

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

DESENVOLVIMENTO INICIAL DA BANANEIRA MICORRIZADA E
ATIVIDADE MICROBIANA EM NEOSSOLO QUATZARÊNICO IRRIGADO COM
ÁGUA SALINA

ALDENIA MENDES MASCENA

FORTALEZA-CEARÁ
JUNHO-2010

DESENVOLVIMENTO INICIAL DA BANANEIRA MICORRIZADA E
ATIVIDADE MICROBIANA EM NEOSSOLO QUATZARÊNICO IRRIGADO COM
ÁGUA SALINA

ALDENIA MENDES MASCENA

FORTALEZA-CEARÁ

JUNHO-2010

Desenvolvimento inicial da bananeira micorrizada e atividade microbiana em Neossolo
Quartzarênico irrigado com água salina

ALDENIA MENDES MASCENA

Orientadora: Prof^a. Dra. Vânia Felipe Freire Gomes

Dissertação submetida à
Coordenação do Curso de Pós-
Graduação em Agronomia, Área de
concentração em Solos e Nutrição
de Plantas, da Universidade Federal
do Ceará - UFC, como requisito
para obtenção do grau de mestre.

FORTALEZA-CEARÁ
JUNHO-2010

M358d Mascena, Aldênia Mendes

Desenvolvimento inicial da bananeira micorrizada e atividade microbiana em neossolo quartzarênico irrigado com água salina / Aldênia Mendes Mascena. -- Fortaleza, 2010.

88 f. ; il., color.; enc.

Orientadora: Profa. Dra. Vânia Felipe Freire Gomes

Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Depto. de Ciências do Solo, Fortaleza, 2010.

1. Banana. 2. Estresse salino. 3. Fungos micorrizicos. I. Gomes, Vânia Felipe Freire (Orient.). II. Universidade Federal do Ceará – Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas. III. Título

CDD 631.4

Esta dissertação foi 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 presente estudo encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Tecnologia da referida Universidade.

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

Aldenia Mendes Mascena

Dissertação aprovada em: ____ / ____ / ____

Prof^ª. Dra. Vânia Felipe Freire Gomes
(Orientadora)

Prof. Dr. Claudivan Feitosa Lacerda
(Examinador)

Prof. Dr. Paulo Furtado Mendes Filho
(Examinador)

Prof. Dr. Olmar Baller Weber
(Examinador)

A meu esposo Cicero Lima, pelo apoio, incentivo, participação e força em todos os momentos, e a minha filha Sofia.

Aos meus pais Raimundo Mascena e Maria Mendes pelo exemplo de vida e dedicação.

Aos meus irmãos Valdenio e Valdenia.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- A Deus, pelas bênçãos derramadas em todos os dias da minha vida;
- Ao meu esposo Cicero, pelo amor de todas as horas, em especial na execução e conquista de mais uma etapa da minha vida;
- Aos meus pais, Raimundo Mascena de Lima e Maria Mendes Mascena, pelos princípios familiares e morais transmitidos ao longo dos anos;
- Aos meus irmãos, Valdenio Mendes Mascena e Valdenia Mendes Mascena, pelo incentivo a trilhar os caminhos que aqui me trouxeram;
- A toda a minha família;
- À orientadora Vânia Felipe Freire Gomes, pela amizade e por estar sempre disposta a escutar, discutir e contribuir;
- Ao professor Paulo Furtado Mendes Filho, pela oportunidade e disponibilidade de colaborar na realização deste trabalho;
- Ao professor Claudivan Feitosa de Lacerda, pela colaboração e pelas sugestões para o projeto de dissertação;
- Ao Dr. Olmar Baller Weber pelas sugestões e a disponibilidade de colaborar com o trabalho;
- À Albenisia, pela a disponibilidade de colaborar na realização das análises estatísticas;
- À Universidade Federal do Ceará, de modo especial ao Departamento de Ciência do Solo, pelos conhecimentos transmitidos durante o curso;
- À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo;
- Ao Banco do Nordeste do Brasil-BNB, Associação Científica de Estudos Agrário-ASEG e a Universidade Federal do Ceará-UFC, pelo apoio financeiro concedido durante a realização da pesquisa;
- Aos professores das disciplinas cursadas, pelos conhecimentos transmitidos.

- De modo especial ao professor Fernando Felipe Ferreira Hernandez, pelo o incentivo durante o curso e pela disponibilidade das mudas de bananeiras micropropagadas;
- Aos laboratoristas Aldo Cirilo, Geórgia e Fátima, pela amizade e colaboração nas análises laboratoriais;
- Aos amigos do Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas/UFC: Deusiane, Elizangela, Luiza, pela amizade e colaboração nas análises laboratoriais;
- Aos colegas Everton, Emanuel, Ciro, Lucas e Flávio pela a colaboração nos trabalhos desenvolvidos ao decorrer do experimento;
- Aos colegas de Departamento de Solos e Nutrição de Plantas: João Paulo, Narciso, Elinete, Giovana, Daniel e Erivan pelo agradável convívio e amizade;
- À Fazenda Frutacor, pela a concessão do solo para o experimento;
- Às secretárias da Pós-Graduação de Solo e Nutrição de Plantas (Edílson, Penha e Evilene) pelo carinho concedido durante o mestrado;
- Aos servidores técnicos administrativos da UFC, especialmente do Departamento de Ciências do solo e da FUNCEME (Tavares, Antônio José e Dr. Francisco Valderez), pelo convívio e ajuda no laboratório;
- E finalmente, a todos que direta ou indiretamente, contribuíram com seu apoio indispensável para a realização desta dissertação;
- A contribuição de cada um foi especial e de grande valor para a realização deste trabalho e para minha formação pessoal e profissional.

Muito obrigada!

“O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”.

Fernando Pessoa

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Cultura da banana	3
2.1.2. Características morfológicas	4
2.1.3. Condições edafoclimáticas	4
2.1.4. Propagação	5
2.2.1. O processo de salinização do solo	6
2.2.2. A salinidade e o desenvolvimento da planta	9
2.2.3. Tolerância da bananeira à salinidade	11
2.3.1. Microbiota do solo	14
2.3.2. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA)	14
2.3.3. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) x Salinidade	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Local do Experimento	20
3.2. Solo	20
3.3. Instalação e Condução do Experimento	23
3.4. Análise pH e condutividade elétrica do solo	24
3.5. Análises de planta	25
a) Trocas gasosas foliares	25
b) Análise de crescimento	26
c) Teores dos elementos minerais	26
3.6. Análises microbiológicas	27
a) Colonização micorrízica radicular	27
b) Quantificação de esporos de FMA	27
c) Respiração Basal do Solo (RBS)	28
3.7. Análises estatísticas	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Efeito da salinidade no solo	29
a) Trocas gasosas foliares	32
b) Efeito da salinidade no crescimento das plantas	36
c) Efeito da salinidade nos teores de nutrientes da planta	41
4.3. Efeito da salinidade nas variáveis microbiológicas	49
a) Colonização micorrízica	49
b) Densidade de esporos de FMA no solo	52
c) Respiração Basal do solo	53
5. CONCLUSÕES	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXO	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Propriedades físicas e químicas do solo utilizado no experimento	38
Tabela 2: Análise química da água da Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE)	40
Tabela 3: Valores de quadrado médio para pH e condutividade elétrica do solo...	45
Tabela 4: Valores médios de pH do solo, após aplicação dos tratamentos salinos.	46
Tabela 5: Valores de quadrado médio para a condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E) e taxa fotossintética (A) de plantas de bananeiras associadas com FMA, cultivadas sob diferentes níveis de salinidade	48
Tabela 6: Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo para altura, pseudocaule, matéria verde e matéria seca de plantas de bananeira	53
Tabela 7: Valores médios do diâmetro do pseudocaule de mudas de bananeiras, após os tratamentos salinos	55
Tabela 8: Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo para teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e Sódio (Na) de plantas	58
Tabela 9: Valores médios do teor de fósforo na parte aérea de mudas de bananeiras, após os tratamentos salinos	60
Tabela 10: Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo para colonização micorrízica radicular, quantificação de esporos de FMA e respirometria basal do solo	67
Tabela 11: Valores médios da quantificação de esporos de FMA no solo, após os tratamentos salinos	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Valores da radiação incidente sobre as plantas de bananeiras cultivadas em casa de vegetação, sob diferentes níveis de salinidade 0,5 dS m ⁻¹ , 1,5 dS m ⁻¹ , 2,5 dS m ⁻¹ , 3,5 dS ⁻¹ e 4,5 dS ⁻¹ nas quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT	41
Figura 2: Condutividade elétrica do solo, submetido a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m ⁻¹ , 1,5 dS m ⁻¹ , 2,5 dS m ⁻¹ , 3,5 dS m ⁻¹ e 4,5 dS m ⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.....	47
Figura 3: Condutância estomática (g _s) das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m ⁻¹ , 1,5 dS m ⁻¹ , 2,5 dS m ⁻¹ , 3,5 dS m ⁻¹ e 4,5 dS m ⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.....	49
Figura 4: Taxa de transpiração (<i>E</i>) das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m ⁻¹ , 1,5 dS m ⁻¹ , 2,5 dS m ⁻¹ , 3,5 dS m ⁻¹ e 4,5 dS m ⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.....	50
Figura 5: Taxa fotossintética (<i>A</i>) das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m ⁻¹ , 1,5 dS m ⁻¹ , 2,5 dS m ⁻¹ , 3,5 dS m ⁻¹ e 4,5 dS m ⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.....	51
Figura 6: Altura das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m ⁻¹ , 1,5 dS m ⁻¹ , 2,5 dS m ⁻¹ , 3,5 dS m ⁻¹ e 4,5 dS m ⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT. Equações das respectivas regressões, * significativo a 5%.....	54
Figura 7: Matéria seca da parte aérea das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m ⁻¹ , 1,5 dS m ⁻¹ , 2,5 dS m ⁻¹ , 3,5 dS m ⁻¹ e 4,5 dS m ⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT. Equações das respectivas regressões, * significativo a 5%.....	57
Figura 8: Teor de nitrogênio da parte aérea das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis salinidade 0,5 dS m ⁻¹ , 1,5 dS m ⁻¹ , 2,5 dS m ⁻¹ , 3,5 dS m ⁻¹ e 4,5 dS m ⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.....	58
Figura 9: Teor de potássio da parte aérea das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis salinidade 0,5 dS m ⁻¹ , 1,5 dS m ⁻¹ , 2,5 dS m ⁻¹ , 3,5 dS m ⁻¹ e 4,5 dS m ⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.....	63
Figura 10: Teor de sódio da parte aérea das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis salinidade 0,5 dS m ⁻¹ , 1,5 dS m ⁻¹ , 2,5 dS m ⁻¹ , 3,5 dS m ⁻¹ e 4,5 dS m ⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.....	65
Figura 11: Percentagem de Colonização micorrízica em raízes de bananeiras, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m ⁻¹ , 1,5 dS m ⁻¹ , 2,5 dS m ⁻¹ , 3,5 dS m ⁻¹ e 4,5 dS m ⁻¹ , aos 40,60, 80 e 100 DAT. Equações das respectivas regressões, * significativo a 5%.....	67
Figura 12: Respirometria basal acumulada após 10 dias de ensaio, em solo cultivado com plantas de banana, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m ⁻¹ , 1,5 dS m ⁻¹ , 2,5 dS m ⁻¹ , 3,5 dS m ⁻¹ e 4,5 dS m ⁻¹ , aos 40,60, 80 e 100 DAT.....	71

DESENVOLVIMENTO INICIAL DA BANANEIRA MICORRIZADA E ATIVIDADE MICROBIANA EM NEOSSOLO QUATZARÊNICO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA

RESUMO

O Nordeste brasileiro reúne condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo da banana, que pode ser comprovado pela posição de destaque dessa região no cenário produtivo brasileiro. Sendo uma fruta de preferência mundial, e uma das mais exploradas no mundo, assume importância fundamental, pelo seu valor econômico, nutritivo e social. A salinidade dos solos é um importante fator de estresse, ocorrendo em regiões semi-áridas e áridas do Nordeste brasileiro, onde a bananeira é cultivada. Neste contexto, os fungos micorrizicos arbuscular (FMA) vêm sendo pesquisados nos últimos anos, com o objetivo de minimizar algum dos efeitos do estresse salino nas plantas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de níveis de sais da água de irrigação sobre o acúmulo de sais no solo, à colonização com FMA e ao desenvolvimento de mudas de bananeira *Musa sp.* colonizadas com fungos micorrizicos arbusculares nativos. Para isso 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 foi o inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, correspondendo a 4 períodos de colheita (40, 60, 80 e 100 DAT) e 5 níveis de salinidade (0,5; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹), com 4 repetições totalizando 80 unidades experimentais. As mudas de bananeiras passaram por um período de aclimatização e micorrização de 40 dias após o transplântio (DAT), sendo iniciada a aplicação de água salina após este período. A primeira coleta foi aos 40 DAT antes da aplicação dos níveis de salinidade, sendo realizadas as outras coletas aos 60, 80 e 100 DAT, onde foram avaliados os parâmetros: matéria seca da parte aérea e altura das plantas, diâmetro do

pseudocaule, condutância estomática, taxa de transpiração, taxa fotossintética, pH do solo, condutividade elétrica do solo, colonização micorrízica radicular, densidade de esporos de FMA e respiração basal do solo. O aumento da salinidade da água de irrigação provocou acúmulo de sais no solo, medido pela condutividade elétrica, porém não influenciou significativamente o pH. O aumento nos níveis de salinidade não ocasionou diferença significativa na condutância estomática, taxa de transpiração das plantas, altura das plantas e diâmetro do pseudocaule, porém reduziu a taxa fotossintética e a produção de matéria seca das plantas, notadamente após 80 DAT; o aumento da salinidade da água de irrigação reduziu os teores de N e K, e aumento nos teores de Na, porém não influenciou os teores de P nas plantas. O aumento da salinidade reduziu a colonização micorrízica radicular e a respiração basal do solo, porém não influenciou a densidade de esporos de FMA no solo. De modo geral, as respostas observadas no solo (químicas e microbiológicas) e na planta, em consequência da salinidade, foram influenciadas pelo tempo de exposição do sistema solo/planta aos diferentes tratamentos de irrigação.

Palavras – Chave: Banana (*Musa* sp.), estresse salino, fungos micorrizicos.

INITIAL DEVELOPMENT OF MYCORRHIZAL BANANA PLANTS AND MICROBIAL ACTIVITY IN QUARTZIPSAMMENT IRRIGATED WITH SALINE WATER

ABSTRACT

The Northeast of Brazil region meets the soil-climate conditions for a favorable cultivation of the banana plant, which can be demonstrated by the prominent position of the region as a great banana producer in the country. The banana is a fruit consumed all over the world, so being intensively cropped everywhere; its importance involves economic, nutritional and social aspects. The soil salinity represents a fundamental stress factor on the banana yield and such soil salinity is very common in northeast of Brazil (semi-arid climate) soils where the crop is widely grown. Under this conditions, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) have been investigated lately with the objective to evaluate the role of the fungus in decreasing the plant salinity stress effects. Thus, the present study had the objective to investigate the effects of different irrigation water salt levels on: (a) the soil salt accumulation, (b) on the fungus (AMF) colonization, and (c) on the banana *Musa sp.* seedling plant growth colonized with native AMF. An experiment was conducted under greenhouse conditions (belonging to Soil Science Department – Federal University of Ceará State – Campus PICI, Fortaleza city). The statistical design was an entirely randomized blocks, in subdivided plots, with a four harvest periods (40, 60, 80 and 100 days after planting), five level of soil salinity (0,5; 1,5; 2,5; 3,5 and 4,5 dS m⁻¹) and four replicates, summing a total of 80 treatments. The banana seedling plants were subjected to a 40 days period of adaptation for fungus infection (mycorrhization) and afterwards being irrigated with saline water. The first harvest was at the 40 days after the planting; the other harvests were done at the 60, 80, and 100 days after the planting. The following variables were evaluated: aerial plant dry matter, plant height, stem diameter, stomatal conductance, transpiration rate, photosynthetic rate, soil pH, soil electrical conductivity, root fungus colonization, estimates of AMF sporous, and soil basic respiration. Increase in the irrigation water salt level caused salt accumulation in the soil which was measured through soil electrical conductivity; the soil pH was not significantly affected. The increasing soil salinity did not cause significant differences in the following variables: stomatal conductance, plant transpiration rate, plant height, and stem diameter, otherwise, it reduced the photosynthetic rate and the plant aerial dry matter yield, notably at the 80th after planting. The increase in the salinity of the irrigation water caused a reduction of N and K plant concentrations, but increased the Na concentration and had no effect on the

P. The root fungus colonization and the basic soil respiration were both reduced by the salinity of the irrigation water; AMF fungus sporous formation in the soil was not affected. In general, the responses observed in both soil (chemical and microbiological) and plant, as results of the water salinity, were affected by the time exposure of the system soil/plant to the different salinity irrigation water levels.

Keywords: Banana (*Musa sp.*), saline stress, mycorrhizal fungi.

1. INTRODUÇÃO

A salinidade é um problema que afeta áreas de todo o mundo, notadamente nas regiões áridas e semi-áridas. No Brasil, a região do semi-árido nordestino contribui para o maior percentual de solos afetados por sais, principalmente nos perímetros irrigados, apresentando uma área potencial de irrigação estimada em 6 milhões de hectares, com cerca de 25% dos perímetros irrigados existentes na região Nordeste apresentando problemas de salinidade (Brito, 2002).

As condições climáticas e a atividade antrópica são fatores que contribuem para a maximização deste cenário (Gheyi, 2000). Nessas regiões a baixa precipitação pluviométrica, a alta taxa de evaporação, a irrigação e a adubação incompatível com as características físicas, químicas e mineralógicas do solo, e, sobretudo, a má conservação ou inexistência de sistemas de drenagem, favorecem o processo de salinização.

A utilização da irrigação no nordeste brasileiro, onde a cultura da banana é muito explorada, tem proporcionado sérios problemas de salinização do solo (Bernardo, 2006). O elemento predominante na maioria dos solos salinos é o sódio, facilmente absorvido pelas plantas por estar presente em quantidade superior aos outros elementos (Marschner, 1995).

A salinidade é um dos fatores limitantes para a agricultura, afetando a maioria das culturas irrigadas, causando efeitos imediatos sobre as plantas como: seca fisiológica provocada pela redução do potencial osmótico da solução do solo; desequilíbrio nutricional por causa da elevada concentração iônica e da inibição na absorção de outros cátions pelo sódio; e efeito tóxico dos íons Na^+ e Cl^- (Munns et al., 2002). Dentre os

processos afetados pelo estresse salino, destacam-se a absorção e incorporação do CO₂ atmosférico e a troca de água, via estômato, com o ambiente (Dubey, 1997).

A tolerância de uma planta ao estresse salino varia entre as espécies e, também, com relação ao sal predominante no solo. Diversos íons estão envolvidos no processo de salinização dos solos, destacando-se o cloreto, sulfato, carbonato, sódio, cálcio, magnésio e, mais raramente, nitrato e potássio (Neves et al., 2003).

As bananeiras pertencem ao grupo das glicófitas, ou seja, plantas sensíveis a salinidade, sendo que é uma planta que requer valores de condutividade elétrica (CE) da água de irrigação inferior a 1,0 dS m⁻¹ (Borges, 2004). De acordo com Monte (2003) ao estudar os efeitos da salinidade no desenvolvimento de duas cultivares de bananeira (Pacovan e Maçã), foi verificado que as duas cultivares mostraram-se moderadamente sensíveis à salinidade.

Os fungos micorrízicos arbusculares, importantes componentes da microbiota do solo, formam associações simbióticas estáveis com raízes das plantas e podem beneficiá-las de diferentes formas, como a bioproteção contra fitopatógenos e a resistência aos estresses bióticos e abióticos como a temperatura, umidade e a salinidade do solo. As associações micorrízicas ocorrem naturalmente em bananeira e beneficiam as plantas sob diferentes condições de estresse, podendo ser potencializadas através dos efeitos protetores da associação dos fungos micorrízicos arbusculares, que podem ser sistêmicos ou localizados (Yano-Melo et al., 2002). Segundo Siqueira & Franco (1988), as plantas micorrizadas apresentam maior vigor e são mais tolerantes aos fatores adversos do solo e do ambiente e ao estresse com o choque de transplântio de mudas para o campo. Por outro lado, o excesso de sais no solo pode reduzir a colonização micorrízica, o que pode limitar a simbiose (Lúcio, 2008).

A partir das considerações acima, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de níveis de sais da água de irrigação sobre o acúmulo de sais no solo, e atividade microbiana do solo e o desenvolvimento de mudas de bananeira “Prata” colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares nativos (FMA).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura da banana

2.1.1. Origem e regiões produtoras

A bananeira é uma planta classificada da família da Musaceae, pertencente ao do gênero *Musa*. É uma espécie originária do Sudeste asiático, onde já era cultivada mesmo antes de Cristo (Gomes, 1976). No Brasil sua implantação se deu antes da colonização dos portugueses, sendo já consumida *in natura* pelos povos indígenas AGRICOLA E PECUARIA (2008). A cultura apresenta muitas variedades, sendo mais comuns as do tipo Maçã, Prata e Pacovan (RORAIMA EM FOCO, 2008)

A banana é a fruta mais produzida e consumida no mundo, sendo explorada na maioria dos países tropicais. No Brasil é cultivada do norte ao sul, em regiões tropicais e subtropicais (Borges et al., 2006), sendo o segundo maior produtor mundial de banana (Gomes et al., 2004), perdendo somente para a Índia. Seu consumo é quase em sua totalidade *in natura*, integrando-se na alimentação das populações de baixa renda, devido ao seu baixo custo e alto valor nutritivo (FAO, 2009). Sua importância está associada tanto a fatores sociais como econômicos, já que seu consumo é grande e o seu cultivo contribui para a fixação do homem no campo e para geração de divisas no país (Rosa Júnior, 2000), além do alto valor nutritivo (Ganga, 2002).

