



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FRANCISCO SILDEMBERNY SOUZA DOS SANTOS

**CULTIVO HIDROPÔNICO DE PIMENTÃO COM ÁGUAS DE REJEITO DE
DESSALINIZADORES E COM BIOFERTILIZAÇÃO**

FORTALEZA

2016

FRANCISCO SILDEMBERNY SOUZA DOS SANTOS

CULTIVO HIDROPÔNICO DE PIMENTÃO COM ÁGUAS DE REJEITO DE
DESSALINIZADORES E COM BIOFERTILIZAÇÃO

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Manejo de Irrigação

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana

Coorientador: Prof. Dr. Solerne Caminha Costa

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S235c Santos, Francisco Sildemberny Souza dos.
Cultivo hidropônico de pimentão com águas de rejeito de dessalinizadores e com biofertilização /
Francisco Sildemberny Souza dos Santos. – 2016.
136 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana.
Coorientação: Prof. Dr. Solerne Caminha da Costa .
1. Capsicum annuum L.. 2. estresse salino. 3. hidroponia em substrato. 4. insumo orgânico. 5.
necessidades hídricas. I. Título.

CDD 630

FRANCISCO SILDEMBERNY SOUZA DOS SANTOS

CULTIVO HIDROPÔNICO DE PIMENTÃO COM ÁGUAS DE REJEITO DE
DESSALINIZADORES E COM BIOFERTILIZAÇÃO

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Manejo de Irrigação

Aprovada em: 30 abr. 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Solerne Caminha da Costa (Coorientador)
Instituto Federal do Educação, Ciência e Tecnologia do
Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa (Conselheiro)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia
Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof. Dr. Luis Gonzaga Pinheiro Neto (Conselheiro)
IFCE *Campus* Sobral (IFCE)

Aos meus pais, Macário Rodrigues dos Santos e Raimunda Souza dos Santos, à minha esposa Márcia Regina Ferreira Marques e à minha filha Maria Eduarda Ferreira dos Santos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que pela sua infinita bondade e misericórdia tem proporcionado diversos momentos de crescimento, aprimorando a simples essência de ser humano com a virtude da longanimidade.

Aos meus pais, Macário Rodrigues e Raimunda Sousa, pelo amor, zelo e dedicação na condução de toda a família, além de apostarem na educação dos filhos como forma de crescimento.

À minha esposa, Márcia Regina, pelo amor, companheirismo, compreensão e ainda pela certeza da disposição mútua para a melhoria contínua e por não desistir.

À minha filha, Maria Eduarda, pela diversão e pelos ensinamentos na missão da paternidade.

Aos irmãos, irmãs, cunhados(as), sogra e demais familiares pelas palavras de força e de apoio.

Aos amigos, membros da família que se escolhe, Luiz Carlos, Maria Luiza, Arilene Franklin, Cleilson Uchoa, Keline Albuquerque, Rodrigo Gregório, Ivan Remígio, Lúcia Silveira, Lucivânia Monte, Carlos Henrique e Evami Sousa, pelas orientações, pelo apoio e pelo incentivo frequentes, pelas verdades por vezes dolorosas e pelos momentos de alegria.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) pela oportunidade do doutoramento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao desenvolvimento da pesquisa.

Ao IFCE *Campus* Limoeiro do Norte pelo apoio institucional à realização da pesquisa.

À Cascais Agroindústria pela parceria no desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores Marcus Bezerra, Camboim Neto, João Hélio, Kilmer Campos, Aderson Soares, Carlos Viliotti, Zeca Delfino, Daniel Albiero pelos ensinamentos e incentivos e, de modo especial a Nonato Távora, pelo destemor a desaprender para reaprender.

Aos colegas de doutorado Breno Leonan, Christlene Nojosa, Darlan Braga, Dônavan Nolêto, Aldiel Lima, Francisco Nilson, Kenya Nunes, Krishna Ribeiro, Maria Emilia, Rayanne Kassia, Reivany Lima pelo companheirismo e pelos gestos que mostraram um pouco de humanidade em meio à pressão e a correria da Pós-Graduação.

Ao orientador Prof. Thales Vinicius, pela confiança para o desenvolvimento dos trabalhos, pela forma valiosa e ímpar de orientação e pela amizade.

Ao Professor Solerne Costa, pela amizade, apoio e todas as dicas no decorrer do trabalho de campo e qualificação.

Ao Professor Claudivan Feitosa pelas dicas e todo apoio ao desenvolvimento da pesquisa.

Ao Professor Geocleber Sousa, pelas contribuições decisivas na condução da pesquisa e na análise dos dados.

À Direção Geral e de Ensino do IFCE Campus Limoeiro do Norte, nas pessoas do Prof. Façanha Gadelha e Profa. Germana Conrado, pela confiança, pelo incentivo e pelo apoio irrestritos essencialmente necessários para o sucesso da missão do doutoramento.

A Keiviane Lima pelo empenho, pelo apoio, pelo companheirismo e pela incisiva participação nos trabalhos de campo.

Aos alunos do IFCE *Campus* Limoeiro do Norte, Adosmiro Felipe, Alex Nascimento, Ana Karina, Andreza Maria, Débora Alves, Francileide Alverne, Gideone Gerson, Henrique Maia, Isac Amaral, Ítalo Sousa, Jailma Rodrigues, Kamila Barreto, Leonardo Tals, Luiz Alberto, Patrícia Geiciane, Paulo Henrique, Rafaella Ribeiro, Regimara Bernado, Reginaldo Costa, Renato Maia, Ronison Lucas, Thalyta Silveira, Valberlândia Ribeiro, Vanessa Costa, Vitor Balbino e Vivian Coutinho, bolsistas ou voluntários, pelo interesse, pela dedicação e pela motivação pelo aprendizado. A participação de vocês foi fundamental para o pleno desenvolvimento e sucesso dos trabalhos.

Aos funcionários do IFCE e da UEPE, Flávia, Leandro, Toinho, Dedé, Valdir e, de modo especial a Vanderson e Danilo pelo apoio às atividades estruturais e de condução no campo.

Aos funcionários do LABSAT, Natanael Santiago, Esiana Rodrigues e Clarice Barros, pelo apoio nas análises atinentes à pesquisa e orientações.

“Você é quem decide o que vai ser eterno em você, no seu coração. Deus nos dá o dom de eternizar em nós o que vale a pena e esquecer definitivamente aquilo que não vale.”

Padre Fábio de Melo

RESUMO

Os rejeitos de dessalinizadores instalados na região constituem uma alternativa, seguramente em escala restrita, mas que pode ser utilizada em sistemas de produção com tecnologias apropriadas no sentido de promover certa convivência e/ou mitigação das injúrias causadas pelo excesso de sais. Nesse sentido, o uso da hidroponia pode fazer parte desse escopo, considerando a possibilidade de se promover a lixiviação de parte do excesso de sais pela maior drenabilidade dos substratos, além do controle mais preciso da salinidade da solução nutritiva fornecida às plantas. A adição de matéria orgânica, através do biofertilizante, por exemplo, nos sistemas de cultivo pode potencializar a tolerância das culturas ao estresse salino. Diante desse contexto, essa pesquisa tem como objetivo de avaliar o efeito da salinidade da água e dosagens de biofertilizante no cultivo do pimentão, em sistema hidropônico tipo aberto. O trabalho foi realizado na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE), na área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Limoeiro do Norte, CE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 4, referentes a 5 diferentes concentrações de água salina (0,5; 1,5; 3,0; 5,0 e 7,5 dS m⁻¹) e doses de biofertilizantes na solução nutritiva (50, 100 e 150% da recomendação) e uma testemunha solução mineral recomendada para hidroponia para a cultura do pimentão, com 4 repetições,. Foram analisadas variáveis de crescimento e de produção, a mensuração das necessidades hídricas pela metodologia da lisimetria de drenagem, a eficiência no uso da água e as trocas gasosas em folhas completamente maduras. Foi constatada que as variáveis de crescimento, de produção e as trocas gasosas sofreram uma influência significativa do aumento da salinidade e à interação com biofertilizante, sendo observado declínio linear em todas as variáveis com o aumento da salinidade. Da mesma forma, na medida em que o nível de salinidade da água de irrigação aumentou, ocorreu um decréscimo na evapotranspiração da cultura. Em contrapartida, ocorreu um aumento da eficiência no uso da água. Constatou-se ainda incremento no teor de sal na água drenada com a aplicação do biofertilizante. Nas condições em que se deram esse estudo, o biofertilizante não atenuou os efeitos deletérios da salinidade quanto as variáveis de produção e as trocas gasosas.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L. Estresse salino. Hidroponia em substrato. Insumo orgânico. Necessidades hídricas.

ABSTRACT

The rejects of desalinators installed in the region are an alternative, since they can be used in production systems with appropriate technologies for promoting the mitigation of injuries caused by the excess of salts. Accordingly, the use of hydroponics can join this scope, considering the possibility of facilitating the leaching of the excess of salts by increasing the drainability of the substrates, in addition to the accurate control of the salinity of the nutrient solution supplied to the plants. Furthermore, the inclusion of organic matter through the biofertilizer in cultivation systems may potentiate crop tolerance to salt stress, for example. The biofertilizer composition can promote chemical, physical and biological improvements in the substrates, favoring the nutritional balance, the water absorption and the tolerance to diseases. Therefore, this research was designed aiming at evaluating the salinity concentrations in water and the biofertilizer dosages and interactions in pepper cultivation in an open hydroponic system. The study was conducted at the Teaching, Research and Extension Unit (in Portuguese, Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão - UEPE), an area which belongs to the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará – (in Portuguese, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE), located in Limoeiro do Norte, Ceará. The experimental design was a randomized block in a factorial 5 x 4, for five different saline water concentrations (0.5, 1.5, 3.0, 5.0 and 7.5 dS m⁻¹); three doses of biofertilizers in the nutrient solution (50, 100 and 150% of the recommended dosage) and one additional solution (the recommended one for hydroponics in pepper culture) with 4 replications, totalizing 80 experimental units, with three plants being used per plot. Growth and production variables, the measurement of water requirements for the drainage lysimeter, the efficient use of water and the gas exchange in fully mature leaves through a portable infrared gas analyzer were investigated. It has been found that the growth and production variables and the gas exchange suffered a significant influence of the increased salinity and of the interaction with the biofertilizer. It was possible to observe a linear decline in all variables with the increasing salinity. Likewise, the more the level of salinity of the irrigation water increased, the bigger was the decrease in crop evapotranspiration. In contrast, there was an increased efficiency in water use. It was found further increase in the salt content in the water drained from the application of the biofertilizer. In the conditions in which this study occurred, the biofertilizer did not attenuate the deleterious effects of salinity as far as the production variables and the gas exchange are concerned. It is believed that the osmotic stress has been largely responsible for reducing the growth, the production and the gas exchange caused by the salinity to the peppers; and it is also responsible for the ability to perform with a certain efficiency the compartmentalization of ions at a cellular level.

Keywords: *Capsicum annuum* L. Salt stress. Hydroponics substrate. Organic input. Water needs.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	HIPÓTESES E OBJETIVOS	15
2.1	Hipóteses	15
2.2	Objetivos	15
2.2.1	<i>Objetivo geral</i>	15
2.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	A cultura do pimentão	16
3.1.1	<i>Características da cultura</i>.....	16
3.1.2	<i>Papel econômico do pimentão</i>	18
3.2	Cultivos hidropônicos	19
3.3	Relações hídricas em cultivo hidropônico	22
3.4	Processo de salinização no semiárido	27
3.5	A problemática do uso de águas salinas na agricultura	30
3.6	O biofertilizante como insumo na agricultura	34
3.7	Biofertilizante e salinidade.....	37
4	MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1	Localização da área experimental	41
4.2	Rejeitos de dessalinizadores no Baixo-Jaguaribe	41
4.3	Definição dos tratamentos e delineamento estatístico	43
4.4	Instalação do sistema hidropônico e preparo das águas salinas.....	44
4.5	Instalação do sistema de biofertilização e preparo do biofertilizante	48
4.6	Condução da cultura e adubação	52
	REFERÊNCIAS.....	54
	CAPÍTULO 1 – Crescimento e produção do pimentão sob condições salinas e com biofertilização.....	64
	RESUMO	64
	ABSTRACT.....	65
1	INTRODUÇÃO.....	66
2	MATERIAL E MÉTODOS	68
2.1	Avaliação do crescimento	68

2.2	Características de produção	69
2.3	Análises estatísticas.....	70
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
3.1	Análise de crescimento	71
3.1.1	<i>Altura da planta</i>	71
3.1.2	<i>Diâmetro do caule</i>	73
3.1.3	<i>Número de folhas</i>	75
3.1.4	<i>Área foliar</i>	77
3.2	Produtividade	80
3.3	Número de frutos por planta	83
3.4	Comprimento e largura do fruto.....	85
4	CONCLUSÕES.....	89
	REFERÊNCIAS.....	90

	CAPÍTULO 2 – Evapotranspiração da cultura do pimentão sob condições salinas e com biofertilização	96
--	--	-----------

	RESUMO.....	96
	ABSTRACT.....	97
1	INTRODUÇÃO.....	98
2	MATERIAL E MÉTODOS	100
2.1	Lisímetros de drenagem e quantificação da evapotranspiração da cultura	100
2.2	Eficiência no uso da água (EUA).....	101
2.3	Condutividade elétrica da água de drenagem (CEad)	102
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	103
3.1	Evapotranspiração da cultura (ETc)	103
3.2	Eficiência no uso da água (EUA).....	106
3.3	Condutividade elétrica da água de drenagem (CEad)	108
4	CONCLUSÕES.....	111
	REFERÊNCIAS.....	112

	CAPÍTULO 3 – Trocas gasosas foliares na cultura do pimentão sob condições salinas e com biofertilização	117
--	--	------------

	RESUMO.....	117
	ABSTRACT.....	118

1	INTRODUÇÃO.....	119
2	MATERIAL E MÉTODOS	121
2.1	Medições de trocas gasosas	121
2.2	Análises estatísticas.....	121
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	123
3.1	Condutância estomática	123
3.2	Fotossíntese.....	125
3.3	Transpiração	128
4	CONCLUSÕES.....	131
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	132
	REFERÊNCIAS.....	133

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios da agricultura é o de desenvolver sistemas agrícolas sustentáveis que possam produzir alimentos e fibras em quantidade e em qualidade sem afetar os recursos do solo e do ambiente. A sustentabilidade vem se tornando uma estratégia de produção da agricultura moderna, propondo alternativas de manejo ao modelo convencional, na busca de tecnologias que sejam mais viáveis e menos agressiva ao ambiente e ao homem.

Com o aumento nos preços dos agroquímicos nos últimos anos e a preocupação com os efeitos lesivos ao meio ambiente, busca-se desenvolver uma agricultura menos dependente de produtos industrializados e que cause menor impacto ambiental (ASERI et al., 2008).

Nesse contexto, a utilização dos princípios agroecológicos na agricultura irrigada vem despontando com uma notória tendência nas áreas irrigadas. Entretanto, há uma considerável carência na disponibilidade de insumos agroecológicos no mercado local.

Esse contexto aponta para uma necessidade de produção desses insumos nas propriedades rurais como forma de promover a sustentabilidade da produção de alimentos. Em se tratando da região semiárida, a maior limitação à produção de alimentos consiste na escassez e/ou na má distribuição pluviométrica, o que torna o insumo água potável escasso e demandado, na maioria das vezes, em quantidades superiores às possibilitadas.

Em consequência, e como a prioridade é o abastecimento humano com água potável, os irrigantes do semiárido nordestino são, em muitas áreas, obrigados a usarem água de baixa qualidade. Por conseguinte, há necessidade de se pesquisar com relação às tecnologias já existentes e as inovações, principalmente visando à racionalização do uso da água no semiárido e a utilização de água não potável. Entretanto, estas podem ser tóxicas e até deletérias aos cultivos agrícolas.

Nesse sentido, a utilização de água residuária de dessalinizadores na agricultura irrigada deve ser precedida de uma avaliação científica com vista ao impacto provocado à qualidade dos produtos agrícolas e, também, sobre as propriedades do solo e dos mananciais de águas (DIAS et al., 2010).

Desse modo, há que se buscar o aprimoramento das técnicas de produção agrícola como forma de se favorecer o uso de águas de qualidade inferior. A hidroponia, por exemplo, pode ampliar a tolerância das culturas à salinidade. Esse fato se justifica a partir da análise dos componentes do potencial hídrico total no referido sistema. De acordo com Soares et al. (2007), a absorção de água é naturalmente favorecida uma vez que o potencial mátrico é

reduzido e os sais estão mais diluídos. Entretanto, mesmo no cultivo hidropônico há a possibilidade de serem observados os efeitos deletérios da alta concentração salina da solução nutritiva.

Recentemente o meio científico sugere a utilização de biofertilizantes como uma fonte orgânica para atenuar o estresse salino. Resultados de inúmeros trabalhos vêm sendo promissores quanto ao uso desse insumo em condições de salinidade favorecendo incrementos no crescimento, na produção e nas trocas gasosas de diversas culturas.

Entretanto, em muitas comunidades que contam com dessalinizadores há deficiência de água propícia para a irrigação do pimentão. Por conseguinte, se os dessalinizadores passassem a possibilitar água e renda, seus benefícios seriam potencializados para as comunidades rurais nordestinas através dos usos do rejeito na irrigação e de parte da renda gerada com a venda do produto na manutenção dos equipamentos.

Porém, apesar da irrigação constituir uma técnica largamente utilizada, a operação dos sistemas e o manejo propriamente dito têm sido motivos de muitas dúvidas, acarretando sérios prejuízos aos agricultores. Esse fato se intensifica com o uso da hidroponia, uma vez que consiste em um sistema de cultivo menos popularizado.

Em suma, na era da informação, não há lugar para os leigos que não buscam inovação, não há lugar para o amadorismo, devendo-se buscar o profissionalismo na produção agropecuária com a racionalização no uso dos insumos. E, esta pesquisa se propõe a colaborar com esta necessidade gerando informações acerca do uso dos insumos águas residuárias e biofertilização, a partir de esterco bovino aplicado via hidroponia do tipo aberta.

Portanto, justifica-se a proposição de estudos sobre tecnologias de cultivo para minimizar os impactos ambientais a partir do uso de água residuárias de dessalinizadores e da biofertilização, visando-se economia de água, aumento de renda e segurança alimentar no semiárido.

2 HIPÓTESES E OBJETIVOS

2.1 Hipóteses

O uso de matéria orgânica na forma de biofertilizante auxiliará na atenuação dos impactos negativos propiciados pelo estresse salino.

O biofertilizante bovino pode atenuar o estresse salino na cultura do pimentão via hidroponia.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo geral

Avaliar as concentrações de salinidade na água de irrigação e dosagens de biofertilizante e suas interações no cultivo do pimentão, em sistema hidropônico tipo aberto.

