman (2001), verificaram que os teores de Mg na parte aérea de alfices associadas a fungos micorrízicos arbusculares são maiores que nas alfices não associadas. Segundo os mesmos autores os teores de Mg em plantas inoculadas e não inoculadas com FMA também diminuem com o aumento dos níveis de salinidade.

O conteúdo de Mg nas plantas diferiu significativamente ($p < 0,01$) em relação aos níveis crescentes de salinidade e aos tratamentos micorrízicos, entretanto na interação salinidade e micorriza não houve diferença ($p > 0,05$) (Tabela 7). Tanto as plantas inoculadas quanto as não inoculadas com FMA apresentaram uma tendência linear de diminuição do conteúdo de Mg com o aumento dos níveis de salinidade (Figura 11 B). Em média, as plantas inoculadas com FMA apresentaram maiores conteúdos de Mg em comparação com as não inoculadas.

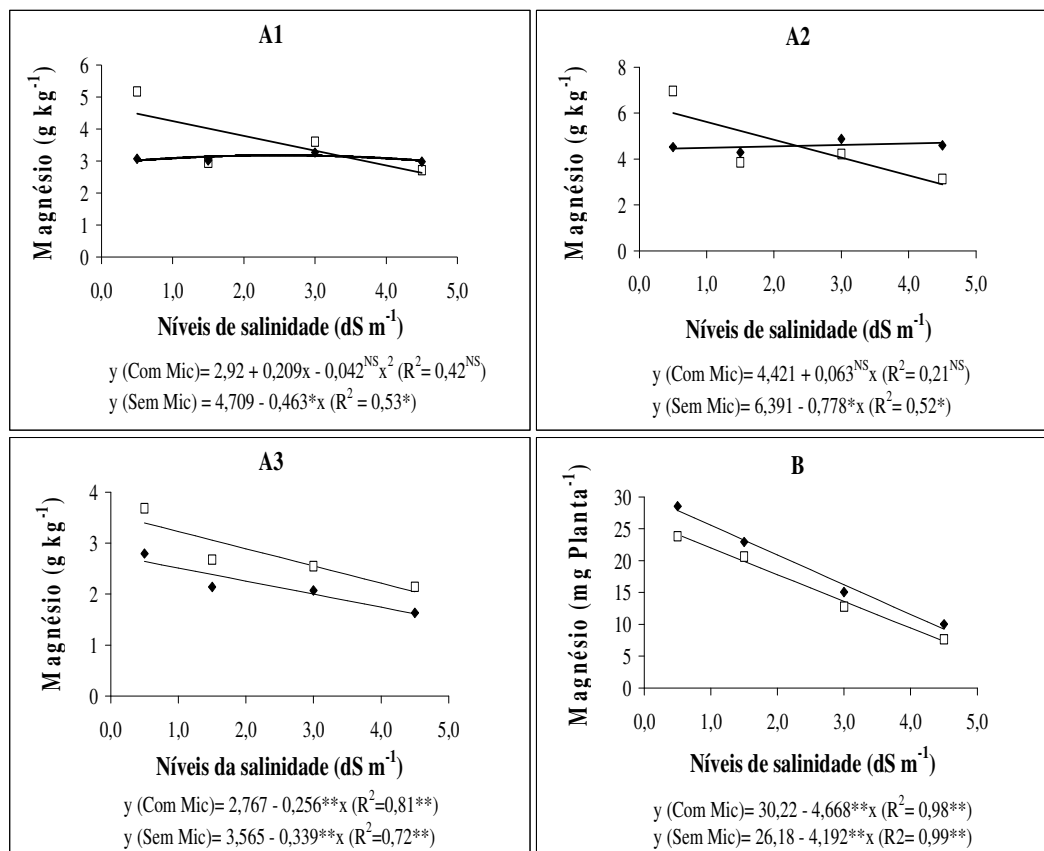


Figura 11. Teores de magnésio nas folhas mais novas (A1), folhas mais velhas (A2), caules + pecíolos (A3) e conteúdo de mg (B) em meloeiro inoculado (◆) e não inoculado (□) com FMA cultivado em níveis crescentes de salinidade. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

4.4.3 Sódio e cloreto

Os teores de sódio (Na) nas folhas mais novas apresentaram influências estatisticamente significativas em relação aos tratamentos salinos ($p < 0,01$), entretanto não foram afetados significativamente pelos FMA ($p > 0,05$), sendo que na interação salinidade e FMA os teores desse nutriente foram influenciados de forma estatisticamente significativa ($p < 0,01$) (Tabela 7). Tanto os teores de Na nas plantas inoculadas quanto nas não inoculadas com FMA ajustaram-se a uma tendência quadrática de aumento em relação aos níveis crescentes de salinidade. É importante ressaltar que os teores de Na nas plantas inoculadas e não inoculadas com FMA foram bem próximos até o tratamento de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ de água salina, sendo que a partir desse nível as plantas não inoculadas apresentaram teores bem mais elevados desse elemento quando comparada com as inoculadas (Figura 12 A1).

Tabela 7. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação (CV) para teores e conteúdo de sódio (Na) e cloreto (Cl) de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade.

Elementos minerais	Fração	Fonte de variação			Resíduo	CV (%)
		Tratamento salino	Tratamento micorrízico	T. salino x T. mic.		
Na	Folhas mais novas	1322,68**	20,39 ^{NS}	115,23**	16,83	32,06
	Folhas mais velha	5013,68**	103,32*	566,85**	14,25	17,01
	Caules + pecíolos	6674,20**	133,86*	256,70**	33,06	12,19
	Planta	26190,76**	17364,61**	4006,94**	514,67	16,37
Cl	Folha ,mais novas	6182,69**	12,10 ^{NS}	172,82 ^{NS}	163,48	35,15
	Folhas mais velhas	26075,68**	1572,90**	1136,03**	130,69	17,67
	Caules + pecíolos	16956,55**	959,0631*	8216,92**	162,89	13,56
	Planta	58416,86**	32289,27**	47145,20**	3591,77	18,83

** Significativo pelo teste F a 1%; * Significativo pelo teste F a 5%; ^{NS} Não Significativo.

Os teores de Na nas folhas mais velhas apresentaram diferenças estatísticas significativas com os níveis crescentes de salinidade ($p < 0,01$), com a associação micorrízica ($p < 0,05$) e com a interação salinidade e associação micorrízica ($p < 0,01$) (Tabela 7). As plantas inoculadas e não inoculadas com FMA, de forma similar aos resultados encontrados na folhas mais novas, apresentaram uma tendência quadrática de