No Brasil, a produção de banana foi de 7,068 milhões de toneladas em 2007, de 6,97 milhões em 2008 e de 7,116 milhões em 2009 (AGRIANUAL, 2010). Na safra

de 2008, o estado da Bahia se destacou no cenário nacional como o maior produtor de banana, responsável por 19,6% do total. A seguir, vêm São Paulo, com 15,4%, Santa Catarina, com 9,3%, Pará, com 8,1%, Minas Gerais, com 7,6%, Ceará e Pernambuco, com 5,4% cada um. Esses estados juntos perfazem 71,0% do volume total produzido (EPAGRI/CEPA, 2008).

2.1.2. Características morfológicas

A banana (*Musa sp.*) é uma monocotiledônea herbácea, ou seja, a parte aérea é cortada após a colheita. Caracterizando-se pela exuberância de suas formas e dimensões das folhas. Possui tronco curto e subterrâneo, representado pelo rizoma e o conjunto de bainhas das folhas formam o pseudocaule. O rizoma constitui um órgão de reserva, onde se insere as raízes adventícias e fibrosas. O pseudocaule é formado por bainhas foliares, terminando com uma copa de folhas compridas e largas, com nervura central desenvolvida (Borges et al., 2004).

A bananeira, como todas as plantas, tem um ciclo de vida definido e sua fase de propagação no campo começa com a geração de um broto lateral em outra bananeira, mas o início da contagem de sua vida somente se faz com seu aparecimento do broto ao nível do solo. Botanicamente, as touceiras de bananeiras são formadas por rebentos que constituem as sucessivas gerações da muda original e que popularmente recebem as denominações de “mãe”, “filho”, “neto” etc. (Neto et al., 2003).

As raízes têm sua origem na parte central do rizoma, na união entre o cilindro central e o córtex. Geralmente, surgem em grupo de três ou quatro, distribuindo-se por toda a superfície do rizoma, em processo de diferenciação contínua, segundo o crescimento do meristema. As raízes são fasciculadas e crescem em maior porcentagem horizontalmente, nas camadas mais superficiais do solo, ocupando seus primeiros 20 a 30 cm. Apenas um reduzido número delas (cerca de 20%) se desenvolve no sentido vertical, atingindo em geral, cerca de 50 a 70 cm (Neto et al., 2003).

2.1.3. Condições edafoclimáticas

Os aspectos que influenciam no crescimento e na produção das bananeiras classificam-se em fatores internos e externos. Os fatores internos estão relacionados com as características genéticas da variedade utilizada, enquanto que os externos

referem-se às condições edáficas (solo), ambientais (clima), agentes bióticos e à ação do homem interferindo nos fatores edáficos e climáticos (Borges et al., 2004).

A bananeira planta tipicamente tropical, exige calor constante, precipitação bem distribuída e elevada umidade para o seu desenvolvimento e produção. Essas condições favoráveis são registradas na faixa onde as temperaturas se situam entre aos paralelos de 30° N e 30° S. A temperatura média de aproximadamente 27° C é considerada ótima para o crescimento das bananeiras comerciais enquanto a mínima é de aproximadamente 16° C (Moreira, 1987).

As bananeiras têm raízes tenras, frágeis, com pequeno poder de penetração, que não devem ser cultivadas em solos pesados (massapé) ou pedregosos. Sendo uma planta exigente na disponibilidade de água no solo, as necessidades hídricas totais da banana variam de 1.200 mm nos trópicos úmidos a 2.200 mm nos trópicos secos (CENTEC, 2004). O pH ótimo para a cultura da banana está entre 5 e 7, sendo uma cultura muito exigente na disponibilidade de nutrientes no solo. O potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais absorvidos e necessários para o crescimento e produção da bananeira. A cultura da bananeira é muito sensível à salinidade, necessitando de solos com condutividade elétrica (CE) inferior a 1 dS m⁻¹ para um bom desenvolvimento (FAO, 2003).

2.1.4. Propagação

A multiplicação da bananeira se processa, naturalmente no campo, por via vegetativa, pela emissão de novos rebentos. Entretanto, o seu plantio também pode ser feito por meio de sementes, processo este usado mais freqüentemente quando se pretende fazer a criação de novas variedades ou híbridos. De acordo com Borges et al. (2004) a propagação mais usual e eficiente é por brotações, mas outros métodos vêm sendo estudados e aperfeiçoados.

A micropropagação ou propagação *in vitro* é um método que está sendo bastante utilizado e adotado em muitos países para a produção de mudas de bananeira. No Brasil, esse método vem sendo utilizado de maneira crescente nos últimos anos, por causa de inúmeras vantagens, tais como produção em grande escala em qualquer época do ano, precocidade e uniformidade das mudas.

A micropropagação da bananeira é realizada em condições controladas de laboratório, proporcionando a mais alta eficiência dentre os métodos de multiplicação

de mudas de bananeira, apresentando um rendimento de 150 a 300 mudas por matriz, num período de 6 a 8 meses (Borges et al., 1997). Outras vantagens associadas ao método podem ser ressaltadas: (1) as mudas são produzidas rapidamente em espaço físico reduzido; (2) apresentam alta qualidade fitossanitária; (3) são fáceis de serem transportadas, e (4) proporcionam uniformidade nos tratos culturais e colheita no primeiro ciclo da cultura (Borges et al., 1997), ressaltando-se que, como todo método, a micropropagação tem sua limitação que é a variação somaclonal (aparecimento de plantas anormais durante a propagação).

A possibilidade de se utilizar no plantio mudas micropropagadas é atualmente a melhor alternativa para se conseguir material de qualidade genética e fitossanitária garantida, embora apresente alguns problemas, como tamanho reduzido, necessitando de uma etapa intermediária entre a produção da muda pelo laboratório e o seu plantio em campo. Deve-se mencionar, ainda, o seu elevado custo inicial, o que poderá representar mais de 25% do total do custo de implantação (Batista, 1996).

2.1. Problemas de salinidade

2.2.1. O processo de salinização do solo

Salinização é o termo utilizado para se designar o processo de acúmulo de sais no solo ou na água de irrigação, sendo estes prejudiciais para a maioria das espécies vegetais. Os principais íons que podem formar sais são potássio (K^+), magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-) e sódio (Na^+). As variáveis utilizadas na classificação dos solos com problemas de sais são a condutividade elétrica do extrato de saturação, pH e percentagem de sódio trocável (Cavalcante et al., 2006). Segundo Richard (1954) & Bernardo (2006), 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. De acordo com Gheyi (2000), a salinidade e a sodicidade, de forma geral, se resumem no acúmulo de sais solúveis e na percentagem de sódio trocável (PST) no solo, respectivamente.

Os problemas de salinidade se confundem com a própria formação do solo, que é um produto da intemperização das rochas, envolvendo processos físicos, químicos e

biológicos, mediante a ação de fatores como clima, relevo, organismos vivos e o tempo (Paz, 2000).

A origem da salinidade tem duas vertentes: uma que está associada às causas naturais (salinização primária) e a outra à atividade humana (salinização secundária ou antrópica). Nas transformações químicas das rochas (intemperismo químico), especialmente aquelas sobre os minerais primários, os sais de fósseis remanescentes de ambientes marinhos e lacustres são os principais fatores responsáveis pela salinização primária (Ayes & Westcot, 1999). A água de má qualidade, associada ao manejo inadequado da irrigação e de drenagem, estão diretamente relacionadas à salinização secundária (Gheyi, 2000).

Daker (1988) confirma que a salinização de origem primária ocorre com a intemperização dos minerais primários encontrados no solo e nas rochas. Estes sais são transportados pelas águas e armazenados nos solos, acumulando-se à medida que a água é evaporada ou consumida pelas culturas, originando o processo de salinização.

A salinização secundária é causada pelas atividades humanas, tais como práticas de irrigação inadequadas, com águas de elevado teor de sais e acompanhadas de uma drenagem ineficiente. De acordo com Ayers & Westcot (1999) a intensidade da salinização do solo depende de inúmeros fatores, tais como condições climáticas (altas temperaturas, baixa pluviosidade e intensa evaporação) e manejo inadequado da irrigação.

O processo de salinização dos solos e das águas subterrâneas e superficiais é um dos mais importantes problemas de degradação ambiental, com seus efeitos prejudiciais sendo mais pronunciados nas regiões áridas e semi-áridas, e que vem crescendo rapidamente em diversas partes do globo, causando problemas de grandes proporções na produtividade das culturas agrícolas.

Estimativas da FAO (2003) informam que, dos 270 milhões de hectares irrigados no mundo, aproximadamente, 50% já apresentam problemas de elevação do lençol freático e que 1 milhão de hectare são abandonados, anualmente, em virtude de problema de salinidade.

A irrigação tem sido amplamente utilizada pelos agricultores em muitas partes do mundo, entretanto, na maioria das vezes, a água utilizada para realizar a irrigação contém altos teores de sais e os terrenos apresentam drenagem deficiente, o que ocasiona sérios problemas para os solos e as culturas como alterações no crescimento, divisão celular, atividade enzimática entre outros efeitos fisiológicos.

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 é bastante expressiva a ocorrência da salinização dos solos, por causa das baixas precipitações, altas taxas de evaporação, e sistemas de irrigação mal dimensionados em perímetros irrigados, causando prejuízos aos produtores.

A salinidade do solo constitui um sério problema nas áreas irrigadas, principalmente quando sua intensidade interfere no desenvolvimento das culturas, reduzindo a produção e a produtividade das plantas a níveis anti-econômicos (Oliveira, 2001).

Em tal situação, sais solúveis e o Na^+ trocável podem se acumular em elevadas quantidades de modo a prejudicar severamente as culturas e, às vezes, tornar impossível o crescimento de plantas, além de afetar negativamente as propriedades físicas do solo. Os excessos de sais de sódio afetam as propriedades físicas e químicas do solo, pois o Na^+ aumenta a espessura da dupla camada iônica difusa, proporcionando a expansão das argilas e, conseqüentemente, reduzindo a porosidade e a permeabilidade do mesmo (Fassbender & Bornemuza, 1987).

A presença de sais de sódio no solo provoca a redução generalizada do crescimento das plantas cultivadas com sérios prejuízos para a atividade agrícola. A redução no crescimento é conseqüência das respostas fisiológicas, incluindo modificações no balanço de íons, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento estomático, eficiência fotossintética e alocação e utilização de carbono (Bethke & Drew, 1992).

A salinidade na rizosfera acarreta redução na permeabilidade das raízes, dando origem ao estresse hídrico. Em conseqüência, as plantas fecham os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em menor taxa fotossintética, o que constitui uma das causas do reduzido crescimento das espécies sob condições de estresse salino (O'Leary, 1971).

A recuperação de um solo salinizado significa devolver-lhe as condições químicas, físicas e biológicas que garantam novamente a germinação das sementes, crescimento das plantas e produção em nível econômico. A correção ou recuperação de solos seriamente atingidos pelos sais, apesar de tecnicamente possível, é um processo lento, contínuo e oneroso. De acordo com Ayest & Westcot (1999) existem várias

alternativas que podem ser utilizadas separadamente ou em combinações para a prevenção e manejo da salinização do solo, como a drenagem, lixiviação dos sais abaixo da zona radicular e utilização de culturas tolerantes ao estresse salino.

2.2.2. A salinidade e o desenvolvimento da planta

Em geral, a salinização do solo afeta negativamente a germinação, o estande de plantas, o desenvolvimento vegetativo das culturas, a produtividade e, nos casos mais graves, causa morte das plântulas (Silva & Pruski, 1997). Os efeitos do excesso de sais solúveis se manifestam através da pressão osmótica elevada e à ação tóxica de alguns elementos, como o Na^+ e o Cl^- , que promovem distúrbios fisiológicos à planta, podendo ocasionar sua morte (Mello et al., 1983). De acordo com Fassbender & Bornemisza (1987), a influência da salinidade é comumente maior sobre as plantas jovens e sobre o crescimento vegetativo. Para Brady (1989), os solos salinos exercem influência prejudicial sobre os vegetais, principalmente por causa de suas elevadas concentrações de sais solúveis. Altas concentrações de sais aumentam a retenção da água no solo e esta se torna cada vez menos acessível para as raízes das plantas.

De acordo com Miller & Donahue (1990), o aumento de sais na solução do solo força a planta a “gastar” mais energia para absorver água e excluir os excessos de sal de locais metabolicamente ativos. Segundo Larcher (2000) as plantas podem retirar água de um substrato salino, desde que desenvolvam um potencial osmótico mais baixo que o da solução do solo. As plantas adaptadas aos habitats salinos (halófitas) realizam isto pela acumulação e compartimentalização de sais nos vacúolos das células e, com este ajustamento, elas compensam o baixo potencial osmótico existente no meio salino.

Para Ayers & Westecot (1999), as plantas extraem 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 extração, iniciando assim o estado de escassez de água na planta. Em solos salinos, a deficiência hídrica é a maior causadora de redução na produtividade do vegetal, alterando o crescimento e a fotossíntese (Pimentel et al., 2002). Observa-se, também, que a redução do crescimento foliar nas plantas, diminuição da produção de massa seca das partes aérea e radicular podem ser influenciadas diretamente pelo acúmulo de altos teores de Na^+ e Cl^- nas folhas,

ocasionando a diminuição do teor relativo de água, da pressão de turgescência e do potencial hídrico celular (Larcher, 2000). Quando as plantas encontram-se em déficit hídrico elas podem utilizar mecanismo de tolerância, como o ajustamento osmótico, para conseguir manter o gradiente de potencial hídrico favorável à absorção de água.

Segundo Taiz & Zeiger (2008) o ajustamento osmótico é um processo pelo qual o potencial hídrico pode ser diminuído sem que haja decréscimo da turgescência ou do volume celular, pois 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 ajustamento osmótico seja um processo de aclimatação que aumenta a tolerância das plantas ao estresse salino.

O efeito osmótico tem sido a causa maior da redução do crescimento das plantas, associado à toxicidade de íons pela absorção excessiva de NaCl e do desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção ou distribuição de nutrientes essenciais. Por exemplo, um excesso de Na⁺ e de Cl⁻ no protoplasma ocasiona distúrbios, afetando a cadeia respiratória, a assimilação de nitrogênio e o metabolismo das proteínas. Esses íons começam a inibir a maioria das enzimas envolvidas nesses processos a uma concentração acima de 100 mM (Larcher, 2000; Munns, 2002).

O excesso de sais no solo também ocasiona o problema de toxicidade nas plantas e distúrbios nutricionais. De acordo com Ayers & Westcot (1991) os problemas de toxicidade surgem quando certos íons do solo ou da água são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos em concentrações suficientemente altas para provocar danos e reduzir seus rendimentos. Segundo este autor a magnitude destes danos depende da quantidade de íons absorvidos e da sensibilidade das plantas.

Em ambientes salinos, o NaCl é o sal predominante e o que tem causado a maioria das injúrias nas plantas. O sódio é considerado um nutriente benéfico, para algumas espécies vegetais, como as plantas C₄, *Atriplex vesicaria*, *A. tricolor*, *Kchia childsii*, *Panicum miliaceu* e *Distichlis spicata*, esse elemento pode ser considerado essencial (Marenco & Lopes, 2005). De acordo com (Taiz & Zeiger, 2008), o sódio está envolvido na regeneração do fosfoenolpiruvato em plantas C₄ 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⁺.

O estresse salino também pode reduzir a absorção e transporte de elementos minerais essenciais ao desenvolvimento e crescimento das plantas, ocasionando o

desequilíbrio nutricional que constitui um importante componente do estresse salino. Por exemplo, a deficiência de Ca^{2+} pode ser induzida pelo excesso de Na^+ ou SO_4^- , e a de potássio por excesso de Na^+ ou Ca^{2+} , assim como altas concentrações de Mg^{2+} podem inibir a absorção de K^+ ou Ca^{2+} (Marschner, 1995). Segundo este autor, o Cl^- é o ânion mais tóxico, sendo o Na^+ o cátion que mais prejudica o metabolismo das plantas.

2.2.3. Tolerância da bananeira à salinidade

Nas regiões áridas e semi-áridas o cultivo irrigado da cultura da banana é uma alternativa para garantir a produção no período da estiagem, mas o manejo inadequado do solo e da água pode resultar na salinização das terras, antes produtivas. Nos últimos anos, entretanto, tem sido registrada queda na produção da bananeira, em decorrência de diversos fatores, dentre eles a salinização do solo provocada, em maior parte, pela irrigação mal conduzida, sendo um dos fatores limitantes da cultura em função dos efeitos osmóticos e tóxicos de alguns constituintes iônicos sobre os diversos processos fisiológicos das plantas (Marschner, 1990).

A má utilização da água na irrigação pode aumentar o pH e os teores de Ca no solo o que pode promover desequilíbrio de nutrientes na bananeira, que é muito sensível ao desequilíbrio entre K, Ca e Mg (Silva et al., 1999). Costa & Gheyi (1984), avaliaram a qualidade das águas da região de Catolé do Rocha - PB, em cultivo de bananeira e verificaram que grande parte das águas apresentava elevadas concentrações de HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ . Resultados semelhantes foram encontrados por Maia et al. (1997) na avaliação da qualidade das águas de poços tubulares, de rios e de açudes da Chapada do Apodi, (RN). A salinização pode causar no solo, entre outros processos, mudanças nas suas propriedades químicas e físicas (Bernardo, 2006).

A salinidade é uma das formas de estresse ambiental a afetar o desenvolvimento da cultura da banana. O estresse salino inibe o crescimento vegetal por efeito osmótico, restringindo a disponibilidade de água, por toxicidade e a desordem nutricional, induzindo às modificações morfológicas, estruturais e metabólicas. O grau em que cada componente do estresse salino influencia no crescimento das plantas é dependente de muitos fatores, destacando-se, dentre eles a espécie vegetal, cultivar, estágio fenológico, composição salina do meio e condições edafoclimáticas (Shannon; Grieve, 1999).

A redução geral no crescimento das bananeiras tem-se tornado comportamento corriqueiro verificado em diversos trabalhos, quando as plantas são submetidas ao estresse salino. Este comportamento é atribuído à redução no potencial hídrico da solução do solo gerado pelo efeito osmótico dos íons, adicionados em grandes quantidades pelo uso continuado de água salina (Gondim et al., 2002), dificultando a absorção de água pelas raízes das plantas de bananeira. Como a água é um dos fatores essenciais para a expansão celular, sua limitação implica em menor crescimento de células e tecidos, também menor incremento em altura da planta, número de folhas, área foliar e conseqüentemente menor produtividade para a cultura da banana (Carmo et al., 2003).

Outro fator a ser considerado é a diminuição nas taxas fotossintéticas sob condições de estresse salino, como relatado em diversas pesquisas (Meloni et al., 2001; Pereira et al., 2004a). A diminuição da fotossíntese sob condições de estresse salino tem sido atribuída ao fechamento dos estômatos, para evitar a perda excessiva de água, absorvida de maneira limitada pelas raízes devido à redução no potencial osmótico na solução do solo. Em virtude do fechamento estomático, a aquisição e fixação de CO₂ no processo fotossintético são reduzidas, comprometendo o crescimento e a produtividade das culturas.

Segundo Lahav & Tuner (1983), a bananeira apresenta tolerância moderada à salinidade, apresentando sintomas característicos de sais como: cloroses nas margens das folhas, frutos deformados, pequenos e finos, Já Garcia (1977), após a análise de diversos estudos, conclui que os distúrbios nutricionais encontrados na cultura da banana são conseqüência da toxidez devido ao sódio.

As bananeiras estão classificadas no grupo das glicófitas, ou seja, plantas sensíveis à salinidade e, para seu bom desenvolvimento vegetativo, requer valores de condutividade elétrica da água de irrigação menores que 1,00 dS m⁻¹, para alcançar uma boa produtividade, porém, com o aumento da condutividade para 6,00 dS m⁻¹ na irrigação da cultivar “Nanica”, houve um decréscimo de 40% na produtividade, além de atraso a emissão do cacho em, aproximadamente, um mês (Abreu et al., 1982).

De acordo com Israeli et al. (1986) o desenvolvimento da bananeira é reduzido quando o cultivo é realizado em solos com condutividade elétrica do extrato saturado (CEe) maior que 3,0 dS m⁻¹. Silva et al. (1997) relatam que a bananeira é considerada uma planta moderadamente sensível à salinidade, e que o estudo do comportamento de determinadas cultivares ao estresse salino pode servir de subsídio para a indicação de

seu plantio em áreas onde este problema existe, sendo que uma das alternativas é a obtenção de cultivares adaptadas a essas condições.

Monte (2003) observou que as cultivares de bananeira Pacovan e maçã, nos primeiros estágios de desenvolvimento, mostraram-se moderadamente sensíveis à salinidade.