2.2.2 Objetivos específicos

- Analisar o efeito da água salina no crescimento do pimentão biofertilizado;
- Estudar a possibilidade de redução do estresse salino propiciado por águas residuárias de dessalinizadores na produção do pimentão a partir do uso de diferentes dosagens de biofertilizante;
- Levantar a demanda hídrica do cultivo de pimentão em regime hidropônico;
- Verificar os efeitos da aplicação de doses de biofertilizante nas plantas quanto às trocas gasosas em função do aumento da salinidade da água de irrigação;
- Atestar o efeito atenuante do biofertilizante frente às injúrias causadas pela irrigação com águas salinas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura do pimentão

3.1.1 Características da cultura

A cultura do pimentão pertence à família Solanaceae e tem origem no continente americano (MALIA et al., 2015) mais especificamente no sul da Bolívia, tendo migrado para os Andes e as terras mais baixas da Amazônia, onde surgiram novas espécies (MOREIRA et al., 2006). Além do pimentão, outras espécies do gênero possuem considerável valor comercial como o tomate e a berinjela (SANTANA et al., 2011).

Ao longo do tempo, o pimentão foi sendo domesticado pelos nativos e se diversificando pela introdução de variedades crioulas e dos genótipos naturalmente selecionados nas comunidades (COSTA et al., 2009). Nesse sentido, as mais de 25 espécies da família podem ser classificadas em domesticadas, semidomesticadas e silvestres (BÜTTOW et al., 2010). O Brasil constitui um importante centro de diversidade do referido gênero, visto que há representantes de todos os níveis supracitados (COSTA et al., 2009). As espécies mais cultivadas no Brasil são: *Capsicum frutescens*, *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum* e *Capsicum annuum* (MOREIRA et al., 2006), sendo esta o objeto desse estudo. De acordo com Benavides et al. (2014), a sua classificação botânica é:

- Divisão: Spermatophyta
- Subdivisão: Angiosperma
- Classe: Dicotiledôneas
- Ordem: Solanales
- Família: Solanaceae
- Gênero: *Capsicum*
- Espécie: *Capsicum annuum* L.

A Embrapa desenvolve um programa em rede de melhoramento genético de pimentas e pimentões (BÜTTOWI et al., 2010). O programa ocorre desde 1981 e como resultado desse trabalho, há um leque de cultivares tipicamente brasileiras (MACEDO, 2015).

Considerando a diversidade genética expressiva, as espécies do gênero *Capsicum* se distinguem pelas características morfológicas que podem ser visualizadas nas flores e nos

frutos que por sua vez apresentam diferentes formatos, coloração, tamanho e pungência (MOREIRA et al., 2006).

Trata-se de uma planta do tipo pequeno arbusto, de caule lenhoso, podendo atingir um metro de altura em campo aberto de cultivo. O sistema radicular é pivotante com ramificações laterais, chegando a ultrapassar um metro de profundidade. Possui flores hermafroditas que promovem autofecundação (MALIA et al., 2015). Ainda assim, há situações em que ocorrem até 45% de polinização cruzada (BENAVIDES et al., 2014). Os frutos do pimentão podem ter formato cônico, retangular ou quadrado e essencialmente de cor verde. Com o avanço da maturação, surgem frutos de cor vermelha, amarela, marfim ou roxo (MALIA et al., 2015). Quimicamente o fruto do pimentão é composto por óleo essencial, resinas, amido, açúcares, capsaicina, apiina, hesperidina, luteolina e vitamina C (VAZ e JORGE, 2007).

À semelhança de outras olerícolas, o pimentão é relativamente exigente quanto ao fornecimento de água (SANTANA et al., 2011) e nutrientes, tendo o nitrogênio e o potássio como os elementos mais demandados. Porém, há variações nas exigências quanto às variedades, à produção esperada, ao estágio e a fase fenológica e às condições climáticas (FEITOSA FILHO et al., 2001). De fato, as hortaliças em geral respondem muito bem às adubações químicas e orgânicas, resultando em produtividades elevadas e em incrementos à qualidade dos produtos (FILGUEIRA, 2000).

Importante ressaltar que se trata de uma espécie de caráter tropical que não tolera temperaturas reduzidas e geadas (PINTO et al., 2006). Desse modo, é importante compreender o desenvolvimento das plantas produzidas em condições de altas temperaturas para viabilizar o seu cultivo (CARDOSO et al., 2015). Nesse sentido, justifica-se a realização de pesquisas que analisem o crescimento das espécies, uma vez que se pode avaliar o comportamento de certo genótipo em relação aos diferentes sistemas de cultivo, influenciados pelo manejo, pelo clima e até pela própria fisiologia da cultura (OLIVEIRA et al., 2015).

Consiste ainda numa espécie que se adapta às condições de cultivo em campo e em ambiente protegido (SOUZA, 2014; SILVA et al., 2012), sendo este cultivado em solo ou em sistema de produção hidropônico (GUIMARÃES et al., 2014). Por outro lado, o manejo inadequado do sistema de produção pode levar à salinização do solo ou do substrato, que constituem um dos principais fatores que impedem o pleno crescimento e o desenvolvimento do pimentão (BERNI et al., 2008).

Considerando os impactos da produção de alimentos sobre os recursos naturais, faz-se mister o empreendimento de esforços na concepção e no desenvolvimento de pesquisas

que vislumbrem uma maior eficiência no uso da água e na manutenção das produtividades (BERNI et al., 2011).

3.1.2 Papel econômico do pimentão

Um programa de segurança alimentar deve perpassar pela promoção do consumo de hortaliças em geral (ALMEIDA et al., 2009). Nesse contexto, a cultura do pimentão tem boa aceitação pela população em geral (MOREIRA et al., 2006), sendo utilizado, via de regra, *in natura*, e na forma processada (SOUZA, 2014) ou ainda na formulação de produtos farmacêuticos e cosméticos (NEITZKE et al., 2016).

Desse modo, representa uma fatia considerável no mercado de vegetais frescos no Brasil, e também são significativos a nível mundial no segmento de condimentos, especiarias e conservas de sal (COSTA et al., 2009). Por essa razão, tem ocorrido uma busca por sistemas de produção mais eficientes que garantam a qualidade dos frutos, uma maior segurança, menores perdas e maiores produtividades, como cultivos em ambiente protegido (CHARLO et al., 2009).

O mercado mundial de espécies de pimentas e pimentões é atraente uma vez que entre os anos de 2000 e 2004, as exportações para a Europa tiveram um acréscimo de 101%. Essas espécies estão entre as 10 hortícolas de maior interesse nos mercados europeu, japonês, canadense e, notadamente, no americano (RODRIGUES, 2006).

A cultura do pimentão está entre as dez hortaliças de maior expressão econômica no Brasil (SEDIYAMA et al., 2009) chegando a ocupar uma área de 13 mil hectares em todo o território nacional (MATOS et al., 2012) e cerca de 250 mil toneladas produzidas (CARVALHO et al., 2013). Os principais produtores nacionais são os estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul (PINTO et al., 2006).

De acordo com o Censo Agropecuário 2006 realizado pelo IBGE, no Brasil há mais de 28 mil estabelecimentos rurais produzindo pimentão, dos quais 76,5% sob irrigação em áreas que variam principalmente entre 1 e 100 hectares, movimentando mais de R\$ 180 milhões. Quase metade da produção se concentrou no Sudeste (48,5%), sendo seguido pelo Nordeste (31,3%), Sul (14,6%), Centro Oeste (4,8%) e Norte (0,8%). O Nordeste tem o Ceará em primeiro lugar com 31,4% da produção regional e, em seguida a Bahia com 27% (IBGE, 2016).

No ano de 2012 foram comercializadas 11,2 mil toneladas de pimentão na CEASA de Maracanaú (CE), sendo esse volume 97% oriundo do próprio estado (MAGALHÃES, 2012).

3.2 Cultivos hidropônicos

A crescente demanda no uso consultivo dos recursos hídricos em todo o mundo, aliado à necessidade de se promover a segurança alimentar da população, traduz um cenário em que torna imperativa a busca por melhorias na eficiência dos sistemas de produção agrícola (STEDUTO et al., 2012).

Nesse contexto de limitação da água disponível para os sistemas de produção agrícola, o uso da hidroponia vem crescendo nos últimos anos, sobretudo em virtude da adoção de tecnologias e o considerável desenvolvimento urbano que provoca o afastamento das áreas de produção agrícola dos centros consumidores (ZANINI et al., 2002).

O termo hidroponia (do grego, hydro e ponos significam água e trabalho) consiste numa técnica ou conjunto de técnicas de cultivo de plantas com solução nutritiva na ausência ou na presença de substratos naturais ou artificiais, ou seja, sem a presença de solo (SOARES, et al., 2010; BELTRANO e GIMENEZ, 2015).

Trata-se de um sistema de produção relativamente antigo, porém no Brasil, apresentou crescimento mais evidente a partir da década de 80 em termos de área ocupada (ZAMBROSI et al., 2014). Pode possibilitar o pleno desenvolvimento dos vegetais com a presença de água, luz, ar, sais minerais e suporte para as raízes. Entretanto, os dois últimos devem ser providos com precisão e com controle na hidroponia (DOUGLAS, 1987).

A racionalização no uso da água e dos nutrientes é tida como a principal vantagem no uso da hidroponia (ZANINI, BÔAS, FEITOSA FILHO, 2002; OLIVEIRA, 2012). Contudo, há outras apontadas por Bortolozzo et al. (2007), ao elencar várias vantagens da hidroponia sobre o sistema de cultivo com solo, tais como:

- A rotação de áreas de produção é desnecessária;
- O novo ciclo de produção é estabelecido com a troca do vaso plástico e do substrato, promovendo reduções na incidência de doenças;
- Proteção das culturas contra os efeitos nocivos do clima;
- Redução no consumo de defensivos agrícolas em virtude da menor incidência de pragas e de doenças, além da possibilidade de uso de produtos alternativos;

- Incrementos à qualidade dos frutos e reduções nas perdas por podridão;
- Facilidade na adoção de princípios de segurança dos alimentos, possibilitando uma maior aceitação pelo consumidor.

Para usufruir de todas essas vantagens do sistema hidropônico, é preciso escolher um local adequado para as estufas e montá-las corretamente, acompanhar a qualidade da água utilizada, adquirir ou produzir mudas de qualidade de um cultivar adaptado à região, monitorar pragas e doenças, além de atender às exigências nutricionais da cultura a partir da elaboração e do manejo das soluções nutritivas (ZAMBROSI et al., 2014).

Por outro lado, alguns autores apontam desvantagens no uso da hidroponia, como alto custo inicial e a necessidade de conhecimentos específicos de fisiologia e de nutrição vegetal (GILSANZ, 2007). Há que se ressaltar ainda que como se trata de um cultivo sem solo, quaisquer alterações afetam direta e rapidamente as plantas, comprometendo a produção (GALDEANO et al., 2003); portanto, é primordial que as necessidades das plantas sejam devidamente planejadas e providenciadas com precisão para que possam atingir os níveis de produtividade esperados (DOUGLAS, 1987).

Com a adoção desse tipo de cultivo, é possível produzir alimentos, notadamente espécies herbáceas, em áreas pouco atrativas para os sistemas de produção convencional como zonas de solos inférteis, com topografia acidentada e até mesmo telhados, utilizando estruturas simples ou complexas (BELTRANO e GIMENEZ, 2015). Portanto, representa uma alternativa de produção de alimentos em condições climáticas diversas e para diferentes espécies (BARBOSA et al. 2002), como hortaliças, fruteiras e cereais (GILSANZ, 2007). Contudo, Silva et al. (2007) salientam que o cultivo comercial para grãos é pouco atrativo, motivo pelo qual há poucas recomendações para esse tipo de cultura. Portanto, a decisão pelo investimento na produção de alimentos hidropônicos deve ser precedida de uma análise de viabilidade criteriosa das vantagens e das desvantagens (GILSANZ, 2007).

Quanto à circulação da solução nutritiva, os sistemas hidropônicos podem ser divididos em aberto e fechado. Nos sistemas abertos, a aplicação da solução ocorre à semelhança da fertirrigação, sendo o seu excesso percolado e perdido. Nos sistemas fechados, o excesso da solução de nutrientes retorna ao sistema de bombeamento sendo reutilizado nas aplicações posteriores (ZANINI, BÔAS, FEITOSA FILHO, 2002).

A evolução das técnicas que perfazem os sistemas hidropônicos é constante e, segundo Beltrano e Gimenez (2015), têm como rumo a elevação da produtividade e da qualidade dos produtos utilizando-se menos espaço e água.

De acordo com as técnicas utilizadas, os sistemas de hidroponia podem ser classificados em diversos tipos, sendo os principais: hidroponia de aeração estática (floating), técnica do filme nutriente (NFT) ou técnica do fluxo laminar de nutrientes, aeroponia, cultivo por submersão e drenagem (flood and drain) e cultivo com substratos (BEZERRA NETO e BARRETO, 2012; CARRIJO e MAKISHIMA, 2000), cada um com sua peculiaridade, mas todos demandam constante atenção no monitoramento das atividades do processo produtivo (ZAMBROSI et al., 2014). A técnica NFT é o tipo mais utilizado no Brasil (ZANINI, BÔAS, FEITOSA FILHO, 2002) e consiste na circulação da solução nutritiva através de canais, irrigando e fertilizando, simultaneamente as plantas (BARBOSA et al., 2002).

O sistema em substrato fornece condições para o pleno desenvolvimento de mais de trinta espécies de legumes e de outras plantas de rápido crescimento e de baixo porte (MARULANDA e IZQUIERDO, 2003). Trata-se da utilização de material orgânico ou inorgânico (CARRIJO e MAKISHIMA, 2000) como simples meio de sustentação das raízes das plantas (BEZERRA NETO e BARRETO, 2012).

Deve ser constituído de material esterilizado, inerte ou pouco ativo quimicamente, não fornecer nutrientes, preferencialmente ser facilmente encontrado nas proximidades da área produtora (CASTAÑEDA, 1997), desprovido de micro-organismos e com elevada resistência ao desgaste (MARULANDA e IZQUIERDO, 2003). Diversos materiais podem ser usados como substrato desde que preservem sua finalidade (ALBERONI, 1998), destacando-se areia lavada, casca de arroz, cascalho, argila expandida, brita, vermiculita, espuma fenólica, lã de rocha, perlita, pó de coco, serragem, bagaço de cana de açúcar, dentre outros (BEZERRA NETO e BARRETO, 2012; BELTRANO e GIMENEZ, 2015).

Em suma, considerando os potenciais dos níveis de produtividade alcançados, além da otimização dos recursos como fertilizantes e, sobretudo, água, a hidroponia apresenta-se como alternativa para o produtor numa economia competitiva e globalizada (GEISENHOFF et al., 2010).

Independente do nível tecnológico empregado, o êxito de um cultivo hidropônico é determinado pelo tempo de dedicação à produção que se traduz na capacidade de se detectar e resolver problemas no cotidiano (SILVA et al., 2007). Soma-se a esses fatores, um planejamento adequado do negócio que assume um papel crucial no sucesso do empreendimento agrícola (MARTINS, 2016) ao mensurar a necessidade de recursos naturais, financeiros, humanos e materiais, dentre outros.

3.3 Relações hídricas em cultivo hidropônico

Soares et al. (2010) reconhecem a proximidade de alguns cultivos hidropônicos com cultivos convencionais irrigados por gotejamento. Entretanto, há que se resgatarmos os princípios que regem a absorção de água e de nutrientes pelas plantas, perpassando pelos elementos que compõem o potencial total de água, que em condições não saturadas, é determinado pela profundidade, pelo conteúdo de água e teor de solutos (LIER, 2010).

O estudo da água deve ser feito por meio da determinação do conteúdo de água no solo e o estado de energia em que ela se encontra (KIEHL, 1979). Há dois tipos principais de energia: cinética e potencial. A primeira está relacionada com o movimento da água no solo ou outro tipo de substrato e é descrita pela equação a seguir:

$$E_c = \frac{m \times V^2}{2} \dots\dots\dots \text{Eq. 01}$$

- m – massa da água
- V – velocidade do movimento da água

Como a velocidade com que a água se movimenta no solo é consideravelmente pequena, esse tipo de energia é comumente desprezado com segurança.

Já a energia potencial “é a que um corpo possui em função de sua posição em um campo de força” (KIEHL, 1979). Reichardt & Timm (2004) recorrem à termodinâmica para explicar o potencial químico total da água e apresentam os componentes térmico, de pressão, gravitacional, osmótico e matricial. Expressando-se matematicamente e considerando o potencial total como Ψ , Equação 2:

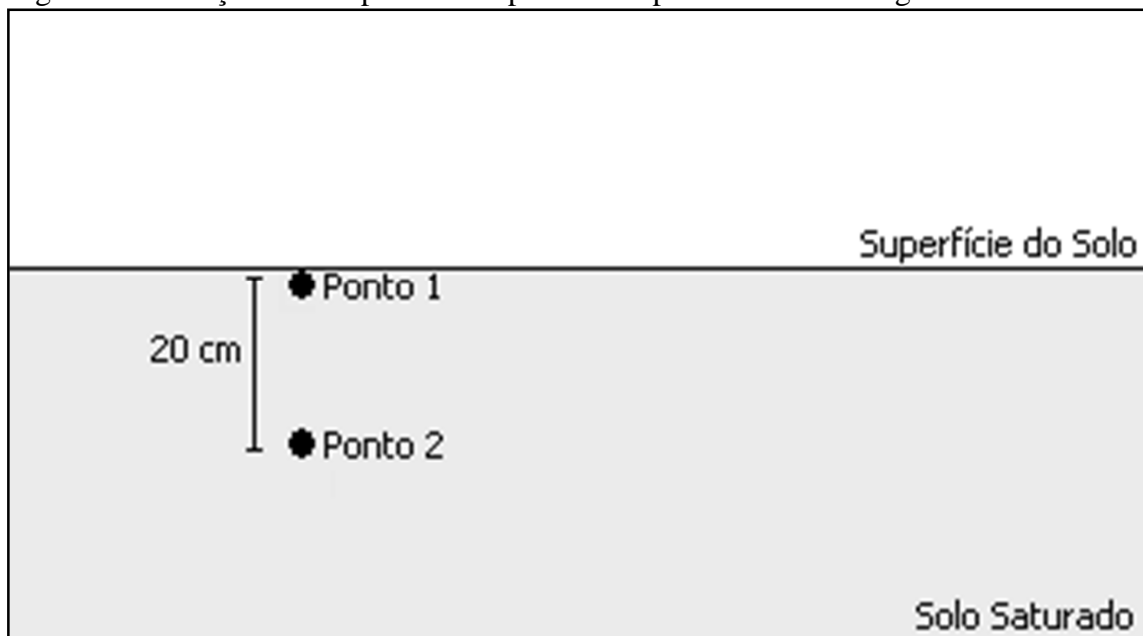
$$\Psi = \Psi_T + \Psi_P + \Psi_G + \Psi_O + \Psi_M \dots\dots\dots \text{Eq. 02}$$

- Ψ – potencial total (kPa)
- Ψ_T – componente térmico do potencial total (kPa)
- Ψ_P – componente de pressão do potencial total (kPa)
- Ψ_G – componente gravitacional do potencial total (kPa)
- Ψ_O – componente osmótico do potencial total (kPa)
- Ψ_M – componente matricial do potencial total (kPa)

Sabendo que a componente térmica é difícil de ser determinada, uma vez que muitas equações não fornecem resultados quantitativos corretos (LIBARDI, 1995), e que a variação de temperatura da água no solo é pequena, sua participação no potencial total é comumente desprezada.