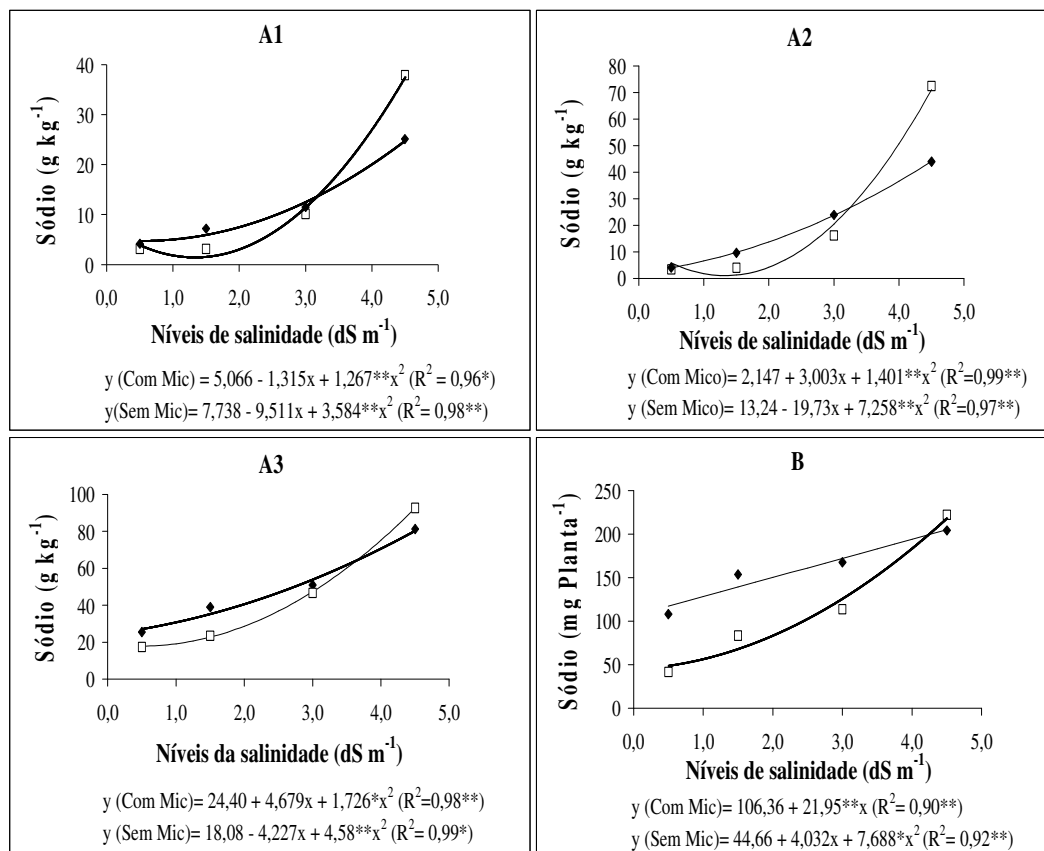


Figura 12. Teores de sódio nas folhas mais novas (A1), folhas mais velhas (A2), caules + pecíolos (A3) e o conteúdo de sódio (B) em meloeiro inoculado (◆) e não inoculado (□) com FMA cultivado em níveis crescentes de salinidade. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

aumento nos teores de Na com o aumento da salinidade da água aplicada. Também, de forma similar aos resultados verificados nas folhas novas, as plantas não inoculadas com FMA em salinidade da água de irrigação superior a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ começaram a apresentar teores mais elevados de Na que as plantas inoculadas (Figura 12 A2). Tavares (2007), estudando plantas jovens de sabiá, também verificou que em CEa superior a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ as plantas não inoculadas com FMA começaram a apresentar maiores teores de Na nas folhas do que as inoculadas.

Nos caules + pecíolos os teores de Na apresentaram diferenças significativas em relação aos tratamentos salinos ($p < 0,01$), ao tratamento micorrízico ($p < 0,05$) e a interação dos tratamentos ($p < 0,01$) (Tabela 7). Observando-se a figura 12 A3 é possível verificar que os teores de Na nas plantas inoculadas e não inoculadas com FMA ajustaram-se a uma tendência quadrática para os níveis crescentes de salinidade. Também é possível constatar, que as plantas inoculadas com FMA apresentaram maiores teores de Na em praticamente todos os níveis de salinidade, exceto no último onde as não inoculadas apresentaram maior valor desse elemento.

Tian et al. (2004) constataram que o aumento de NaCl do solo proporcionou um aumento no teor de sódio na parte aérea das plantas inoculadas e não inoculadas com FMA. Segundo esses autores, as plantas inoculadas com espécies de fungos micorrízicos arbusculares isoladas de áreas salinas apresentaram maiores teores de sódio na parte aérea das plantas em todos os níveis de NaCl do solo quando comparado com as plantas inoculadas com o endófito proveniente de áreas não salinas. Nesse experimento, as plantas inoculadas com FMA isolados de áreas não salinas apresentaram teores de sódio maiores que as plantas não inoculadas em praticamente todos os níveis de NaCl do solo.

O conteúdo de sódio no meloeiro diferiu significativamente ($p < 0,01$) com a influência da aplicação de água salina, com a ação dos FMA e com a interação salinidade e FMA (Tabela 7). Tanto as plantas inoculadas quanto as não inoculadas com FMA apresentaram aumento no conteúdo de Na com o aumento dos níveis de salinidade, ajustando-se, respectivamente, ao modelo linear e quadrático (Figura 12 B). Esse aumento no conteúdo de sódio nas plantas inoculadas e não inoculadas com FMA pode ser conseqüência da maior absorção desse elemento dada sua disponibilidade na solução do solo. Al-Karaki et al. (2001), estudando a cultura do tomate, também constataram que tanto as plantas inoculadas como as não inoculadas com FMA apresentaram aumento do conteúdo de Na com o aumento da CEa de irrigação.

Observando a figura 12 B também é possível verificar que o conteúdo de sódio nas plantas inoculadas com FMA foram maiores que nas plantas não inoculadas até o tratamento salino de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, sendo que a partir daí observou-se uma tendência inversa.

Os teores de cloreto (Cl) nas folhas mais novas diferiram significativamente em relação à aplicação de água salina ($p < 0,01$), entretanto não houve diferença ($p > 0,05$) em relação à associação com os FMA e em relação à interação salinidade e micorriza. (Tabela 7). Os teores de Cl nas folhas mais novas apresentaram uma tendência de aumento em relação aos níveis crescentes de salinidade, ajustando-se de forma significativa a um modelo quadrático (Figura 13 A1).

Nas folhas mais velhas, os teores de cloreto diferiram significativamente ($p < 0,01$) com os tratamentos salinos, com o tratamento micorrízico e com a interação dos tratamentos (Tabela 7). Tanto as plantas inoculadas quanto as não inoculadas com FMA apresentaram aumentos nos teores de Cl nas folhas velhas em relação aos níveis crescentes de salinidade, ajustando-se de forma significativa ao modelo quadrático (Figura 13 A2). É importante ressaltar que os teores de cloreto nas plantas inoculadas e não inoculadas com FMA foram bem próximos até o tratamento de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ de água salina, sendo que a partir desse nível as plantas não inoculadas apresentaram teores bem mais elevados desse elemento quando comparada com as inoculadas.

Os teores de Cl nos caules + pecíolos apresentaram diferenças significativas em relação aos tratamentos salinos ($p < 0,01$), ao tratamento micorrízico ($p < 0,05$) e a interação desses tratamentos ($p < 0,01$) (Tabela 7). As plantas inoculadas e não inoculadas com FMA apresentaram aumentos nos teores de cloreto quando submetidas a níveis crescentes de salinidade, sendo que nas plantas inoculadas esses teores apresentaram uma tendência linear de aumento, enquanto que nas não inoculadas apresentaram uma tendência quadrática (Figura 13 A3). É interessante ressaltar que os teores desse elemento, nos caules + pecíolos, apresentaram acréscimos mais acentuados nas plantas não inoculadas do que nas plantas inoculadas com FMA sob os níveis crescentes de salinidade (Figura 12 A3).

Tian et al. (2004), verificaram que o crescente aumento de NaCl no solo proporcionou o aumento nos teores de Cl da parte aérea de algodão inoculado e não inoculado com FMA isolados de áreas salinas e não salinas. Os mesmos autores relataram que as plantas associadas com FMA isolados de áreas salinas apresentaram maiores teores de Cl em todos os níveis de salinidade do solo quando comparadas com