Carmo (2003) verificou que o crescimento das bananeiras Pacovan e Marmelo foram afetados negativamente por níveis crescentes de salinidade, verificando-se reduções na altura e diâmetro do pseudocaule. Araújo Filho et al. (1995), estudando a salinidade em bananeira, observaram que houve redução de 17 a 28% na altura das plantas em comparação com bananeiras cultivadas em solo não salino. Resultados semelhantes, também em bananeira, foram obtidos por Neves et al. (2002) & Gomes et al. (2005), na qual os mesmos autores ressaltam que a bananeira é sensível a níveis crescentes de salinidade.

Diversas pesquisas estão sendo realizadas com fungos micorrízicos inoculadas em bananeiras sob estresse salino, com a finalidade de demonstrar a tolerância ao estresse, por aumentar a absorção de água, íons de baixa mobilização como o fósforo e favorecer a absorção de nitrogênio e potássio. Bressan et al., (2001); Tótola (2002); descrevem, que dessa maneira, os fungos micorrízicos arbusculares apresentam um benefício significativo sobre a ecofisiologia de muitas espécies vegetais do semi-árido brasileiro, especialmente em áreas que sofreram interferências antropogênicas, deixando as cultivares mais tolerantes aos estresses.

A utilização de cultivares tolerantes ao estresse salino tem-se mostrado uma alternativa viável para a utilização de áreas salinizadas, por se tratar de uma opção de baixo custo e retorno imediato ao agricultor. No entanto, de acordo com Maas et al. (1986), a tolerância e o acúmulo de sal em nas células variam entre espécies e entre variedades cultivadas e, também, relaciona-se ao tipo do sal armazenado (Silva et al., 2000). Nas plantas com baixa tolerância à salinidade, a formação das mudas, o crescimento, a produtividade e a qualidade da produção podem ser fortemente comprometidos (Costa et al., 2001), devido provavelmente, às reduções na absorção de água e atividade metabólica das plantas, que têm sido amplamente relacionadas às deficiências nutricionais (Szabolcs, 1994).

Segundo Jain et al. (1993), a tolerância à salinidade é uma característica controlada por grande número de genes (herança poligênica) que interagem e contribuem, individualmente, com pequeno efeito no fenótipo.

2.3.1. Microbiota do solo

Muitas das propriedades dos solos são decorrentes das atividades biológicas dos seres vivos, visto que as relações e as interações entre os organismos do solo contribuem para diversos processos e a manutenção da vida no solo. Os componentes mais numerosos da fração biológica do solo são, sem dúvida, os microrganismos. A biota do solo inclui representantes de todos os grupos de microrganismos, fungos, algas e quase todos os filos animais. Os fungos e as bactérias são aqueles que geralmente apresentam maior biomassa. Em termos de biomassa os organismos do solo podem exceder mais de 10 toneladas por hectare, quantidade esta, equivalente ou até maior que as melhores produções agrícolas (Siqueira & Moreira, 2006).

A presença dos microrganismos em um determinado solo é função das condições ambientais dominantes. O sucesso de um organismo em qualquer habitat é função da extensão e rapidez de suas respostas fisiológicas às condições ambientais predominantes, sendo que algumas espécies de microrganismos podem sobreviver em condições extremas de salinidade, temperatura, pressão e pH. Além disso, os microrganismos, de modo geral, são muito versáteis em adaptar-se às mudanças ambientais (Siqueira & Moreira, 2006).

Os organismos participam ativamente da decomposição de resíduos orgânicos, dos ciclos biogeoquímicos e da decomposição de poluentes adicionados no solo e da agregação das partículas do solo. A pesquisa nas últimas décadas rendeu muitos resultados que contribuíram para um melhor conhecimento das propriedades dos organismos do solo e aproveitamento dos processos biológicos que influenciam na produtividade agrícola. Vale salientar que a biodiversidade e a atividade desses organismos no solo são fatores de fundamental importância para indicar e mensurar o equilíbrio e a qualidade do solo.

2.3.2. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

As plantas estabelecem simbioses mutualísticas ou parasíticas com diversos microrganismos, que encontram ambientes favoráveis nas partes aéreas ou subterrâneas dos vegetais. Os FMA são simbiotróficos obrigatórios, pois completam seu ciclo de vida apenas se estiverem associados a uma planta hospedeira, a qual lhes fornece

carboidratos e outros fatores necessários ao seu desenvolvimento e esporulação (Siqueira et al., 2006). Estas associações são praticamente universais nos ecossistemas terrestres, pois a condição de raiz não associada é exceção na natureza. O não estabelecimento desta simbiose é considerado um evento de evolução recente entre os vegetais, pois está restrita a poucas famílias ou divisões taxonômicas de níveis inferiores a família (Trappe, 1987). Entre estas exceções estão às famílias *Bassicaceae*, *Caryophyllaceae* e *Chenopodiaceae*, além de alguns representantes das famílias *Commelinaceae*, *Juncaceae*, *Proteaceae*, *Cuprecaceae*, *Cyperaceae*, *Polygonaceae*, *Ressedaceae*, *Urticaceae*, *Amaranthaceae* e *Portulacaceae* (Harley & Smith, 1983).

O termo micorriza foi inicialmente proposto pelo botânico alemão Albert Bernard Frank, em 1885, originando-se do grego, onde “mico” significa fungo e “riza”, raízes (Siqueira & Franco, 1988). As micorrizas são as relações mutualísticas mais comuns na natureza, sendo formadas por certos fungos do solo e as raízes da grande maioria das plantas (Smith & Read, 1997). Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são do tipo predominante nas espécies vegetais e de maior importância nos ecossistemas tropicais (Janos 1983, Alexander et al., 1992, Hogberg & Kvarnstrom, 1982).

Existem fortes evidências de que os FMA desempenharam um papel crucial na conquista do ambiente terrestre pelas plantas (Redecker et al., 2000). Essa premissa é corroborada por evidências de estudos de biologia molecular que confirmam que a origem dos FMA coincide com a origem das plantas terrestres, há cerca de 353-462 milhões de anos (Simon et al., 1993). A origem dos FMA foi também confirmada por análises em materiais fósseis do Período Devoniano, os quais revelaram a presença de estruturas fúngicas similares àquelas formadas pelos fungos da espécie *Glomaleanos* atuais (Piro-zynski, 1981).

A micorriza arbuscular é a associação íntima entre as raízes da maioria das plantas superiores e fungos da ordem *Glomales*. A ordem *Glomales* é formada por cinco famílias: *Glomaceae*, gênero *Glomus*; *Acauloporaceae*, com os gêneros *Acaulospora* e *Entrophospora*; *Gigasporaceae*, com os gêneros *Gigaspora* e *Scutellospora*; *Archaeosporaceae*, com o gênero *Archaeospora*; e *Paraglomaceae*, com o gênero *Paraglomus* (INVAN, 2006).

A denominação arbuscular decorre da formação de estruturas fúngicas chamadas de arbúsculos, que se formam no interior do córtex radicular. Estas estruturas altamente dicotômicas constituem o sítio de troca entre o fungo e a planta (Smith & Read, 1997).

As micorrizas possuem três componentes para completar a simbiose, quais sejam: a raiz da planta hospedeira, as estruturas formadas no córtex radicular (arbúsculos e vesículas) e o micélio e esporos extra-radiculares.

Os arbúsculos são as estruturas características das micorrizas arbusculares, e são formados pela intensa ramificação de hifas intracelulares e são responsáveis pela troca de nutrientes entre os simbioses. O desenvolvimento de arbúsculos é acompanhado da invaginação da membrana plasmática vegetal, não comprometendo a integridade das células radiculares. As vesículas, estruturas globosas ou alongadas contendo grânulos de glicogênio e lipídios, são consideradas estruturas de estocagem dos fungos e podem ser formadas dentro ou fora das células do córtex.

O micélio extra-radicular pode atingir de 14 a 50 m g⁻¹ de solo, diferenciando-se em hifas absorptivas, as quais formam uma rede dicotomicamente ramificada que se estende solo adentro para absorção de nutrientes e água (Siqueira, 2002).

Os esporos são unidades biológicas em estado de quiescência que precisam ser ativados para desencadear os processos normais da atividade biológica celular e funções metabólicas que sustentam a sua germinação e crescimento subsequente das fases filamentosas. Não se conhece o mecanismo exato pelo quais os esporos dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são ativados (Siqueira & Moreira, 2002).

As hifas intra e extra-radiculares são importantes como propágulos para iniciar nova colonização, para gerar novos esporos, para aquisição de nutrientes e ainda podem favorecer a agregação do solo. Na simbiose micorrízica arbuscular, a interação tem início quando a hifa do fungo surgindo dos esporos ou de raízes adjacentes colonizadas entra em contato com a superfície da raiz e se diferencia para formar o apressório, o qual é a via de penetração na raiz. Uma vez dentro da raiz, o fungo pode crescer inter e intracelularmente ao longo do córtex, mas não invade a região meristemática e o tecido vascular (Smith, 1997).

Os FMA não produzem alterações morfológicas visíveis nas raízes das plantas colonizadas, e desta forma, é necessária a utilização da técnica de coloração de raízes e observação ao microscópio (Gionannetti & Mosse, 1980) para a avaliação da colonização radicular e a observação das estruturas fúngicas.

Na associação das raízes com os FMA, a planta hospedeira supre o fungo com carbono, na qual o fungo atribuir maior resistência à invasão por patógenos (Harrison, 1998) e ao estresse hídrico (Syvia & Jarstf, 1992). Entretanto, o principal benefício está relacionado à maior absorção de nutrientes do solo, principalmente de nutrientes de

baixa mobilidade como é o caso do fósforo (Marschner, 1995). Segundo (Mcarthur & Knowless, 1993) considera-se que o principal benefício à planta hospedeira pela micorrização é o aumento na absorção e translocação de fósforo em solos de baixa fertilidade, mas outros nutrientes são relatados como: nitrogênio, enxofre, zinco, cobre e manganês (Sylvia et al., 1993).

Geralmente, a maior concentração de nutrientes na planta micorrizadas é atribuída ao aumento na superfície de absorção do sistema radicular conferido pelas hifas externas, que podem alcançar de 9 a 12 cm além da superfície explorada pelas raízes (Camel et al., 1991), as interconexões fúngicas aumentando a transferência de nutrientes entre plantas (Martins, 1992), ao aumento no transporte primário de prótons (Gianinazzi-Pearson et al., 1991) e ao aumento na atividade de fosfatases na superfície das raízes.

Um dos benefícios também que pode ser notado é a maior absorção de água e conseqüentemente tolerância ao estresse hídrico, aumento da taxa fotossintética, maior crescimento das plantas, maior resistência a doenças, produção de fitormônio, melhor estruturação do solo por causa de suas hifas e um maior crescimento do sistema radicular da planta micorrizada.

Subramanian et al. (1997), avaliaram que a habilidade dos FMA de manterem uma nutrição de P e outros nutrientes adequados sob condições de seca é o maior fator da resistência das plantas micorrizadas ao estresse hídrico; além do aumento da condutividade hidráulica das raízes, regulação estomatal, ajuste osmótico e mudanças na elasticidade da parede celular (Ruiz-Lozano & Azcón, 1995).

2.3.3. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) x Salinidade

Os FMA têm uma ampla distribuição no planeta, ocorrendo praticamente em todos os ambientes (Moreira & Siqueira, 2006). A presença destes fungos em ambientes salinos é freqüentemente relatada por diversos autores, que procuram observar e entender às interações estabelecidas com seus hospedeiros nesta condição adversa. Em estudos realizados em áreas salinizadas no sub-médio vale do Rio São Francisco, os FMA apresentaram ampla distribuição e uma grande variabilidade de espécies (Yano-Melo et al., 2003).

Os Fungos micorrizicos mais comumente observada em solos salinos são os da espécie *Glomus* sp. De acordo com Wilde et al. (2009) 80%, dos esporos encontrados em solos salinos pertencem a espécie, *Glomus geosporum*.

Quando o ambiente é estressante para a planta, com baixo suprimento de água e de nutrientes, particularmente de P, geralmente tais simbioses garantem benefícios para a planta (Barea 1991, Siqueira & Saggin Junior 1992); porém, em altos níveis de P, ocorre diminuição da colonização radicular, causando diminuição no crescimento (Siqueira & Saggin Junior 1992). Portanto, a efetividade simbiótica, definida como capacidade do fungo em promover o crescimento da planta hospedeira, é controlada pela eficiência do fungo, pela dependência da planta e modulada pelo ambiente (Siqueira, 1991; Brundrett, 1991; Koide, 1991).

Os principais benefícios dessa relação simbiótica para as plantas é a ocorrência de alterações metabólicas diversas com reflexos positivos sobre seu desenvolvimento e estado nutricional. Plantas micorrizadas apresentam maior atividade fotossintética, alta atividade enzimática e de produção de substâncias reguladoras de crescimento. Essas alterações metabólicas conferem às plantas maior resistência aos efeitos provocados por estresses de natureza biótica (pragas e doenças) ou abiótica (déficits hídricos e nutricionais ou estresses térmicos e salinos) (Colozzi Filho & Nogueira, 2007).

De acordo (Ruiz-Lozano et al., 1995), a associação micorrízica promoveu uma melhor eficiência fotossintética e no uso da água em plantas sob condições de estresse salino, além do aumento da condutividade hidráulica das raízes, regulação estomatal, ajuste osmótico e mudanças na elasticidade da parede celular. Em circunstâncias adversas de estresse salino, a simbiose micorrízica é um componente importante para o desenvolvimento das plantas. Hetrick et al. (1991), salientam que a contribuição das hifas dos FMA na absorção de água ainda não está perfeitamente esclarecida.

Segundo Cantrell & Linderman (2001), em condições salinas, as plantas associadas aos FMA apresentam uma maior resistência devido aos possíveis processos metabólicos mediados por alguns nutrientes, principalmente o fósforo, e ainda pela compartimentalização do sódio nos tecidos da plantas e da hifa fúngica. Resultados descritos por Rabie (2005) mostram, que as micorrizas arbuscular são primordiais no manejo de ambientes salinos, pois em trabalho realizado pelo autor, mudas de *Vigna radiata* cultivadas sob condições salinas apresentaram um aumento significativo na quantidade de matéria seca produzida, altura, conteúdo de clorofila, açúcares e proteínas.

Estudos realizados por Tavares (2007), para avaliar o efeito dos fungos micorrízicos arbusculares e da adubação orgânica no desenvolvimento de mudas de sabiá cultivadas sob estresse salino, mostraram um aumento na concentração de nitrogênio (N) no caule com o aumento dos níveis de salinidade, enquanto que os teores de N nas raízes e nas folhas não foram estatisticamente significativos.

Lúcio (2008) verificou que 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} . O mesmo autor observou que a condutância estomática, taxa de transpiração e taxa fotossintética foram influenciados de forma positiva pela associação com FMA, apresentando maiores valores nas plantas micorrizadas em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura do melão.

Bezerra et al. (2009) em estudos de quantificação de esporos de FMA em área cultivada com milho e feijão-de-corda irrigados com águas salinas, observou que o número de esporos de FMA aumentou com a elevação da salinidade na água de irrigação. Ressaltado que a maior quantidade de esporos de FMA no solo foi no tratamento T4($0,5 \text{ dS m}^{-1}$) com uma média de 68,5 esporos em 50g de solo, com uma predominância do gênero *Glomus*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local 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, Ceará, Brasil, no período de julho a novembro de 2009.

A Casa de vegetação apresenta as seguintes dimensões: 13 metros de comprimento por 4,5 metros de largura e 2,5 metros de altura, com cobertura de PVC transparente de 90%, e sobre o mesmo um sombrite de 70%, fechada lateralmente com tela, permitindo a ventilação natural. Segundo a classificação de Köeppen, a referida região apresenta um clima do tipo Aw' e se localiza numa altitude de 20 m acima do nível do mar, apresentando as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 3° 44' S e longitude 38° 33' W.

3.2. Solo

O solo utilizado no experimento foi coletado a uma profundidade de 0 a 20 cm, em um dos lotes do Distrito de Irrigação Tabuleiro de Russas, localizado entre os municípios de Limoeiro do Norte, Russas e Morada Nova, no Estado do Ceará. O solo classificado como um Neossolo Quartzarênico, foi analisado com relação às suas características físicas e químicas nos laboratórios de análises de solo e água do

Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciência Agrárias da Universidade Federal do Ceará (Tabela 1).

Tabela 1: Propriedades físicas e químicas do solo utilizado no experimento.

Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					Classificação textural	Grau de flocculação (g 100 g ⁻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			
669	234	41	56	10	Areia	82	1,49	2,58	6,52	5,90	0,62	5,0	0,27		
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								
1,30	0,90	0,03	0,10	4,12	0,55	2,3	6,5	19	1	10,26	1,06	10	17,69	5	

3.3. Instalação e Condução do Experimento

As mudas de bananeira utilizadas foram produzidas através de micropropagação no Laboratório de Cultura de Tecidos do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará. As plantas foram retiradas dos vidros contendo meio de cultura, onde tinham sido propagadas, e suas raízes foram lavadas em água corrente e colocadas em bandejas para a seleção, sendo escolhidas de acordo com a uniformidade de tamanho e vigor.

Após selecionadas e padronizadas, as plantas foram transplantadas do meio de cultivo “*in vitro*” para solo natural, onde já existia uma população de fungos micorrizicos estabelecida e devidamente identificada de acordo com análises microscópicas, na qual foi obtido um valor médio de 525 esporos por 100g de solo. Esse procedimento foi determinado através da metodologia do peneiramento úmido e extração (Gerdemann & Nicholson, 1963), que revelou a presença das espécies *Glomus sp.* e *Gigaspora sp.*

As mudas foram então, transplantadas para vasos plásticos, perfurados, contendo 5,0 kg de solo natural, seco ao ar, destorroado e tamisado em peneira de 2 mm de diâmetro. Depois do transplântio as mudas foram mantidas em casa de vegetação, com sombrite a 70%, onde permaneceram sem a adição dos níveis de sais por um período de 40 dias, com o intuito de favorecer a aclimatação, reduzindo os efeitos do choque de transplântio.

Os níveis de salinidade do solo foram induzidos através da irrigação das parcelas, com água de diferentes condutividades elétricas (CEa), obedecendo-se à relação entre CEa e concentração ($\text{mmolc L}^{-1} = \text{CE} \times 10$), extraída de Rhoades et al., (1992). Os níveis de salinidade corresponderam a cinco diferentes condutividades elétricas (CEa) da água de irrigação, a saber: 0,5; 1,5; 2,5; 3,5, 4,5 dS m^{-1} . Os níveis de salinidade utilizados no presente trabalho, foram escolhidos a partir dos níveis pré estabelecidos pela literatura (Borges et al., 2004) com relação à tolerância da bananeira à salinidade. As soluções com os diferentes níveis de sais, foram preparadas a partir da adição de NaCl a água da Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE), cujas características foram avaliadas no laboratório de análises de solo e água do Departamento de Ciências do Solo da UFC (Tabela 2).

A aplicação de água salina foi iniciada aos 40 dias após o transplântio (DAT), obedecendo a um turno de regra com intervalos de 24 horas, mantendo o solo na

capacidade de campo, e aplicando-se uma fração de lixiviação de 15% (Ayers & Westcot, 1999).

Tabela 2: Análise química da água da Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE)

Cátions (mmolc L ⁻¹)				Ânions (mmolc L ⁻¹)				pH	CE (dS m ⁻¹)	RAS	Classificação
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻				
0,6	0,8	1,5	0,1	2,2	-	0,9	-	6,5	0,31	1,83	C ₂ S ₁

No decorrer do experimento foi aplicada semanalmente em todos os tratamentos, uma alíquota de 50 mL de solução nutritiva de Hewitt (1952), entretanto a sua composição foi modificada, com a retirada do fósforo, durante o cultivo das plantas. A omissão do fósforo foi realizada no intuito de promover uma resposta das plantas com relação aos FMA, visto que, em ambiente com baixo suprimento de nutrientes, particularmente do fósforo, geralmente estas simbioses garantem maiores benefícios para as plantas.

O experimento obedeceu a um delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, sendo as parcelas representadas pelos níveis de salinidade da água de irrigação (0,5; 1,5; 2,5; 3,5, 4,5 dS m⁻¹) e as amostragens ao longo do tempo (40, 60, 80 e 100 DAT) como subparcelas. Foram utilizadas quatro repetições, sendo cada repetição representada por uma planta por vaso, totalizando 80 unidades experimentais.

3.4. Análise pH e condutividade elétrica do solo

As análises de pH e condutividade elétrica do solo foram realizadas aos 40, 60, 80 e 100 DAT. O potencial eletroquímico do solo foi determinado por meio de um potenciômetro combinado imerso em suspensão no solo segundo EMBRAPA (1997). Foram adicionados 10 cm³ de solo, 25 mL de CaCl₂ 0,001 mol L⁻¹ em um copo plástico, onde se agitou com um bastão de vidro por alguns minutos. Em seguida a amostra foi deixada em repouso por 1 hora. Decorrido o período de repouso, a amostra foi agitada novamente e realizada a leitura do pH.

A condutividade elétrica do solo foi determinada através da mistura do solo + água na proporção 1:1 (v/v), deixando-se o material em repouso nos copos, durante duas horas antes da medição.

3.5. Análises de planta

a) Trocas gasosas foliares

As trocas gasosas das plantas de bananeiras foram realizadas a cada período de coleta (40, 60, 80 e 100 DAT).