O potencial de pressão assume importância em condições de saturação do solo, consistindo segundo Libardi (1995) em uma carga aplicada na superfície do solo ou diretamente no ponto de medida. Assim, o estado padrão, ou seja, o ponto em que $\Psi_P = 0$, é quando o solo encontra-se saturado (Figura 1).

Figura 1: Ilustração da componente de pressão do potencial total de água no solo



Fonte: Elaborada pelo autor

O ponto 1 representa o estado padrão do potencial de pressão, ou seja, $\Psi_{P1} = 0$ cm H₂O, enquanto que o ponto 2 assume valor $\Psi_{P2} = 20$ cm H₂O (significa que nesse ponto há uma pressão equivalente a 20 cm de coluna de água). Vale ressaltar que se trata de um exemplo hipotético em que o solo encontra-se saturado e não apresenta carga hidráulica acima da sua superfície. Na ocasião em que isso ocorra, o ponto de estado padrão será exatamente na superfície da carga e não na superfície do solo.

O potencial de pressão assume especial importância a nível celular. Também conhecido por potencial de turgor, esse potencial é responsável pelo estado de turgescência celular, condição essencial à plena atividade do metabolismo vegetal garantindo o seu crescimento e seu desenvolvimento (TAIZ e ZEIGER, 2013).

No que tange a componente gravitacional, Libardi (1995) afirma que “qualquer corpo num campo gravitacional possui uma energia potencial gravitacional”. Com o solo não acontece diferente através do potencial gravitacional. Essa componente é determinada mediante a seguinte equação:

$$\Psi_G = g \times (z_1 - z_0) \dots\dots\dots \text{eq. 03}$$

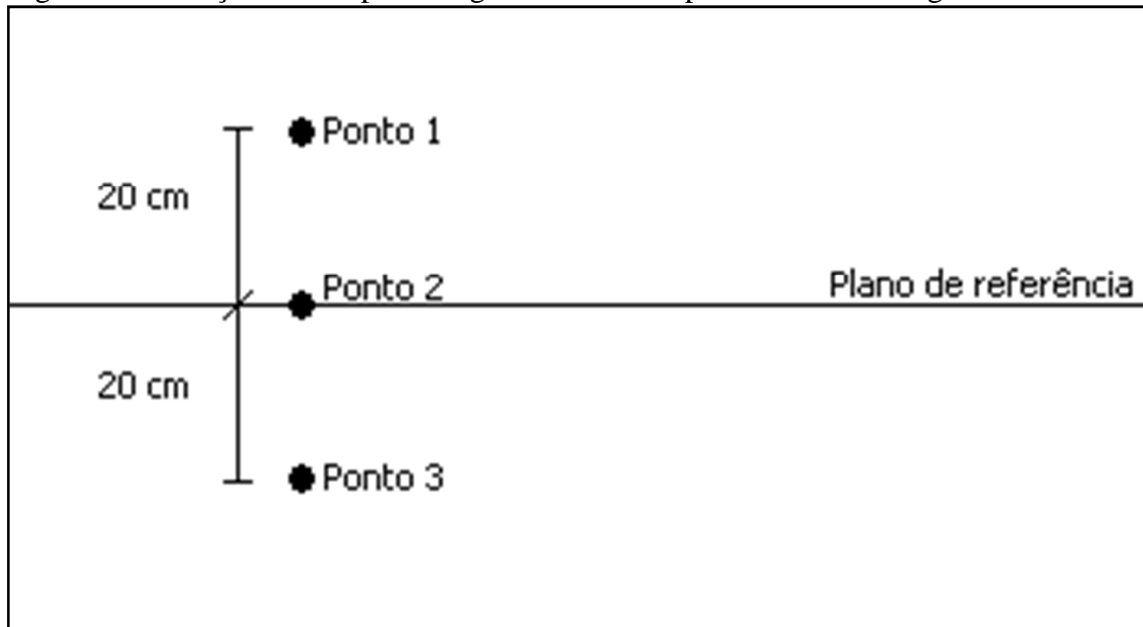
g – aceleração da gravidade

$z_1 - z_0$ – desnível (diferença de cota) entre o plano de referência arbitrário e o ponto considerado

Ainda segundo o autor, há que se dividir ambos os termos da expressão acima pela aceleração da gravidade com o fim de se expressar uma carga hidráulica.

Portanto, em termos práticos, o potencial gravitacional consiste apenas na distância vertical entre um ponto e o plano de referência adotado (Figura 2).

Figura 2: Ilustração da componente gravitacional do potencial total de água no solo



Fonte: Elaborada pelo autor

A figura anterior representa um exemplo hipotético a título ilustrativo acerca do potencial gravitacional. Tomando o ponto 2 pertencente ao plano de referência arbitrariamente adotado, temos: $\Psi_{G2} = 0$; $\Psi_{G1} = 20 \text{ cm}$ e $\Psi_{G3} = -20 \text{ cm}$. Desse modo, todo ponto que estiver acima do plano de referência, assume valor de potencial gravitacional

positivo. O mesmo ocorre, de maneira inversa, com todos os pontos que estiverem situados abaixo do plano de referência. E, por fim, os pontos contidos no plano de referência assumem valores nulos.

Kiehl (1979) e Libardi (2010) salientam que essa componente assume maior importância em solos saturados ou em solos com umidade próxima a essa condição. E ainda que, na medida em que o solo vai perdendo umidade, ela assume menos importância no potencial total, em contraposição às componentes osmótica e matricial.

Por sua vez, o potencial osmótico atua em virtude da ocorrência de sais dissolvidos na água do solo, constituindo uma solução e assumindo, portanto, forças osmóticas (LIBARDI, 1995). Entretanto, essa componente contrai maior significância em solos com alta concentração salina, condição essa que venha a prejudicar a absorção das raízes. Matematicamente pode ser expressa a partir da equação de Van't Hoof (Equação 4):

$$\psi_o = -PO = m \times i \times R \times T \dots\dots\dots \text{Eq. 04}$$

PO	–	pressão osmótica	(atm)
m	–	número de moles	(Moles)
i	–	correção devido à ionização do sal (constante de dissociação do produto multiplicado pelo número de moles de íons fornecidos pelo sal)	
R	–	Constante geral dos gases (0,0823 atm L °K ⁻¹ mol ⁻¹)	(atm L mol ⁻¹ °K ⁻¹)
T	–	Temperatura absoluta da solução (correspondente à temperatura °C + 273)	(K)

A componente matricial é a única que não é calculada, é medida ou estimada. Segundo Libardi (1995), esse potencial representa a interação da matriz (partículas sólidas) com a água (ou solução) do substrato onde as raízes se desenvolvem, interação essa que em outras palavras, diz respeito à retenção de água. De acordo com Reichardt (1990), a água é retida nos poros pelos fenômenos da capilaridade e da adsorção, sendo que o primeiro assume maior importância agrícola. “Estas forças atraem e fixam a água no solo, diminuindo sua energia potencial, em relação à água livre” (KIEHL, 1979). A adsorção representa a água retida com mais energia pelas partículas do solo e normalmente as plantas não conseguem extrair essa água para suprir suas necessidades.

Em contrapartida, com a capilaridade, a água sendo retida com menos energia, encontra-se disponível para as plantas. Portanto, em estado de menor umidade do solo, é necessário despende mais energia para retirar a água presente, pois na medida em que o solo

perde umidade, a adsorção passa a predominar na retenção de água, em detrimento da capilaridade.

O estado padrão do potencial mátrico é o mesmo do potencial de pressão. Porém, ocorre o inverso no que tange aos valores. A componente de pressão assume valor mínimo na condição de saturação ($\Psi_P = 0$), e aumenta proporcionalmente à carga hidráulica. Já a componente matricial, assume valor máximo ($\Psi_M = 0$) com solo saturado, e decai na medida em que o solo seca. Nota-se que o potencial matricial, consiste numa tensão a que a água está submetida ao solo. Em outras palavras, representa a força com que o solo “segura” a água. Assim, quanto mais negativo for o potencial matricial, menos água disponível há para as plantas.

Normalmente, não convém manter o solo saturado por ocasião da irrigação (exceto para certos cultivos como o arroz), nem tampouco com uma carga hidráulica. Com isso, o potencial de pressão não assume papel relevante nessas condições.

Em suma, de modo prático, a disponibilidade de água às plantas na agricultura irrigada resume-se no potencial matricial e no potencial osmótico, em se tratando do uso de águas de qualidade inferior.

Em cultivos hidropônicos, não há presença de matriz (no sistema NFT), portanto o potencial mátrico não interfere na absorção de água e de nutrientes. Por essa razão, Soares et al. (2010) salientam que na hidroponia os prejuízos da salinidade às plantas são menores, pois não há efeito da salinidade sobre a matriz, pois essa inexistente (sistema NFT) ou é relativamente inerte (usando substratos).

Em condições de solo, o efeito da salinidade torna-se mais difícil de controlar, uma vez que, modificações na sua matriz são trabalhosas e demandam um aporte de recursos financeiros. Além disso, os resultados não são imediatos e quaisquer técnicas que visem minimizar os efeitos nocivos da salinidade são mais dispendiosas, dado o volume de solo a ser trabalhado.

Na hidroponia, por sua vez, Soares et al. (2010) ressaltam que em se tratando de um sistema fechado, a salinização que ocorre é mais facilmente administrada dado o espaço limitado de produção, evitando-se a salinização de áreas adjacentes.

Levando em consideração que o potencial osmótico pode ser calculado pelo somatório das pressões osmóticas parciais de cada sal adicionado (RODRIGUES, 2002), o mesmo pode ser mantido num intervalo compatível com a tolerância da cultura, realizando o devido monitoramento e a reposição ou a troca da solução nutritiva.

Mesmo em casos do uso de substratos em sistemas hidropônicos, as condições de interferência são mais plausíveis. Há que se lembrar que um substrato deve ser inerte para ser usado nesse tipo de cultivo. Seja em sistema que promovem ou não a circulação da solução nutritiva, a capacidade de drenagem dos vasos é consideravelmente superior às condições de solo. Dessa forma, a aplicação de lâminas de lixiviação de sais é facilitada. Por fim, no caso do potencial osmótico, segue-se a recomendação supracitada de Rodrigues (2002) promovendo o ajustamento da solução.

3.4 Processo de salinização no Semiárido

A salinidade no semiárido tem sido um dos temas mais estudados nos últimos anos. Ribeiro (2010) afirma que a demanda por alimentos juntamente com o aumento da população têm ocasionado o crescimento de áreas com solos degradados por salinidade e até por sodicidade, notadamente no Nordeste brasileiro.

Há de se ressaltar que o processo de salinização pode ocorrer de modo natural e/ou provocado pela ação antrópica. Ferreira et al. (2010) afirmam que no passado remoto, as inundações, a drenagem natural deficiente e a evaporação de águas salinas subterrâneas eram responsáveis pelo acúmulo de sais no solo. Miranda (2013) corrobora ao afirmar que inúmeros fatores podem contribuir para a formação de solos afetados por sais, desde que todos esses estejam ligados ao balanço hídrico negativo (precipitação menos evaporação) e a um sistema de drenagem deficiente.

Andrade et al. (2011) asseguram que os baixos índices pluviométricos no semiárido aliado ao elevado saldo de energia solar, que se converte em altos índices de evaporação, são os grandes responsáveis pelo processo de salinização. Ressalta-se que o clima da região em estudo caracteriza-se pela alta concentração das chuvas em praticamente quatro meses no ano (fevereiro-maio), sendo agravada pela grande variabilidade interanual (CIRILO et al., 2010).

Ribeiro (2010) levanta alguns fatores que levam à salinização e revelam que a principal causa de salinização natural no semiárido nordestino vem ocorrendo, em geral, nas áreas baixas, provocada pelo acúmulo de sais provenientes de áreas circunvizinhas, por escoamento superficial e por drenagem lateral, nos horizontes superiores dos solos de áreas rebaixadas, devido à presença de estratos impermeáveis em pequena profundidade (Figura 3).

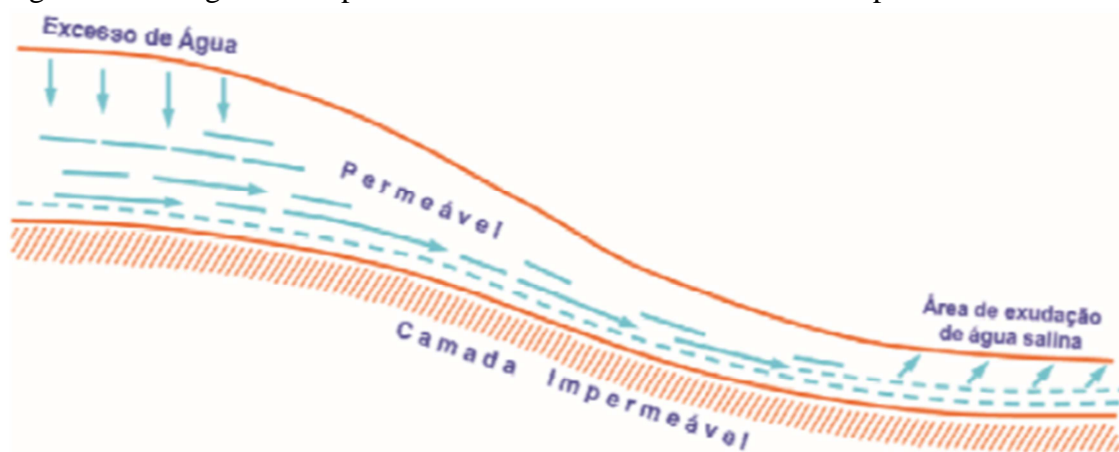
Figura 3: Diagrama do processo de salinização no semiárido



Fonte: Fanning & Fanning (1989) adaptado por Ribeiro (2010)

Ainda segundo o autor, a ascensão dos sais presentes no próprio terreno por capilaridade também têm contribuído com o processo. Outro aspecto que deve ser levado em consideração é a drenagem subsuperficial lateral de áreas mais altas (Figura 4). O autor assegura que esse fator tem sido responsável pela salinização do terço inferior de encostas nas regiões semiáridas.

Figura 4: Drenagem subsuperficial lateral em solo com substrato impermeável



Fonte: Sommerfeldt e Rapp (1977) adaptado por Ribeiro (2010)

Evidenciam-se, portanto, dois fatores climáticos preponderantes no processo de salinização: baixas precipitações anuais e alto saldo de radiação que se reflete em altas taxas de evaporação. Dessa forma, como chove bem menos do que evapora, a tendência natural é o acúmulo de sais nas camadas mais superiores.

Diante desses fatos, a prática da irrigação, em muitas situações, é a única maneira de se garantir a produção agrícola com segurança, porém sem um manejo adequado da técnica, a salinização do solo é inevitável (HOLANDA et al., 2010).

Por outro lado, a ação antrópica tem acarretado e até mesmo acelerado a salinização no semiárido. De acordo com Ferreira et al. (2010), atualmente, grandes áreas vêm sendo afetadas por sais como resultado de ações antrópicas, tais como irrigação sem previsão de drenagem, lâmina insuficiente de água de irrigação, uso de água salina ou mesmo a combinação destes fatores.

Segundo a FAO (2006), citada por Beltrán (2010), aproximadamente 40% da área irrigada no mundo está localizada em regiões áridas e semiáridas. Além disso, de acordo com Andrade et al. (2012), a irrigação, quando mal conduzida, pode causar degradação dos solos e da água subterrânea, por potencializar o risco de salinização.

De fato, diversos estudos têm comprovado o aumento da concentração de sais com o uso da irrigação, sobretudo nos projetos públicos de irrigação, como Meireles et al. (2003) no Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi (Limoeiro do Norte, CE), Chaves et al. (2006) no Projeto Araras Norte (Varjota, CE), Lopes et al. (2008) no Baixo Acaraú (Acaraú, CE) e Silva Neto et al. (2012) em São Gonçalo (PB), onde constatou que 60% dos agricultores possuem problemas de salinização.

Ressalta-se que a situação se agrava quando se utiliza águas com qualidade inferior, notadamente com concentrações elevadas de elementos que comprometem o rendimento das culturas e, principalmente, a sustentabilidade da propriedade.

Entretanto, além da ineficiência no manejo da irrigação, outras técnicas colaboram com a salinização como a adubação excessiva (FREIRE e RODRIGUES, 2009). Ainda segundo os autores, o resultado final tem sido o abandono de terras por parte dos produtores.

Soares et al. (2010) complementam afirmando que a drenagem deficiente do solo constitui um dos principais motivos da salinização. Salientam ainda que essa é uma condição natural em muitas áreas do Nordeste, além de ser ponto negligenciado em projetos, sobretudo pelo alto custo de implantação.

Santiago et al. (2000) salientam que muitas vezes os autores reclamam exclusividade ou, pelo menos, dominância dos processos de salinização. Na verdade, todos os mecanismos interagem, variando em importância de área para área, de aquífero para aquífero e, as vezes, até de ano em ano, dependendo da variação interanual da pluviosidade.

Além do aspecto qualitativo da água no semiárido, Cirilo et al. (2010) afirmam que se trata de uma região pobre em volume de escoamento de água dos rios. Situação essa

que pode ser explicada em função da variabilidade temporal das precipitações e das características geológicas dominantes, predominando solos rasos sobre rochas cristalinas e, conseqüentemente, baixas trocas de água entre o rio e o solo adjacente. No que diz respeito as águas subterrâneas, os autores afirmam que no Nordeste estima-se que cerca de 100.000 poços tenham sido perfurados, sendo grande parte localizada em formação cristalina. Em virtude disso, são fontes de baixa vazão e na maioria, com teor de sais acima do recomendado para o consumo humano.

Nesse cenário, uma alternativa bastante usada é o uso de dessalinizadores no intuito de prover condições de consumo de água pela população local. Entretanto, essa técnica traz consigo um problema que pode provocar sérios prejuízos ao ambiente no qual se encontra instalado. Trata-se do rejeito que consiste numa água com teor de sais bem superior à original da fonte hídrica.

Porto et al. (2001), citados por Soares et al. (2005), asseguram que no Brasil, em quase todos os casos, o rejeito não recebe qualquer tratamento, acarretando alto acúmulo de sais nas camadas superficiais do terreno. Face ao exposto, evidencia-se uma situação confrontante diante da necessidade de produzir alimentos, com a responsabilidade de se conviver com água em quantidade restrita e, na maioria das vezes, qualidade inferior. O quadro se agrava quando há presença de rejeitos de dessalinizadores diante da necessidade do consumo humano.

3.5 A problemática do uso de águas salinas na agricultura

No Estado do Ceará, é comum a existência de fontes de água subterrânea com condutividade elétrica superior a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, as quais são utilizadas na irrigação, principalmente nos períodos de escassez de água de boa qualidade (ANDRADE JUNIOR et al., 2006). Uma das alternativas para a redução dessa escassez de água na estação seca seria a utilização de águas residuárias de dessalinizadores utilizados em comunidades rurais para a produção de água potável para o consumo humano.

A tecnologia da dessalinização por osmose reversa tem sido amplamente utilizada para o tratamento dessas águas salobras (PORTO et al. 2004). Porém, Soares et al. (2006), a dessalinização gera, além da água potável, um rejeito altamente salino e de poder poluente elevado. Considerando a alta frequência de águas salobras nos recursos subterrâneos de regiões semiáridas, como a brasileira, seu uso poderia causar grande impacto ambiental

(salinização), caso o sistema de cultivo fosse o convencional baseado no solo (SOARES et al., 2007).