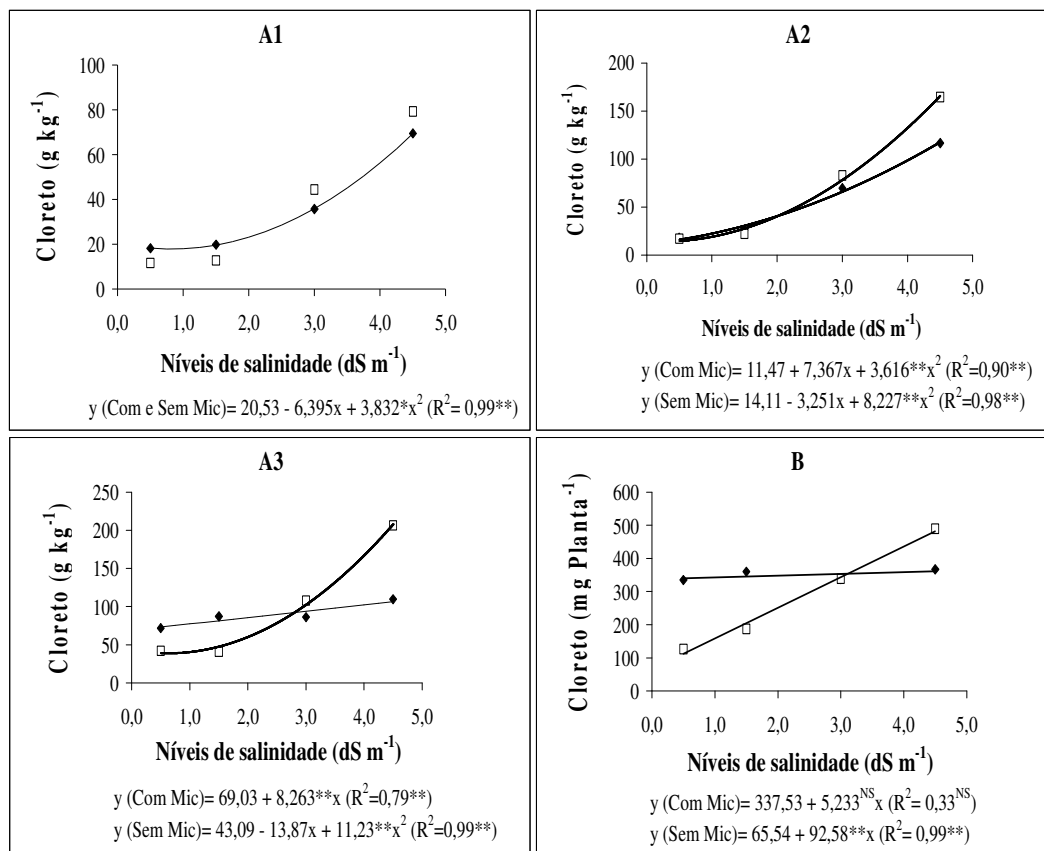


Figura 13. Teores de cloreto nas folhas mais novas (A1), folhas mais velhas (A2), caules + pecíolos (A3) e para o conteúdo de cloreto (B) em meloeiro inoculado (◆) e não inoculado (□) com FMA cultivado em níveis crescentes de salinidade. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; * Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

plantas não inoculadas e inoculadas com FMA de áreas não salinas.

O conteúdo de Cl no meloeiro diferiu significativamente ($p < 0,01$) com os níveis crescentes de salinidade da água, com a associação simbiótica com FMA e com a interação salinidade e FMA (Tabela 7). Apesar do conteúdo de Cl apresentar diferença significativa em relação aos níveis de salinidade, o conteúdo desse elemento nas plantas inoculadas com FMA não se ajustaram de forma significativa a nenhum modelo de regressão, enquanto que nas plantas não inoculadas houve uma tendência quadrática de aumento (Figura 13 B). Esse aumento no conteúdo de cloreto nas plantas não inoculadas com FMA pode ser consequência da maior absorção desse elemento em função de sua elevada disponibilidade na água de irrigação. É interessante ressaltar que o conteúdo de cloreto nas plantas inoculadas com FMA foram maiores que nas plantas não inoculadas até o tratamento salino de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, sendo, a partir daí, observado um tendência inversa (Figura 13 B).

Analisando os resultados de Na e Cl de forma conjunta é possível constatar que os maiores teores desses íons foram encontrados nos caules + pecíolos, seguidos pelas folhas mais velhas e folhas mais novas. Esses maiores teores de sais nos caules + pecíolos sugerem a possibilidade de estar operando no meloeiro um mecanismo de tolerância à salinidade muito comum à maioria das glicófitas, limitando a absorção e/ou transporte de íons tóxicos, principalmente sódio e cloreto, da zona radicular para a parte aérea, evitando seu acúmulo em níveis que excedam a habilidade das células em compartimentalizá-los no vacúolo (Munns, 2002). Nesse contexto, é possível sugerir que as micorrizas arbusculares auxiliaram o meloeiro, com algum mecanismo de defesa, diminuindo a absorção dos íons Na e Cl a partir do nível de salinidade de água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, visto que a partir desse nível de salinidade as plantas não inoculadas com FMA passaram a absorver de forma mais acentuada esses íons (Figura 12 e 13).

4.4.4 Relação Na/K nas folhas e nos caules + pecíolos

A relação Na/K nas folhas mais novas foi influenciada significativamente ($p < 0,01$) pela aplicação de água salina, pela associação com os FMA e pela interação salinidade e FMA (Tabela 8). As plantas inoculadas com FMA apresentaram uma tendência quadrática de aumento da relação Na/K com o aumento dos níveis de salinidade enquanto nas plantas não inoculadas com FMA a relação Na/K não se ajustou

de forma significativa a nenhum modelo de regressão que expressasse um significado biológico coerente. Ainda observando a Figura 14 A1, no último nível de salinidade, foi possível constatar que as plantas não inoculadas com FMA apresentaram um valor da relação Na/K bem maior que os das plantas inoculadas. Essa diferença ocorreu em função da menor capacidade das plantas não inoculadas com FMA de acumular K (Figura 9 A1) associada a sua maior capacidade de acumular Na no último nível de salinidade (4,5 dS m⁻¹) (Figura 12 A1). Segundo Maathuis & Amtmann (1999), a relação Na/K em células vegetais igual a 1,0 é, geralmente, considerada como o valor máximo a partir do qual pode ocorrer inibição dos processos metabólicos. Dessa forma, pode-se concluir que no último nível de salinidade (4,5 dS m⁻¹) as folhas novas das plantas inoculadas com FMA, possivelmente, sofreram menos inibições nos processos metabólicos que as folhas novas das plantas não inoculadas, visto que as plantas inoculadas apresentaram, nesse nível de salinidade, relação Na/K igual a 1,0, enquanto as não inoculadas apresentaram o valor de 3,8.

Tabela 8. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação (CV) para as relações Na/K nas folhas mais novas, nas folhas mais velhas e nos caules + pecíolos de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com água de diferentes níveis de salinidade.

Relação	Fração	Fonte de variação				CV (%)
		Tratamento salino	Tratamento micorrízico	T. salino x T. mic	Resíduo	
Na/K	Folhas mais novas	9,27**	3,21**	3,93**	0,20	55,82
	Folhas mais velhas	22,18**	1,22**	0,12 ^{NS}	0,15	26,71
	Caules + pecíolos	34,39**	0,08 ^{NS}	1,42**	0,16	19,56

** Significativo pelo teste F a 1%; * Significativo pelo teste F a 5%; ^{NS} Não Significativo.

A relação Na/K nas folhas mais velhas foi influenciada significativamente ($p < 0,01$) pela aplicação de água salina e pela associação dos FMA, entretanto na interação salinidade e FMA não houve influência significativa ($p > 0,05$) (Tabela 8). A relação Na/K apresentou uma tendência de aumento em relação aos níveis crescentes de salinidade, ajustando-se, dessa forma, a uma tendência quadrática (Figura 14 A2). As plantas inoculadas com FMA apresentaram uma maior relação Na/K, nas folhas mais velhas, que as plantas não inoculadas. A aplicação do estresse salino elevou a relação Na/K, nas folhas mais velhas, a valores superiores a 1,0, indicando assim