Para caracterização das trocas gasosas, foram avaliadas: fotossíntese líquida (A_n), condutância estomática (g_s) e transpiração (E). Essas medidas foram feitas na primeira folha completamente madura a partir do ápice, por meio de um analisador de trocas gasosas de plantas (IRGA, ADC System), sendo as leituras realizadas entre 8:00 e 10:00 horas. Em função da utilização sombrite, verificou-se que a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medida no interior do ambiente protegido apresentou valores baixos (Figura 1). Em média, foram observados valores de 246, 240, 239 e 240 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ nas medições realizadas aos 40, 60, 80 e 100 DAT, respectivamente.

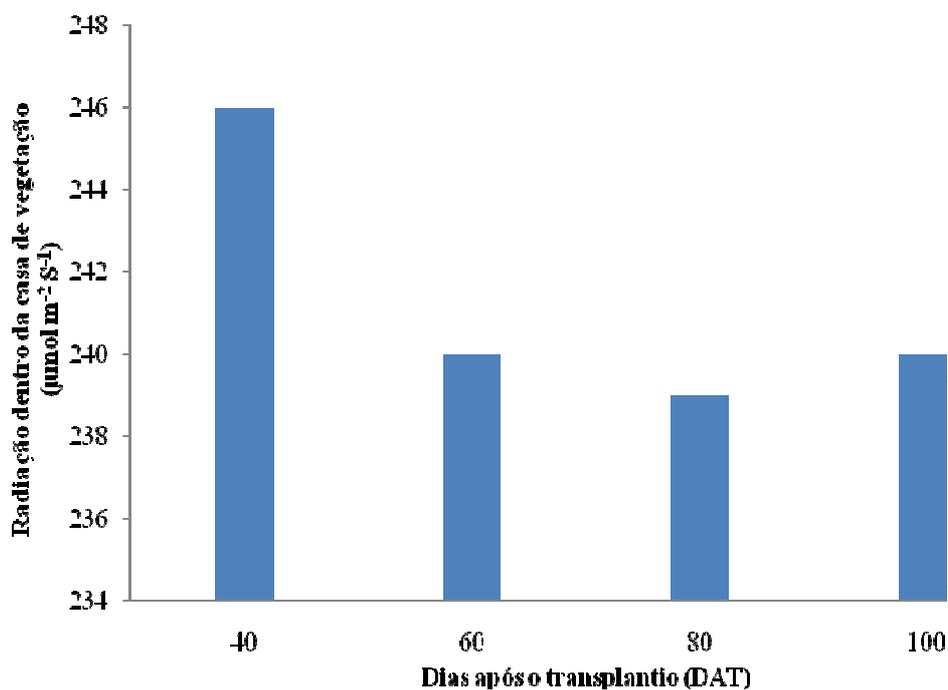


Figura 1: Valores da radiação incidente sobre as plantas de bananeiras cultivadas em casa de vegetação, em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT, sob diferentes níveis de salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$.

b) Análise de crescimento

A altura da planta foi determinada tomando a medida do nível do solo até a última gema apical, sendo realizada a cada período de coleta, após o transplântio, com auxílio de uma régua. O diâmetro do pseudocaule foi medido a cada período de coleta com um paquímetro digital e escala de leitura em milímetro, cerca de 5 cm acima do colo da planta.

Após a medição das trocas gasosas, aos 40, 60, 80 e 100 DAT, as plantas foram colhidas, separadas em parte aérea e raízes e logo após, colocadas em sacos de papel e postas para secar em estufa com circulação de ar em temperatura em torno de 65°C até atingir peso constante. Ao serem retiradas da estufa as plantas foram pesadas em balança analítica, para a determinação da matéria seca (MS).

c) Teores dos elementos minerais

Os materiais colhidos aos 40, 60, 80 e 100 DAT, após secos e moídos, foram utilizados para determinação dos elementos minerais (N, P, K e Na). O nitrogênio total foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Para tanto, 100 mg do material vegetal seco em estufa foram colocados em tubos digestão contendo 2 mL de ácido sulfúrico concentrado mais a mistura catalizadora. A digestão procedeu-se com elevação da temperatura da mistura digestora gradualmente até 350 °C. Após o término da mineralização foram adicionados aproximadamente 20 mL de água destilada, 0,3 mL de fenolfetaleína a 3 % e 10 mL de NaOH a 30 % . Nesta etapa os tubos foram submetidos à microdestilação, sendo a fase líquida recuperada em erlenmeyer contendo 5 mL de ácido bórico a 0,02 N. A quantidade de nitrogênio foi determinada pelo o volume gasto de H₂SO₄ a 0,02 M na titulação das amostras.

Os elementos P, K, Na, foram determinados conforme Malavolta et al., (1997). O extrato foi obtido através da digestão de 0,5 g do material vegetal seco, em 6 mL da mistura de ácido nítrico (HNO₃) + ácido perclórico (HClO₄) na proporção 2:1 (v/v), deixado-se o material em repouso nos tubos de digestão durante uma noite. Decorrido o repouso, os tubos foram colocados no bloco digestor e aquecido gradativamente até 12°C e permanecendo nessa temperatura até o total desaparecimento dos vapores castanhos. Após a eliminação dos vapores castanhos elevou-se a temperatura para 250°C, mantendo-a constante até o aparecimento de vapores brancos e o extrato

apresentar-se incolor. Após atingir a temperatura ambiente, o homogenato foi transferido para balão volumétrico, sendo o volume completado para 50 mL com água destilada. Os extratos foram usados para determinação dos elementos P, K, Na. Os teores de Na e K foram determinados por fotometria de chama e os teores de P por colorimetria.

3.6. Análises microbiológicas

a) Colonização micorrízica radicular

A colonização micorrízica radicular das plantas de bananeiras com FMA foi determinada a cada período de coleta (40, 60, 80 e 100 DAT). Para tanto, foram coletadas as raízes de cada unidade experimental e colocadas em álcool a 70% para a preparação e avaliação posterior da colonização micorrízica. A determinação da colonização micorrízica foi realizada de acordo com o método de coloração descrito por Phillips & Hayman (1970), técnica complementada através da acidificação das raízes com ácido acético a 5%, e posterior utilização de tinta de caneta a 5% (Vierheilig et al., 1998). Posteriormente foram realizadas as observações da presença das estruturas fúngicas na região do córtex radicular, através da técnica de (Giovanetti & Mosse, 1980). O grau de colonização micorrízica foi avaliado em termos percentuais, tomando-se por referência três graus: baixo (até 20% de colonização radicular), médio (30% a 80% de colonização radicular) e alto (acima de 80% de colonização radicular).

b) Quantificação de esporos de FMA

Para verificar a presença dos fungos micorrízicos arbusculares foi realizada a contagem de esporos de FMA no solo aos 40, 60, 80, 100 DAT, após a coleta das plantas, pela técnica de peneiramento úmido e extração (Gerdemann & Nicholson, 1963). Após a decantação do extrato do solo, de acordo com a metodologia, foi recolhida uma alíquota de 50mL do extrato e destes, uma alíquota de 3mL, que foram colocados em uma placa quadriculada para a contagem do número de esporos, com a utilização de estereoscópio, sob aumento de 40 vezes.

c) Respiração Basal do Solo (RBS)

A Respiração Basal do Solo (RBS) foi estimada a cada período de coleta (40, 60, 80 e 100 DAT), em amostras de 100g de solo mantidas a uma umidade de 60% de capacidade de campo, após 10 dias de pré-incubação. Os 100g de solo foram transferidos para frascos vedados e incubados por 10 dias. O CO₂ produzido pela atividade respiratória da microbiota do solo foi capturado por uma solução de NaOH 0,5 mol/L. Logo após foi procedida a titulação com HCl 0,25 mol L, usando-se como indicador a fenolftaleína 1%. Foram utilizados como controle (branco), frascos que não continham amostras de solo. A quantidade de CO₂ liberado foi calculada pela diferença entre volume gasto de HCl na titulação do branco e o volume gasto de HCl na titulação das amostras, sendo o resultado expresso em mg C-CO₂ 100g⁻¹ (Alef, 1995).

3.7. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e de regressão. A escolha dos modelos de regressão baseou-se na significância dos coeficientes das equações de regressão ao nível de 5% de probabilidade. Como a ferramenta de auxílio às análises estatísticas, adotou-se o programa estatístico SAEG/UFV.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito da salinidade no solo

a) pH do solo após tratamento salino

A análise de variância (Tabela 3) indicou que o pH do solo não foi influenciado significativamente pela aplicação de níveis crescentes de salinidade, nem pela ação do tempo e pela interação salinidade e tempo.

Tabela 3. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo para pH e condutividade elétrica do solo.

Fonte de variação	pH do solo	Condutividade elétrica
Tratamento Sal	0,409 ^{ns}	60,90**
Resíduo (A)	0,154	0,95
Tratamento Tempo	0,357 ^{ns}	56,53**
Interação: Sal x Tempo	0,488 ^{ns}	6,315**
Resíduo (B)	0,192	1,104

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), pelo teste F. *e ^{ns} não significativo.

Comparando-se o pH do solo antes do início do experimento (Tabela 1), ao final do experimento, foi verificado uma pequena variação no pH do solo em todos os tratamentos salinos (Tabela 4). Essa pequena variação pode ser explicada pela utilização de um sal neutro na composição dos tratamentos salinos, no caso o NaCl.

De acordo com a FAO (2010) a bananeira cresce bem em pH 5 e 7, sendo que Borges et al. (2004) recomenda um pH 6 para um bom desenvolvimento da bananeira. O pH é um importante identificador das condições químicas do solo, por possuir capacidade de intervir na disponibilidade de vários elementos químicos fundamentais ao desenvolvimento vegetal, favorecendo ou não sua liberação. Solos de pH abaixo de 5,5 geralmente tem baixa disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo, e uma alta solubilidade do alumínio, ferro e boro, sendo baixa para o molibdênio.

Tabela 4: Valores médios de pH do solo, após tratamento salino.

Dias após transplântio	Níveis de salinidade (dS m ⁻¹)				
	0,5 dS m ⁻¹	1,5 dS m ⁻¹	2,5 dS m ⁻¹	3,5 dS m ⁻¹	4,5 dS m ⁻¹
	pH do solo				
40	5,04	5,04	5,05	5,05	5,06
60	5,25	5,30	5,35	5,35	5,36
80	5,27	5,35	5,40	5,45	5,49
100	5,35	5,45	5,50	5,59	5,60

b) Condutividade elétrica do solo (CE)

A análise de variância (Tabela 3) indicou que a condutividade elétrica do solo foi influenciada de forma significativa pela aplicação de níveis crescente de sal e pela ação do tempo ($p < 0,01$), havendo interação salinidade e tempo ($p < 0,01$). No entanto não foi possível ajustar um modelo de equação, de acordo com análise de regressão, sendo feito um gráfico de linhas para demonstrar o comportamento dos tratamentos (Figura 2).

Aos 40 DAT, a CE apresentou a mesma tendência, uma vez que os solos não haviam recebido nenhum tratamento salino (Figura 2). Aos 60, 80 e 100 DAT a condutividade do solo nos níveis de salinidade 0,5 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 2,5 dS m⁻¹ e 3,5 dS m⁻¹ apresentaram a mesma tendência. Foi observado um aumento crescente na CE do solo com o aumento da salinidade da água de irrigação, especialmente no nível mais elevado (4,5 dS m⁻¹) e aos 100 DAT, demonstrando claramente o acúmulo de sais no solo. Embora os valores pareçam baixos, é preciso esclarecer que a medição foi realizada em um extrato 1:1 (solo:água), o que tende a apresentar valores bem menores do que o método que utiliza o extrato da pasta saturada do solo (Richards, 1954) utilizado na classificação de solos salinos (condutividade elétrica do extrato de saturação maior que 4,0 dS m⁻¹).

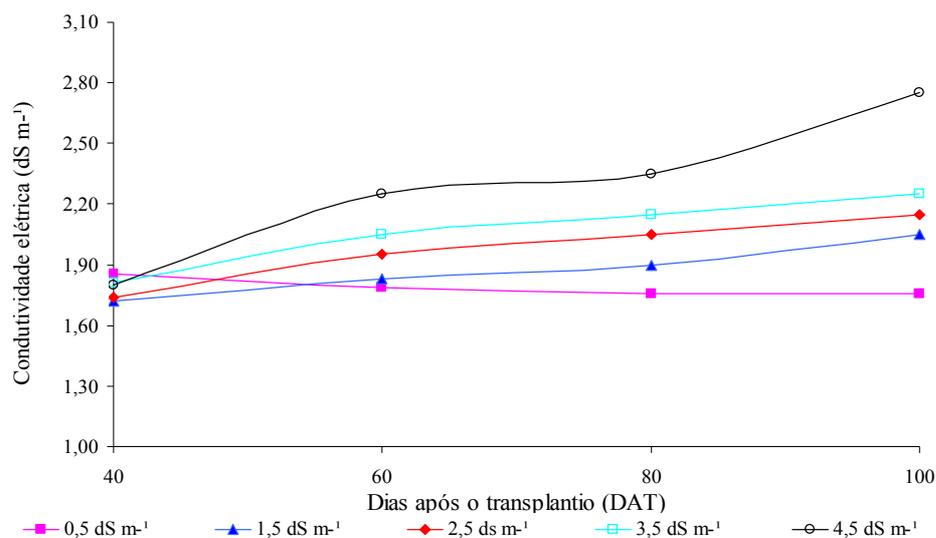


Figura 2: Condutividade elétrica do solo, submetido a cinco níveis de salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.

Santana et al. (2006), observaram um acréscimo significativo nas médias de condutividade elétrica do solo à medida que se aumentou a concentração salina na água de irrigação. Tomé Jr. (1997) afirma que o excesso de sais na zona radicular, independentemente dos íons presentes, prejudica a germinação, desenvolvimento e produtividade das plantas. Isso porque, uma maior concentração de sais na solução exige da planta um maior dispêndio de energia para conseguir absorver água (efeito osmótico), prejudicando seus processos.

4.2. Análise de plantas

a) Trocas gasosas foliares

A análise de variância (Tabela 5) indicou que o aumento nos níveis de salinidade não ocasionou diferença significativa ($P > 0,05$) na condutância estomática (g_s) e na taxa de transpiração (E), porém afetou significativamente ($P < 0,05$) a taxa de fotossíntese líquida (A). Por outro lado, verificou-se influência do tempo ($p < 0,01$) de amostragem sobre as trocas gasosas foliares, embora não tenha ocorrido interação entre a salinidade e o tempo de cultivo.

Tabela 5. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo para a condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E) e taxa fotossintética (A) de plantas de bananeiras associadas com FMA, cultivadas sob diferentes níveis de salinidade.

Fonte de variação	g_s	E	A
Tratamento sal	0,169 ^{ns}	3,732 ^{ns}	33,29*
Resíduo (A)	0,143	0,575	1,950
Tratamento tempo	105,15**	338,47**	130,92**
Interação: sal x tempo	0,151 ^{ns}	1,237 ^{ns}	6,588 ^{ns}
Resíduo (B)	0,939	0,323	1,598

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), pelo teste F.* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), pelo teste F.

Os valores de g_s e E decresceram ao longo do período experimental, em todos os tratamentos salinos, seguindo um comportamento quadrático (Figuras 3 e 4). A inexistência dos efeitos da salinidade sobre a condutância estomática e transpiração podem ser explicados pela menor incidência da radiação sobre as plantas de bananeiras (Figura 1), cultivadas em casa de vegetação com um sombreamento de 70%, fato que pode ter amenizado o estresse osmótico nos diferentes níveis de salinidade aplicados.

Segundo Neves et al. (2002) o aumento da salinidade provocado pelo incremento de sódio na solução nutritiva não interferiu nas trocas gasosas realizadas em bananeiras “Prata”. Diferente do observado no presente estudo, Távora et al. (2001), estudando o crescimento e as relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl, observou que o tempo de exposição ao estresse salino ocasionou uma diminuição na condutância estomática e na transpiração. Lúcio (2008), também encontrou resultados semelhantes, ao estudar as respostas fisiológicas e

bioquímicas de meloeiro (*Cucumis melo* L.) inoculado com FMA sob estresse salino, onde observou um decréscimo nos valores de condutância estomática e da transpiração das plantas, com a elevação do período de exposição aos níveis de sais. Efeitos semelhantes também foram observados por Silva (2009) em mudas de *Spondias tuberosa* Arruda (Câmara) inoculadas com FMA e não-inoculadas, que apresentaram uma redução da condutância em relação ao tempo de exposição ao estresse salino com NaCl.

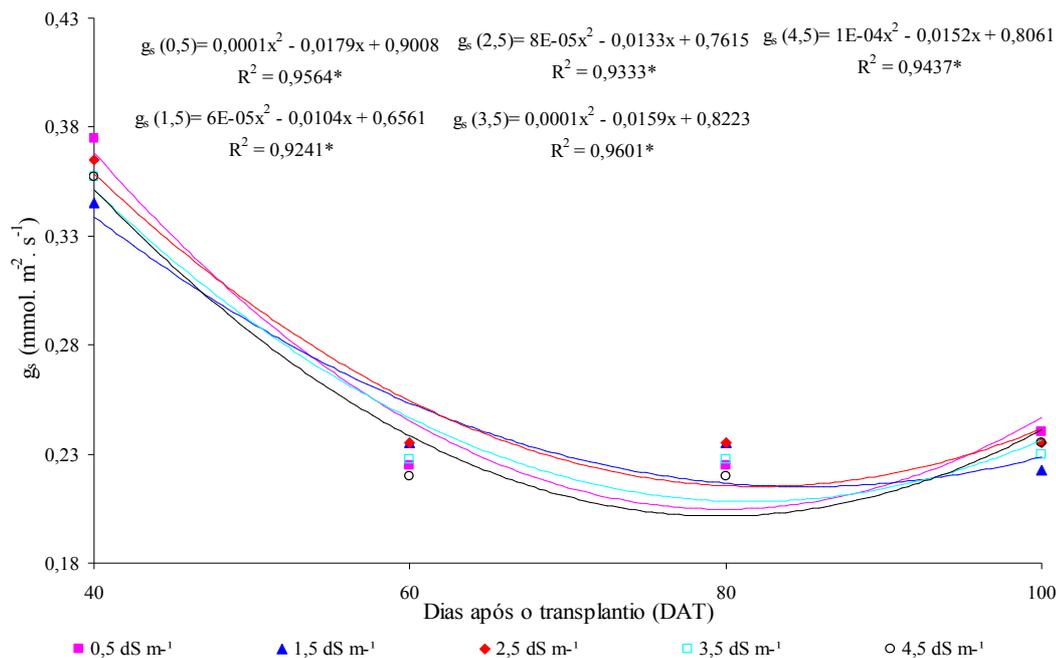


Figura 3: Condutância estomática (g_s) das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 2,5 dS m⁻¹, 3,5 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.

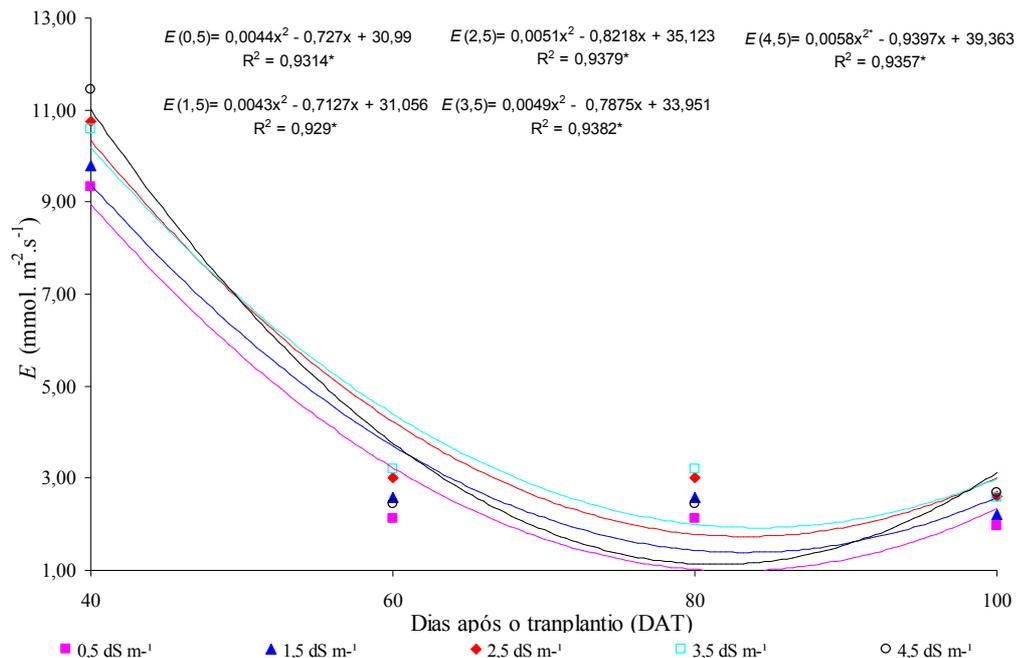


Figura 4: Taxa de transpiração (E) das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 2,5 dS m⁻¹, 3,5 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.