Portanto, o uso de água salina ou água residuária de dessalinizadores em sistema hidropônico na agricultura deve ser considerado como uma alternativa importante na utilização dos recursos naturais escassos. Segundo Soares et al. (2007), o uso de água residuária de dessalinizadores, em sistema hidropônico é tido como uma alternativa viável e eficaz para a agricultura da região semiárida do Nordeste.

Dentre essas estratégias destaca-se o uso de água residuária de dessalinizadores na solução nutritiva em cultivos hidropônicos de hortaliças, onde é necessário escolher culturas tolerantes a sais que ao mesmo tempo, apresentem viabilidade comercial (SOARES et al., 2010). Nesse sentido, várias pesquisas têm comprovado a possibilidade de uso de águas salinas na produção em escala comercial mediante aprimoramento dos sistemas de produção (COSME et al., 2011; SAVVAS et al., 2007; AL-KARAKI et al., 2009).

Savvas et al. (2007), avaliando a interação entre salinidade e frequência de irrigação na cultura da pimenta em sistema hidropônico, verificaram que o aumento da frequência de irrigação mantém níveis relativamente baixos de sais no sistema radicular.

Uma opção para se utilizar o rejeito da dessalinização é o seu emprego na solução nutritiva em cultivos hidropônicos de hortaliças, já que a tolerância das plantas à salinidade em sistemas hidropônicos é maior em relação ao sistema convencional, pois a inexistência do potencial mátrico sobre o potencial total da água irá reduzir a dificuldade de absorção de água pelas plantas (SOARES et al. 2010).

Pesquisas recentes revelam o potencial do aproveitamento de águas residuária de dessalinizadores no preparo de solução nutritiva para cultivos hidropônicos (DIAS et al., 2011; COSME et al., 2011; SANTOS et al., 2011) e têm sido desenvolvidas no sentido de avaliar a rentabilidade das culturas em tal sistema, dentro da perspectiva técnica, ambiental, social e de custos de produção.

As culturas, em geral, não respondem do mesmo modo à salinidade, algumas podem atingir produtividades aceitáveis em níveis de salinidade relativamente elevados, enquanto outras sofrem sérios prejuízos no stand (AYERS e WESTCOT, 1999). Em se tratando da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.), a mesma é tida pela literatura como moderadamente sensível, tolerando uma salinidade da água de até $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ (MAAS, 1986 citado por RHOADES et al.; 1992).

Santana e Carvalho (2009) estudaram o pimentão irrigando com água de condutividade elétrica de 0,1; 1,5; 3,5 e $5,5 \text{ dS m}^{-1}$. Os resultados indicaram um efeito

depreciativo na produção a partir de uma correlação inversa linear entre os níveis de salinidade e a produção comercial. Resultados semelhantes foram encontrados por Leonardo et al. (2007) que testaram o híbrido Elisa, em função do aumento da concentração salina no solo (de 1,5 a 6,0 dS m⁻¹). Os autores constataram que para cada incremento de 1 dS m⁻¹ na salinidade do solo ocorre em média um decréscimo de 15% no peso médio do fruto.

Cultivando pimentão em substrato de fibra de coco, Nunes et al. (2013) irrigaram a cultura com 5 (cinco) níveis de salinidade da solução nutritiva (1,2; 3,49; 5,69; 7,07 e 9,23 dS m⁻¹), aplicados em três estádios de desenvolvimento da cultura (24, 85 e 120 dias após o transplantio). Os resultados apontaram uma sensibilidade à salinidade ainda maior do que a literatura aponta. Acima de 1,2 dS m⁻¹ o crescimento e a produção de frutos decresceram sensivelmente. A cultura sofreu menos quando exposta à salinidade somente aos 85 e 120 DAT.

Lima et al. (2014) realizaram um trabalho com o objetivo avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação em plantas de pimentão com sistema radicular dividido. Os autores misturaram águas com baixa CE (0,5 dS m⁻¹) e alta (3,5 dS m⁻¹) durante todo o ciclo, ou alternando entre as águas a cada 15 dias, e obtiveram índices de produção estatisticamente iguais ao uso da água boa durante todo o ciclo. De acordo com esses resultados, o pimentão manteve os índices de produção com CE de 2 dS m⁻¹, 33% superior ao indicado pela literatura.

Estudando o tomateiro (*Lycopersicon esculentum* L.), Cosme et al. (2011) adicionaram água de rejeito da dessalinização na composição da solução nutritiva chegando a CE de 2,1; 7,1; 8,7 e 10,1 dS m⁻¹. Os níveis de salinidade aplicados provocaram, de forma significativa, redução nas matérias fresca e seca da parte aérea e, principalmente da produção dos frutos. As plantas sofreram uma redução na produtividade de 40%, 54% e 60%, quando submetidas a salinidade de 7,1; 8,7 e 10,1 dS m⁻¹, respectivamente, em comparação com as cultivadas com água de menor salinidade. Por fim, constataram que para cada incremento de 1 dS m⁻¹ na salinidade, ocorre em média um decréscimo de 7,5% na produtividade.

Estudando a mesma cultura, Medeiros et al. (2012) modificaram a salinidade por meio da concentração de fertilizantes, sendo o intervalo de 1,0 a 6,0 dS m⁻¹. Os resultados mostraram um decréscimo relativo da produtividade da ordem de 16% para cada aumento de 1 dS m⁻¹. Além disso, constataram uma salinidade limiar de 1,3 dS m⁻¹, quase metade do valor estabelecido pela literatura, que é de 2,5 dS m⁻¹ (MAAS, 1986 citado por RHOADES et al.; 1992).

Por sua vez, Gomes et al. (2011) encontraram resultados diferentes com a cultivar Tomate Cereja (*Lycopersicon esculentum* L., cv. Samambaia) em substrato de coco. Os autores variaram em quatro níveis a salinidade da solução nutritiva com adição de rejeito salino (2,1; 3,55; 4,88, 6,02 e 6,96 dS m⁻¹). Além de diminuir o consumo hídrico, a salinidade limiar da cultura foi de 3,51 dS m⁻¹, sendo 40% superior ao preconizado na literatura.

Provocando uma salinização por excesso de fertilizantes, Silva (2002) cultivou pimentão sob gotejamento e constataram uma tolerância cerca de 140% superior à preconizada na literatura, com valor de salinidade limiar de 3,58 dS m⁻¹. O autor indica que essa considerável diferença pode ser proveniente das condições locais e ambientais de onde foi desenvolvido o experimento e principalmente ao sistema de manejo de irrigação utilizado, mantendo uma tensão crítica em 30 kPa através da tensiometria.

De fato, tanto o método de irrigação, quanto a frequência interferem na adequação da água e tolerância das plantas à salinidade (HOLANDA et al., 2010). Rhoades et al. (1992) asseguram que as condições climáticas e nutricionais às quais as culturas são testadas, são determinantes. Além disso, a irrigação por gotejamento associada a uma alta frequência de irrigação, mantendo a umidade sempre próxima à capacidade de campo, reduz os efeitos da salinidade sob a cultura, visto que os sais tendem a ser deslocados para a periferia do bulbo úmido.

O cultivo hidropônico é uma técnica que possui semelhanças com o cultivo em solo, sobretudo quando se cultiva em vasos com solos ou outro substrato. Porém, as diferenças apontam que a hidroponia detém características intrínsecas que lhe confere maior capacidade de convivência com a salinidade. No sistema tipo NFT, por exemplo, a solução nutritiva percorre tubulações e calhas, retornando ao bombeamento que promove a recirculação da solução. Nesse caso, não há presença da matriz, inexistindo, portanto, o potencial matricial (SOARES et al., (2010).

Esse aspecto amplia a possibilidade de uso de águas de qualidade inferior, uma vez que apenas o potencial osmótico rege o processo de absorção de água e nutrientes. Nesse sentido, levando-se em consideração que o potencial osmótico pode ser calculado pelo somatório das pressões osmóticas parciais de cada sal adicionado (RODRIGUES, 2002), o mesmo pode ser mantido num intervalo compatível com a tolerância da cultura, realizando o devido monitoramento e a reposição ou troca da solução nutritiva.

Outro aspecto a ser observado é quanto a lixiviação dos sais, que necessita de um sistema de drenagem eficiente de modo que o excesso de sais seja carregado para locais apropriados. Contudo, um sistema de drenagem reflete num alto custo de implantação,

inviabilizando economicamente a exploração de algumas culturas. Em se tratando do cultivo em vasos, a drenabilidade do substrato é bem superior às condições de solo, favorecendo a prática do uso da fração de lixiviação.

Dadas as características químicas, físicas e biológicas da matéria orgânica, vários pesquisadores têm dedicado atenção ao uso de insumos orgânicos como forma de minimizar os efeitos da salinização, dentre eles o biofertilizante. Campos e Cavalcante (2009) testaram a presença e a ausência do biofertilizante bovino no comportamento vegetativo do pimentão, submetido a águas com CE de 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m⁻¹. Aos 60 dias após a semeadura, a salinidade da água de irrigação influenciou negativamente a altura das plantas, o número de folhas e a área foliar do pimentão, contudo, em menor intensidade às plantas submetidas ao insumo orgânico. Nascimento et al. (2011) conseguiram produzir mudas de pimentão de qualidade com águas de condutividade elétrica de até 3 dS m⁻¹, usando o biofertilizante bovino.

Medeiros et al. (2012) realizaram um trabalho com o objetivo de avaliar o uso de biofertilizantes como indicador de tolerância à salinidade pelo tomateiro cereja. Foram utilizadas as salinidades 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m⁻¹, em solo sem biofertilizante e com dois tipos de biofertilizantes: enriquecido e comum. Os resultados demonstraram que a interação dos fatores elevou mais a salinidade do solo do que as águas isoladamente. Não obstante a esse fato, os biofertilizantes proporcionaram maior velocidade de emergência e maior crescimento nas plantas em relação aos tratamentos sem os respectivos insumos. A planta atingiu sua máxima altura com salinidade entre 3 e 4 dS m⁻¹, no tratamento com biofertilizante enriquecido, que também proporcionou uma área foliar 6,21 vezes maior do que os tratamentos sem o insumo.

A partir desse cenário é que nosso trabalho foi proposto. Sendo o consumo humano prioritário, não há que se prescindir do uso de dessalinizadores. Assim, propomos um destino adequado ao seu rejeito, focando na produção de alimentos saudáveis e, contribuindo com a renda familiar.

3.6 O biofertilizante como insumo na agricultura

Os biofertilizantes são componentes líquidos, bioativos oriundos da fermentação de compostos orgânicos e água, sob condições aeróbicas ou anaeróbicas, contendo células vivas ou latentes de microrganismos (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos). Caracterizam-se, também, por seus metabolitos e quelatos organo-minerais, antibióticos,

aminoácidos, vitaminas, enzimas e hormônios, gerando a produção de gás metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂) durante o processo fermentativo (ALVES et al., 2001; SANTOS, 2001; PENTEADO, 2007.)

Pode ser definido ainda como uma substância que contém microorganismos vivos que colonizam a rizosfera ou o interior da planta e promovem o seu crescimento através do aumento da disponibilidade de fornecimento ou de nutrientes primários e/ou de estímulo de crescimento para a cultura (FNCA, 2006). Segundo a mesma publicação, a existência de um microrganismo aumenta o crescimento das plantas, aumentando a disponibilidade de nutrientes, substituindo os nutrientes do solo ou até mesmo aumentando o acesso aos nutrientes pelas plantas.

A utilização desses adubos orgânicos torna-se uma alternativa viável e econômica na produção orgânica para os pequenos e médios produtores de hortaliças, uma vez que melhora a fertilidade e a conservação do solo (ARAÚJO et al., 2007) e a qualidade dos produtos (RODRIGUÊS et al. 2008), além de reduzir os níveis de contaminação do solo, da água, da planta, do próprio homem e dos componentes vivos dos agroecossistemas (ALVES et al., 2001).

O uso de biofertilizantes líquidos na forma de fermentados microbianos, simples ou enriquecidos, tem sido um dos processos empregados no controle das pragas e de doenças e na composição mineral das plantas, estratégia baseada nos equilíbrios nutricional e biodinâmico do vegetal. A maior importância do biofertilizante como fertilizante, não está nos quantitativos dos seus nutrientes, mas na diversidade da composição mineral, que pode formar compostos quelatizados e serem disponibilizados pela atividade biológica e como ativador enzimático do metabolismo vegetal (PRATES e MEDEIROS, 2001; ALVES et al. 2009).

O emprego de biofertilizantes na forma líquida proporciona maior deslocamento dos nutrientes necessários para as plantas (SOUZA; RESENDE, 2003), por possuir na sua composição nutrientes mais facilmente disponíveis, quando comparados a outros adubos orgânicos e pode promover melhoria das propriedades químicas, isso porque o fornecimento de biofertilizante no solo eleva os teores de K, Ca e Mg (ALVES et al., 2009).

Diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas utilizando o biofertilizante como fonte de nutrientes, seja de forma total ou complementar. De acordo com Dias et al. (2003) citados por Marrocos (2011), vem se observando o aumento do uso de biofertilizante em substituição dos produtos agroquímicos. Importante ressaltar que segundo Silva et al. (2007), com a aplicação do biofertilizante a absorção de nutrientes pelas plantas ocorre de maneira

rápida, podendo ser bastante útil no cultivo de plantas anuais ou mesmo no tratamento rápido de deficiências nutricionais das plantas.

A ação do biofertilizante na produção agrícola tem como base sua composição. Marrocos (2011) afirma que seu uso acarreta melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo que favorece um desenvolvimento adequado à obtenção de produtividade economicamente viável. O potencial biológico do biofertilizante é expressa pela grande quantidade de microorganismos ali existentes, responsáveis pela liberação de metabólitos e antimetabólitos, entre eles vários antibióticos e hormônios vegetais (MEDEIROS et al., 2003). Além disso, os biofertilizantes são ricos em substâncias húmicas que participam em diversos processos agrônômicos, ambientais, geoquímicos, servindo de reservatório para micronutrientes no solo, que serão disponibilizados com o tempo para as plantas (LUDKE, 2009).

É sabido que a composição nutricional do biofertilizante é extremamente variável de acordo com a formulação e o método utilizado e, que não há grandes concentrações de nutrientes. Entretanto, segundo Primavesi (1989), o equilíbrio entre os elementos nutritivos proporciona maiores produtividades, em comparação com maiores quantidades de macronutrientes isoladamente.

Em condições de irrigação com água salina, a adubação mineral acentua ainda mais o potencial osmótico da solução, prejudicando diretamente a absorção de água e de nutrientes pelas plantas. Nessas condições, as ações supracitadas decorrentes do uso do biofertilizante, tendem a favorecer a produção agrícola, podendo ser responsáveis pelo suprimento nutricional, em detrimento do uso de fertilizantes minerais. Nascimento et al. (2011) realizaram um experimento de produção de mudas de pimentão e, na ocasião, verificaram que a condutividade elétrica do substrato elevou-se com o aumento da salinidade, entretanto em menor proporção com o uso do biofertilizante. Ao final, mudas adequadas para o uso em campo foram produzidas com CE de até 3 dS m⁻¹.

Araújo et al. (2007) constataram que o biofertilizante bovino, aplicado de forma isolada ou associado com material orgânico, pode ser utilizado como alternativa para fertilização não-convencional no pimentão. Além disso, concluíram que a aplicação via foliar atendeu às exigências nutricionais do pimentão. Trabalhando com a mesma cultura, Melo et al. (2014) constataram uma influência positiva do uso do biofertilizante na área foliar, ao utilizar esterco como adubação de fundação e biofertilizante via foliar semanalmente. Guimarães (2014) cultivou pimentão em estufa, em campo aberto e em latada. O autor constatou que independente do ambiente, houve aumento de produção com o aumento da

aplicação do biofertilizante e, atribuiu o fato ao aumento da disponibilização de nutrientes para a produção de frutos.

Resultados positivos foram encontrados por Almeida Neto et al. (2009) que estudaram os efeitos de 3 concentrações de biofertilizante e de 3 intervalos de aplicação no crescimento e produção do pimentão. Os autores concluíram que a aplicação a cada 20 dias de uma concentração de biofertilizante de 30 ml L⁻¹ proporcionou os melhores resultados na produção do pimentão.

Araújo et al. (2007) aplicaram 6 doses de esterco bovino no pimentão, combinando com a ausência do biofertilizante, bem como sua aplicação via solo e foliar, além de um tratamento com adubação mineral. Ao final, verificaram que a aplicação via foliar atendeu às exigências nutricionais da cultura, resultando em incrementos na produtividade de frutos comerciais no pimentão.

Outra pesquisa realizada na Paraíba verificou que o uso do biofertilizante via solo ou foliar, constitui uma recomendação técnica de fertilização orgânica para a pimenta Dedo de Moça (OLIVEIRA, 2012). Diante do exposto, Leith et al. (2009) afirmam que atualmente o uso de biofertilizantes na agricultura é bastante difuso e que bons resultados foram obtidos em termos de indução de resistência aos estresses bióticos e abióticos em plantas.

3.7 Biofertilizante e salinidade

Estudos envolvendo estresse salino versus condicionantes orgânicos como o biofertilizante bovino ou esterco líquido de bovino vêm crescendo no meio científico. A salinidade é um dos estresses abióticos que mais afeta o crescimento e a produtividade das plantas (SILVA et al., 2008; LACERDA et al., 2011), evidenciando um menor potencial osmótico da solução do solo, causando estresse hídrico e provocando efeitos tóxicos nas plantas que resultam em injúrias no metabolismo e em desordens nutricionais (GARCIA et al., 2007; SOUSA et al., 2010).

A procura por concentrações ideais de biofertilizante e de doses de composto orgânico que atenuem os efeitos causados por estresse salino vem sendo estudado com o intuito de aumentar a tolerância das culturas a esses ambientes como reportam Cavalcante et al. (2010), em maracujazeiro; Nascimento et al. (2011), em pimentão, e Sousa et al. (2012), em milho.

Medeiros et al. (2011), trabalhando com dois tipos de biofertilizantes e com cinco níveis de salinidade, na cultura do tomate cereja, avaliando seu crescimento inicial, concluíram que os biofertilizantes proporcionaram maior crescimento das plantas em relação ao solo sem os respectivos insumos, independentemente do nível de salinidade das águas.

Campos et al. (2009), estudando o efeito da água salina e do esterco bovino líquido na cultura da mamoneira, verificaram que o aumento do teor salino das águas prejudicou seu crescimento inicial, mas com menos intensidade no solo onde foi aplicado o esterco líquido bovino. Nascimento et al. (2011) e Silva et al. (2011) também constataram efeitos benéficos do biofertilizante bovino em ambiente salino sobre o crescimento inicial de plantas de pimentão e de feijão de corda, respectivamente.

O biofertilizante é um produto líquido obtido basicamente da mistura de esterco e de água não clorada. Segundo Santos e Akiba (1996), o produto final, que é obtido a partir da fermentação anaeróbica ou metanogênica, promove um equilíbrio nutricional, maior resistência e tolerância às fitomoléstias e estimula o crescimento.