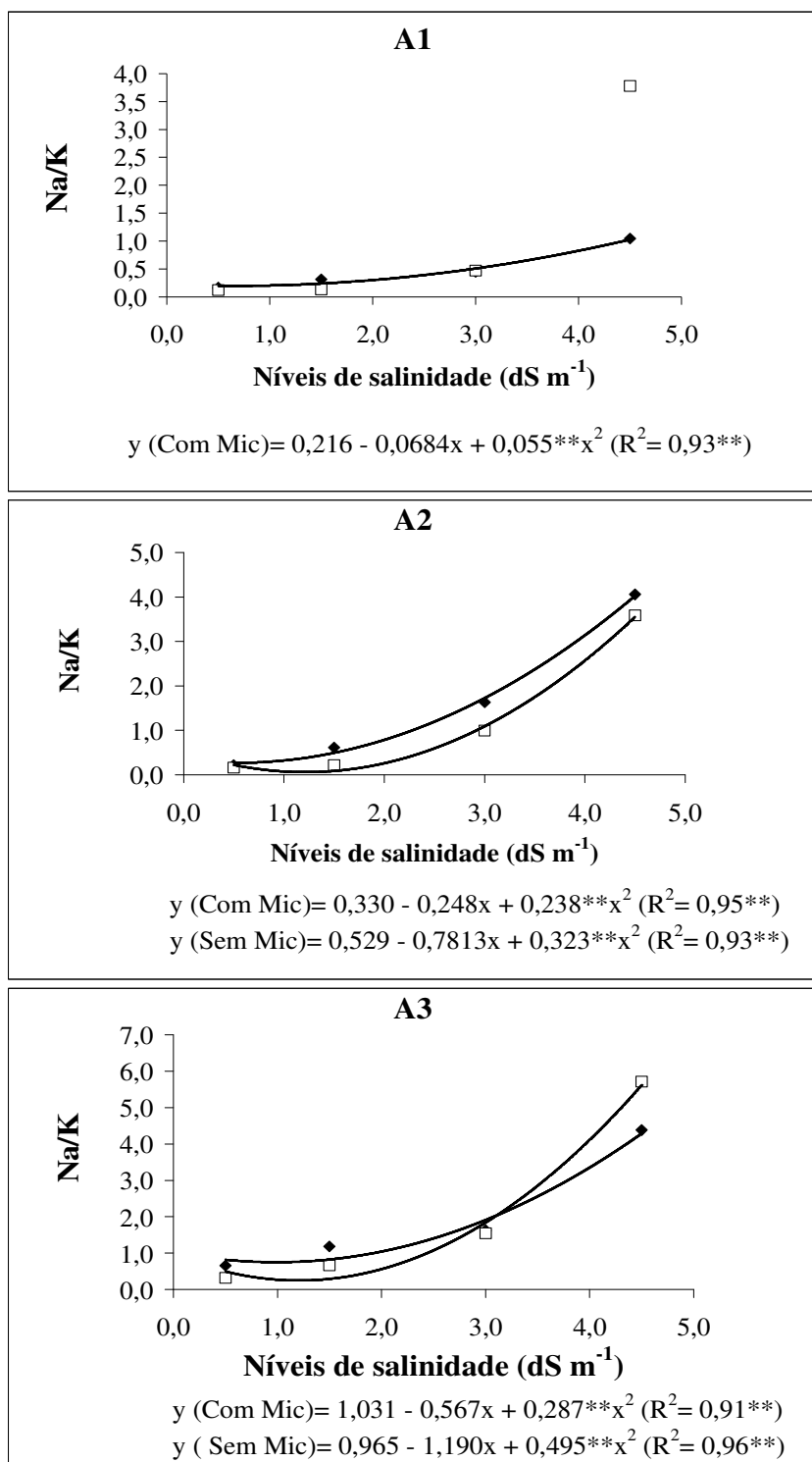


Figura 14. Relação Na/K nas folhas mais novas (A1), folhas mais velhas (A2), caules + pecíolos (A3) de meloeiro inoculado (♦) e não inoculado (□) com FMA cultivado sob níveis crescentes de salinidade. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; * Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

possíveis inibições dos processos metabólicos (Maathuis & Amtmann, 1999)

A relação Na/K nos caules + pecíolos apresentou diferenças significativas ($p < 0,01$) em relação aos níveis de salinidade, entretanto não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação à associação simbiótica com os FMA, sendo que na interação apresentaram diferenças ($p < 0,01$) (Tabela 8). Tanto nas plantas inoculadas quanto nas não inoculadas com FMA observou-se uma tendência quadrática de aumento da relação Na/K com o aumento dos níveis de salinidade, sendo que nas plantas não inoculadas o aumento foi mais acentuado, principalmente nos níveis mais elevados de salinidade, devido ao maior coeficiente angular da curva (Figura 14 A3). Esse resultado deve-se ao maior acúmulo de sódio (Figura 12 A3) nesses tecidos, visto que os teores de potássio foram iguais estatisticamente para os níveis mais avançados de salinidade (Figura 9 A3).

Os resultados da relação Na/K das diferentes partes aéreas das plantas indicam, de maneira geral, que as plantas inoculadas com FMA podem apresentar um menor grau de sensibilidade ao estresse salino que as não inoculadas, visto que essa últimas apresentaram, em média, os maiores teores de sódio na parte aérea, principalmente a partir do nível de salinidade da água de irrigação de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Tavares (2007), estudando plantas jovens de sabiá inoculadas e não inoculadas com FMA submetidas a níveis crescentes de salinidade, também constatou que a relação Na/K aumentou com os acréscimos de sal na água de irrigação e que as plantas não inoculadas apresentam um aumento mais acentuado dessa relação principalmente nos níveis mais elevados de salinidade.

4.5 Solutos orgânicos

4.5.1 Carboidratos solúveis

Os teores de carboidratos nas folhas novas apresentaram diferenças significativas em relação aos níveis crescentes de salinidade ($p < 0,05$) e em relação à associação micorrízica ($p < 0,01$), entretanto na interação salinidade e associação micorrízica não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) (Tabela 9). Apesar da influência significativa da salinidade sobre os teores de carboidratos solúveis, nas folhas mais novas, não foi verificada uma tendência definida dos teores desses solutos, conseqüentemente não havendo ajustes significativos das curvas a nenhum modelo de

regressão (Figura 15 A1). Levando em consideração apenas o tratamento micorrízico foi possível constatar que as plantas inoculadas com FMA apresentaram maiores teores de carboidratos solúveis, nas folhas mais novas, que as plantas não inoculadas. Possivelmente, esse resultado pode estar relacionado à maior taxa fotossintética apresentada pelas plantas inoculadas com FMA (Figura 3C), que, conseqüentemente, aumentou a quantidade de carbono fixado nas folhas. Esse resultado indica, portanto, que as folhas mais novas das plantas inoculadas apresentaram maior disponibilidade de energia do que as não inoculadas.

Tabela 9. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo e coeficiente de variação (CV) para teores de carboidratos solúveis, N-aminossolúveis e prolina em folhas mais novas e mais velhas de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA irrigadas com diferentes níveis de água salina.

Solutos orgânicos	Fração	Fonte de variação			Resíduo	CV (%)
		Tratamento salino	Tratamento micorrízico	T. Salino x T. mic		
Carboidratos solúveis	Folhas mais novas	34054,29*	69848,98**	17527,06 ^{NS}	7439,40	11,30
	Folhas mais velhas	25084,78**	29773,81**	20852,73**	3703,33	10,01
N-amino	Folhas mais novas	20,10 ^{NS}	406,13*	53,48 ^{NS}	67,97	12,85
	Folhas mais velhas	2715,42**	1884,84**	922,56**	129,05	22,24
Prolina	Folhas mais novas	0,58 ^{NS}	1,01 ^{NS}	1,03 ^{NS}	0,39	20,77
	Folhas mais velhas	7,84**	19,25**	2,33*	0,54	35,68

** Significativo pelo teste F a 1%; * Significativo pelo teste F a 5%; ^{NS} Não Significativo.

Nas folhas mais velhas os teores de carboidratos solúveis diferiram significativamente ($p < 0,01$) nos tratamentos salinos, no tratamento micorrízico e na interação dos tratamentos (Tabela 9). Apesar da influência da salinidade sobre os teores de carboidratos solúveis nas folhas mais velhas, não foi verificado, nas plantas inoculadas com FMA, um ajuste significativo dos teores desse soluto a um modelo de regressão, entretanto nas plantas não inoculadas esses teores ajustaram-se a um modelo quadrático (Figura 15 A2). Os teores de carboidratos nas folhas mais velhas das plantas inoculadas e não inoculadas com FMA foram iguais em praticamente todos os níveis de