A taxa fotossintética (A) nas plantas de bananeira decresceu com o tempo de cultivo, em todos os tratamentos (Figura 5), o que se deve, em parte, à redução na condutância estomática. No entanto, o decréscimo na A foi linear ao longo do tempo, enquanto que as reduções em g_s foram quadráticas. Segundo Larcher (2000), a capacidade fotossintética é uma característica intrínseca de cada espécie vegetal, sendo que as trocas gasosas mudam durante o ciclo do desenvolvimento do indivíduo e dependem do curso anual e até mesmo do curso diário das flutuações ambientais (luz, temperatura etc.) em torno do vegetal.

Diferente dos resultados observados para g_s e E verificou-se que a salinidade reduziu a taxa de fotossíntese líquida. Todavia entre os níveis de salinidade não houve diferença estatística aos 40 DAT, resultado já esperado, uma vez que as plantas estavam no período de aclimação e associadas com os FMA, embora não tivessem recebido nenhum tratamento salino neste período. Aos 60, 80 e 100 DAT, as plantas submetidas ao menor nível de salinidade (0,5 dS m⁻¹), apresentaram diferença (Figura 5), com uma maior taxa fotossintética em relação às plantas que receberam os níveis de salinidade, 1,5 dS m⁻¹, 2,5 dS m⁻¹, 3,5 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹, o que indica a influência dos níveis mais elevados de salinidade sobre a taxa fotossintética das plantas de bananeira. Vários trabalhos também observaram redução da fotossíntese em plantas submetidas a condições de estresse salino (Meloni et al., 2003).

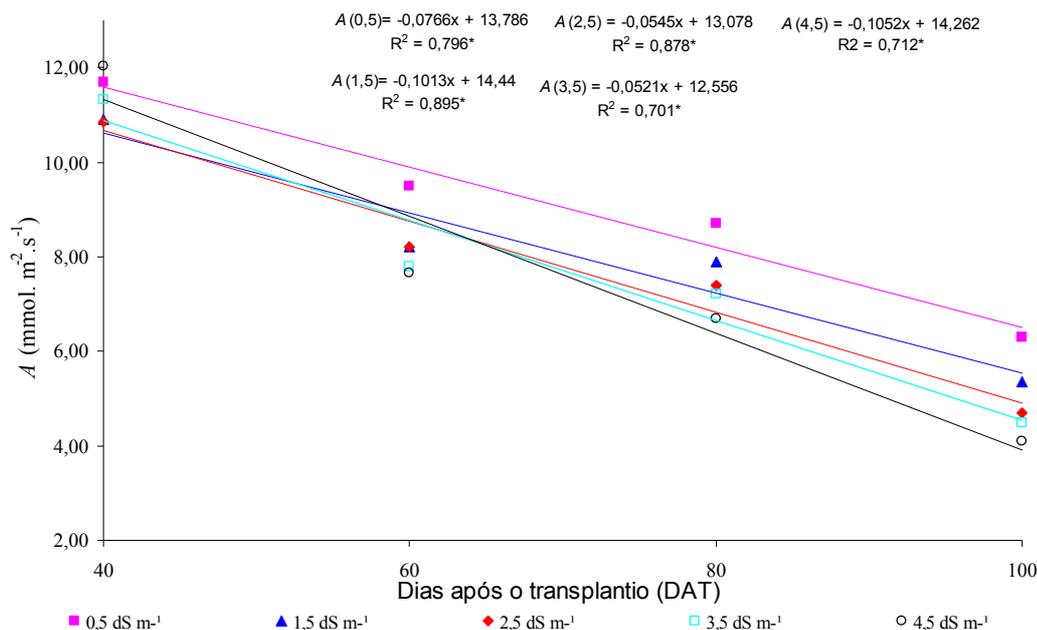


Figura 5: Taxa fotossintética (A) das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 2,5 dS m⁻¹, 3,5 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.

Em várias espécies (“Prata” e “maçã”), a redução da fotossíntese em função da salinidade tem sido atribuída às limitações estomáticas. No presente estudo, é possível sugerir que grande parte da queda da taxa fotossintética nos tratamentos com maiores níveis de sais pode ser atribuída às limitações não estomáticas, ou seja, a salinidade deve ter causado efeitos sobre as etapas fotoquímicas e bioquímicas do processo fotossintético (Agastian et al., 2000).

Outro aspecto a ser considerado no presente estudo é que a intensidade de radiação fotossinteticamente ativa (Figura 1) estava bem abaixo dos valores observados em condições naturais, em função da refletância e absorbância do material de cobertura (Buriol et al., 2005). Segundo Marengo et al. (2005), a intensidade luminosa, a temperatura, a concentração de CO₂, o teor de nitrogênio da folha e a umidade do solo são fatores que afetam a atividade fotossintética dos vegetais. Como os níveis de radiação estavam abaixo do ponto de saturação da espécie é possível sugerir que maiores taxas de fotossíntese e maiores efeitos da salinidade poderiam ser observados em condições de elevada irradiação.

A inexistência de efeitos da salinidade sobre g_s e E e os efeitos relativamente pequenos sobre as taxas fotossintéticas podem também ser explicados pela influência dos FMA nativos que normalmente estão associados as raízes de bananeiras, em função da maior tolerância proporcionada pela associação micorrízica às plantas submetidas a

estresse salino. Auge et al. (2000) observaram o ajustamento osmótico e a manutenção da turgescência em plantas de roseiras (*Rosa hybrida* L. cv Samantha) colonizadas com os fungos micorrízicos das espécies *Glomus deserticola* e *Glomus intraradices* sob estresse hídrico e salino, sendo este resultado atribuído à micorrização e não ao maior aporte de nutrientes. Como o estresse salino tende a reduzir o desenvolvimento das plantas, os FMA podem amenizar esse processo, através da maior absorção e transporte direto de água pelas hifas dos fungos.

Segundo Costa (2004) diferenças significativas têm sido registradas em relação aos isolados micorrízicos, aos genótipos de plantas e ao ambiente, no que se refere às respostas conferidas sob condições de estresse hídrico e salino. Maior absorção do fósforo, melhor disponibilidade de água pelo micélio externo ou os altos custos de carbono requeridos pelo FMA são algumas das causas indicadas como responsáveis pelas variações ocorridas em alguns resultados encontrados nestes estudos e que ainda precisam ser melhor esclarecidos.

b) Efeito da salinidade no crescimento das plantas

A análise de variância (Tabela 6) indicou que a altura das plantas de bananeiras não foi influenciada significativamente pela aplicação de níveis crescente de salinidade ($p > 0,05$), sendo influenciada pela ação do tratamento tempo ($p < 0,01$) e pela interação salinidade e tempo ($p < 0,01$). O diâmetro do pseudocaule também não foi afetado pelos níveis de salinidade e pelo tempo após o plantio ($p > 0,05$), o que está de acordo com os resultados de Araújo & Filho et al. (1995), os quais verificaram que o pseudocaule de bananeiras da cultivar “Mysore” e “Nanica” não foi afetado em condições salinas. Por outro lado a matéria seca da parte aérea das bananeiras (Tabela 6) foi influenciada significativamente pela aplicação de níveis crescente de salinidade, pela ação do tratamento tempo ($p < 0,01$) e pela interação salinidade e tempo ($p < 0,01$).

Tabela 6. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo para altura, pseudocaule e matéria seca de plantas de bananeira.

Fonte de variação	Altura	Diâmetro do Pseudocaule	Matéria Seca
Tratamento sal	10,22 ^{ns}	18,08 ^{ns}	1,99**
Resíduo (A)	3,48	0,33	0,86
Tratamento tempo	972,44**	20,38 ^{ns}	139,91**
Interação: sal x tempo	4,67**	4,67 ^{ns}	0,81**
Resíduo (B)	2,49	0,36	0,14

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), pelo teste F e ^{ns} não significativo.

Os primeiros sinais de estresse salino sobre o crescimento das plantas de bananeira foram observados aos 80 dias após o plantio, para as condutividades de 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹. Os sintomas visuais foram percebidos através de manchas causadas pela toxicidade ao NaCl. Segundo Rhoades & Loveday (1991), os sintomas de toxidez são caracterizados pelo surgimento de amarelecimento seguido de murcha observado inicialmente na base, nas pontas e nas bordas das folhas. Monte (2003) também encontrou resultados semelhantes de toxidez por NaCl ao estudar duas cultivar de bananeira (“Pacovan” e “Maçã”), sob diferentes níveis de salinidade.

De acordo com Ayers et al. (1999), os problemas de toxicidade surgem quando íons do solo ou da água são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos em concentrações suficientemente altas para provocar danos e reduzir seus rendimentos. Ressaltando que uma vez absorvidos, os íons são transportados às folhas onde se acumulam durante o processo de transpiração. Assim os íons atingem maior concentração nas áreas onde a transpiração é mais intensa, geralmente nas pontas e nas bordas das folhas.

De acordo com a análise de regressão, relacionando o tempo de estresse em diferentes níveis de salinidade com a altura das plantas, foi percebido um aumento linear em cada período, embora os níveis de salinidade não tenham influenciado a altura das plantas (Figura 6). A falta de efeito da salinidade nesse parâmetro pode ser um indicativo de uma provável tolerância da cultivar “Prata” usada nesse trabalho aos níveis de salinidade testados, nas condições do presente estudo.

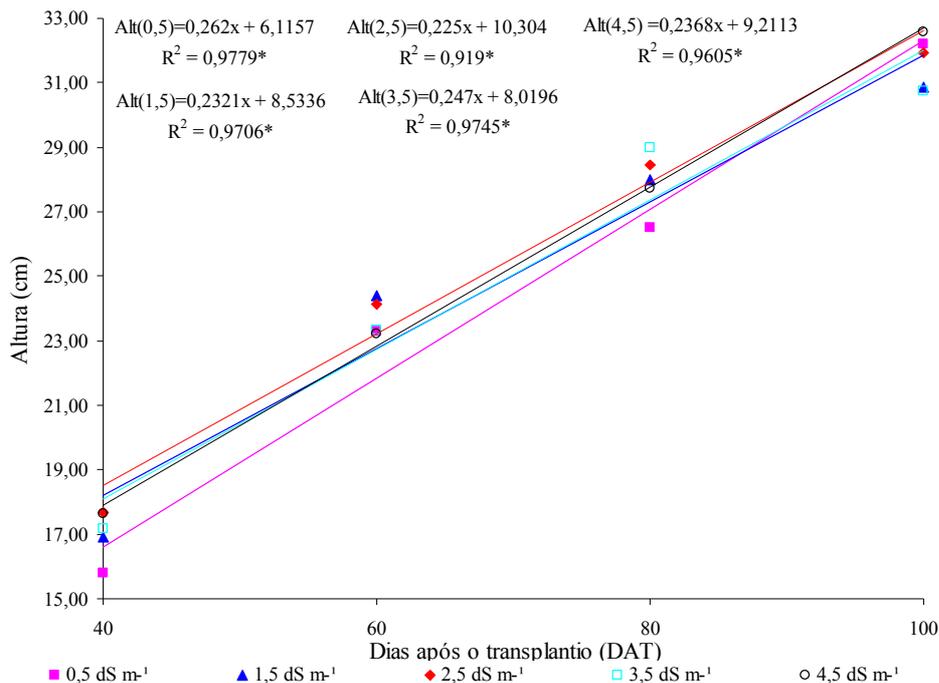


Figura 6: Altura (Alt) das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 2,5 dS m⁻¹, 3,5 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT. Equações das respectivas regressões, * significativo a 5%.

Declerck et al. (2002) observaram que em plantas de banana (*Musa* sp., Cv. Grand Naine) micropropagadas inoculadas com FMA produzidos *in vitro* e posteriormente avaliadas em casa de vegetação ocorreu um incremento no crescimento e na biomassa seca da parte aérea e raiz, fato também observado em bananeiras micorrizadas e cultivado em solo pasteurizado. Vários pesquisadores relatam que plantas associadas com FMA crescem melhor do que as não-associadas sob estresse salino (Al-Karaki et al., 2006).

Aos 60, 80 e 100 DAT não houve diferença significativa da altura em relação os níveis de salinidade (Figura 6). Silva et al. (2005) também observaram que a aplicação de água de poço (CEa = 1,65 dS m⁻¹) não afetou as variáveis referentes ao crescimento vegetativo das plantas de bananeiras, ou seja, a altura da planta e o diâmetro do pseudocaule em relação à aplicação de água de rio (CEa = 0,33 dS m⁻¹).

Resultados diferentes foram encontrados por Santos & Gheyi (1994) que observaram uma redução no crescimento de cultivares de bananeira sob salinidade, sendo atribuída aos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais causados pelo excesso de NaCl no meio de cultivo. Carmo et al. (2003) também observaram redução na altura das bananeiras Pacovan e Marmelo sob estresse salino. Gomes et al. (2005) estudando a salinidade em bananeira, também observaram que houve redução de 17 a 28% na altura

das plantas de bananeiras cultivadas em solos salinos em comparação com as cultivadas em solo não salino.

Estes resultados menos expressivo dos efeitos da salinidade sobre a altura das plantas de bananeiras também pode ter influência da associação de FMA que normalmente ocorreu em função da maior tolerância à salinidade proporcionada pelas micorrizas à salinidade, uma vez que vários pesquisadores estão utilizando os FMA para promover o crescimento das plantas e aumentar tolerância à salinidade.

Al-Karaki et al. (2006) afirmaram que micorrizas promovem a tolerância à salinidade utilizando diversos mecanismos como o aumento na aquisição de nutrientes, aumento na produção de hormônios de crescimento vegetal, além de melhorar as condições do solo (Lindermann, 1994), alterando as propriedades fisiológicas (ajustamento osmótico) e bioquímicas do hospedeiro.

De acordo com Ruiz-Lozano (1995) as micorrizas podem melhorar os processos fisiológicos e a absorção de água pelas plantas, aumentando a condutividade hidráulica das raízes e favorecendo o ajustamento osmótico na planta e, como consequência, a diminuição dos efeitos tóxicos dos íons (Juniper, 2006), podendo levar as plantas ao maior crescimento e equilíbrio, em níveis elevados de sais.

Na tabela 7 encontram-se os valores médios do diâmetro do pseudocaule das mudas de bananeiras, após os tratamentos salinos, sendo possível constatar uma variação não significativa nos períodos avaliados (40, 60, 80 e 100 DAT) e nos níveis de salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Tabela 7: Valores médios do diâmetro do pseudocaule de mudas de bananeiras, após os tratamentos salinos.

Dias após transplântio	Tratamento salino				
	$0,5 \text{ dS m}^{-1}$	$1,5 \text{ dS m}^{-1}$	$2,5 \text{ dS m}^{-1}$	$3,5 \text{ dS m}^{-1}$	$4,5 \text{ dS m}^{-1}$
	Diâmetro do pseudocaule (mm)				
40	7,10	7,15	7,20	7,25	7,35
60	7,35	7,47	7,55	7,64	7,69
80	7,51	7,57	7,65	7,75	7,85
100	7,67	7,72	7,83	7,85	7,91

De acordo com a análise de regressão a matéria seca da parte aérea apresentou um aumento linear para cada período e nos diferentes níveis de salinidade (Figura 7). Aos 40 e 60 DAT, não houve diferença estatística para matéria seca das plantas que receberam níveis crescentes de salinidade. No entanto, a partir dos 80, e principalmente

aos 100 DAT, verificou-se maior produção de matéria seca da parte aérea nas plantas sob os níveis de salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, sendo que a partir do nível de salinidade $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, a produção da matéria seca decresceu com o aumento da salinidade na água de irrigação (Figura 7).

Para a maior produção de matéria seca no nível de salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, possivelmente o sódio, presente em pequenas quantidades na água de irrigação, beneficiou o desenvolvimento da bananeira. De acordo com Daker (1988), apesar do sódio não ser considerado essencial para o desenvolvimento das plantas, quando em pequenas quantidades, pode estimular o crescimento de certas culturas. Ressaltando que este resultado também pode estar relacionado com o nível de salinidade desejável para a cultura da banana, pois segundo Borges et al. (2004), para um ótimo desenvolvimento vegetativo a bananeira requer valores de condutividades elétricas abaixo de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$.

De acordo com Monte et al. (2003) a salinidade reduziu a produção de matéria seca da parte aérea das cultivares “Pacovan” e “Maçã”, sendo estas reduções verificadas nos tratamentos com CE superiores a $5,0 \text{ dS m}^{-1}$. Esses autores, no entanto, trabalharam com sistema hidropônico, o qual apresenta diferenças expressivas em relação ao cultivo em solo irrigado com água salina. Neves et al. (2003) verificaram redução na massa seca de bananeira “Prata” submetida a diferentes doses de sódio em solução nutritiva, salientando que nos tratamentos nos quais receberam maior concentração de sódio, as plantas apresentaram menor produção de matéria seca, que é uma das características mais utilizadas para a avaliação do crescimento de plantas em condições salinas.

É importante destacar que as condições ambientais no presente trabalho podem ter influenciado os resultados, pois a casa de vegetação apresentava um sombreamento de 70%, podendo ter reduzido o consumo de água pela plantas, o acúmulo de sais no solo e o impacto da salinidade da água de irrigação sobre as plantas de bananeira, durante o período de aclimatização.

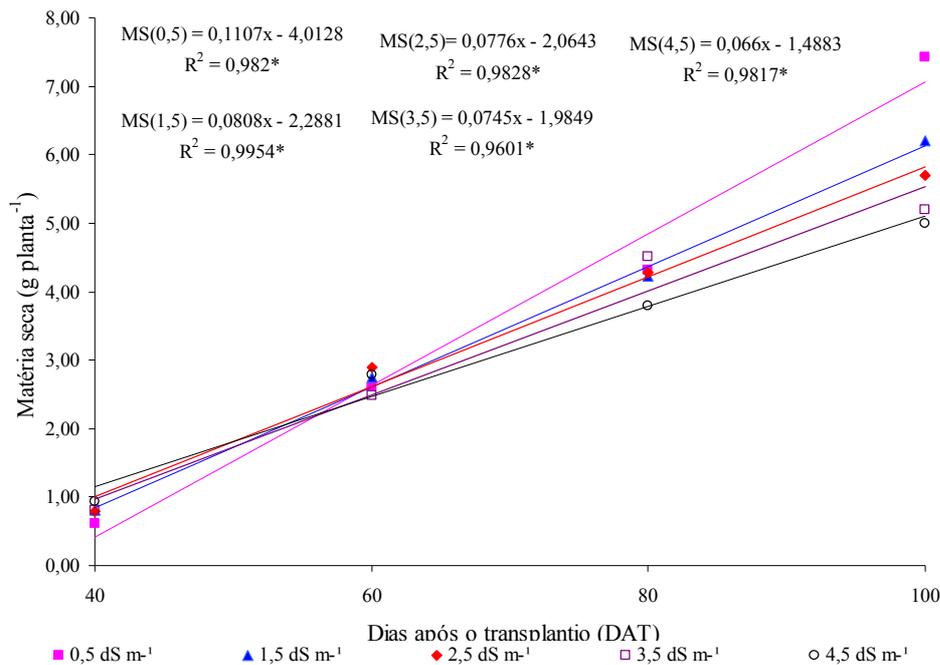


Figura 7: Matéria seca (MS) da parte aérea das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 2,5 dS m⁻¹, 3,5 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT. Equações das respectivas regressões, * significativo a 5%.

c) Efeito da salinidade nos teores de nutrientes da planta

Nitrogênio

A análise de variância (Tabela 8) indicou que os teores de nitrogênio na parte aérea das plantas de bananeiras foram influenciados significativamente pela aplicação de níveis crescente de salinidade ($p < 0,01$), pelo tempo ($p < 0,05$) e pela interação salinidade e tempo ($p < 0,01$). No entanto não foi possível ajustar um modelo de equação, de acordo com análise de regressão, sendo feito um gráfico de linhas para demonstrar o comportamento dessa variável nos tratamentos (Figura 8).

Tabela 8. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo para teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e Sódio (Na) de plantas.

Fonte de variação	N	P	K	Na
Tratamento sal	50.44**	0.0252 ^{ns}	420.314**	10.486**
Resíduo (A)	1.1981	0.0276 ^{ns}	7.805	0.0838
Tratamento tempo	16.278*	0.0054 ^{ns}	20.2868*	1.8648**
Interação: sal x tempo	15.988**	0.0493 ^{ns}	33.1908*	0.9408**
Resíduo (B)	4.1591	0.0367	15.8453	0.0646

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), pelo teste F. * Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), pelo teste F.

A Figura 8 mostra que o teor de nitrogênio na parte aérea das plantas de bananeiras associadas com FMA no período 40 DAT mostrou valores semelhantes para todos os tratamentos salinos, visto que até este período as mudas foram. Nos quatro períodos de coletas 40, 60, 80 e 100 DAT o teor de nitrogênio na parte aérea das plantas sob o nível de salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ permaneceu inalterado com uma média entorno de 3,0 % ($30,00 \text{ g kg}^{-1}$). O aumento nas concentrações de sais, no entanto, reduziram as concentrações de N ao longo do estudo, em relação ao tratamento com $0,5 \text{ dS m}^{-1}$. Essa redução foi maior no tratamento com maior salinidade ($\text{CEa} = 4,5 \text{ dS m}^{-1}$), alcançando aos 100 DAT valores inferiores a 20 g kg^{-1} . Essa redução no teor de N pode estar relacionada em parte a redução na absorção de nitrato causada pelo excesso de íons cloreto em solução (Marschner, 1995).