Trata-se de um produto com potencial de regulação das propriedades do solo, agindo como fonte de energia para microbiota, melhora o arejamento, a umidade e aumenta a CTC. Por fim, são responsáveis por promover substâncias hormonais que estimulam o crescimento do sistema radicular (MALAVOLTA et al., 2002). Além disso, liberam substâncias húmicas que facilitam a absorção de nutrientes pelas plantas, além de estimular a proliferação e inserir microorganismos fixadores no solo (MAHMOUD e MOHAMED, 2008).

Os benefícios do biofertilizante na agricultura estão intimamente ligados à presença de diversos elementos que, em conjunto, acarretam reações químicas e microbiológicas, originando mudanças físicas no meio. Além de conter nutrientes, o referido produto fornece um aporte de matéria orgânica e microorganismos. Lacerda et al. (2010) se aprofundam afirmando que a importância desse produto, está nos quantitativos dos elementos, na diversidade dos nutrientes minerais quelatizados e disponibilizados pela atividade biológica e como ativador enzimático do metabolismo vegetal.

Prates e Medeiros (2001) citados por Freire (2011) asseguram que a maior importância do biofertilizante não está nos quantitativos dos seus nutrientes, mas na diversidade da composição mineral, que pode formar compostos quelatizados e serem disponibilizados às plantas pela atividade biológica e atuarem como ativador enzimático do metabolismo vegetativo.

Sousa et al. (2008) atribuíram o efeito atenuante do biofertilizante na produção de maracujá à ação positiva na nutrição, na fitossanidade, à presença de compostos bioativos (como bactérias, leveduras, algas e fungos), além de estimular a liberação de substâncias húmicas no solo.

Constatando que o incremento de resíduos orgânicos no solo provoca um aumento da biomassa microbiana, Araújo e Melo (2010) asseguram ainda que a construção de uma grande e ativa biomassa microbiana constitui-se num importante reservatório de nutrientes disponíveis. Desse modo, salienta-se que as diversas práticas agrícolas empregadas no sistema de produção podem influenciar positiva ou negativamente essa “reserva nutricional”.

Desse modo, o uso de biofertilizante no meio, promove a mineralização da matéria orgânica presente no meio, disponibilizando às plantas nutrientes inorgânicos. Além disso, a presença de microorganismos promove ainda o crescimento do sistema radicular e aumento de pêlos absorventes e, por consequência, o aumento da área de absorção (SINGH, 2013).

Sendo fonte de substâncias húmicas, Mahmoud e Mohamed (2008) afirmam que o biofertilizante pode induzir a uma melhor regulação no ajustamento osmótico através da acumulação de solutos orgânicos nas células das plantas como os carboidratos solúveis, sacarose, aminoácidos livres e proteínas solúveis. Nardi et al. (2002) complementam dizendo que essas substâncias húmicas exercem inúmeros efeitos nas funções das plantas e que alguns destes resultam, direta ou indiretamente, em uma regulação da absorção de íons.

Estudos comprovam que o acúmulo de solutos orgânicos mantém o potencial osmótico no tecido celular menor que o da solução externa, provocando uma situação de absorção de água e de nutrientes mesmo em meio salino (GREENWAY e MUNNS, 1980). Campos e Cavalcante (2009) constataram um maior crescimento das plantas de pimentão na presença do biofertilizante bovino, mesmo em condições salinas. Atribuíram o fato ao ajustamento osmótico das plantas ao estresse salino na fase de crescimento inicial, dada a aplicação do biofertilizante.

Baalousha et al. (2006) citados por Cavalcante et al (2009) imputam esse efeito à presença dos ácidos orgânicos que no interior dos tecidos vegetais reduz o potencial osmótico em relação à solução do solo possibilitando a absorção de água e nutrientes sob condições de estresse salino. Salienta-se que vários tipos de interações biológicas entre microorganismos e plantas ocorrem simultaneamente no solo ou em outro tipo de substrato. Nesse sentido, os efeitos benéficos, podem ser ampliados com a adição de seres vivos ao meio, como

rizobactérias, que colonizam o solo das raízes das plantas e promovem o crescimento vegetal (DAS et al.; 2013).

Mohammadi e Sohrabi (2012) corroboram com os autores assegurando que as células vivas de diferentes tipos de microorganismos quando aplicados às sementes, plantas ou a superfície do solo, colonizam a rizosfera ou o interior da planta e promovem o crescimento através da conversão de elementos nutricionais importantes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O conteúdo que será exposto a seguir consiste em descrever a metodologia utilizada no experimento em ambiente protegido, tipo estufa, sendo comum aos 3 (três) capítulos deste trabalho. Dessa forma, os procedimentos metodológicos específicos de cada capítulo serão descritos posteriormente.

4.1 Localização da área experimental

O trabalho foi realizado na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE), Chapada do Apodi, numa área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, localizada no município de Limoeiro do Norte, CE.

O local tem altitude de 151 metros e está situado à latitude 05°06'S e longitude 37°52'W. Apresenta, como valores médios anuais, temperatura de 28,5 ° C e umidade relativa do ar de 62% . As precipitações anuais são da ordem de 772 mm, concentrando-se entre março e maio, sendo que de julho a dezembro ocorre o período mais seco. De acordo com a classificação de Köppen, o clima local é do tipo BSw'h', tido como semiárido, com máximo de chuvas no outono e muito quente (DNOCS, 2011).

4.2 Rejeitos de dessalinizadores no Baixo-Jaguaribe

Inicialmente foram localizados dessalinizadores em uso no Baixo-Jaguaribe, nos municípios de Tabuleiro do Norte, Limoeiro do Norte e Russas; principalmente aqueles com baixa qualidade de água. Posteriormente, foram realizadas coletas de água e do rejeito para análises das propriedades químicas destes materiais.

Os tratamentos com salinidade foram definidos após os resultados das análises físico-químicas das águas residuárias coletadas nesta fase, a partir do rejeito com a mais alta condutividade elétrica (Tabela 1). O pior rejeito, com CE de 9,97 dS m⁻¹, foi o do Sítio Catumbela, no município de Russas, na Travessa Antônio Gonçalves, 442-518 no Planalto da Catumbela, com posição geográfica de 4°56'18.47" S, 37°59'19.50" W.

Tabela 1: Resultado da análise química das águas dos rejeitos de dessalinizadores, Limoeiro do Norte, CE, 2014.

LOCAL	Cátions (mmol _c L ⁻¹)				Ânions (mmol _c L ⁻¹)				(dS m ⁻¹)	RAS	pH
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CE		
A	23,60	9,73	6,86	1,71	24,31	1,02	4,90	N.D.	9,97	1,68	7,5
B	4,94	5,87	11,89	1,18	18,65	0,08	1,39	N.D.	3,13	5,11	7,0

Fonte: Elaborada pelo Autor

A – Catumbela (Russas-CE) / B – Bela Vista (Limoeiro do Norte-CE)

Uma vez determinada a CE do pior rejeito (9,97 dS m⁻¹), a partir da CE da água do canal de irrigação da área experimental (0,5 dS m⁻¹) e da composição percentual da água do canal e do rejeito na solução de irrigação, quantificaram-se os valores de CE dos tratamentos seguindo a equação 5.

$$CE_{FINAL} = \frac{(CE_{REJ} \times \%_{REJ}) + (CE_{CANAL} \times \%_{CANAL})}{100} \dots\dots\dots \text{Eq. 05}$$

Onde:

- CE_{FINAL} – Condutividade elétrica final da combinação das águas (dS m⁻¹)
 CE_{REJ} – Condutividade elétrica da água do rejeito do dessalinizador (dS m⁻¹)
 %_{REJ} – Percentual da água do rejeito do dessalinizador (adimensional)
 CE_{CANAL} – Condutividade elétrica da água do canal (dS m⁻¹)
 %_{CANAL} – Percentual da água do canal (adimensional)

Na Tabela 2 expõe-se a sequencia de cálculo da Condutividade elétrica da água de irrigação dos tratamentos de salinidade, a partir da explanação supracitada.

Tabela 2: CE final da solução de irrigação dos tratamentos com salinidade

Tratamento	Canal		Rejeito		Solução de Irrigação
	CE (dS m ⁻¹)	%	CE (dS m ⁻¹)	%	CE _{FINAL} (dS m ⁻¹)
A1		100		0	0,5
A2		90		10	1,5
A3	0,5	75	9,97	25	3,0
A4		50		50	5,0
A5		25		75	7,5

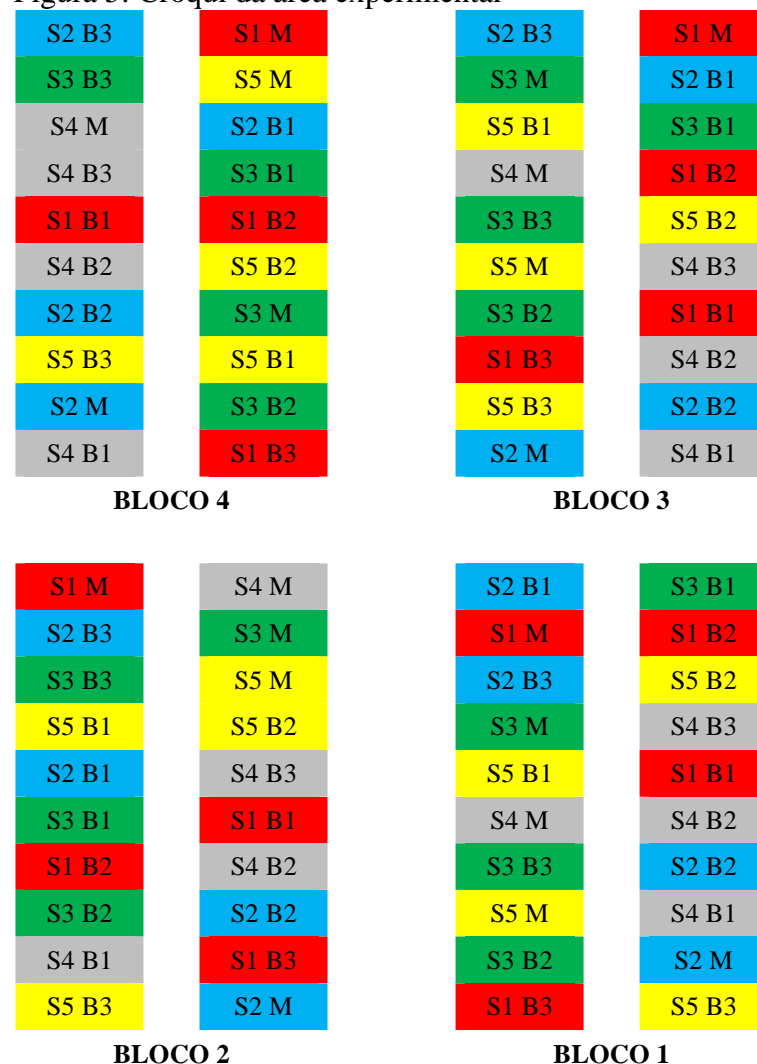
Fonte: Elaborada pelo Autor

4.3 Definição dos tratamentos e delineamento estatístico

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 4, referentes a 5 diferentes concentrações de sais na água de irrigação (0,5; 1,5; 3,0; 5,0 e 7,5 dS m⁻¹) e 3 doses de biofertilizantes na solução nutritiva (50, 100 e 150% da recomendação) e uma solução mineral recomendada para hidroponia para a cultura do pimentão, com 4 repetições, totalizando 80 unidades experimentais, sendo utilizadas 3 plantas por parcela.

Após o sorteio do posicionamento das parcelas experimentais, foi feito um croqui para disposição geral no ambiente protegido, tipo estufa (Figura 5).

Figura 5: Croqui da área experimental



Fonte: elaborada pelo autor

Ao final, com a disposição dos vasos (Figura 6), o experimento ocupou mais de 50% da área do ambiente protegido.

Figura 6: Disposição geral dos vasos na estufa



Fonte: Elaborada pelo autor

4.4 Instalação do sistema hidropônico e preparo das águas salinas

O sistema de cultivo adotado no experimento foi o hidropônico, sendo que cada planta foi posta em vaso plástico de 18 litros de capacidade volumétrica contendo substrato inerte, quanto aos aspectos nutricionais. O substrato foi composto por casca de arroz carbonizada, oriunda de indústria de beneficiamento local, e fibra de coco processada e padronizada, na proporção 1:1. Os vasos possuíam, em sua base, 8 furos de 12 mm de diâmetro dispostos radialmente (Figura 7). No fundo dos vasos, foi colocada uma camada de cerca de 5 cm de brita N° 1, coberta por uma tela de polietileno para manter a separação do substrato, no intuito de favorecer a drenagem do excesso de solução.

O preparo das soluções de irrigação ocorreu em 5 (cinco) caixas d'água com capacidade de 310 litros, cada uma equivalente à condutividade elétrica final (Tabela 2). Em cada caixa foi instalada uma motobomba de $\frac{1}{2}$ cv de potência (Figura 8). O recalque de cada bomba foi composto por conexões em PVC de $\frac{3}{4}$ ", um filtro de disco e conexões para a adaptação das mangueiras de polietileno de 16 mm, que conduziam as soluções à estufa onde estavam dispostos os vasos.

Figura 7: Cultivo em sistema hidroponico aberto em substrato inerte, com detalhe na aplicação da solução através de gotejadores autocompensantes (A) e dos furos para a drenagem do excesso de solução (B)



Fonte: Elaborada pelo autor

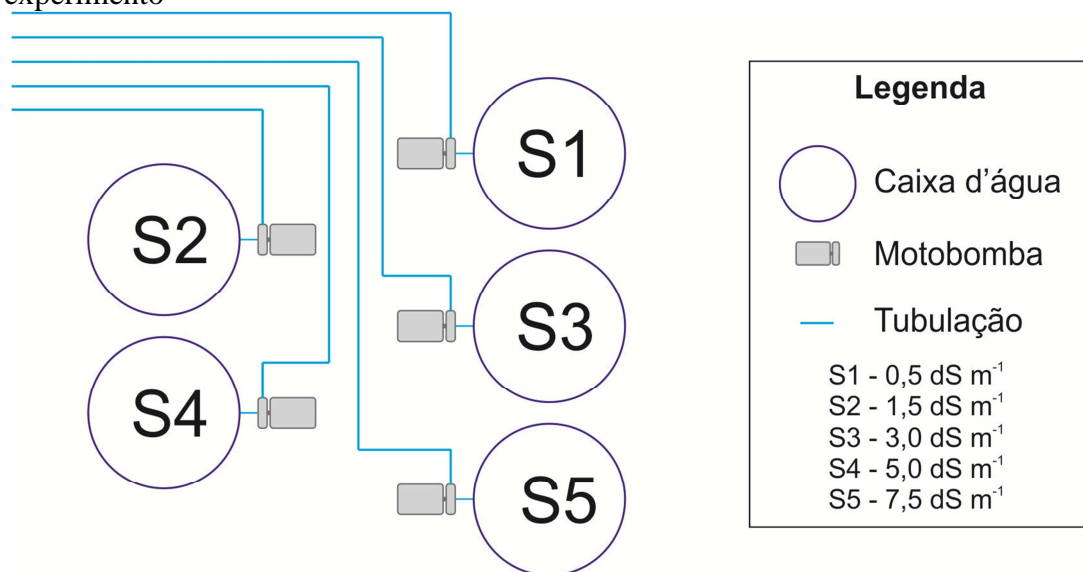
Figura 8: Disposição das caixas d'água, com detalhe na motobomba



Fonte: Elaborada pelo autor

Na Figura 9, pode-se visualizar a disposição das caixas d' água com as respectivas motobombas.

Figura 9: Layout da malha hidráulica do sistema de irrigação individualizado do experimento



Fonte: Elaborada pelo autor

De acordo com o delineamento experimental citado na página 42, os tratamentos consistiam no arranjo fatorial em 4 blocos de 5 níveis de condutividade elétrica (0,5; 1,5, 3,0; 5,0 e 7,5 dS m⁻¹) e 4 adubações (sendo 3 doses de biofertilizante e 1 adubação mineral), totalizando 80 parcelas experimentais (4 blocos x 5 níveis de CE x 4 adubações), sendo que cada parcela foi constituída de 3 vasos, totalizando 240 vasos. Cada motobomba aduziu solução para atender 48 vasos, representando 16 parcelas em todo o experimento, sendo 4 parcelas em cada bloco. O fornecimento das soluções se deu através de gotejadores autocompensantes com vazão nominal de 4 L h⁻¹ para cada vaso (Figura 10).

Figura 10: Disposição do sistema de irrigação com detalhes para a composição de uma parcela experimental (A) e o gotejador individualizado (B)





Fonte: Elaborada pelo autor

No intuito de evitar entupimentos no final das linhas de derivação de polietileno, colocou-se tubulação para retornar a solução à caixa d'água, tornando o fluxo da solução contínuo; o que carreava as possíveis sujeiras para as caixas d'água, passando também por um filtro de disco de 1".

O volume de cada solução aplicado diariamente foi determinado de acordo com a metodologia da lisimetria de drenagem. Na qual, o volume aplicado deve ser tal que favoreça plenamente a demanda hídrica das plantas e possibilite a percolação de parte do mesmo. Dessa forma, o tempo de irrigação foi aferido diariamente através do acompanhamento dos drenos, de modo que o volume drenado fosse o mínimo possível para que não acarretasse a lavagem dos nutrientes.

4.5 Instalação do sistema de biofertilização e preparo do biofertilizante

O sistema de biofertilização instalado foi constituído de 8 bombonas plásticas de 310 litros (Figura 11). No preparo do biofertilizante foram utilizados esterco bovino e água não clorada, como componentes básicos.

Figura 11: Vista geral do sistema de fabricação do biofertilizante (A) com detalhe para a saída do produto (B)



Fonte: Elaborada pelo autor

O biofertilizante foi preparado num período de trinta dias por meio da fermentação anaeróbica contendo esterco fresco e água na proporção de 50% (volume/volume = v/v), em recipiente plástico hermeticamente fechado (bombonas). Para a obtenção do sistema anaeróbico, a mistura foi colocada deixando-se um espaço vazio de 15 a 20 cm na parte superior do interior das bombonas. Na tampa das mesmas foi adaptada uma mangueira com a outra extremidade mergulhada num recipiente com água na altura de 20 cm, Figura 12, para a saída de gases (SANTOS, 1992).

Figura 12: Recipiente usado na fabricação do biofertilizante





Fonte: Elaborada pelo autor

O procedimento para o preparo do biofertilizante foi:

1. Primeiramente o esterco fresco foi colocado no recipiente;
2. Depois se preencheu a bombona com água, até aproximadamente a 15 - 20 cm da borda;
3. Após o enchimento da bombona, foi feito o revolvimento e o fechamento hermético com saída de gases na tampa, através de mangueira depositada em recipiente com água;
4. O biofertilizante foi utilizado pela primeira vez após 30 dias após a fermentação.

Foram realizadas, análises químicas do biofertilizante, constando da determinação do pH (7,7), da CE ($14,91 \text{ dS m}^{-1}$) e dos macronutrientes primários (N - $2,09 \text{ g L}^{-1}$; P - $0,47 \text{ g L}^{-1}$ e K - $0,33 \text{ g L}^{-1}$)

4.6 Condução da Cultura e Adubação

A cultura utilizada foi o pimentão (*Capsicum annuum* L.) variedade All Big, cujas sementes foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido em 128 células preenchidas com substrato comercial. As mudas foram transplantadas, com aproximadamente 30 dias após a semeadura, sendo devidamente estaqueadas de modo a favorecer uma melhor sustentação das mesmas.