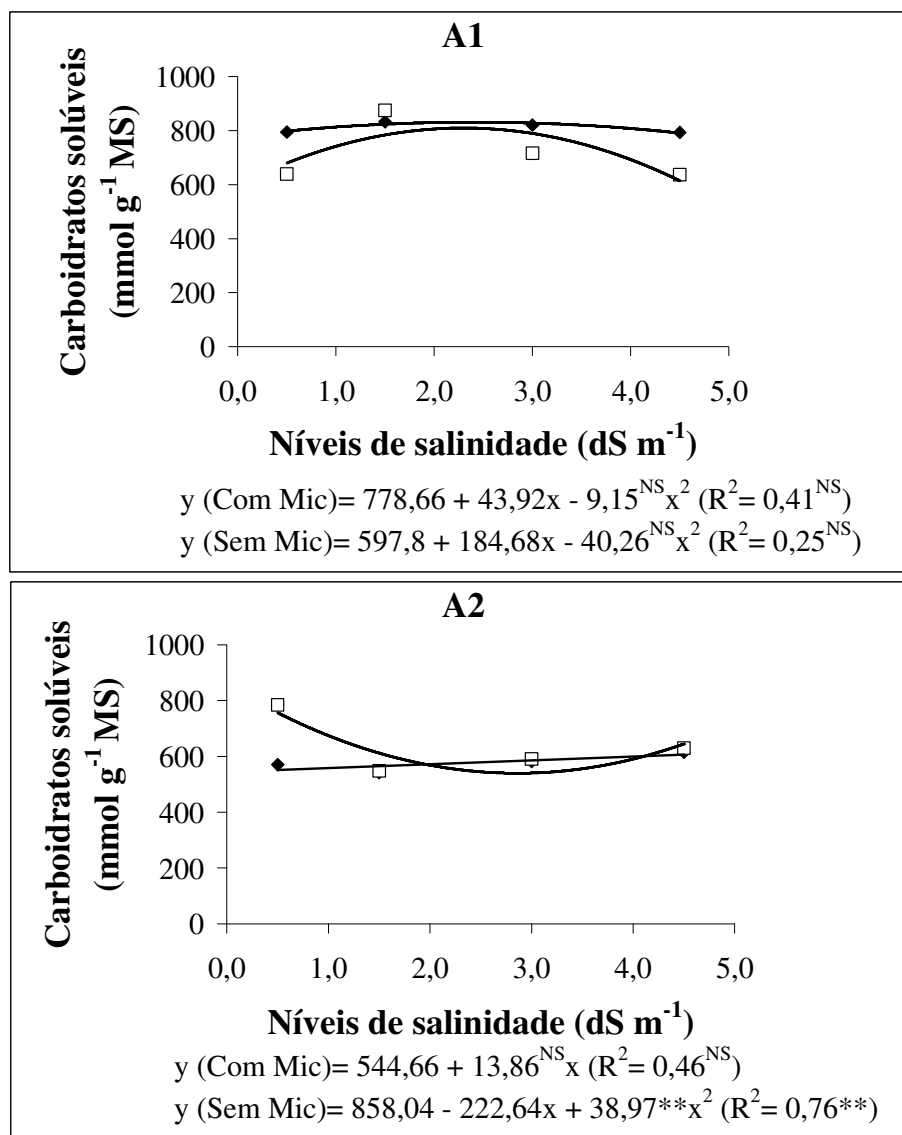


Figura 15. Teores de carboidratos solúveis nas folhas mais novas (A1) e nas folhas mais velhas (A2) de meloeiro inoculado (◆) e não inoculado (□) com FMA cultivado em níveis crescentes de salinidade. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; * Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

água salina apresentando exceção apenas no tratamento de 0,5 dS m⁻¹ (Figura 15 A2). Esse resultado possivelmente está associado ao distúrbio nutricional ocorrido nas plantas não inoculadas com FMA desse tratamento salino. O distúrbio provocou uma diminuição acentuada no crescimento dessas plantas (Figura 2), principalmente nas folhas mais velhas, que, conseqüentemente, ocasionou uma aceleração da senescência foliar. Devido a esse fato, ocorreu uma redução na translocação dos carboidratos solúveis, e provavelmente de outros solutos, da fonte (folhas mais velhas) para o dreno (folhas mais novas), possivelmente devido à redução da demanda pelos drenos, ocasionando assim a acumulação desses solutos nas folhas mais velhas (fonte).

As variações nos teores de carboidratos solúveis em folhas de plantas submetidas a estresse salino podem ser interpretadas como uma adaptação das mesmas ao estresse, pois contribuem para o ajuste osmótico (Lacerda et al., 2003). Entretanto, em alguns casos, a manutenção dos teores desse soluto em níveis elevados de salinidade possivelmente está associada à redução de sua demanda pelos tecidos em crescimento, conseqüentemente não influenciando no ajuste osmótico (Abreu, 2007). Nesse contexto, pode-se supor, com os resultados obtidos no presente trabalho, que a variação nos teores de carboidratos solúveis nas folhas mais novas e nas mais velhas, possivelmente está associada à redução de sua demanda pelos tecidos em crescimento, visto que apresentaram pouca alteração com a salinidade, mesmos nos níveis de salinidade mais elevados.

4.5.2 N-aminossolúveis

Os teores de N-aminossolúveis nas folhas mais novas não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) com os níveis crescentes de salinidade, entretanto com o tratamento micorrízico houve diferença significativa ($p < 0,05$), sendo que na interação não houve diferença (Tabela 9). Como os teores de N-aminossolúveis não foram influenciados pelos níveis crescentes de salinidade, é possível sugerir que esse soluto orgânico não contribuiu, ou praticamente não teve influência, no ajustamento osmótico nesses tecidos (Figura 16 A1). Costa et al. (2003) constataram que de sete cultivares de feijão estudadas seis não apresentaram, nas folhas em início de desenvolvimento, diferenças significativas nos teores de N-aminossolúveis quando submetidas ao estresse salino. Silva et al. (2003), comparando dois genótipos de sorgo

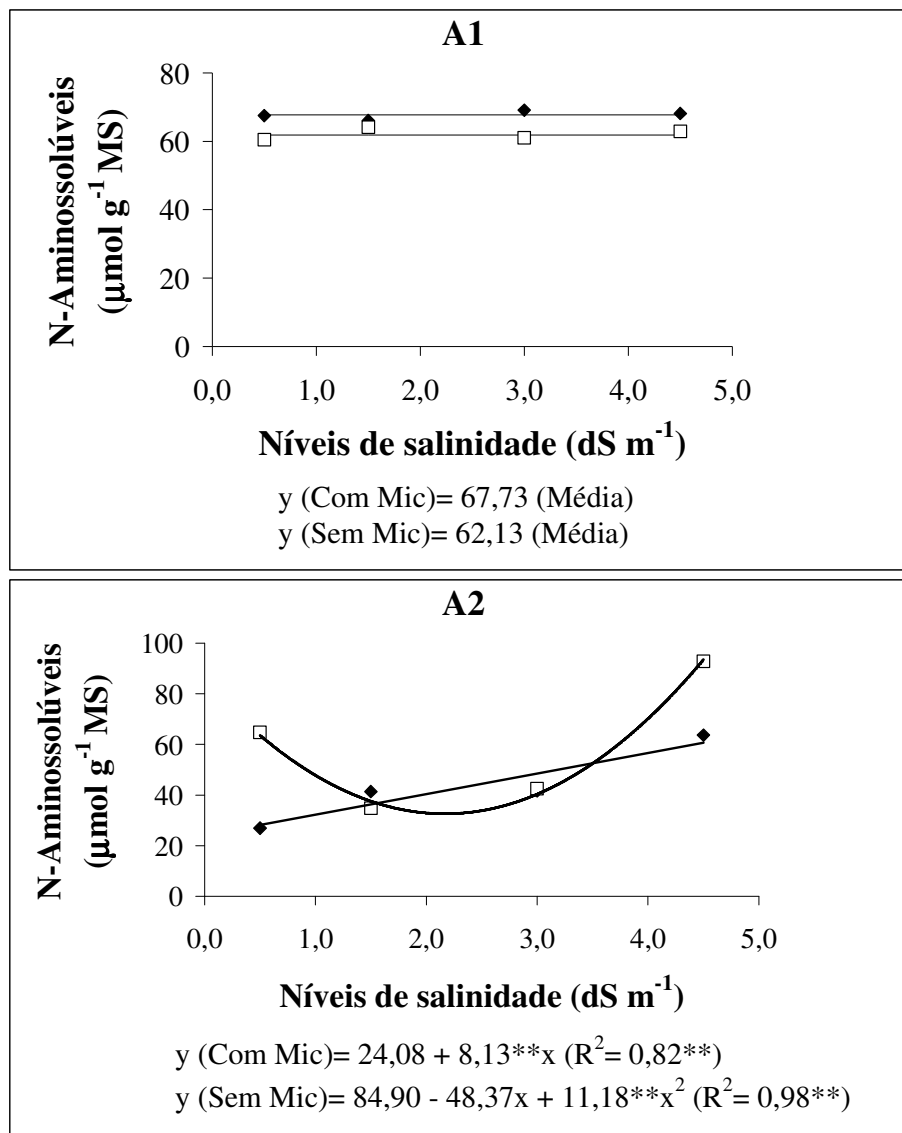


Figura 16. Teores de N-aminossolúveis nas folhas mais novas (A1) e nas folhas mais velhas (A2) de meloeiro inoculado (\blacklozenge) e não inoculado (\square) com FMA cultivado em níveis crescentes de salinidade. Realização do teste F onde: ** Significativo pelo teste F a 1%; *Significativo pelo teste F a 5%; ^{NS} Não Significativo.

forrageiro, um sensível (CSF 18) e outro tolerante (CSF 20), submetidos a estresse salino, também não encontraram diferenças significativas nos teores de N-aminossolúveis nas folhas mais jovens, completamente expandidas, dessas plantas quando submetidas ao estresse salino.