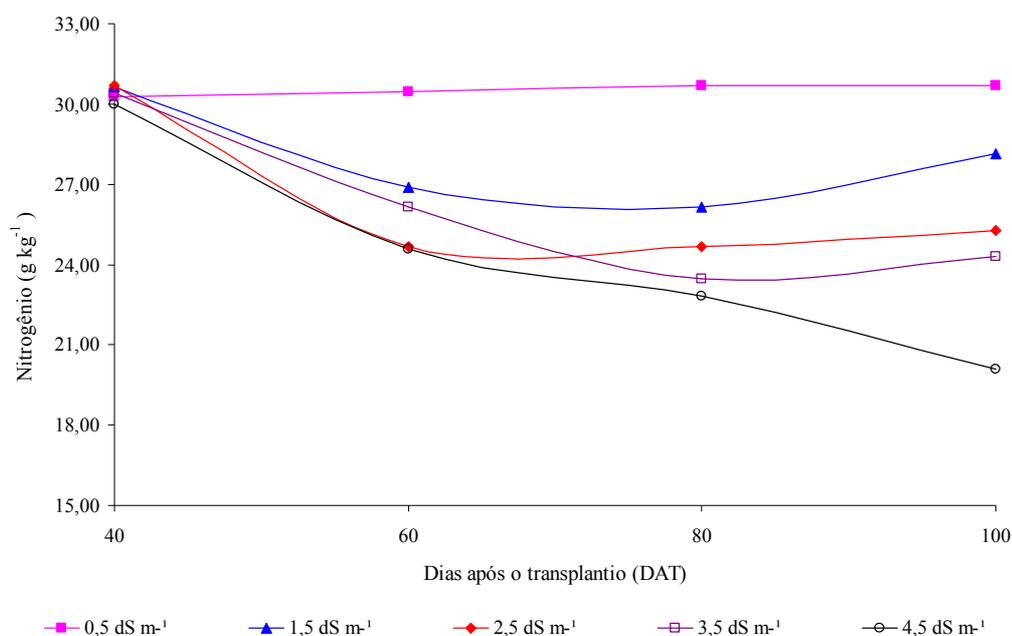


Figura 8: Teor de nitrogênio (N) da parte aérea das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.

Grandes quantidades de nitrogênio são absorvidas pelas as culturas, visto que esse elemento participa de inúmeras moléculas, hormônios e das estruturas dos vegetais, nas quais são absorvidos principalmente na forma inorgânica, como o nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+) (Williams & Miller, 2001). O nitrogênio é o segundo nutriente mais absorvido e necessário para o crescimento vegetativo e a produção da bananeira (Borges et al., 2004), sendo que os três primeiros meses iniciais a adubação nitrogenada tem um papel fundamental, já que a planta está em desenvolvimento, pois o nitrogênio favorece a emissão das folhas e aumenta a quantidade de matéria seca.

Neves et al. (2003) verificou que os teores de nitrogênio nas folhas superiores de banana “Prata” variaram de forma quadrática com o incremento da salinidade na solução nutritiva. O mesmo autor ressalta que em ambientes salinos, o efeito da competição com o íon cloro pode reduzir o conteúdo de nitrogênio nos tecidos, prejudicando o crescimento das plantas.

Rabie (2005) estudando o efeito da salinidade em plantas de bananeiras associadas com FMA, encontrou redução no teor de nitrogênio com o aumento do estresse salino. Costa (2004) ressalta que a salinidade pode reduzir ou aumentar os teores de nitrogênio nos tecidos das plantas. De acordo Larcher (2000) quando o conteúdo de NaCl no solo é alto, a absorção de nutrientes minerais, especialmente o NO_3^- é reduzida. Parida et al. (2005) afirmam que a redução nos teores de nitrogênio nas plantas está associada a uma menor absorção de NO_3^- devido a competição com o Cl^- , por causa das suas cargas eletronegativas.

Silva (2009), estudado o estresse salino em plantas de *Spondias tuberoso* Arruda (Câmara) colonizadas com fungos micorrizicos arbusculares, verificou uma diminuição no teor de nitrogênio com o aumento da salinidade.

Tavares (2007), estudando plantas de sábia submetidas a estresse salino, constatou que tanto as plantas micorrizadas e não micorrizadas aumentaram a concentração de nitrogênio no caule com o aumento dos níveis de salinidade, enquanto que os teores de nitrogênio nas raízes e nas folhas não foram alterados.

Fósforo (P)

Com a análise de variância foi possível observar que os teores de fósforo na parte aérea das plantas de bananeiras associadas com micorrizadas não foram influenciados significativamente pela aplicação dos níveis crescente de salinidade, nem pelo tempo de exposição aos tratamentos e pela interação salinidade x tempo (Tabela 8).

Na tabela 9 encontram os valores médios do teor de fósforo na parte aérea de mudas de bananeiras, após os tratamentos salinos, sendo possível constatar uma pequena variação, mas não significativa nos períodos avaliados (40, 60, 80 e 100 DAT) e nos níveis de salinidade 0,5 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 2,5 dS m⁻¹, 3,5 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹ (Tabela 10).

Tabela 9: Valores médios do teor de fósforo na parte aérea de mudas de bananeiras, após os tratamentos salinos.

Dias após transplântio	Tratamento salino				
	0,5 dS m ⁻¹	1,5 dS m ⁻¹	2,5 dS m ⁻¹	3,5 dS m ⁻¹	4,5 dS m ⁻¹
	Teor de fósforo na parte aérea de mudas de bananeiras (g Kg⁻¹)				
40	0,83	0,85	0,86	0,87	0,93
60	0,85	0,84	0,82	0,85	0,83
80	1,01	1,02	1,05	1,06	1,06
100	1,03	1,17	1,10	1,12	1,11

Lacerda et al. (2006) verificaram um aumento de fósforo nas folhas de feijão-de-corda sob o estresse salino, porém essa resposta foi influenciada pelo tempo e pela idade da folha, o mesmo autor ressalta que o acúmulo de fósforo em folhas de plantas estressadas pode ser conseqüência da redução na retranslocação, não contribuindo para a aclimatização da planta ao estresse.

Resultados diferentes foram encontrados por Al-Karaki (2006) cultivando tomateiro sob níveis crescente de salinidade da água de irrigação, o que ocasionou uma diminuição dos teores de P da parte aérea tanto para as plantas inoculadas com FMA e as não inoculadas.

Martinez & Lauchili (1995) verificaram também diminuição na absorção e translocação de fósforo em plantas de algodão na presença de altos níveis de NaCl. Awad et al. (1995) observaram maior absorção de fósforo pela cultura do tomateiro apenas em baixos níveis de NaCl. Grattan & Grieve (1999) advertem que a interação entre salinidade e o teor de fósforo nas plantas é complexa e dependente da espécie,

cultivar, estágio fenológico da planta, concentração de fósforo no substrato, tipos de sais e nível de salinidade.

O fósforo favorece o desenvolvimento vegetativo e o sistema radicular. A bananeira, embora necessitando do P em pequenas quantidades, na sua falta, as plantas apresentam crescimento atrofiado e raízes pouco desenvolvidas (Borges et al., 2004). As taxa de absorção de fósforo são maiores entre pH 4,5 a 6,0 na solução onde a forma $H_2PO_4^-$ é preferencialmente a mais absorvida (Sentecnac & Grignon, 1985).

Potássio (K)

A análise de variância (Tabela 8) indicou que os teores de potássio na parte aérea das plantas de bananeiras foram influenciados significativamente pela aplicação de níveis crescentes de salinidade ($p < 0,01$), pelo tratamento tempo de exposição das plantas aos tratamentos ($p < 0,05$) e pela interação salinidade e tempo ($p < 0,01$).

O decréscimo do teor de potássio foi linear ao longo do tempo de exposição aos diferentes tratamentos. Aos 40 DAT, como já esperado, os teores de potássio na parte aérea apresentaram valores semelhantes para todos os níveis de salinidade, uma vez que as plantas não receberam nenhum tratamento salino (Figura 9). No entanto, nas demais coletas aos 60, 80 e 100 DAT, os teores de potássio foram menores no maior nível de salinidade ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$), em comparação com as plantas irrigadas com água de abastecimento. Neves et al. (2003) também encontraram resultados semelhantes ao estudar a cultivar “Prata”, constatando que os teores de potássio nas folhas seguiram uma redução linear às concentrações elevadas de sódio.

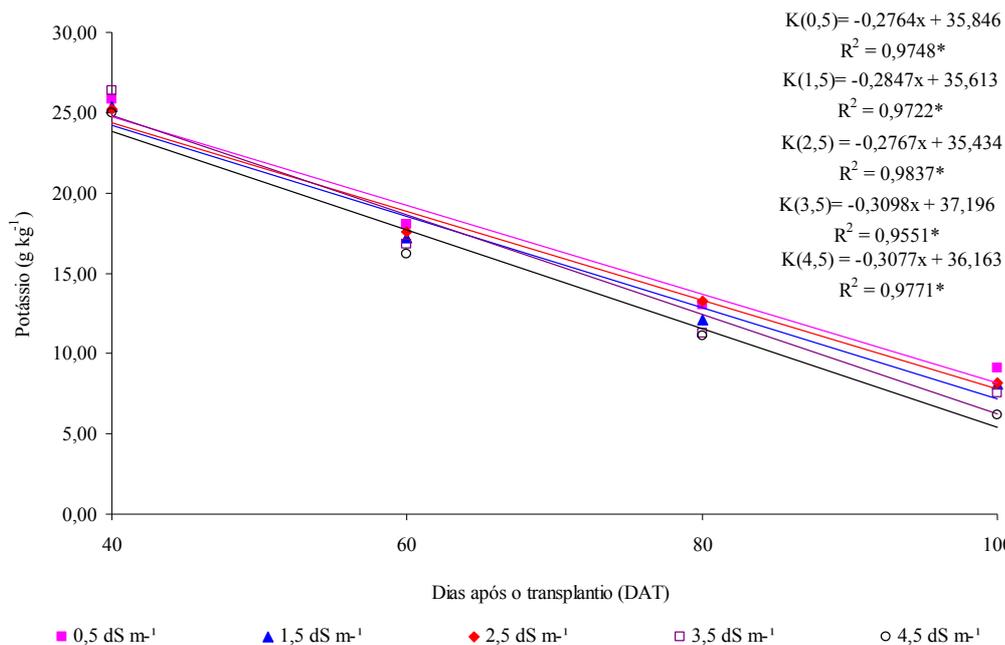


Figura 9: Teor de potássio (K) da parte aérea das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis salinidade 0,5 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 2,5 dS m⁻¹, 3,5 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.

Pugnaire et al. (1993) afirmaram que várias espécies absorvem e translocam mais potássio em relação ao sódio, mas em espécies mais sensíveis como a banana essa afinidade é reduzida, uma vez que, quando cultivadas em ambientes salinos, os teores de potássio no tecido vegetal são sensivelmente reduzidos. Portanto, os menores teores de K na parte aérea das plantas de bananeiras submetidas aos maiores níveis de salinidade com NaCl (Figura 9) podem ter sido resultantes, em grande parte, da menor absorção de K⁺, causada pela competição com os íons Na⁺ pelos sítios de absorção da membrana plasmática das células radiculares (Marschner, 1995). Esses resultados foram confirmados por Maathuis & Amtmann (1999), a respeito da redução no conteúdo de potássio nas plantas sob estresse salino, descrevendo a causa do processo competitivo com Na⁺ que se encontra na solução do solo, enfatizando que esse processo de competição deve-se às semelhanças físico-químicas dos íons Na⁺ e K⁺ que fazem com que os transportadores de K⁺ possam ser utilizados na absorção de Na⁺ que se encontra no ambiente onde as plantas estão crescendo, ocasionando assim a deficiência de K⁺.

Sharifi et al. (2007) também encontraram diminuição nos teores de potássio na parte aérea de plantas submetidas a estresse salino. Enfatizando que os mesmos autores verificaram que as plantas inoculadas com FMA quando comparadas com as não inoculadas, apresentaram maior teor de potássio, na maioria dos tratamentos com NaCl, com exceção dos tratamentos com maior concentração deste sal (150 e 200mM).

Efeitos diferentes foram encontrados por Giri et al. (2003), com relação aos teores de potássio na parte aérea de *Acácia auruculiformis*, que aumentaram sob condições de estresse salino. Tavares (2007) também encontrou resultados semelhantes ao estudar o efeito da inoculação com FMA e da adubação orgânica no desenvolvimento de mudas de sábia (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), sob estresse salino, onde o aumento da salinidade promoveu um incremento no teor de potássio nas folhas das plantas micorrizadas que receberam água de irrigação a partir de 4 dS m⁻¹, enquanto nas raízes e no caule não observou-se diferenças no teor de potássio, nas plantas que receberam diferentes níveis de salinidade.

Sódio (Na)

Os teores de sódio (Tabela 8) na parte aérea das plantas de bananeiras foram influenciados significativamente pela aplicação de níveis crescente de salinidade ($p < 0,01$), pelo tratamento tempo ($p < 0,01$) e pela interação salinidade e tempo ($p < 0,01$).

Aos 40 DAT, como já esperado, os teores de sódio na parte aérea apresentaram valores semelhantes para os diferentes tratamentos, uma vez que as plantas não receberam nenhum tratamento salino (Figura 10). Aos 60, 80 e 100 DAT, o teor de sódio na parte aérea das plantas sob os níveis mais baixos de salinidade 0,5 dS m⁻¹ e 1,5 dS m⁻¹, apresentaram-se menor em relação aos níveis mais elevados (Figura 10), sendo que a medida que incrementava a salinidade da água de irrigação o teor de sódio da parte aérea das plantas aumentava consideravelmente.

Entretanto, de um modo geral o aumento nos teores de sódio na parte aérea foram mais notáveis nas plantas que receberam o nível de salinidade mais elevado 4,5 dS m⁻¹, notadamente aos 100 DAT, demonstrando uma maior absorção de sódio pelas plantas (Figura 10). Esse resultado ficou evidenciado pela ocorrência dos sintomas visuais de toxidez (necroses nas margens das folhas mais velhas) que ocorreram durante a condução deste trabalho, no nível 4,5 dS m⁻¹. O maior acúmulo de sódio nas plantas desse tratamento está associado ao seu potencial fitotóxico em plantas de bananeira (Santos & Gheyi, 1994) podem explicar, pelo menos em parte, as reduções na taxa de fotossíntese líquida (Figura 5) e na produção de matéria seca (Figura 7) das plantas.

O sódio é um elemento requerido por algumas plantas e absorvido na forma iônica, sendo relativamente móvel na planta. As concentrações de sódio em tecidos vegetais variam de 0,013 a 35,1 g kg⁻¹ na matéria seca e de 0,16 a 167,8 g kg⁻¹ nas

cinzas (Korndörfer, 2006). Marschner (1995) afirma que o principal papel do sódio na nutrição mineral de plantas é substituir o potássio em funções metabólicas e osmóticas. Em determinadas espécies, 95% do potássio no substrato pode ser substituído pelo Na^+ . Em algumas espécies o sódio é considerado um elemento essencial, enquanto para a maioria das espécies é normalmente tóxico em altas concentrações. Os sintomas de toxicidade causada pelo Na^+ resulta no menor crescimento e produção das plantas, além do amarelecimento e murchamento das plantas.

De acordo Santos & Gheyi (1994), após a absorção do sódio pelas raízes, ele é translocado para a parte aérea da planta, causando a queima das folhas, na qual os mesmos autores ressaltam que sódio tem um grande potencial tóxico. Neves et al. (2003) observaram que o aumento da salinidade em solução nutritiva aumentou o teor de sódio lineamente em folhas superiores de plantas de bananeira “Prata”. Monte et al. (2003) verificou que o teor de sódio aumentou consideravelmente em folhas de bananeiras sob estresse salino.

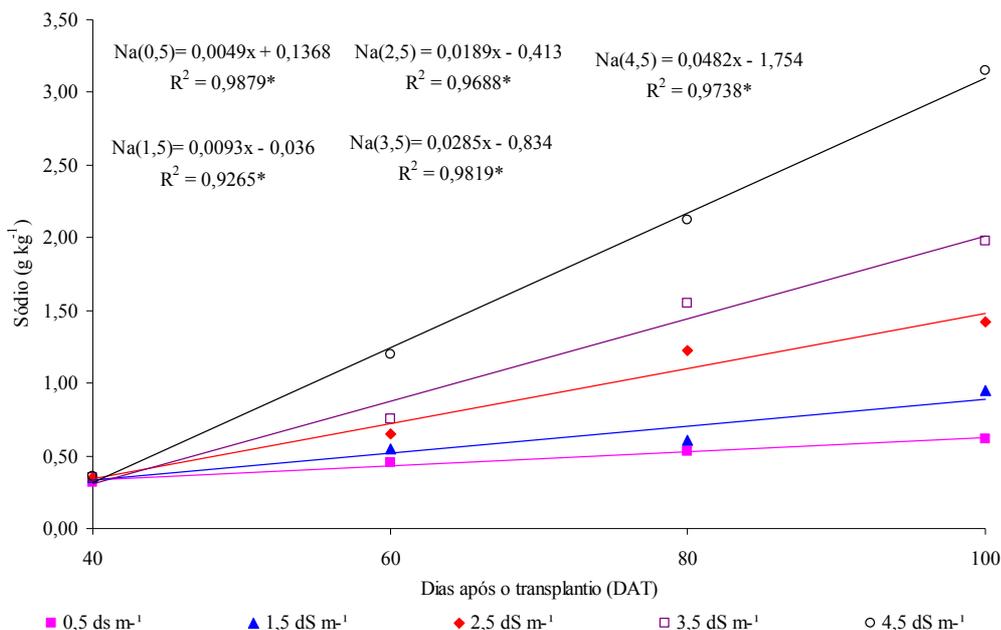


Figura 10: Teor de sódio (Na) da parte aérea das plantas de bananeiras, submetidas a cinco níveis salinidade 0,5 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 2,5 dS m⁻¹, 3,5 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹ em quatro épocas 40, 60, 80 e 100 DAT.

Giri et al. (2003) verificaram um acréscimo no teor de sódio na parte aérea de plantas, com o aumento da salinidade. Brown et al. (2006) estudaram o efeito da nutrição mineral de plantas em condições de estresse salino e observaram que o teor de sódio aumentou para todos os níveis de salinidade. Tavares (2007), ao estudar o efeito da inoculação com FMA e da adubação orgânica no desenvolvimento de mudas de sábia

(*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), sob estresse salino, verificou que os teores de sódio aumentaram nas raízes e no caule com o aumento dos níveis de salinidade na água de irrigação das plantas micorrizadas, enquanto que nas folhas os níveis de salinidade não foram significativamente afetados. Em relação às plantas não micorrizadas, ocorreu um incremento de sódio nas raízes, no caule e nas folhas com a elevação dos níveis de salinidade na água de irrigação das plantas.

Tian et al. (2004) constataram que o aumento de NaCl no solo proporcionou um aumento no teor de sódio na parte aérea de plantas inoculadas e não inoculadas com FMA. Segundo estes autores, as plantas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares isoladas de áreas salinas apresentaram maiores teores de sódio na parte aérea em todos os níveis de NaCl do solo, quando comparadas com plantas inoculadas com endófito proveniente de áreas salinas. Al-Karaki et al. (2006) estudando a cultura do tomateiro, constataram que tanto as plantas inoculadas como as não inoculadas com FMA apresentaram aumento do teor de sódio com o aumento da CEa de irrigação.

4.3. Efeito da salinidade nas variáveis microbiológicas

a) Colonização micorrízica

A análise de variância (Tabela 10) indicou que a colonização micorrízica nas raízes das bananeiras foi influenciada significativamente pela aplicação dos níveis crescente de salinidade ($p < 0,01$), pela ação do tratamento tempo ($p < 0,05$) e pela interação salinidade e tempo ($p < 0,01$).

Tabela 10. Valores de quadrado médio, significância estatística, resíduo para colonização micorrízica radicular, quantificação de esporos de FMA e respirometria basal do solo.

Fonte de variação	Colonização micorrízica radicular	Respirometria basal do solo	Quantificação de esporos de FMA
Tratamento sal	1810,18**	236,87**	105,21 ^{ns}
Resíduo(A)	109,26	20,96	39,78
Tratamento tempo	195,77*	8535,63**	102,95 ^{ns}
Interação: sal x tempo	293,27**	79,79 ^{ns}	93,49 ^{ns}
Resíduo (B)	87,83	21,35	40,25

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), pelo teste F. * Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), pelo teste F. ^{ns} não significativo.

A salinidade do solo afeta não somente a planta hospedeira, mas também a associação dos FMA, podendo dificultar a capacidade de colonização, a germinação dos esporos e o crescimento das hifas dos fungos. Vários pesquisadores relataram os efeitos negativos da salinidade sobre os fungos micorrízicos arbusculares (Jahromi et al., 2008).

Na avaliação da colonização micorrízica radicular foi verificada, em todas as plantas, a presença de estruturas características dos fungos micorrízicos arbusculares. O grau de colonização micorrízica nesse experimento (Figura 11) foi classificado como médio, pois a colonização micorrízica das raízes ficou entre (30 e 80 %), segundo a análise de regressão (Figura 11).