No decorrer dos trabalhos experimentais, foi feito o controle alternativo de pragas e doenças utilizando-se de biopesticidas (neem indiano, calda bordaleza, extrato de alcatrão, caldas, saponáceas e outros).

Foram realizados os cálculos para adubação na forma hidropônica, com solução nutritiva recomendada para a cultura do pimentão. Essas adubações foram feitas em todos os tratamentos até aos 20 dias após o transplântio (DAT), aplicando-se 20% da recomendação sem adição de água salina. Isso foi feito no intuito de se favorecer a uniformização das plantas para a experimentação com os devidos tratamentos.

Após esse período, iniciaram-se os tratamentos com água salina e com as doses de biofertilizantes. O biofertilizante era aplicado após passar por uma tela plástica usada para se retirar as maiores partículas sólidas (Figura 13).

Figura 13: Processo de retenção de partículas sólidas maiores do biofertilizante



Fonte: Elaborada pelo autor

A partir da análise nutricional do biofertilizante foi calculado o volume semanal a ser aplicado para cada tratamento sendo 0,8 L Planta⁻¹ para B1, 1,6 L Planta⁻¹ para B2 e 2,4 L Planta⁻¹ para B3.

Para a adubação mineral, foram elaboradas 4 (quatro) soluções padrão sendo: (i) macronutrientes, (ii) micronutrientes, (iii) ferro e (iv) cálcio. Essa divisão se deu para que evitar-se reações químicas que acarretassem prejuízos a absorção dos nutrientes. Na constituição da solução nutritiva foi seguida a recomendação proposta por Guimarães (2013), sendo N – 9,5 g planta⁻¹; P – 7,5 g planta⁻¹ e K – 5 g planta⁻¹. Tanto nos tratamentos com biofertilizante como no com adubação mineral, as adubações ocorreram 2 (duas) vezes por semana.

REFERÊNCIAS

- ALBERONI, R. de B. **Hidroponia: como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo**. São Paulo: NOBEL, 1998.
- AL-KARAKI, G.; AL-AJMI, A.; OTHMAN, Y. Response of soilless grown bell pepper cultivars to salinity. **Acta Horticulturae**, [S.I.] v.807, p.227-232, 2009.
- ALMEIDA NETO, S. C. *et al.* Efeito de Diferentes Concentrações de Biofertilizante e Intervalos de Aplicação no Crescimento e Produção do Pimentão. **Revista Verde**. Pombal, v.4, n.3, p. 70 – 76, julho/setembro, 2009
- ALMEIDA, V. E. S. de; CARNEIRO, F. F.; VILELA, N. J.; Agrotóxicos em hortaliças: segurança alimentar, riscos socioambientais e políticas públicas para promoção da saúde. **Tempus. Actas em Saúde Coletiva**, Brasília, vol. 4, n. 4, p. 84-99. 2009.
- ALVES, G. S. *et al.* Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 31, p. 661-665, 2009.
- ALVES, S. B. *et al.* Trofobiose e Microrganismos na Proteção de Plantas: biofertilizantes e entomopatógenos na citricultura orgânica. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, n.21, junho/agosto, p.16-21, 2001.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de *et al.* Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no Semiárido piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.4, p.873-880, 2006.
- ANDRADE, E. M. *et al.* Investigação de mudanças do status salino do solo pelo emprego de análise multivariada. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.4, p.410–415, 2011
- ANDRADE, T. S. *et al.* Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.5, p.496–504, 2012
- ARAÚJO, A. S. F. e MELO, W. J. Soil microbial biomass in organic farming system. **Ciência Rural**, Santa Maria, Online. 2010.
- ARAÚJO, E. N. *et al.* Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.5, p.466–470, 2007.
- ASERI, G.K. *et al.* Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punicagranatum* L.) in Indian Thar Desert. **Scientia Horticulturae**, [S.I.] n.117, p.130–135, 2008.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.
- BARBOSA, R.M.; LIMA, M.C.B.; SILVA, E.C. Uma experiência com o cultivo hidropônico do tomateiro do grupo cereja em Maceió, AL. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v 20, n.2, 2002. Suplemento 2.

BELTRÁN, J. M. Integrated approach to address salinity problems in irrigated agriculture. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 303-315 p.

BELTRANO, J.; GIMENEZ, D. O. (Coord.) **Cultivo en hidroponía**. La Plata: Editorial de la Universidad de La Plata.

BENAVIDES, F. E. O. *et al.* **El Cultivo del Chile Dulce**. Ciudad Arce (El salvador): Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, 2014. 49p.

BERNI, R. F.; *et al.* Efeito da palhada sobre a temperatura do solo, em cultivo protegido de pimentão nas condições do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Anais... Viçosa: ABH. 2230-2235, 2011.

BERNI, R. F. *et al.*; 2008. Avaliação de cultivares de pimentão para o cultivo protegido na região de Manaus – AM. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 48. Resumos... Maringá: ABH. p. S1467-S1473(CD –ROM).

BEZERRA NETO, E. ; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, v. 8, p. 107-137, 2012.

BÜTTOW, M. V. *et al.* Diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões da Embrapa Clima Temperado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.6, p.1264-1269, 2010.

CAMPOS, V. B. & CAVALCANTE, L. F. Salinidade da água e biofertilizante bovino: efeito sobre a biometria do pimentão. **Holos**, Natal, Ano 25, Vol. 2. 2009.

CAMPOS, V. B.; *et al.* Crescimento inicial da mamoneira em resposta à salinidade e biofertilizante bovino. **Revista Magistra**, [S.I.] v. 21, n. 01, p. 41-47, 2009.

CARDOSO, M. O. *et al.* Crescimento, Produção e Acúmulo de Macronutrientes no Coentro com doses de Biofertilizante. In: LXI (61^a) Reunião Anual da Sociedade InterAmericana de Horticultura Tropical – ISTH, 2015, Manaus-AM. Anais. Brasília-DF: Embrapa, 2015. V. 1. p. 122.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. **Princípios de Hidroponia**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 27 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 22)

CARVALHO, C. de; KIST, B. B.; POLL, H. **Anuário Brasileiro de Hortaliças 2013**. Editora Gazeta Santa Cruz LTDA. Santa Cruz do Sul: RS. 2013. 92p.

CASTAÑEDA, F. **Manual de Cultivos Hidropónicos Populares: producción de verduras sin usar la tierra**. Guatemala: INCAP, 1997. 36 p.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. **Ciências Agrárias**, [S.I.] vol. 4, núm. 4, out-dez, 2009, pp. 414-420.

CEASA – CENTRAL DE ABASTECIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ. Disponível em: <<http://www.ceasa.gov.br/precos.php?TIP=1&P01=5&P02=1&P03=0&P04=0&GeraLS=XLS&GeraHTM=HTML&GeraHPB=HTML+Preto/Branco&GeraPDF=PDF&GeraPPB=PDF+Preto/Branco>> Acesso em: 13 jan. 2014.

CHARLO H.C.O. *et al.* Cultivo de híbridos de pimentão amarelo em fibra da casca de coco. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 27, n. 2. p. 155-159, 2009.

CHAVES, L. C. G. *et al.* Risco de degradação em solo irrigado do Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, p.292-298, 2006

CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. A Questão da Água no Semiárido Brasileiro. In: BICUDO, C. E. M; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. Org.(s) **Águas do Brasil: Análises Estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. 224 p.

COSME, C. R. *et al.* Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.5, p.499–504, 2011.

COSTA, L. V. *et al.* Cross compatibility of domesticated hot pepper and cultivated sweet pepper. **Croop Breeding and Applied Biotechnology**. [S.I.] n. 9, p. 37-44, 2009

DAS, A. J.; KUMAR, M.; KUMAR, R. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): An Alternative of Chemical Fertilizer for Sustainable, **Environment Friendly Agriculture. Research Journal of Agriculture and Forestry Science**. [S.I.] v. 1(4), 21-23, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (DNOCS). Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi. Disponível em:
<<http://201.30.148.11/~apoena/php/projetos/projetos.php>> Acesso em 22 set. 2011.

DIAS, N. D. S. *et al.* Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 14(7), 755-761. 2010.

DIAS, N. S. *et al.* Resposta de cultivares de alface à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.10, p.991–995, 2011.

DOUGLAS, J. S. **Hidroponia: cultura sem terra**. São Paulo: NOBEL, 1987

FEITOSA FILHO, J. C. *et al.* Estudos de doses de Nitrogênio e de Potássio aplicadas no Pimentão por Fertirrigação em comparação à Adubação Convencional. In: II Workshop sobre Fertirrigação, 2001, São Pedro-SP. Anais. Piracicaba-SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. v. 1. p. 23-28.

FERREIRA, P. A.; SILVA, J. B. L.; RUIZ, H. A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 303-315 p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000.

FNCA Biofertilizer Project Group. **Biofertilizer Manual**. Japão: Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA), 2006. 138 p.

FREIRE, A. L. O.; RODRIGUES, T. J. D. A Salinidade do solo e seus reflexos no crescimento, nodulação e teores de N, K e Na em *Leucena (Leucaena Leucocephala (lam.) de vit.)*. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 163-173, mai/ago 2009.

FREIRE, J. L. O. **Crescimento e desenvolvimento de maracujazeiro amarelo sob salinidade e uso de biofertilizante e cobertura**. Areia, 2011, 185f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição das Plantas) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

GALDEANO, J. S. de *et al.* **Hidroponía en Navarra**. Navarra: Edita INTIA Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias. 2003. 12 p.

GARCIA, G. O. *et al.* Índices fisiológicos, crescimento e produção do milho irrigado com água salina. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 03, p. 307-325, 2007.

GEISENHOFF, L. O. *et al.* Viabilidade econômica da produção de alface hidropônica em Lavras – MG. **Agrarian**, [S.I.], v.2, n.6, p.61-69, 2009.

GILSANZ, J. C. **Hidroponia**. Montevideo – Uruguay: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. 2007. 32 p.

GOMES, J. W. S. *et al.* Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 850-856, out-dez, 2011.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, [S.I.], v.31, p.149-190, 1980.

GUIMARÃES, J. W. A. **Produção Orgânica Irrigada e Rentabilidade do Pimentão Amarelo sob diferentes Ambientes e Dosagens de Biofertilizante**. Fortaleza. 2013, 136f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Ceará.

GUIMARÃES, J. W. A. *et al.* Crescimento do pimentão híbrido amarelo sob diferentes ambientes e dosagens de biofertilizante. In: IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação e I INOVAGRI Meeting, 2012, Fortaleza. Anais do IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação e I INOVAGRI Meeting, 2012.

HOLANDA, J. S. *et al.* Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 43-59 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf > Acesso em: 31 de março de 2016.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. 353 p.

LACERDA, C. F. *et al.* Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 303-315 p.

- LACERDA, C. F. *et al.* Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Rev. Bras. Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v.31, n.4, p.663-675, 2011.
- LEONARDO, M. *et al.* Produção de frutos de pimentão em diferentes concentrações salinas. **Irriga**. Botucatu, v. 12, n. 1, janeiro-março, 2007.
- LIBARDI, P. L. **ÁGUA NO SOLO**. In: Quirijn de Jong van Lier (Ed). (Org.). Física do Solo. 1 ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, v. 1, p. 103-152.
- LIBARDI, P. L. **Dinâmica da Água no Solo**. Paulo Leonel Libardi. Piracicaba. 497p., 1995.
- LIER, Q. de J. v. Disponibilidade de água às plantas. In: Quirijn de Jong van Lier. (Org.). Física do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, v. 1, p. 283-298.
- LIMA, L. A. *et al.* Rendimento de frutos de Pimentão sob Estresse Salino Parcial do Sistema Radicular. In: II INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING. 2014. Anais... Fortaleza, **INOVAGRI**, 2014. p. 5272-5278. <http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a710>
- LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M.; CHAVES, L. C. G. Impacto da irrigação sobre os solos de perímetros irrigados na Bacia do Acaraú, Ceará, Brasil. **Rev. Bras. Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v.28, p.34-43, 2008
- LÜDKE, Italo. **Produção orgânica de alface americana fertirrigada com biofertilizantes em cultivo protegido**. 2009. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2009
- MACEDO, A. Pimentas Capsicum: uma história de sucesso na cadeira produtiva de hortaliças. **Hortaliças em Revista**. Embrapa Hortaliças. Ano IV, n. 18. p. 6-9, 2015.
- MAGALHÃES, K. A. **Desempenho da Agropecuária Cearense em 2011**. Fortaleza-CE: IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará), 2012, 29 p. (Série Informe Nº 31)
- MAHMOUD, A. A.; MOHAMED, H. F. Impact of Biofertilizers Application on Improving Wheat (*Triticum aestivum* L.) Resistance to Salinity. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, [S.I.], v. 4, n. 5, p. 520 – 528, 2008.
- MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e Adubações**. São Paulo. Nobel, 2002. 200 p.
- MALIA, H.A. *et al.* Avaliação agronômica de variedades de pimento. In: HABER, L. L.; ECOLE, C. C.; BOWEN, W.; RESENDE, F. V. Ed(s). **Horticultura em Moçambique: Características, Tecnologias de Produção e de Pós-Colheita**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 181-185.
- MARROCOS, S. T. P. **Composição de Biofertilizante e sua utilização via Fertirrigação em Meloeiro**. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.
- MARTINS, L. T. C. Como montar uma hidroponia. Disponível em: < www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/Como-montar-uma-hidroponia > Acesso em: 29 de março de 2016.

MARULANDA, C.; IZQUIERDO, J. **La Huerta Hidroponica Popular**. Santiago (Chile): FAO. 3ª Edición ampliada y revisada, 2003. 132 p.

MATOS, F. A. C. de *et al.* **Pimentão: saiba como cultivar hortaliças para colher bons negócios**. Brasília-DF: SEBRAE, 2012, 32 p. (Série Agricultura Familiar, Coleção Passo a Passo)

MEDEIROS, M. B.; WANDERLEY, P. A.; WANDERLEY, M. J. A. Biofertilizantes Líquidos. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. Brasília, nº 31, jul-dez. 2003

MEDEIROS, P. R. F. *et al.* Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.1, p.51–55, 2012.

MEDEIROS, R. F. *et al.* Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n5, p.505-511, 2011.

MEIRELES A. C. M. *et al.* Avaliação do impacto da fertirrigação em cambissolos na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.34, p.207-212, 2003.

MELO, E. N. *et al.* Uso de Biofertilizante e Lâminas de Irrigação na Cultura do Pimentão. In: II Inovagri International Meeting. 2014, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza: Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada (INOVAGRI), 2014. p. 4645-4651.

MIRANDA, M. F. A. **Diagnóstico e recuperação de solos afetados por sais em Perímetro Irrigado do Sertão de Pernambuco**. Recife. 2013. 102 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco.

MOHAMMADI, K. & SOHRABI, Y. Bacterial biofertilizers for sustainable crop production: a review. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**. [S.I.], vol. 7, Nº 5, 2012.

MOREIRA, G. R. *et al.* Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário**, EPAMIG, v. 27, n. 235, p. 16-29. 2006.

NARDI, S. *et al.* Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology e Biochemistry**, [S.I.], v. 34, n. 4, p. 1527 – 1536, 2002.

NASCIMENTO, J. A. M. *et al.* Efeito da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Fortaleza, v. 6, n. 2, pp. 258-264, 2011.

NEITZKE, R. S. *et al.* Pimentas ornamentais: aceitação e preferências do público consumidor. **Horticultura Brasileira**. Vitória da Conquista, v. 34, n. 1, p. 102-109. 2016.

NUNES, R. L. C. *et al.* Efeitos da salinidade da solução nutritiva na produção de pimentão cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.26, n. 4, p.48-53, 2013.

OLIVEIRA, A. D. *et al.* Crescimento e produtividade do pimentão em dois sistemas de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 78-89, 2015.

- OLIVEIRA, J. R. **Uso de Biofertilizantes na Produção de Pimenta Dedo de Moça**. Teresina, 2012. 63f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Piauí, 2012.
- OLIVEIRA, T. H. de. **Atributos físico-químicos e produção do tomate cereja em hidroponia com água residuária em diferentes substratos**. Anápolis. 2012. 35 p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Goiás. 2012.
- PENTEADO, S. R. **Adubação orgânica: compostos orgânicos e biofertilizantes**. 2. ed. Campinas, 2007. 162 p.
- PINTO, C.M.F. *et al.* Clima, época de semeadura, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta. **Informe Agropecuário**, EPAMIG, v. 27, n. 235, p. 40-49. 2006.
- PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. DE; ARAÚJO, O. J. Potencialidades da erva-sal (*Atriplex nummularia*) irrigada com o rejeito da dessalinização de água salobra no semi-árido brasileiro como alternativa de reutilização. *In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 27, 2004. Natal. Anais... Natal: ABES, 2004.
- PRATES, H. S.; MEDEIROS, M. B. de. “MB-4”. Entomopatógenos e biofertilizantes na citricultura orgânica. Campinas: SAA/ Coordenadoria de defesa Agropecuaria. 2001. Folder.
- PRIMAVESI, A. **Manejo biológico do solo: A agricultura em regiões tropicais**. 8.ed. São Paulo: Nobel, 1989, 541p.
- REGES, K. da S. L. **Rejeito de Águas de Dessalinizadores utilizados via Hidroponia na Irrigação do Pimentão sob Fertilização Orgânica e Mineral**. Fortaleza. 2015. 63 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal do Ceará.
- REICHARDT, K. & TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 1ª. ed. Barueri: Manole, 2004. v. 1. 478 p.
- REICHARDT, K. **A Água Em Sistemas Agrícolas**. São Paulo: MANOLE, 1990. 188 p.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use of saline waters for crop production**. FAO 48, Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1992.
- RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. *In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 303-315 p.
- RODRIGUES, A. C. *et al.* Caracterização de frutos de maracujazeiro-amarelo em solo tratado com “biofertilizante supermagro” e potássio. **Revista Magistra**, [S.I.], v. 20, n. 3, p. 264-272, 2008.
- RODRIGUES, B. B. Participação Brasileira no Mercado Mundial ainda é muito pequena. **Hortifrutí Brasil**. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - USP/ESALQ. Ano 4, n. 45, p. 5-13. 2006.
- RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762p.