As plantas inoculadas com FMA apresentaram um acréscimo de 8,3% nos teores de N-aminossolúveis nas folhas mais novas quando comparada com as plantas não inoculadas. Apesar desse resultado representar mais um benefício da associação dos FMA, nesse caso específico não contribuiu no ajuste osmótico desse tecido, entretanto pode ser um indicativo de melhor estado nutricional, visto que os N-aminossolúveis servem como reserva de nitrogênio.

Nas folhas mais velhas os teores de N-aminossolúveis apresentaram diferenças significativas ($p < 0,01$) em reação aos níveis de salinidade, a associação com os FMA e em relação a interação (Tabela 9). As plantas inoculadas com FMA apresentaram tendências crescentes nos teores de N-aminossolúveis com o aumento da salinidade, ajustando-se de forma significativa a um modelo linear. Nas plantas não inoculadas com FMA os teores desse soluto orgânico ajustaram-se a uma tendência quadrática com o aumento dos níveis de salinidade, apresentando uma diminuição do tratamento 0,5 a 1,5 dS m^{-1} e um posterior aumento (Figura 16 A2). Esse resultado encontrado no nível 0,5, nas plantas não inoculadas com FMA, é semelhante ao verificado nos teores de carboidratos solúveis e apresentam a mesma explicação. Outro resultado interessante constatado nas folhas mais velhas foi encontrado no último nível de salinidade, onde as plantas não inoculadas com FMA apresentaram maior teor de N-aminossolúveis que as plantas inoculadas.

Considerando o fato que os níveis crescentes de salinidade aumentaram os teores de N-aminossolúveis nas folhas mais velhas das plantas inoculadas e não inoculadas com FMA, exceto o tratamento 0,5 dS m^{-1} , devido ao distúrbio nutricional, sugere que esses solutos possam apresentar importância no processo de ajuste osmótico e/ou em outros mecanismos de proteção contra o estresse salino nessas folhas na cultura do meloeiro. Entretanto, é interessante ressaltar que as plantas não inoculadas com FMA apresentaram menor produção de matéria seca e área foliar que as plantas inoculadas (Figura 2) em relação aos níveis crescentes de salinidade e foi justamente nas folhas dessas plantas em que se obtiveram os maiores teores de N-aminossolúveis. Portanto, os maiores teores desse soluto nas folhas mais velhas das plantas não inoculadas com FMA pode estar associado simplesmente ao efeito de concentração, não

influenciando diretamente no ajuste osmótico. Seguindo a mesma hipótese, pode ser que o aumento nos teores de N-aminossolúveis nas folhas mais velhas das plantas inoculadas com FMA quanto das não inoculadas sejam resultados de uma redução na sua demanda pelos tecidos em crescimento, conseqüentemente, não contribuindo diretamente para o ajuste osmótico.

4.5.3 Prolina

Os teores de prolina nas folhas mais novas não foram influenciados significativamente ($p > 0,05$) pelos níveis de salinidade, pela associação micorrízica e nem pela interação (Tabela 9) (Figura 17 A1). Esses resultados indicam que a prolina não contribuiu para o ajustamento osmótico das folhas mais novas. Costa et al. (2003) constataram que de sete cultivares de feijão estudadas seis não apresentaram, nas folhas em início de desenvolvimento, diferenças significativas nos teores prolina com o aumento de salinidade.

Nas folhas mais velhas os teores de prolina apresentaram diferenças significativas em reação aos níveis de salinidade ($p < 0,01$), a associação com os FMA ($p < 0,01$) e em relação a interação ($p < 0,05$) (Tabela 9). As plantas inoculadas com FMA apresentaram uma tendência de aumento nos teores de prolina em relação aos níveis crescentes de salinidade, ajustando-se dessa forma a um modelo quadrático (Figura 17 A2). Nas plantas não inoculadas com FMA os teores de prolina nas folhas mais velhas também se ajustaram a um modelo quadrático e apresentaram a mesma tendência verificada nos teores de carboidratos solúveis (Figura 15 A2) e N-aminossolúveis (Figura 16 A2) no nível de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ de salinidade.

A prolina é um soluto orgânico que muitas vezes se acumula em tecidos de plantas em resposta ao estresse salino e segundo Carvalho et al. (2003) está relacionada com o grau de tolerância à salinidade, pois contribui para o ajustamento osmótico. Entretanto outros autores, dentre eles Lacerda et al. (2003), consideram que a variação nos teores desse soluto não represente uma resposta adaptativa do estresse, sendo, possivelmente, uma reação ao dano (grau de injúria), causado pela acumulação do sal (aumento dos teores de Na e Cl), ou do processo de desidratação desencadeado pelo sal no tecido. Nesse contexto, como as plantas não inoculadas com FMA apresentaram os maiores teores de sódio e cloreto e a menor matéria seca e área foliar, nos níveis mais

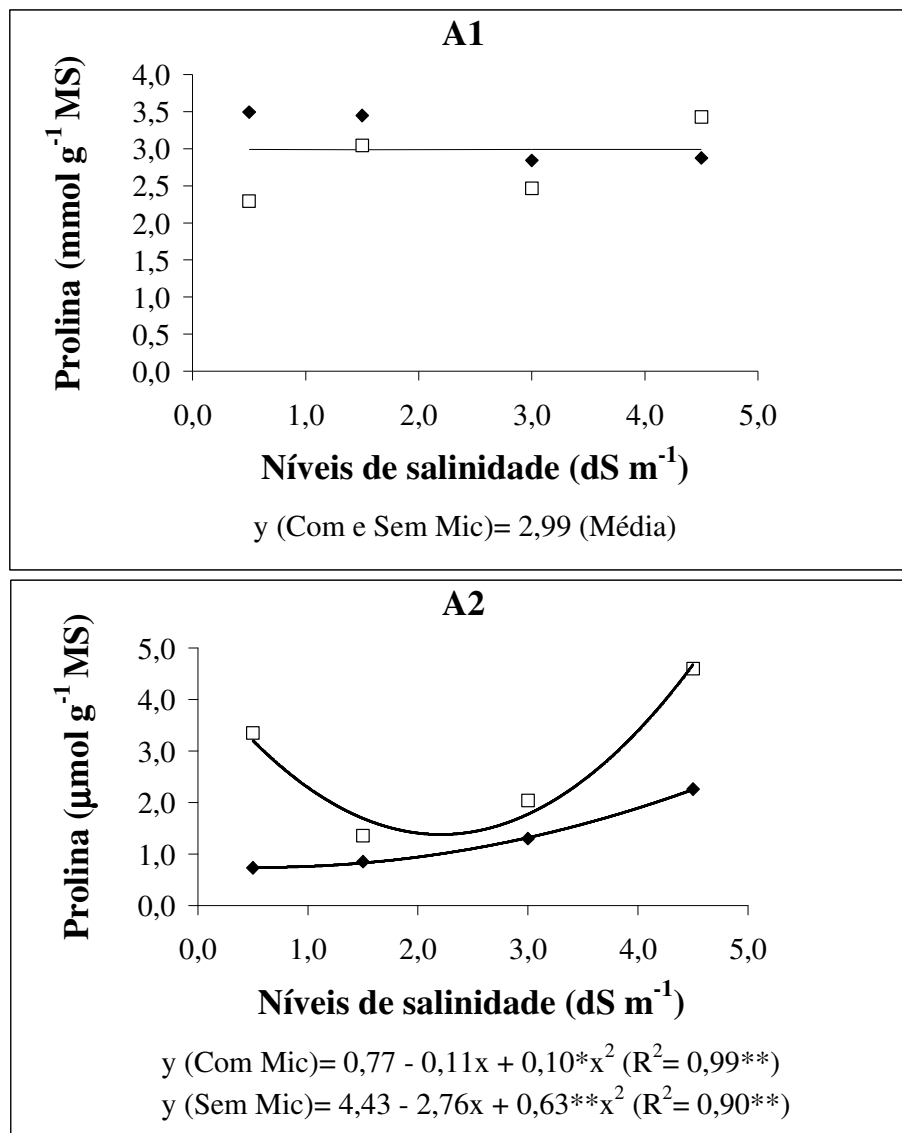


Figura 17. Teores de prolina nas folhas mais novas (A1) e nas folhas mais velhas (A2) de meloeiro inoculado (◆) e não inoculado (□) com FMA cultivado em níveis crescentes de salinidade. Realização do teste F onde: ** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{NS} Não Significativo.

avançados de salinidade, é possível que os teores de prolina apresentados nas folhas mais velhas estejam associados a esses fatores e não ao grau de tolerância das plantas, explicando assim os maiores teores desse soluto na folhas mais velhas dessas plantas, visto que as plantas inoculadas com FMA apresentaram menores valores desse soluto e foram, possivelmente, as plantas mais tolerantes ao estresse salino. Em contraste, Sharifi et al. (2007) verificaram que as plantas de soja inoculadas com FMA apresentaram na parte aérea maiores teores de prolina que as plantas não inoculadas em todos os níveis de salinidade por eles estudados.