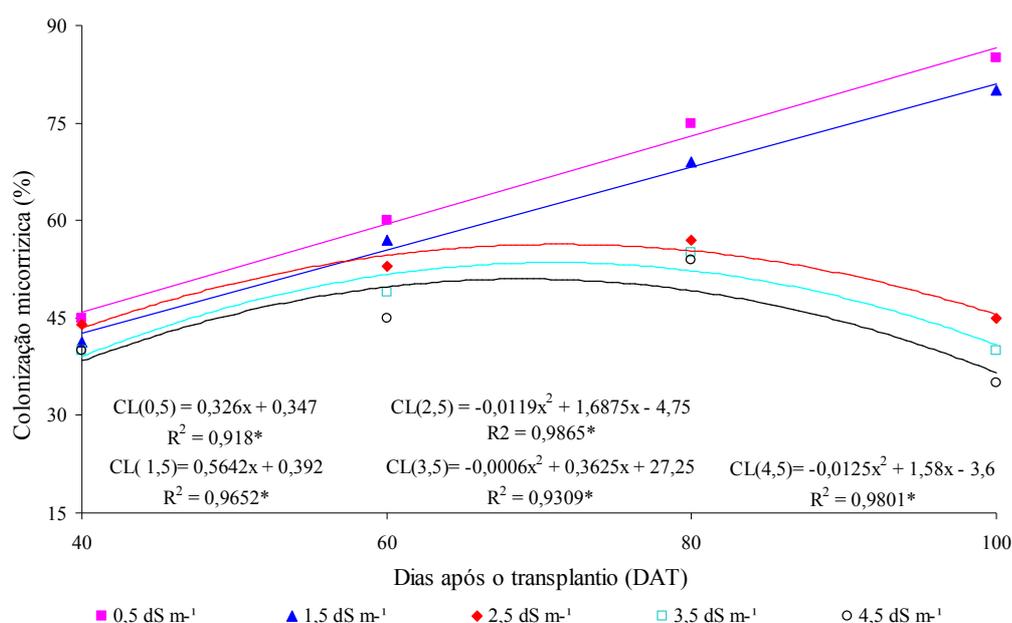


Figura 11: Percentagem de Colonização micorrízica em raízes de bananeiras, submetidas a cinco níveis de salinidade 0,5 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 2,5 dS m⁻¹, 3,5 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹, aos 40,60, 80 e 100 DAT. Equações das respectivas regressões, * significativo a 5%.

De acordo com a análise de regressão (Figura 11) a colonização radicular das plantas de bananeiras nos níveis de salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, apresentou um aumento linear ao longo do experimento, com uma diminuição significativa nos níveis $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ a partir de 60 DAT.

Yano - Melo et al. (2003) também verificaram um incremento de colonização de raízes em plantas inoculadas com *Glomus clarum*, com uma posterior diminuição devido ao aumento dos níveis de salinidade. Lúcio (2008) também encontrou resultados semelhantes em plantas de meloeiro inoculadas com FMA cultivadas em diferentes níveis de salinidade, onde ocorreram maiores valores de colonização micorrízica no tratamento irrigado com água de irrigação de $\text{CEa}=1,5 \text{ dS m}^{-1}$ confirmando os resultados encontrados no presente trabalho. 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%); os autores ressaltaram que essa diferença na percentagem de colonização micorrízica é atribuída a fatores e interações entre os FMA e o hospedeiro. Afek et al. (1990), citam que a colonização micorrízica é uma característica que pode ser afetada por inúmeros fatores como a espécie vegetal, a idade da planta, a densidade de raízes, dos propágulos de FMA no solo, a eficiência de colonização de FMA e o manejo do solo, dentre outros.

De acordo com Sheng et al. (2008) a colonização das raízes de plantas com FMA diminui na presença elevada de NaCl, provavelmente devido ao efeito direto de NaCl sobre os FMA, indicando que a salinidade suprime a formação das micorrizas arbusculares. Tavares (2007) estudando plantas de sabiá, também constatou uma diminuição linear da colonização das raízes com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação.

Juniper (2006) observou que a adição de NaCl no solo inibe o comprimento de hifas de FMA. Esse evento pode esclarecer, em parte, a diminuição da colonização radicular das plantas submetidas a estresse salino no presente trabalho.

Contrariamente aos resultados deste trabalho, alguns pesquisadores relataram que a colonização micorrízica não é reduzida na presença de NaCl. Aliasgharzadeh et al. (2001), descreveram que a colonização micorrízica não foi reduzida na presença de NaCl e que a simbiose dos fungos micorrízicos com as raízes das plantas depende de

vários fatores, incluindo os sinais bioquímicos do sistema radicular e a fenologia das plantas hospedeiras. Segundo os autores, a maioria das espécies predominantes de FMA nos solos fortemente salinos da planície “Tabriz”, com uma condutividade elétrica (CE) alta, foram *Glomus intraradices* e *Glomus etunicatum*, sendo que os diversos níveis de colonização dos FMA podem estar relacionados com a diversidade de comportamento das espécies de fungos micorrizicos, mesmo em ecossistemas semelhantes (Klironomos et al., 1993) ou da influência de diferentes condições ambientais sobre esses fungos (Carvalho et al., 2001).

b) Densidade de esporos de FMA no solo

A análise de variância (Tabela 10) indicou que a população de esporos não foi influenciada pela aplicação de níveis crescente de salinidade e pela ação do tratamento tempo; nem houve diferença na interação salinidade e tempo.

Antes da implantação do experimento foi determinada a densidade de esporos do solo, na qual foi obtido um valor médio de 525 esporos por 100g de solo. Na tabela 11 encontra-se os valores médios da densidade de esporos de FMA no solo, após os tratamentos salinos, sendo possível constatar uma pequena variação na densidade de esporos nos períodos avaliados (40, 60, 80 e 100 DAT) e nos níveis de salinidade 0,5 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 2,5 dS m⁻¹, 3,5 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹ (Tabela 10), em relação a densidade de esporos do solo de (525 esporos por 100g de solo) antes da implantação do experimento.

Tabela 11: Valores médios da densidade de esporos de FMA no solo, após os tratamentos salinos.

Dias após transplântio	Densidade de esporos de FMA no solo				
	0,5 dS m ⁻¹	1,5 dS m ⁻¹	2,5 dS m ⁻¹	3,5 dS m ⁻¹	4,5 dS m ⁻¹
	Esporos de FMA por 100g de solo				
40	512,43	515,62	517,45	524,23	524,40
60	514,55	516,73	519,52	521,25	526,55
80	515,65	517,82	518,63	524,65	525,60
100	516,72	521,55	521,42	527,20	527,35

Nas amostras de solo após os tratamentos salinos, foi verificada a predominância de esporos dos gêneros *Glomus* e *Scutellospora* nos diferentes níveis de salinidade, a ocorrência desses gêneros nesse trabalho confirma o padrão de

distribuição desses fungos nos ecossistemas tropicais. Segundo Silva Júnior et al., (2004) esse padrão de distribuição seria um indicativo de que esses gêneros apresentam uma alta capacidade adaptativa a faixas amplas de condições ambientais.

Aliasgharzadeh et al. (2001) também observaram que a densidade de esporos de FMA não diminuiu com a salinidade do solo, ressaltando que um número elevado de esporos (média de 100 esporos por 10 g de solo) foi encontrado em solo salino. Bezerra et al. (2009) verificaram que a densidade de esporos de FMA aumentou com a elevação da salinidade na água de irrigação, induzida com diferentes sais (NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O na proporção de 7:2:1) em áreas cultivada com milho e feijão-de-corda.

Al-Karaki (2006) estudando a densidade e a germinação de esporos na presença de NaCl, concluiu que a germinação dos esporos era adiada, enquanto Juniper (2006) ressaltou que a taxa de germinação máxima de FMA e a quantificação de esporos também podia depender do tipo de sal.

Em contraste aos resultados obtidos no presente estudo, pesquisadores têm relatado a diminuição da densidade de esporo de FMA em solos salinos. Saggin Junior & Siqueira (1996) observaram que alguns gêneros de fungos micorrízicos arbusculares têm ocorrência reduzida ou aumentada de acordo com as condições edáficas; os mesmos autores estudando a ocorrência de esporos em diferentes ecossistemas verificaram que em solos salinizados, o número de esporos foi menor em comparação a solos não-salinizados.

c) Respiração Basal do solo

A respiração do solo tem sido usada como indicador da atividade biológica no do solo e dá uma estimativa da atividade microbiana edáfica (Sopper, 1993), sendo um dos principais métodos utilizados por ser relativamente rápido e de baixo custo.

A análise de variância (Tabela 10) indicou que respirometria basal do solo foi afetada de maneira significativa em relação aos níveis de salinidade ($p < 0,01$) e o tratamento tempo ($p < 0,01$), sendo a interação salinidade e tempo, não significativa (Tabela 9). No entanto não foi possível ajustar um modelo de equação, de acordo com análise de regressão, sendo feito um gráfico de linhas para demonstrar o comportamento dessa variável nos tratamentos (Figura 12).

Aos 40 DAT, (Figura 12) como já esperado, a respirometria basal acumulada apresentou valores semelhantes para os diferentes tratamentos, uma vez que as plantas

não receberam nenhum tratamento salino e que este período foi destinado à aclimatização e à colonização das mudas com os FMA nativos. Nos períodos compreendidos entre 60 DAT a 80 DAT, ocorreu um incremento na respiração basal do solo nos níveis mais baixos de salinidade, $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, e um incremento na taxa de respiração basal acumulada, caindo a partir desse período, com uma diminuição da respiração basal do solo, para todos os tratamentos aos 100 DAT (Figura 12). Esta elevada taxa respiratória aos 60 DAT e 80 DAT, nos níveis de salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, indicam uma alta atividade biológica, podendo ser uma característica desejável dos microrganismos, uma vez que isso pode significar transformação rápida de resíduos orgânicos em nutrientes disponíveis para as plantas.

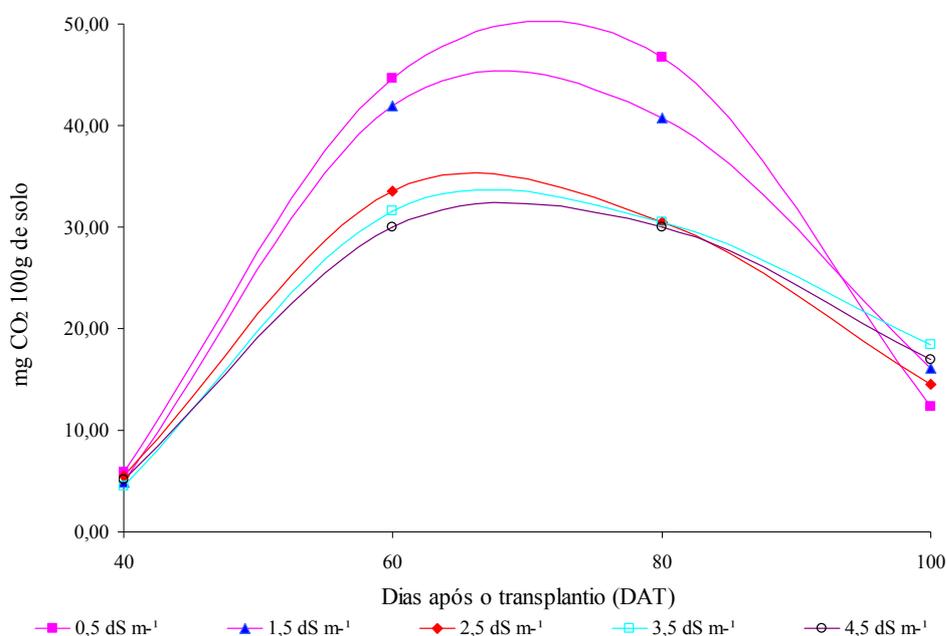


Figura 12: Respiração basal acumulada (RS) após 10 dias de ensaio, em solo cultivado com plantas de banana, submetidas a cinco níveis de salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, aos 40, 60, 80 e 100 DAT.

O fluxo de CO_2 pode ser limitado pela qualidade do solo, pois de acordo com Sala (2002), a qualidade do solo pode afetar a respiração basal, mais do que pela magnitude da biomassa microbiana, por isso a avaliação dos diversos indicadores relacionados à atividade dos microrganismos permite uma melhor compreensão dos processos que ocorrem no solo; o mesmo autor ressalta que a respiração basal do solo é o indicador da qualidade do carbono orgânico disponível aos microrganismos heterotróficos. Quanto maior a quantidade de CO_2 liberada por unidade de peso, maior

será a quantidade de substrato assimilável para o desenvolvimento da biomassa microbiana.

No presente estudo verificou-se que os maiores níveis de salinidade reduziram a respiração basal do solo, aos 60 e 80 DAT (Figura 12). Resultados diferentes foram encontrados por Tavares (2007), que ao avaliar a respirometria basal do solo após o cultivo com plantas de sabiá, submetido a diferentes níveis de salinidade, verificou um aumento para todos os tratamentos, não sendo observada diferença na atividade microbiana do solo entre os níveis de salinidade. Pereira et al., (2004b) avaliando a respiração basal do solo irrigado com rejeito salino e cultivado por três anos, não constatou diferença significativa, em relação à área nativa.

A influência da salinidade na atividade microbiológica do solo é pouco mencionada na literatura, talvez pela dinâmica dos microrganismos ou pelo escasso número de pesquisas utilizando os atributos microbiológicos como indicadores sensíveis aos estresses ecológicos. Segundo Doran et al. (1994) até recentemente, a maioria dos estudos de qualidade do solo era relacionada apenas à utilização de indicadores físicos e químicos. No entanto, muitos atributos físicos e químicos do solo (ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica) exigidos para o máximo desenvolvimento vegetal, são afetados diretamente pelos processos bióticos (Lee, 1994), destacando-se a importância dos microrganismos e seus processos no funcionamento e equilíbrio dos ecossistemas.

5. CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água de irrigação provocou acúmulo de sais no solo, medido pela condutividade elétrica, porém não influenciou o seu pH;

O aumento nos níveis de salinidade não ocasionou diferença significativa na condutância estomática, taxa de transpiração das plantas, altura da planta e diâmetro do pseudocaule, porém reduziu a taxa fotossintética e a produção de matéria seca das plantas, notadamente após 80 DAT;

O aumento da salinidade da água de irrigação acarretou reduções dos teores de N e K, e aumentos nos teores de Na, porém não influenciou os teores de P nas plantas;

O aumento da salinidade reduziu a colonização micorrízica radicular e a respiração basal, porém não influenciou densidade de esporos de FMA;

De modo geral, as respostas observadas no solo (químicas e microbiológicas) e na planta, em consequência da salinidade, foram influenciadas pelo tempo de exposição do sistema solo/planta aos diferentes tratamentos de irrigação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, H. J. M.; MASCRELL, J.; DUART, S.; SOCORRO, A. R. Na and Cl content in banana plants of the Canaria Islands. *International Banana Nutrition Newsletter*, Nedlands, 5:13-14. 1982.
- AFEK, U., E.; RINALDELLI, J. A.; MENGE, E. L. V.; JOHNSON & E. POND. Mycorrhizal inoculum influence colonization of cotton, onion and pepper seedlings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 115: 938-942. 1990.
- AGASTIAN, P.; KINGSLEY, S. J.; AND VIVEKANANDAN, M. Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica*, 38:287-290. 2000.
- AGRICOLA E PECUARIA: A origem da Banana. Não se pode indicar com exatidão a origem da bananeira. A história registra a antigüidade da cultura. A bananeira, planta típica das agrícola e pecuária. blogspot.com/.../origem -da- banana.html -8 Out 2008. Acesso em 20 de setembro de 2008.
- AGRIANAUL 2010. *AgraFNP*. São Paulo-SP. 662p. 2009.
- AL-KARAKI, G. N. Benefit, cost and water-use efficiency of arbuscular mycorrhizal durum wheat grown under drought stress. *Mycorrhiza*, 8:41-45, 2006.
- ALEXANDER, I. N.; AHMAD, L. S. The role of mycorrhizae in the regeneration of some Malaysian forest trees. *Trans. R. Soc. Lond.*, 335: 379-388. 1992.
- ALEF, K., NANNIPIERI, P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: academic press, 576p. 1995.

- ALIASGHARZADEH N.; SALEH R. N.; TOWFIGHI, H.; ALIZADEH A.
Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz Plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. *Mycorrhiza*, 11:119-122. 2001.
- ARAÚJO FILHO, J. B.; GHEYI, H. R., AZEVEDO, N. C.; SANTOS, J.G.R.
Efeitos da salinidade no crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19:417-422. 1995.
- ASGHARI, H. R.; MAERSCHNER, P.; SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Growth response of *Atripex nummularia* to inoculation with Arbuscular mycorrhizal fungi at different salinity levels. *Plant and Soil*, 273:245-256, 2005.
- AWAD, A. S.; EDWARDS, D. G.; CAMPBELL, L. C.
Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. *Crop Science*, Madison, 30: 123-128. 1995.
- AUGÉ R. M. Stomatal behaviour of arbuscular mycorrhizal plants. In: *Arbuscular mycorrhizas: physiology and functions*-Kapulnik Y, Douds DD, eds. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 201-237. 2000.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, 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), 218 p. 1999.
- BAREA, J. M. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. *Adv. Soil Sci.*, 15: 1-39. 1991.
- BATISTA, L.A. Métodos de multiplicação de mudas matrizes de bananeira (*Musa spp.*), obtidas por cultura de meristemas. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 51. 1996. (Dissertação Mestrado em Fitotecnia)
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 8. Ed. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 625 p. 2006.
- BETHKE, C. P.; DREW, C. M. Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annum* during progressive exposure to NaCl salinity. *Plant Physiology*, Bethesda, 99:219-226, 1992.
- BEZERRA, M. E. de J.; LACERDA, C. F. de.; SOUSA, G. G. de.; GOMES, V. F. F.; FILHO, P. F. M. BANDEIRA, A. M. P. Quantificação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em área cultivada com milho e feijão-de-corda irrigados com águas salinas. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 75p. 2009. Monografia (Agronomia)

- BORGES, A. L.; ALVES, E. J.; SILVA, S. O.; SOUZA, L. DA S. O cultivo da banana. Cruz das Almas: EMBRAPA-CMPMF, 109p. 1997. (Circular Técnica, 27).
- BORGES, L. A.; SOUSA da S. L. O cultivo da banana. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 279p. 2004.
- BORGES L. A.; COELHO F. E.; COSTA E. L. da.; ALVES J. T. S. da. Fertirrigação da bananeira. EMBRAPA, Cruz das Almas, Bahia, Brasil, 8p. 2006. (Circular Técnica 84).
- BURIOL, G. A.; LAGO, I.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; ANDRIOLO, J. L. Disponibilidade de radiação solar para hortaliças cultivadas em ambiente protegido no período invernal no Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, 13: 21-26. 2005.
- BRADY, N. C.; Natureza e propriedades dos solos. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 878 p. 1989.
- BRESSAN, W. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 36:315-323. 2001.
- BRITO, L. K. F. L. Avaliação da resposta *in vitro* de duas variedades de abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merr) a um segundo cultivo na presença de NaCl.– Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 63p. 2002. (Monografia)
- BROWN, C. E.; PEZESHKI, S. R.; DELAUNE, R. D. The effects of salinity and soil drying on nutrient uptake and growth of *Spartina alterniflora* in a simulated tidal system. Environmental and Experimental Botany, 58:140-148. 2006.
- BRUNDRETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. Advances on Ecological Research. London, 21:171- 313.1991.
- CANTRELL, I. V. C., LINDERMAN, R. G. preinoculation of lettuce and onion with mycorrhizal fungi reduces deleterious of soil salinity. Plant and Soil, 201: 269-281. 2001.
- CAMEL, S.B.; REYES-SOLIS, M. G.; FERRERA-CERRATO, R.; FRANSON, R. L.; BROWN, M. S.; BETHLENFALVAY, G. J.; Growth of VA mycorrhizal mycellium though bulk soil. Phtopat. 68:1590-1596. 1991.
- CARMO, G. A.; MEDEIROS, J. F.; TAVARES, J. C.; GHEYI, H. R.; SOUZA, A. M.; PALÁCIO, E. A. Q. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v: 513-518. 2003.