- SANTANA, M. J. de *et al.* Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do pimentão. **Global Science And Technology**. [S.I.], v. 04, n. 02, p.75 – 82, mai/ago. 2011.
- SANTANA, M.J. e CARVALHO, J.A. Produção do pimentão irrigado com diferentes lâminas de água salina. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 27, n. 2 (Suplemento - CD Rom), agosto, 2009. S1385-S1391
- SANTIAGO, M. M. F.; FRISCHKORN, H. ; MENDES FILHO, J. Mecanismos de Salinização em Águas do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí. *In: Anais do 1st Joint World Congress on Groundwater*. 2000. Fortaleza, p. 1- 16.
- SANTOS JÚNIOR, J. A. *et al.* Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 842-849, 2011.
- SANTOS, A. C. V. Biofertilizante líquido: o defensivo agrícola da natureza. 2ª ed. Niterói: EMATER – RJ, 1992. 16p.
- SANTOS, A. C. V. dos. A ação múltipla do biofertilizante líquido como fertifitoprotetor em lavouras comerciais. *In: HEIN, M. (org). ENCONTRO DE PROCESSOS DE PROTECAO DE PLANTAS: CONTROLE ECOLOGICO DE PRAGAS E DOENCAS*. 2001. Resumos... Botucatu, **Agroecologica**, 2001. p.91-96.
- SANTOS, A. C. V.; AKIBA, F. **Biofertilizante líquido: uso correto na agricultura alternativa**. Seropédica: UFRRJ. 1996. 35 p.
- SAVVAS, D. *et al.* Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. **Agricultural Water Management**, [S.I.], v. 91, n. 1, p. 102-111, 2007.
- SEDIYAMA, M. A. N. *et al.* Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.6, p.588–594, 2014.
- SEDIYAMA, M. A. N. *et al.* Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**. Vitória da Conquista, v. 27, n. 3, p. 294-299, 2009
- SILVA NETO, M. F. *et al.* Análise do perfil agrícola do perímetro irrigado de São Gonçalo-PB. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. [S.I.], v.5, n.2. mai/ago. 2012.
- SILVA, A. B. F. *et al.* Growth and yield of guava irrigated with saline water and addition of farmyard manure. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife. v.3, n.4, p.354-359, 2008.
- SILVA, D. F. da *et al.* **Manual prático de horticultura hidrôponica para cultivar hortaliças em área urbana e periurbana**. Teresina: FUNACI – Fundação Padre Antonio Dante Civiero. 2007. 34 p.
- SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. 2002. 136 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

- SILVA, F. L. B. *et al.* Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.04, p.383-389, 2011.
- SILVA, G. P. de P. *et al.* Avaliação de híbridos de pimentão e cobertura viva de solo com amendoim forrageiro de solo em cultivo orgânico protegido. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 2, (Suplemento - CD Rom), 2012.
- SINGH, J. S. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Potential Microbes for Sustainable Agriculture. **Resonance**. 275-281. Mar. 2013.
- SOARES, T. M. *et al.* Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 303-315 p.
- SOARES, T. M. *et al.* Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Revista irriga**, Botucatu, n.2 v.12 p.235-248, 2007
- SOARES, T. M. *et al.* Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.730-737, 2006.
- SOUSA, G. B. *et al.* Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Caatinga**. Mossoró, v.21, n2, p.172-180 maio/junho de 2008.
- SOUSA, G. G. *et al.* Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, p.1143-1151, 2010.
- SOUSA, G. G. *et al.* Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 237-245, 2012.
- SOUZA, I. L. **Controle biológico de pragas do Pimentão (*Capsicum annuum* L.) orgânico em cultivo protegido associado a manjerição (*Ocimum basilicum* L.)**. Lavras. 2014. 61 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia). Universidade Federal de Lavras.
- SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda facil. 2003. 564 p.
- STEDUTO, P. *et al.* **Crop yield response to water**. FAO Irrigation and Drainage Paper 66.Rome, 2012, 505 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p
- VAZ, A. P. A. e JORGE, M. H. A. **Pimentão**. Corumbá (MS). Embrapa: Série Plantas Medicinais, Condimentares e Aromáticas (folder). 2007.
- ZAMBROSI, F. C. B. *et al.* **Projeto Hortaliçomente e o Cultivo em Ambiente Protegido**. Campinas: Instituto Agronômico, 2014, 113 p.

ZANINI, J. R.; BÔAS, R. L. V.; FEITOSA FILHO, J. C. **Uso e Manejo da Fertirrigação e Hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 2002.

CAPÍTULO 1 – Crescimento e produção do pimentão sob condições salinas e com biofertilização

RESUMO

Em um cenário de escassez hídrica no semiárido, torna-se imperativa a concepção de sistemas de produção de alimentos com vistas à utilização das mais diversas fontes de água. Nesse contexto, o rejeito de dessalinizadores surge como uma fonte potencial, principalmente quando aliado à técnica da hidroponia, que preconiza o fornecimento de solução nutritiva como fonte de água e de nutrientes. Além disso, outras técnicas podem complementar a estratégia de uso de águas de baixa qualidade como o incremento de matéria orgânica através de cobertura morta, de composto orgânico e/ou de biofertilizantes. Diante do exposto, a presente pesquisa foi realizada com o objetivo de analisar o possível efeito atenuador do biofertilizante bovino na cultura do pimentão em sistema hidropônico tipo aberto em função do aumento da salinidade da água de irrigação. O trabalho foi realizado na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE), numa área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, localizada no município de Limoeiro do Norte, CE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 4, referentes a 5 diferentes concentrações de água salina (0,5; 1,5; 3,0; 5,0 e 7,5 dS m⁻¹), quantificadas a partir do pior rejeito de dessalinizador encontrado, e 3 doses de biofertilizantes na solução nutritiva (50, 100 e 150% da recomendação) e mais uma testemunha adicional (solução mineral recomendada para hidroponia para a cultura do pimentão), com 4 repetições, totalizando 80 unidades experimentais, sendo utilizadas 3 plantas por parcela. Foram analisadas variáveis de crescimento (altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar) e de produção (número de frutos por planta, produtividade, comprimento e largura do fruto). Ao final, foi constatado que todas as variáveis de crescimento declinaram linearmente com o aumento da salinidade, tendo sido este declínio, em alguns casos, atenuado pela aplicação do biofertilizante. O biofertilizante não atenuou os efeitos deletérios da salinidade quanto aos dados produtivos. A adubação com fertilizantes minerais promoveu maiores produtividades, sendo seguida pela aplicação de 50%, 100% e 150% da dose do biofertilizante.

Palavras-chave: Estresse salino. *Capsicum annuum* L. Insumo orgânico.

CHAPTER 1 - Growth and chili production in saline conditions and biofertilizers

ABSTRACT

In a scenario of water scarcity in the semiarid region, it is imperative to design food production systems with many different sources of water. In this context, the rejects of desalinators emerge as a potential source, especially when combined with the hydroponics technique, which calls for the supply of a nutrient solution as a source of water and nutrients. In addition, other techniques can complement the low quality water usage strategy, such as the enhanced organic matter through mulching, organic composting, and/or biofertilizer. Thus, this research was conducted with the aim of analyzing the possible dampening effect of biofertilizers in an open hydroponic culture of peppers due to the increase in water salinity. The study was conducted at the Teaching, Research and Extension Unit (in Portuguese, Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão - UEPE), an area which belongs to the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará – (in Portuguese, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE), located in Limoeiro do Norte, Ceará. The experimental design was a randomized block in a factorial 5 x 4, for five different saline water concentrations (0.5, 1.5, 3.0, 5.0 and 7.5 dS m⁻¹); three doses of biofertilizers in the nutrient solution (50, 100 and 150% of the recommended dosage) and one additional solution (the recommended one for hydroponics in pepper culture) with 4 replications, totalizing 80 experimental units, with three plants being used per plot. Growth variables (plant height, stem diameter, number of leaves and leaf area) and production variables (number of fruits per plant, yield, length and width of the fruit) were analyzed. Finally, it was found that all growth variables declined linearly with the increasing salinity, being this decline, in some cases, softened by the application of the biofertilizer. The biofertilizer did not attenuate the deleterious effects of salinity as far as the productive data was concerned. The fertilization with mineral fertilizers produced greater yields, followed by the application of 50%, 100% and 150% of the biofertilizer dosage.

Keywords: Salt stress. *Capsicum annuum* L. Organic input.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda no uso consultivo dos recursos hídricos em todo o mundo, aliada à necessidade de se promover a segurança alimentar da população, traduz um cenário em que torna imperativa a busca por melhorias na eficiência dos sistemas de produção agrícola (STEDUTO et al., 2012).

O semiárido do Nordeste brasileiro é caracterizado, dentre outros aspectos, pela escassez de recursos hídricos. Nesse cenário, o pleno provimento de água para os múltiplos usos como agricultura, indústria e consumo humano, deve levar em consideração os aspectos quantitativos e qualitativos (CAMPOS, 2011).

Dessa forma, seguindo uma tendência mundial, a exploração de água subterrânea na região tem avançado no sentido de complementar o suprimento adequado às diversas demandas. Entretanto, vale ressaltar que praticamente metade do subsolo nordestino é constituído de rochas cristalinas e, portanto, a utilização dessas águas tem na sua qualidade um fator restritivo agravando-se pelas condições climáticas regionais (FEITOSA; FEITOSA, 2011).

Considerando o abastecimento humano como prioridade, a técnica da dessalinização de águas de baixa qualidade vem sendo utilizada em diversas localidades (PORTO et al., 2004). Por outro lado, o efluente possui alta concentração de sais (SOARES et al., 2006) e, portanto, traz consigo uma considerável carga de degradação dos recursos naturais, notadamente o solo. Não obstante, o rejeito de dessalinizadores pode constituir fonte de água na produção de alimentos gerando renda e evitando a contaminação do meio ambiente (SOARES et al., 2007).

Uma tática plausível é a adição da hidroponia na produção de alimentos com fornecimento de soluções nutritivas (SOARES et al., 2010), com a possibilidade de se manter os níveis salinos em faixa compatível com a tolerância da cultura, realizando-se o devido monitoramento e a reposição ou troca da solução nutritiva.

Outra estratégia que tem sido estudada é o uso da matéria orgânica em forma de esterco, composto orgânico e ainda, biofertilizante, como insumo de efeito mitigador dos efeitos da salinidade como reportaram Campos; Cavalcante (2009), Cavalcante et al. (2009), Dias et al. (2012), El-Hifny e El-Sayed (2011), Huez-López et al. (2011), dentre outros.

Em se tratando da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.), a mesma é tida pela literatura como moderadamente sensível (RHOADES et al.; 1992). Sendo uma espécie

de clima tropical, a cultura tem se adequado a inúmeros sistemas de produção, em campo aberto, cultivo protegido, no solo ou em substratos.

Campos e Cavalcante (2009) afirmam que o crescimento inicial do pimentão seria menos afetado pela salinidade da água de irrigação com a presença do biofertilizante. Trabalhando com a mesma cultura, Nascimento et al. (2011) defenderam que o biofertilizante induz o ajustamento osmótico, favorecendo a absorção de água e de nutrientes em meios salinos.

Resultados semelhantes foram propostas por Cavalcante et al. (2011) e Rebequi et al. (2010), ao sugerirem que o biofertilizante atenuaria os efeitos deletérios da salinidade no crescimento inicial e na produção de mudas em solo de Pinhão manso. De forma similar Sousa et al. (2014) na produção de amendoim; Sousa et al. (2012) na cultura do milho; Cavalcante et al. (2010) em mudas de goiabeira ; Cavalcante et al. (2009) e Sousa et al. (2008) com mudas de maracujazeiro amarelo.

Diante do exposto, a presente pesquisa foi realizada com o objetivo de analisar o possível efeito atenuador do biofertilizante bovino na cultura do pimentão em sistema hidropônico tipo aberto em função do aumento da salinidade da água de irrigação

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Avaliação do Crescimento

O transplântio das mudas foi realizado em 21 de agosto de 2015 e aos 41 dias após o transplântio (DAT) foi feita a primeira avaliação de crescimento (em 01/out/2015) e a segunda aos 61 DAT.

O diâmetro do caule foi medido a cerca de 1 cm do colo da planta, por meio de um paquímetro digital com precisão de 0,05 mm. A altura das plantas foi medida com uma régua de 100 cm, compreendendo o desnível entre o colo da planta e a zona apical. O número de folhas foi obtido por meio de contagem simples das folhas totalmente abertas (Figura 14).

Figura 14: Medições relativas à análise de crescimento. Altura da planta (A) e número de folhas (B)



Fonte: Elaborada pelo autor

A área foliar foi obtida pela equação proposta por Tivelli et al. (1997), utilizando-se os valores do comprimento e da largura das folhas (Figura 15), medidos com régua graduada com 30 cm de comprimento.

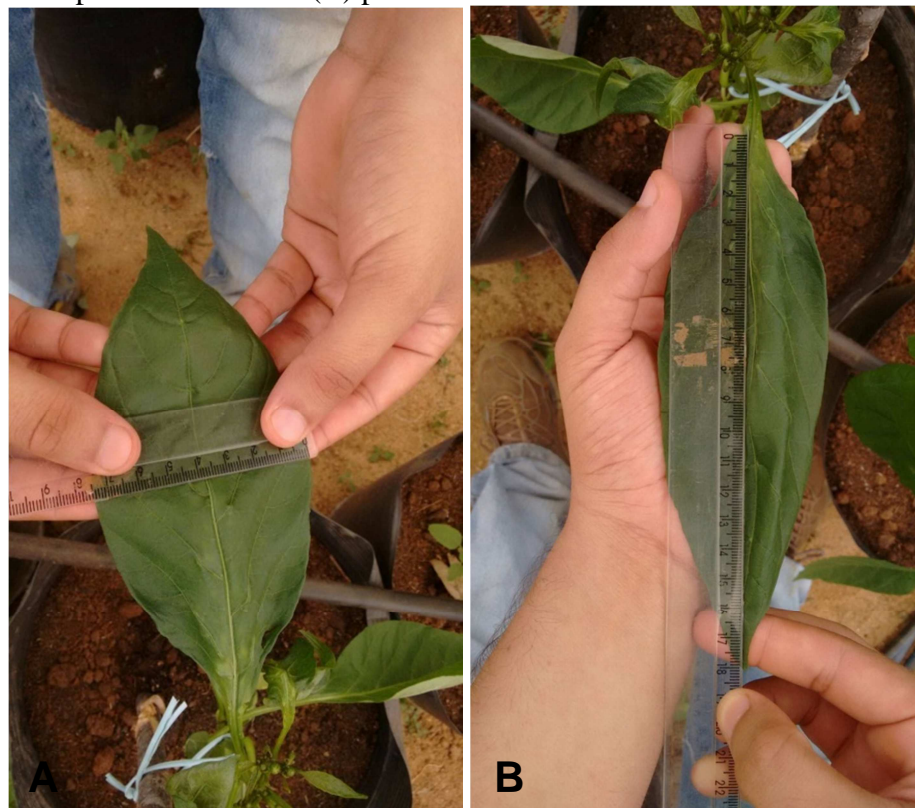
$$A = C \times L \times Fc \dots\dots\dots \text{Eq. 06}$$

Onde:

A	-	Área foliar	(cm ²)
C	-	Comprimento da folha	(cm)
L	-	Largura da folha	(cm)
Fc	-	Fator de correção*	(adimensional)

* 0,81

Figura 15: Medições relativas à análise de crescimento. Largura da folha (A) e Comprimento da folha (B) para cálculo da área foliar



Fonte: Elaborada pelo autor

2.2 Características de produção

Foram realizadas 3 colheitas sendo a primeira aos 95 DAT, a segunda aos 105 e, por fim, a terceira aos 112 DAT. Em cada colheita, os frutos, em seguida, foram pesados e medidos quanto a largura e o comprimento, com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,05 mm.

As Características de produção avaliadas foram:

- a) Produtividade (PROD) – representou a produção média de frutos por planta, expressa em gramas por planta, e acumulada nas diferentes etapas de colheita;
- b) Número de frutos por planta (NFP) - obtido pela soma do número de frutos por planta, classificados dentro dos padrões comerciais, nas diferentes datas de colheita;
- c) Comprimento do fruto (COMP) – constituiu a média do comprimento dos frutos sendo medido por meio de uma régua devidamente graduada;
- d) Diâmetro do fruto (DIAM) – constituiu a média do diâmetro dos frutos, por meio de um paquímetro digital.

2.3 Análises estatísticas

Os dados para cada variável referente à cultura foram submetidos à análise de variância (Anova). Posteriormente, os dados referentes aos níveis de salinidade de água residuária de dessalinizadores e às dosagens de biofertilizante, quando significativos pelo teste F, foram submetidos a testes de análise de regressão pelos métodos lineares e de polinômios ortogonais, para a determinação de equações que representassem uma correspondência funcional entre os tratamentos, buscando-se ajustar equações com significados biológicos.

Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustam aos dados foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão a 0,01 (**) e 0,05 (*) de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R^2). Quando alguma interação entre os fatores água salina e concentrações de biofertilizantes versus testemunha adicional foi significativa pelo teste F. As análises foram realizadas por meio do Software ASSISTAT 7.7 BETA (SILVA e AZEVEDO, 2002).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises de crescimento

3.1.1 Altura da planta

A partir dos dados elencados na Tabela 3 a seguir, constatou-se que aos 41 dias após o transplântio (DAT) não houve influência significativa dos fatores salinidade, adubação e da interação dos mesmos sobre a altura das plantas. Entretanto, aos 61 DAT, a interação entre os fatores influenciaram ao nível de 1% de probabilidade, o que não ocorreu nos tratamentos isoladamente. Pode-se inferir que os tratamentos afetaram a altura da planta do pimentão notadamente a partir da metade do ciclo.

Tabela 3: Análise de variância para a altura da planta do pimentão aos 61 dias após o transplântio (DAT). Limoeiro do Norte, Ceará, 2015

Fator de Variação	Grau de Liberdade	Altura da Planta	
		41 DAT	61 DAT
Salinidade	4	1,2041 ns	1,6165 ns
Adubação	3	0,0774 ns	0,3990 ns
Interação	12	1,3009 ns	7,5533 **
Blocos	3	1,4924 ns	2,3203 *
Resíduo	57		
Total	79		
cv%		13,57	12,53

Fonte: Elaborada pelo Autor

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

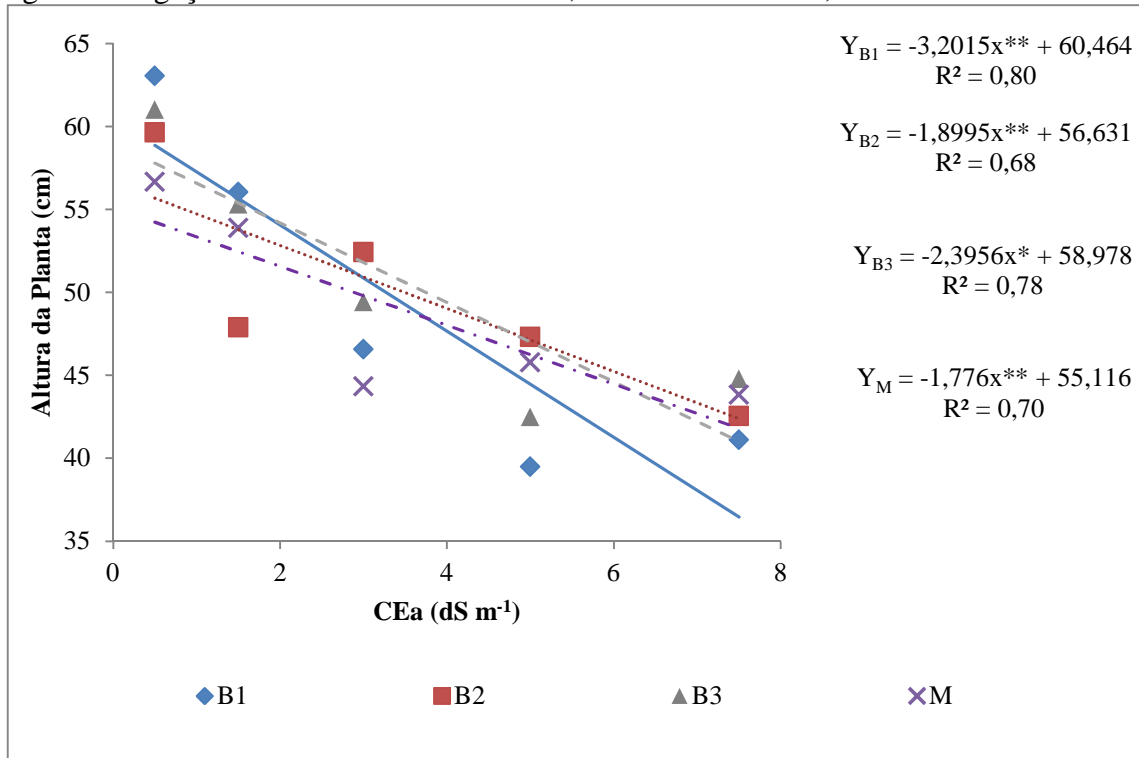
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

Oliveira (2012) também não verificou influência do biofertilizante na altura das plantas. Por outro lado, inúmeros trabalhos têm constatado influencia da salinidade e do biofertilizante sobre a altura das plantas, que, via de regra, tem sido uma variável notadamente afetada pelo incremento de salinidade, tendo como principal causa a diminuição na absorção de água (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Após análise de regressão, observou-se um modelo linear decrescente para a altura da planta para as 4 adubações, aos 61 DAT, sendo obtidos níveis de probabilidade de

5% para B3 e de 1% para os demais tratamentos. Na Figura 16, estão dispostas as curvas, bem como as equações polinomiais de 1º grau, juntamente com o coeficiente de correlação (R^2) para cada tratamento de adubação.