5. CONCLUSÕES

- A associação com os FMA proporcionou um incremento no desenvolvimento da cultura do meloeiro, proporcionando um aumento na matéria seca da parte aérea e na área foliar dessa cultura, principalmente no tratamento a $0,5 \text{ dS m}^{-1}$; esse efeito benéfico, entretanto, decresceu com o incremento da salinidade;
- A condutância estomática, taxa de transpiração e taxa fotossintética foram influenciadas de forma positiva pela associação com os FMA, apresentando maiores valores nas plantas inoculadas em diferentes estádios de desenvolvimento dessa cultura;
- Os solutos orgânicos, prolina, N-aminossolúveis e carboidratos solúveis, não contribuíram diretamente para o ajuste osmótico dos tecidos foliares;
- A associação simbiótica entre os FMA e as plantas de meloeiro não proporcionou um aumento na tolerância dessa cultura ao estresse salino, entretanto auxiliou na menor absorção dos íons potencialmente tóxicos (Na e Cl) a partir da salinidade da água de irrigação de 3 dS m^{-1} .

6. BIBLIOGRAFIA

- ABREU, E.B. de. Alterações fisiológicas e bioquímicas em plântulas de cajueiro anão-precoce submetidas à salinidade em duas condições de cultivo. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, 2007, 126p.
- AL-KARAKI, G.N. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10:51-54, 2000.
- AL-KARAKI, G.N.; HAMMAD R. & RUSAN M. Response of two tomato cultivars differing in salt tolerance to inoculation with mycorrhizal fungi under salt stress. *Mycorrhiza*, 11:43-47, 2001.
- ASGHARI, H.R.; MARSCHNER, P.; SMITH, S.E. & SMITH, F.A. Growth response of *Atriplex nummularia* to inoculation with Arbuscular mycorrhizal fungi at different salinity levels. *Plant and Soil*, 273:245–256, 2005.
- ASHRAF, M. & FOOLAD, M.R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59:206-216, 2007.
- ASHRAF, M. & HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, 166:3-16, 2004.
- AYRES, R.S. & WESCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Tradução de Hans Raj Gheyi, José Francismar de Medeiros, Francisco Ademilton Damasceno. Campina Grande: UFPB, (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 29), 1999, 218p.
- BATES, L.S.; WALDREN, R.P. & TEARE, J.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39:205-207, 1973.
- BEZERRA, M.A.; OLIVEIRA, R.A. de; LACERDA, C. F. de; PRISCO, J.T. & GOMES FILHO, E. Fotossíntese de plantas de cajueiro-anão precoce submetidas ao estresse salino. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*, 47:149-152, 2003.

- BEZERRA, M.A.; LACERDA C.F. de; PRISCO, J.T. & GOMES FILHO, E. Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão precoce sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9:90-94, 2005.
- BODKER, L.; KJOLLER, R. & ROSENDAHL, S. Effect of phosphate and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* on disease severity of root rot of peas (*Pisum sativum*) caused by *Aphanomyces euteiches*. *Mycorrhiza*, 8:169-174, 1998.
- CANTRELL, I.C. & LINDERMAN, R.G. Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. *Plant and Soil*, 233:269-281, 2001.
- CARVALHO, L.M.; CASALI, V.W.D.; SOUZA, M.A. & CECON, P.R. Disponibilidade de água no solo e crescimento de artemísia. *Horticultura brasileira*, 21:726-730, 2003.
- CARVALHO, L.M.; CORREIA, P.M. & MARTINS-LOUÇÃO, M.A. Arbuscular mycorrhizal fungal propagules in a salt marsh. *Mycorrhiza*, 14:165-170, 2004.
- COSTA, P.H.A.; SILVA, J.V.; BEZERRA, M.A.; ENÉAS FILHO, J. PRISCO, J.T. & GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. *Revista Brasileira de Botânica*, 26:289-297, 2003.
- CRISÓSTOMO, L.A.; SANTOS A.A. dos; RAIJ, B.V.; FARIA, de C.M.B.; SILVA, D.J. da; FERNANDES F.A.M.; SANTOS, F.J. de S. CRISÓTOMO, A.R.; FREITAS, J.de A. de; HOLANDA J.S.de; CARDOSO J.W. & COSTA, N.D. Adubação, Irrigação, Híbridos e Práticas Culturais para o Meloeiro no Nordeste. Fortaleza: EMBRAPA AGROINDUSTRIA TROPICAL, Circular Técnica, 14, 2002, 21p.
- DAVIES JUNIOR, F.T.; PURYEAR, J.D.; NEWTON, R.J.; EGILLA, J.N. & GROSSI, J.A.S. Mycorrhizal fungi enhance accumulation and tolerance of chromium in sunflower (*Helianthus annuus*). *Journal of Plant Physiology*, 158: 777-786, 2001.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A. & SMILTH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substance. *Analytical Chemistry*, 28:350-356, 1956.
- FAO. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected Soils. 2000. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/intro.html>. Acesso em 13 de fevereiro de 2007.
- FEIJÃO, A.R. Efeitos do nitrato no crescimento, no acúmulo de íons e nas trocas gasosas em plantas de milho (*Zea mays* L.) submetidas à salinidade. Monografia (curso de Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Ceará, 2007, 66p.