- CARVALHO, L. M.; CORREIA P. H.; MARTINS L. A. Arbuscular mycorrhizal fungal propagules in a salt marsh. *Mycorrhiza*. 14:165–170. 2001.
- CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE Í. H. L. Uso da água salina na agricultura, in: CAVALCANTE L. F., LIMA E. M., (Eds.), *Algumas frutíferas tropicais e a salinidade*, FUNEP, Jaboticabal, Brazil, 1-12. 2006.
- CENTEC. Produtor de banana. Instituto Centro de Ensino Tecnológico. Ed. ver. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha; Ministério da Ciência e Tecnologia, 64p. 2004. (Cardeno tecnológico).
- COLOZZI FILHO, A.; NOGUEIRA, M. A. Micorrizas arbusculares em plantas tropicais: café, mandioca e cana-de-açúcar. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (ed.) *Microbiota do solo e qualidade ambiental*. Campinas: Instituto Agrônomo, 312p. 2007.
- COSTA, R. G.; GHEYI, H. R. Variação da água de irrigação da micro região homogênea de Catolé do Rocha, PB. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19:1021-1025. 1984.
- COSTA, J. R. M. Caracterização dos frutos de maracujá-amarelo irrigado com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 5: 143-146. 2001.
- COSTA, P. H. A.; SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENÉAS F. J.; PRISCO, J. T.; GOMES, F. E. Crescimento e níveis de solução orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. *Revista Brasileira de Botânica*, 26:289-297. 2004.
- DAKER, A. Água na agricultura. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 3: 453p. 1988.
- DECLERCK, E.; RISEDE, J.; DELVAUX, B. Greenhouse response of micropropagated bananas inoculated with in vitro monoxenically produced arbuscular mycorrhizal fungi. *Scientia Horticulturae*, 93:301-309. 2002.
- DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1994.
- DUBEY, R. S. Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: Pessaraki, M. (ed). *Handbook of photosynthesis*. New York: Marcel Dekker, 859-876, 1997.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Centro nacional de pesquisa de solo. 2(ed). Rio de Janeiro, 212p. 1997. (EMBRAPA-CNPS.Documentos;1)

- EPAGRI/CEPA- CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA. Banana - Panorama nacional e estadual. 2008. Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br:8080/cepa/Informativos_agropecuarios/banana/Banana_novembro.pdf> Acesso em: 20 setembro de 2009.
- FAO. Food Agriculture Organization: crops e livestock primary e processed: 2009. <<http://fao.org>>. acesso em 01 setembro de 2009.
- FAO. The irrigation challenge: increasing irrigation contribution to food security through higher water productivity. 2003. Rome, IPTRID Issue Paper No. 4, 25p.
- FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. Química de suelos: con énfasis en suelos de América latina. San José, Costa Rica: Servicio Editorial IICA. 405p. 1987.
- GARCIA, V. etat actual dès études de nutrition et fertilité em culture bananière à Tenérfite. Fruits, Paris, 32: 15-23. 1977.
- GANGA, R. M. D. Resultados parciais sobre o comportamento de seis cultivares de banana (*Musa sp.*) em Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17. 2002, Belém. Anais. Belém Embrapa/DDT, 2002. CD- ROM.
- GERDEMANN, J. W.; NICHOLSON, T. H. Spore of mycorrhizal Endogene specie extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactive Britanish Mycology Society, v: 235-244. 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, Cambridge (Inglaterra), 84: 489-500, 1980.
- GIANINAZZI-PEARSON, V.; SMITH, S. E.; GIANINAZZI, S.; SMITH, F. A. Enzymatic studies on the metabolism of vesicular-arbuscular mycorrhiza. V. Is H⁺ -ATPase a component of ATP-Hydrolysing enzyme activities in plant-fungi interfaces. New Phytologist, 117: 61-74. 1991.
- GIRI, B.; KAPOOR, R.; MUKERJI, K. G. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinitation growth, biomass, and mineral nutition of *Acacia auriculiformes*. Biology and Fertility of Soils, 38: 170-175. 2003.
- GONDIM, A. R. O.; MEDEIROS, J. F.; LEVIEN, S. L. A.; CARMO, G. A. Coeficiente de cultura e salinidade do solo na fase reprodutiva da bananeira irrigada com diferentes níveis de salinidade. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 31, 2002, Salvador, Anais, Salvador: SBEA, 2002. CD-Rom.
- GOMES, P. Fruticultura brasileira. 12. ed. São Paulo. Nobel, 446. 1976.

- GOMES, E. W. F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L. S. S.; SILVA, S. O.; CAMARA, T. R.; MEUNIER, I. M. J. Diplóides (AA) de bananeira submetidos ao estresse salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 39:525-531.2004.
- GOMES, E. W. F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L. S. S.; SILVA, S. O.; CAMARA, T. R. Variedades de bananeira tratadas com água salinizada em fase inicial de crescimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 9:31-36. 2005.
- GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T.; ASSIS JUNIOR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (eds), *Agricultura, Sustentabilidade e o Semi-Árido*. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 329-345. 2000.
- GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, 78:127-157. 1999.
- HARLEY, J. L.; SMITH, S. E. *Mycorrhizal symbiosis*. London: Academic Press,. 483p. 1983.
- HARRISON, M. J. Development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Current opinion in plant biology*. 1: 360-365. 1998.
- HEWITT, E. J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. 2.ed. London : Commonwealth Agricultural Bureaux, 1952. (Technical communication, 22).
- HETRICK, B. A. D.; WILSON, G. W. T.; LESLIE, J. F. Root architecture of warm-and cool-season grasses: relationship to mycorrhizal dependence. *Can. J. Bot.*, 69: 112-118. 1991.
- HOGBERG, P. M. K. Nitrogen fixation by the woody legume *Leucaena leucocephala* in Tanzania. *Plant Soil*, The Hague, 66:21-28. 1982.
- INVAM. International culture collection of (vesicular) arbuscular mycorrhizal fungi. 2006. Disponível em: <<http://invam.caf.wvu.edu>> Acesso em 10 de outubro de 2008.
- ISRAELI, Y.; LAHAV, E.; Nameri, N. The effect of salinity and sodium absorption ratio in the irrigation water on growth and productivity of bananas under drip irrigation conditions. *Fruits*, Paris, 41:297-302, 1986.
- JAIN, S.; NAINAWATEE, H. S.; JAIN, R. K.; CHOWDHURY, J. B. Salt tolerance in *Brassica juncea*. *Euphytica*, 65:107-112. 1993.
- JANOS, D. P. Tropical mycorrhizae, nutrients cycles and plant growth In: S. L. SUTTON, T. C.; WHITMORE, E. A. C.; CHADWICK (Ed.). *Tropical Rain Forest*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, 327-345. 1983.

- JAHROMI, F.; AROCA, R.; PORCEL, R.; RUIZ-LOZANO, J. M. Influence of salinity on the in vitro development of *Glomus intraradices* and on the in vivo physiological and molecular responses of mycorrhizal lettuce plants. *Microbial Ecology*, 55:45–53. 2008.
- JUNIPER, S. Vesicular-arbuscular mycorrhizal and soil salinity. *Jornal Mycorrhiza*. 4:45-57.2006.
- LACERDA, C. F.; JÚNIOR, J. O.A.; FILHO, L. C. A. L.; OLIVEIRA, T. S. de.; GUIMARÃES, F. V. A.; FILHO-GOMES, E. PRISCO, J. T.; BEZERRA, M. A. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. *Braz. J. Plant Physiol*, 18(4):455-465.2006.
- LEE, K. E. The functional significance of biodiversity in soil. In: World congress of soil science. Acapulco. Anais. Acapulco: International Society of Soil Science, 168-182.1994.
- LAHAV, E.; TUNER, D. W. Fertilizing for high Yield-banana. Berne: Internacional Potash Institute, 62p. 1983. (Bulletin, 7).
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: RIMA, p. 531. 2000.
- LINDERMANN, R. G. Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora: the mycorrhizosphere effects. *Phytopathology*, 78:366-371. 1994.
- LÚCIO, W. da S. Resposta fisiológicas e bioquímicas em meloeiro (*Cucumis melo* L.) inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino.– Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 75p. 2008. Dissertação (Mestrado em solos e Nutrição de plantas).
- KOIDE, R. T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytologist*, 117:365-86. 1991.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- KLIRONOMOS J. N.; MOUTOGLIS, P.; KENDRICK, B.; WIDDEN P. A comparison of spatial heterogeneity of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in two maple-forest soils. *Canadian Journal of Botany* 71:1472–1480. 1993.
- KORNDÖRFER, G. H. Elementos Benéficos. In: MANLIO, S. F. ed. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 356-354. 2006.
- MAAS, E. V.; POOS, J. A.; HOFFMAN, G. J. Salinity sensitivity of sorghum of three growth stages. *Irrigation Science*, 7: 1-11, 1986.

- MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; OLIVEIRA, M. Qualidade da água para fertirrigação por gotejamento. I: região da Chapada do Apodí-RN. Engenharia na Agricultura, Viçosa, 5:281-292.1997.
- 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.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N. F. Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral, Editora UFV.Viçosa, MG. 451p. 2005.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. (4.ed.) Belfast: University Press. 674p. 1990.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. (5.ed.) London:Academic Press. 889p. 1995.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações (2.ed). Piracicaba: POTAFOS. 319 p. 1997.
- MARTINEZ, V.; LAUCHLI, A. Phosphorus translocation in salt stressed cotton. Plant Physiology, Rockville, 83:627- 632, 1995.
- MARTINS, M.A. The role of external mycelial network of VA mycorrhizal fungi. A study of carbon transfer between plants interconnected by a common mycelium. Mycorrhiza, 2:69-73. 1992.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. (2.ed.) London:Academy Press, 889p. 1995.
- MCARTHUR, D. A. J.; KNOWLES, N. R. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the response of potato to phosphorus deficiency. Plant Physiology, 101: 174-160. 1993.
- MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. Fertilidade do solo. (4.ed.) São Paulo:Nobel. 400 p. 1983.
- MELONI, D. A.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; MARTINEZ, C. A. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. Journal of Plant Nutrition, Atenas, 24:p.599-612. 2001.
- MELONI, D. A.; OLIVA, M. A.; MARTINEZ, C. A.; CAMBRAIA, J. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. Environmental and Experimental Botany, 49:69-76. 2003.

- MILLER, R.; DONAHUE, R.L. Soils: an introduction to soils and plant growth. New Jersey, EUA: Prentice Hall – Englewood Cliffs, 1990.
- MONTE, W. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. DE F.; NESS, R. L. L. Crescimento e teores de minerais em plantas jovens de duas cultivares de bananeira submetida a estresse salino. Revista Ciência Agronômica, 35:157 - 164. 2003.
- MOREIRA, R. S. Banana: teoria e pratica de cultivo. Campinas-São Paulo. Fundação Cargil. 335p. 1987.
- MOREIRA, F.de S.; SIQUEIRA, O. J. Microbiologia e bioquímica do solo. (2. ed.). Lavras: Editora UFLA, 729p. 2006.
- MUNNS, R.; HUSAIN, S.; RIVELLI, A. R.; HARE, R. A. Progress in plant nutrition. Dordrecht: Kluwer Academic, 188p. 2002.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, Logan, 25:239-250. 2002.
- NEVES, L. L. de M.; SIQUEIRA, D. L. de.; PAULO, R. C.; MARTINEZC. A.; SALOMÃO, L. C. C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira-“prata”, submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, 24:524-529. 2002.
- NEVES O. S. C.; CARVALHO J. G. DE.; RODRIGUES C. R. Crescimento e nutrição mineral de mudas de umbuzeiro (*spondias tuberosa* arr. Cam.) submetidas a níveis de salinidade em solução nutritiva. Universidade Federal de Lavras/UFLA, Minas Gerais, 2003. Dissertação (mestrado)
- NETO, A. R.; MELO, B. Núcleo de fruticultura - ICIAG - Universidade Federal de Uberlândia. Cultura da bananeira (texto) · fotos da cultura (variedades, deficiências, pragas e doenças) · mal de sigatoka. 2003. Disponível em: www.fruticultura.iciag.ufu.br/banana.html. Acesso em 29 de março de 2009.
- O’LEARY, J. W. High humidity overcomes lethal levels of salinity in hydroponically grown salt-sensitive plants. Plant and Soil, Dordrecht, 42:717- 721, 1971.
- OLIVEIRA, M. de. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J. M. (ed.) Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1-37.2001.
- PAZ, O. P. Caracterização de germoplasma de bananeira com RAPD. Cruz das Almas: UFBA, 67p. 2000. (Dissertação Mestrado).

- PARIDA, A. K.; DAS A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60:324-349. 2005.
- PEREIRA, F. H. F.; ESPINULA NETO, D.; SOARES, D. C.; OLIVA, M. A. Trocas gasosas em plantas de tomateiro submetidas a condições salinas. *Horticultura Brasileira*, Campo Grande, 2. 2004a. CD-Rom.
- PEREIRA S. V.; COSME R. M.; EVERALDO R. P.; BEATRIZ R. B. O.; LEONOR C. M. Atividade microbiana em solo do Semi-Árido sob cultivo de *Atriplex nummularia*. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 8:757-762. 2004b.
- PIRO-ZYNSKI, K. A. Interactions between fungi and plants through the ages. *Canadian Journal of Botany* 59:1824-1827. 1981.
- PIMENTEL, C. Tolerância Protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivadas em campo. *Revista Universidade Rural. Série Ciências da vida*, 1: 7-14, 2002.
- PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infections. *Transactions of the British Mycological Society, Cambridge (Inglaterra)*, 1: 158-161. 1970.
- PUGNARE, F. I.; ENDOLZ, L. S.; PARDOS, J. Constrains by water stress on planta growth. In: Pessaraki, P. (ed.). *Handbook of plant and crop stress*. New York, Marcel Dekker. 247-59. 1993.
- 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.
- REDECKER, D.; KODNER, R. e GRAHAM, L.E. Glomalean fungi from the Ordovician. *Science*, 289:1829-1992, 2000.
- RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. STEWART, B.A.; NIELSEN, D. R.; Salinity in irrigated agriculture. In: *Irrigation of agricultural crops*. Madison, American Society of Agronomy, 1089-1157. 1991. (ASA. Monograph, 30).
- RICHARDS, L. A. (Ed.). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington, DC: United States Salinity Laboratory Staff. 160p. 1954. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- ROSA JÚNIOR, C. D. R. M. *Bananeira: cultivo sob condição irrigada*. 2. ed. Recife: Sebrae, 51p. 2000.
- RORAIMA EM FOCO - Agricultores aprendem técnicas de cultivo da banana
Roraima em foco: O que acontece em Roraima, você lê primeiro aqui.,
Agricultores aprendem técnicas de cultivo da banana.

Disponível em: [www.roraimaemfoco.com/site/content/view/3225/45/ - 35k](http://www.roraimaemfoco.com/site/content/view/3225/45/-35k) .24. Jul 2008.

- RUIZ-LOZANO J. M.; AZCÓN R. Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal species and water status. *Physiologia Plantarum*. 95: 47-478.1995.
- 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, 2003.
- SAGGIN-JUNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares em café. In: Siqueira, J.O. (ed) *Avanços em fundamentos e aplicações de micorrizas*. Universidade Federal de Lavras, MG, Lavras, 203-254, 1996.
- SALA, V. M. R. Atividade microbiana do solo e interação de diazotrófico endofítico e fungos micorrízicos arbusculares na cultura do trigo. Escola Superior Luiz de Queiróz. Piracicaba. 124p. 2002. Dissertação (Mestrado)
- SANTOS, J. G. R.; GHEYI, H. R. Efeito da salinidade da água na composição da folha de bananeira e nas características do solo. *R. Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, 247- 253. 1994.
- SENTECNAC, H.; GRIGNON, C. Effect of pH on orthophosphate uptake by corn roots. *Plant Physiol.*, 77: 136-141. 1985.
- SANTANA, G. da S.; COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M. da.; RAMOS, M. M. Estimativa da condutividade elétrica da solução do solo a partir do teor de água e da condutividade elétrica aparente do solo. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, 3:672-685. 2006.
- SHARIFI, M.; GHORBANLI, M. & EBRAHIMZADEH, H. Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with satl pre-treated mycorrhizal fungi. *Journal of Plant Physiology*, 164: 1144-1151, 2007.
- SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, 1:5-38, 1999.
- SHENG M.; TANG M.; CHAN H.; YANG B.; ZHANG F.; HUANG Y. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza*, 18:287-296. 2008.
- SILVA, D.; PRUSKI, F. F. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Brasília: MMA, SBH, ABEAS, 252p. 1997.
- SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; MALBURG, J. L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, 63:18-21, 1999.

- SILVA, F. A. M. Efeito do estresse salino sobre a nutrição e o crescimento de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivada em solução nutritiva. *Revista Cerne*, Lavras, 1:52-59. 2000.
- SILVA, JÚNIOR, M.; SIQUEIRA, E. R.; COSTA, J. L. DA S.; Hidrólise de diacetato de fluoresceína como biondicador da atividade microbológica de um solo submetido a reflorestamento. *Ciência Rural*, 5:1493-1495. 2004.
- SILVA, M. J. G. D.; HERNANDEZ, F. F. F.; COSTA, R. N. T.; LACERDA C. F. DE; LINDBERGUE, A. C. Qualidade de água e níveis de irrigação sobre o desenvolvimento da bananeira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, DEAg/UFCG, 9:76-80.2005.
- SILVA, M. G. Estresse salino em plantas de *Spondias tuberosa* Arruda (Câmara) colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares. *Caatinga*, Mossoró-Brasil, 22:91-96. 2009.
- SIMON, L.; BOUSQUET, J.; LÉVESQUE, R. C.; LALONDE, M. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature*, 363:67-69. 1993.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A. A. *Biotechnology do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília: MEC; ABEAS, 235p. 1988.
- SIQUEIRA, J. O. Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-arbusculares: alguns aspectos da relação fungo-planta e absorção de fósforo, In *Reunião brasileira sobre micorrizas*. Embrapa – CNPBS / UFRRJ, Mendes, Rio de Janeiro, 204: 105-131. 1991. (Resumos).
- SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JUNIOR O. J. The importance of mycorrhizae association in natural in low fertility. *Embrapa - CNPMS*, Sete Lagoas, Minas Gerais, 353: 240-280. 1992. (Resumos).
- SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA.; LAMBAIS M. R.; STÜRMER S. L.; *Fungos Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento - Micorrízicos Arbusculares: Características, associação simbiótica e aplicação na agricultura*. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, 25p. 2002.
- SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, S. de M. F. *Biologia e Bioquímica do solo*. In: Universidade Federal de Lavras – UFLA/ Fundação de apoio ao ensino, pesquisa e extensão – FAEPE – 2006. Curso de Pós – Graduação “Lato Sensu” (Especialização) à distância: Solos e Meio Ambiente, 291. 2006.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. *mycorrhizal symbiosis*. San Diego, Academic Press, 609p. 1997.
- SMITH, F. W. The phosphate uptake mechanism. *Plant Soil*, 245:105-114. 2002.

- SOOPPER, W. E. Municipal Sludge use in Land Reclamation. Boca Raton, CRC Press, 163p. 1993.
- SUBRAMANIAN, K.S.; CHAREST, C.; DWYER, L. M.; HAMILTON, R. I. Effects of arbuscular mycorrhizae on leaf water potencial, sugar content, and P content during drought and recovery of maize. *Canadian Journal of Botany*, 75:1582-1591.1997.
- SZABOLCS, I. Soil and salinization. In: MOHAMMAD, P. (Ed.). Handbook of plant and crop stress. New York: Marcel Dekker Inc, 3-11. 1994.
- SYLVIA, D. M.; HAMMOND, L. C., BENNET J. M., HASS, J. H., LINDA, S.B. Field response of maize to a VAM fungus and water management. *Agro. J*, 85p. 1993.
- SYLVIA, D. M.; JARSTFER, A. G. The production and introduction of arbuscular mycorrhizal fungi in native plant nursery. Florida agricultural experiment station – journal series, R-02398, 16p. 1992.
- TÁVORA, F. J. A. F.; FERREIRA, R. G.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeiras submetidas a estresse salino com NaCl. *Revista Brasileira de fruticultura*. Jaboticabal – SP, 23:441-446. 2001. (comunicação científica).
- TAVARES, R. de C. Efeito da inoculação com fungos micorrízico arbuscular e da adubação orgânica no desenvolvimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), sob estresse salino. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 67p. 2007. (Tese de Mestrado).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 719p. 2008.
- TIAN, C.Y.; FENG, G.; ZHANG, F. S. Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non-saline soil on salinity tolerance of lants. *Applied Soil Ecology*, 26:143-148. 2004.
- TÓTOLA, M. R.; BORGES, A. C. Growth and nutritional status of Brazilian wood species *Cedrella fissilis* and *Anadenanthera perigrina* in bauxitespoll in response to arbuscular mycorrhizal inoculation and substrate amendment. *Brazilian Journal of Microbiology*, Viçosa, 15p. 2002.
- TOMÉ, Jr., J. B. *Manual para Interpretação de Análise de Solo*. Editora Guaíba: Agropecuária, 1997.
- TRAPPE, J. M. Phylogenetic and ecological aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. In: *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*. G. Safir (ed.) CRC. Press, Boca Raton, Florida, 5-25.1987.

- VIERHEILIG, H. Engel-Streitwolf, P. Mader and A. Wiemken, Studies on the attractional effect of root exudates on hyphal growth of an arbuscular mycorrhizal fungus in a soil compartment-membrane system, *Plant Soil*, 203:137-144. 1998.
- YANO-MELO, A.; SAGGIN, O.; MAIA, L. Tolerance of mycorrhizal banana (*Musa spp.* Cv. Pacovan) plantlets to saline stress. *Agric Ecosyt Environ*, 1-6. 2002.
- YANO-MELO, A. M.; SAGGIN, O. J.; MAIA, L. C. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa spp.* Cv. Pacovan) plantlets to stress. *Agriculture, Ecosystems Environment*, 95:343-348. 2003.
- WILLIAMS, L. E.; MILLER, A. J. Transpoters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. *Ann. Rev. Plant Physil. Plant Mol. Biol.*, 52:659-688. 2001.
- WILDE P.; MANAL A.; STODDEN M.; SIEVERDING E.; HILDERBRANDT U.; BOTHE H. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in roots and soils of two salt marshes. *Environmental Microbiology*, 11:1548–1561. 2009.

ANEXO



Figura 1: Mudanças de bananeiras micropropagadas.



Figura 2: Montagem do experimento em casa de vegetação.



Figura 3: Transplante das mudas de banana.



Figura 4: Mudanças de bananeiras aos 10 DAT.



Figura 5: Mudanças aos 40 DAT.



Figura 6: Sintomas da salinidade ou toxidez ao NaCl em mudas de bananeira.