- FERNANDES, A.R.; CARVALHO, J.G.; CURI, N.; PINTO, J.E.P & GUIMARÃES, P.T.G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1613-1619, 2002.
- FERREIRA, P.A; GARCIA, G.O.; NEVES, J.C.L.; MIRANDA, G.V. & SANTOS, D.B. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. *Revista Ciência Agronômica*, 38:7-16, 2007.
- FONTES, P.C.R. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Viçosa, UFV, 2001, 122p.
- FONTES, P.C.R. Olericultura: teoria e prática. Viçosa, UFV, 2005, 486p.
- GAINES, T. P.; PARKER, M.B.; CASCHO, G.J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. *Agronomy Journal*, 76:371-374, 1984.
- GARCÍA, I.V. & MENDOZA, R.E. Arbuscular mycorrhizal fungi and plant symbiosis in a saline-sodic soil. *Mycorrhiza*, 17:167-174, 2007.
- GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhizal. In: TORREY, J.G.; CRARKSON, D.T. (Ed.). *The development and functions of roots*. London, Academic Press, 1975, 575-591p.
- GHEYI, H.J. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: Oliveira, T.S., Assis Júnior, R.N., Romero, R.E. & Silva, J.R.C. (Eds.). *Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido*. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2000, 329-345p.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal fungi infection in roots. *New Phytologist*, 84(3):489-500, 1980.
- GIRI, B.; KAPOOR, R. & MUKERJI, K.G. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. *Biology and Fertility of Soils*. 38:170-175, 2003.
- GRANGEIRO, L.C; CÉLIO FILHO, A.B.; BRAZ, L.T & GONÇALVES, F.C. Melão amarelo – cultivo. Jaboticabal, UNESP, 2002, 30p.
- GRATTAN, S.R; GRIEVE, C.M. Salinity \pm mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78:127-157, 1999.
- HERBÁRIO. Melão. Disponível em: <http://www.herbario.com.br/bot/cultivar/melao.htm>. Acesso em 2 de julho de 2007.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Lavouras temporárias das Unidades da Federação 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 2 de fevereiro de 2008.
- JANOS, D. P. Mycorrhiza applications in tropical forestry: are temperate-zone approaches appropriate? In: NG, F.S.P (Ed.) Trees and mycorrhiza. Kuala Lumpur: Forest Research Institute, 1988, 133-188 p.
- JUNIPER, S. & ABBOTT, L. K. Soil salinity delays germination and limits growth of hyphae from propagules of arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 16:371–379, 2006.
- KEREPESI I. & GALIBA G. Osmotic and salt stress – induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. *Crop Science*, 40: 482-487, 2000.
- KOIDE, T. R. & Mosse, B. A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza*, 14:145-163, 2004.
- LACERDA, C.F. de; CAMBRAIA, J; CANO, M.A.O. & RUIZ, H. A. Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13:270-284, 2001.
- LACERDA, C.F. de; CAMBRAIA, J; CANO, M.A.O.; RUIZ,H.A & PRISCO, J.T. Solute accumulation and distribution during shoot end leaf development in two sorghum genotypes under salt estress. *Environmental and Experimental Botany*, 49:107-120, 2003.
- LINS, G.M. de L.; TRINDADE, A.V. & ROCHA, H.S. Utilização de *Gigaspora margarita* em plantas micropropagadas de bananeira em diferentes estágios de enraizamento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25:143-147, 2003.
- MAATHUIS, F.J.M & AMTAMANN, A. K⁺ nutrition and Na⁺ toxicity: the basis of cellular K/Na⁺ ratios. *Annals of Botany*, 84:123-133, 1999.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicações. 2 ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997, 319p.
- MANSOUR, M.M.F. Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. *Biologia Plantarum*, 43:491-500, 2000.
- MARENCO, R.A. & LOPES, N.F. Fisiologia Vegetal; fotossíntese, respiração, relação hídrica e nutrição mineral. 1 ed. Viçosa, UFV, 2005, 451p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. London, New York: Academic Press, 1995, 889 p.
- MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Exportações de Melão. 2007. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/>. Acesso em 13 de março de 2008.

- MIRANDA, J.C.C. & MIRANDA, L.N. Manejo da Micorriza Arbuscular por meio da Rotação de Culturas. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, Comunicado Técnico, 27, 2001, 2p.
- MIRANDA, J.C.C. & MIRANDA, L.N. Contribuição da Micorriza Arbuscular na resposta das Culturas à Calagem e Adubação Fosfatada em solos de Cerrado. Planaltina: EMBRAPA- CPAC, Comunicado Técnico, 89, 2003, 3p.
- MIRANDA, J.C.C. & MIRANDA, L.N. Dependência Micorrízica de Diferentes Culturas Anuais, Adubos Verdes e Pastagens em solos de Cerrado. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, Comunicado Técnico, 144, 2004, 3p.
- MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N.; VILA, L.; VARGAS, M. A. & CARVALHO, A. M. de. Manejo da Micorriza Arbuscular por meio da Rotação de Culturas nos Sistemas Agrícolas do Cerrado. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, Comunicado Técnico, 42, 2001, 3p.
- MOREIRA, F.M. de S. & SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2.ed. Lavras, UFLA, 2006, 729p.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant and Cell Environment*. 25:239-250, 2002.
- OLIVEIRA, de J.B. Pedologia Aplicada. Jaboticabal, Funep, 2001, 414p.
- PARIDA, A.K.; DAS A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60:324-349, 2005.
- PESSOA, L. C.C. Análise do desempenho e do impacto ambiental de dessalinizadores por osmose reversa instalados no interior do Ceará. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, 2000, 159p.
- PEYRANO, G.; TALEISNIK, E.; QUIROGA, M.; FORCHETTI, S. M.; TIGIER, H. Salinity effects on hydraulic conductance, lignin content and peroxidase activity in tomato roots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 35:387-393, 1997.
- PHILLIPS, J.M.;HAYMAN, A.S. Improved produres for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55:158-161, 1970.
- PLENCHETTE, C.; FORTIN, J.A. & FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. *Plant and Soil*, 70:199-209, 1983.
- POUYÚ-ROJAS, E. & SIQUEIRA, J.O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:103-114, 2000.

- RABIE, G.H. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and kinetin on the response of mungbean plants to irrigation with seawater. *Mycorrhiza*, 15:225-230, 2005.
- RHOADES, J.P.; KANDIAH, A. & MASHALI, A.M. The use saline waters for crop production. Roma: FAO, (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48), 1992, 133p.
- RICHARDS, L.A. (ed), Diagnosis and improvement of saline and alkali soils Washington, United States Department of Agriculture, (USDA Handbook 60), 1954, 160p.
- RILLIG, M.C.; WRIGHT, S.F.; EVINER, V. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant and Soil*, 238:325-333, 2002.
- RUIZ – LOZANO, J.M. & AZCÓN, R. Symbiotic efficiency and infectivity of an autochthonous Arbuscular mycorrhizal *Glomus* sp. from saline soils and *Glomus deserticola* under salinity. *Mycorrhiza*, 10:137–143, 2000.
- SAINT-ETIENNE, L.; PAUL, S.; IMBERT, D.; DULORMNE, M.; MULLER, F.; TORIBIO, A; PLENCHETTE, C. & BÂ, A.M. Arbuscular mycorrhizal soil infectivity in a stand of the wetland tree *Pterocarpus officinalis* along a salinity gradient. *Forest Ecology and Management*, 232:86–89, 2006.
- SECKLER, D.; AMARASINGHE, U; MOLDEM, D.; SILVA, R. & BAKER, R. World water demand and supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues. Research Report 19, International Water Management Institute, 1998, 41p.
- SHARIFI, M.; GHORBANLI, M. & EBRAHIMZADEH, H. Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi. *Journal of Plant Physiology*, 164: 1144-1151, 2007.
- SILVA, J.V.; LACERDA, F. de L.; AZEVEDO NETO, A.D. COSTA H. A.; PRISCO, J.T.; ENÉAS FILHO, J. & GOMES FILHO, E. Crescimento e osmorregulação em dois genótipos de sorgo submetidos a estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*, 34:125-131, 2003.
- SIQUEIRA, J.O.; LAMBAIS, M.R. & STÜMER, S.L. Fungos micorrízicos arbusculares: características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. *Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento*, 25:12-21, 2002.
- SIQUEIRA, J.O.; SYLVIA, D.M.; GIBSON, J. & HUBBELL, D.H. Spores, germination, and germ tubes of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Microbiology*, 31:965-972, 1985.
- SOUZA, F. Irrigação Desenvolvimento e Tecnologia. Fortaleza, Imprensa Universitária/UFC, 2000. 94p.
- SOUZA, R.A de. Efeitos da salinidade e da composição iônica da água de irrigação sobre o desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, 2006, 87p.

- SOUZA, R.F. de; PINTO, J.C.; SIQUEIRA, J.O.; MENDES, L.A.; Micorriza e fósforo no crescimento de *Andropogon gayanus* e *Stylosanthes guianensis* cultivados sob condições de estresse hídrico em um Latossolo Vermelho escuro distrófico. *Pasturas Tropicales*, 22:42-46, 2002.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3.ed. Artmed, 2004, 719p.
- TAVARES, R. de C. Efeitos da inoculação com fungo micorrízico arbuscular e da adubação orgânica no desenvolvimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), sob estresse salino. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007, 63p.
- TÁVORA, F.J.A.F.; FERREIRA R.G. & HERNANDEZ F.F.F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23:441-446, 2001.
- TIAN, C.Y.; FENG, G.; LI, X.L.; ZHANG, F.S. Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non-saline soil on salinity tolerance of plants. *Applied Soil Ecology*, 26:143–148, 2004.
- YANO-MELO, A. M.; SAGGIN, O. J. & MAIA, L. C. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa* sp. cv. Pacovan) plantlets to saline stress. *Agriculture, Ecosystems Environment*, 95:343–348, 2003.
- YEMM, E.W. & COCKING, E. C. The determination of amino-acids with ninhydrin. *Analyst*, 80:209-213, 1955.
- WHITE, P. J. & BROADLEY, M. R. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review. *Annals of Botany*, 88:967-988, 2001.