Figura 16: Altura da planta aos 61 DAT do pimentão submetido a 5 níveis de salinidade da água de irrigação e doses de biofertilizantes, Limoeiro do Norte, 2015.



Fonte: Elaborada pelo autor

Analisando-se a tendência das curvas, a biofertilização com 50% da dose proporcionou plantas mais altas em menores níveis de condutividade elétrica da solução. Porém, com o aumento da salinidade, essa variável sofre drástica redução. A partir de 3 dS m^{-1} os demais tratamentos proporcionam altura de plantas muito próximas.

Corroborando com esses resultados, Nunes et al. (2013) constataram uma considerável redução na altura do pimentão com o aumento da salinidade. Um decréscimo linear em função da salinidade também foi observado por Campos e Cavalcante (2009) e Nascimento et al. (2011) com a cultura do pimentão, Lima et al. (2007) com a cultura do feijão, Monteiro et al. (2015) com gergelim e, Sousa et al. (2012) com milho.

Resultados diferentes foram encontrados por Araújo et al. (2013), Gomes et al. (2011) e Guedes et al. (2015) com a cultura do tomate e Morais et al. (2011) com girassol que não identificaram influência da salinidade na altura das plantas.

No que diz respeito à presença do biofertilizante, Campos e Cavalcante (2009) e Nascimento et al. (2011) observaram que o biofertilizante amenizou os efeitos da salinidade proporcionando maiores valores de alturas das plantas. Da mesma forma, Medeiros et al. (2012) cultivando tomate cereja. Resultados estes, divergentes dos observados nesta pesquisa.

3.1.2 Diâmetro do caule

A semelhança da altura das plantas, o diâmetro do caule foi afetado apenas aos 61 DAT pela interação dos fatores (salinidade x adubação), ao nível de 1% como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: Análise de variância para o diâmetro do caule do pimentão. Limoeiro do Norte, Ceará, 2015

Fator de Variação	Grau de Liberdade	Diâmetro do Caule	
		41 DAT	61 DAT
Salinidade	4	0,6902 ns	0,4844 ns
Adubação	3	0,9903 ns	0,5226 ns
Interação	12	0,7371 ns	3,2624 **
Blocos	3	0,3861 ns	3,6471 *
Resíduo	57		
Total	79		
cv%		13,25	12,02

Fonte: Elaborada pelo Autor

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

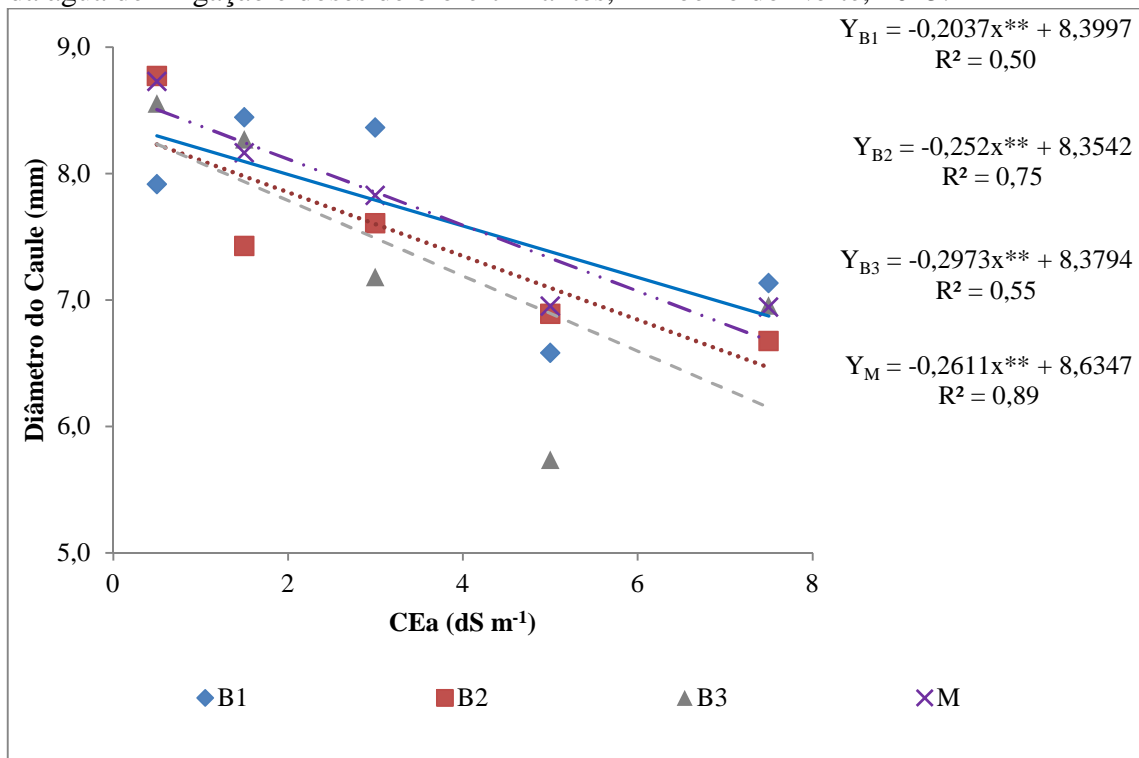
Medeiros et al. (2013) corroboram com os resultados obtidos nesta pesquisa, ao passo que verificaram que o diâmetro do caule do tomateiro sofreu influência à interação salinidade da água e aplicação de biofertilizante.

A análise de regressão apontou um decréscimo linear significativo ao nível de 1% para o diâmetro do caule para todos os tratamentos com adubação (Figura 17). Nota-se que em menores salinidades, o diâmetro do caule pouco difere entre os tratamentos com adubação e, na medida em que o nível de salinidade aumenta, ocorre um decréscimo da variável.

Os resultados obtidos por Nascimento et al. (2011), também trabalhando com a cultura do pimentão, corroboram com os encontrados nesse experimento, ao constatarem que o diâmetro do caule é reduzido com o aumento da salinidade da água de irrigação. O aspecto

distinto que os autores identificaram foi uma atenuação desse efeito ao aplicarem biofertilizante numa única dose, 2 dias antes do plantio.

Figura 17: Diâmetro do Caule aos 61 DAT do pimentão submetido a 5 níveis de salinidade da água de irrigação e doses de biofertilizantes, Limoeiro do Norte, 2015.



Fonte: Elaborada pelo autor

Resultados semelhantes foram observados na cultura do feijão que respondeu com uma tendência linear decrescente ao ser submetida a incrementos de salinidade na água de irrigação (LIMA et al., 2007). Mesma tendência foi observada no cultivo do noni (SOUZA et al., 2012 e SOUTO et al., 2013) e amendoim (SOUSA et al., 2014). Uma tendência diferente foi observada por Cavalcante et al. (2011) produzindo mudas de pinhão manso, com um efeito quadrático em função do aumento da salinidade, sendo que a aplicação de biofertilizante aos 60 dias após a semeadura proporcionou os maiores valores dessa variável.

Resultados diferentes foram observados por Sousa et al. (2012) que observaram um aumento do diâmetro do caule do milho com o aumento da dose de biofertilizante. Ainda com resultados distintos, Cavalcante et al. (2015) observaram que o pimentão não sofreu influência nessa variável com o aumento da salinidade (até 8 dS m^{-1}). Da mesma forma, Gomes et al. (2011), Guedes et al. (2015) e Araújo et al. (2013) não verificaram influência da salinidade nessa variável ao cultivar o tomate.

3.1.3 Número de folhas

O número de folhas também foi afetado, ao nível de 5% de probabilidade, somente pela interação salinidade x adubação aos 61 DAT, Tabela 5.

Tabela 5: Análise de variância para o número de folhas do pimentão. Limoeiro do Norte, Ceará, 2015

Fator de Variação	Grau de Liberdade	Número de Folhas	
		41 DAT	61 DAT
Salinidade	4	0,5682 ns	0,3905 ns
Adubação	3	0,7057 ns	1,5066 ns
Interação	12	1,4745 ns	2,2191 *
Blocos	3	12,8018 **	12,8556 **
Resíduo	57		
Total	79		
cv%		26,10	30,77

Fonte: Elaborada pelo Autor

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

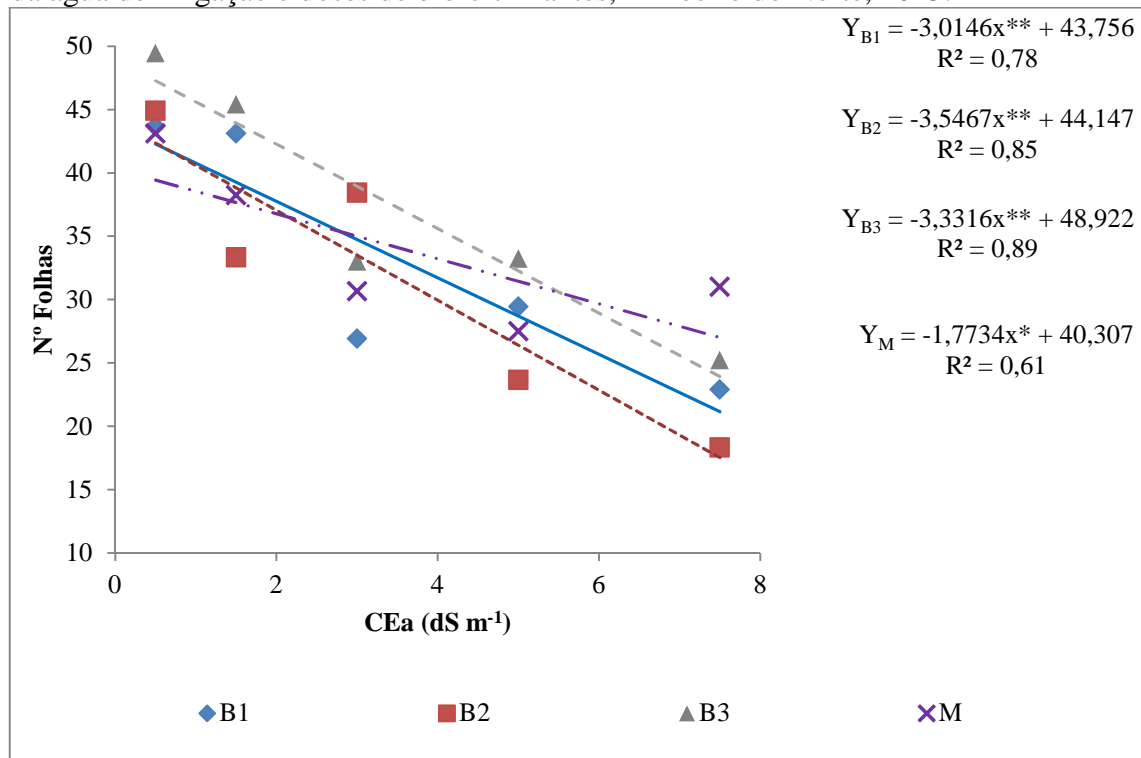
** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

Alterações morfológicas e anatômicas nas culturas são comuns em condições de estresse salino, como por exemplo, a redução do número de folhas (LIMA et al 2007). O maior efeito do aumento da salinidade é a redução do tamanho individual das folhas, do número de folhas (MUNNS; TESTER, 2008) e, por consequência da área foliar das plantas. Além disso, podem ser observadas clorose e abscisão das folhas mais velhas com o aumento da salinidade (VILLAVICENCIO et al., 2011), atestando os efeitos deletérios da salinidade no número de folhas das plantas.

O número de folhas sofreu considerável redução com o incremento da salinidade da água de irrigação aos 61 DAT para todos os tipos de adubação. Como resultado da análise de regressão, foram encontradas equações polinomiais de 1º grau para todos os tratamentos de adubação, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade para a adubação mineral (M) e a 1% para os tratamentos com biofertilizante, Figura 18.

Figura 18: Número de folhas aos 61 DAT do pimentão submetido a 5 níveis de salinidade da água de irrigação e doses de biofertilizantes, Limoeiro do Norte, 2015.



Fonte: Elaborada pelo autor

A redução no número de folhas em função do aumento da salinidade tem sido observada também em outras culturas como o feijão (LIMA et al., 2007) e o milho (SOUSA et al., 2012). Pesquisas têm encontrado resultados diferentes dos que estão sendo ora apresentados. Araújo et al. (2013) não constataram influência da salinidade no número de folhas do pimentão e da mesma forma, Mesquita et al. (2014) com a cultura do tomate e Morais et al. (2011) com o girassol.

Em contrapartida, resultados semelhantes têm sido encontrados para outras culturas como o gergelim (MONTEIRO et al., 2015) e a rúcula (SILVA et al., 2008), uma vez que tiveram reduzidos o número de folhas com o aumento da salinidade numa relação linear negativa. Efeitos quadráticos também têm sido constatados, como Campos e Cavalcante (2009) com a cultura do pimentão, Cavalcante et al. (2011) com mudas de pinhão manso, Medeiros et al. (2011) com tomate e Souto et al. (2013) com noni. Ressalta-se que em todos estes casos, a aplicação do biofertilizante atenuou os efeitos da salinidade proporcionando um maior número de folhas nas plantas que foram biofertilizadas.

3.1.4 Área foliar

Os tratamentos com salinidade e com adubação não influenciaram significativamente, de modo isolado, a área foliar da cultura do pimentão aos 41 DAT. Porém, a cultura respondeu à interação dos fatores ao nível de 5%, demonstrando a sensibilidade da cultura conforme dados expressos na Tabela 6. Ainda de acordo com a tabela, aos 61 DAT a adubação isoladamente não influenciou a área foliar. Por outro lado, essa variável responde significativamente ao nível de 5% à salinidade e a interação salinidade x adubação. Os resultados atestam que a área foliar é um indicador mais precoce da cultura do pimentão com relação ao estresse salino.

Tabela 6: Análise de variância para a área foliar do pimentão. Limoeiro do Norte, Ceará, 2015

Fator de Variação	Grau de Liberdade	Área Foliar	
		41 DAT	61 DAT
Salinidade	4	2.0800 ns	3.2263 *
Adubação	3	0.1092 ns	0.3538 ns
Interação	12	2.3784 *	1.9914 *
Blocos	3	12.9284 **	6.8255 **
Resíduo	57		
Total	79		
cv%		21,23	22.39

Fonte: Elaborada pelo Autor

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

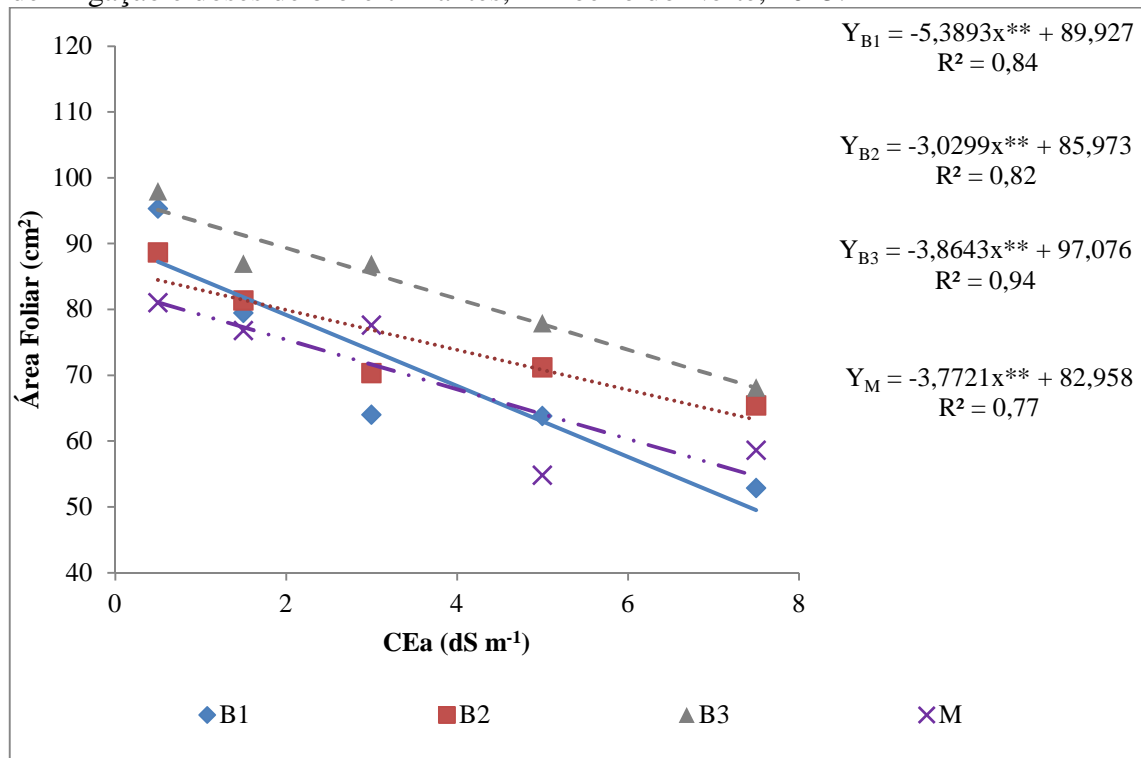
** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

Como resultado da análise de regressão, foram obtidos modelos polinomiais de 1º grau para todos os tratamentos. Interessante observar que a curva equivalente ao B3 mostrou-se ligeiramente superior às demais aos 41 DAT (Figura 19). Não obstante, o tratamento B1 foi mais afetado visto que proporcionou os menores valores na salinidade mais elevada.

Esse fato pode ser justificado pela disponibilidade de nutrientes para as plantas ainda no início do ciclo. Nesse sentido, com a aplicação de metade da recomendação da adubação com biofertilizante (B1) não se possibilitou uma área foliar considerável. Em contrapartida, com as demais dosagens a área foliar não foi muito prejudicada no início do ciclo.

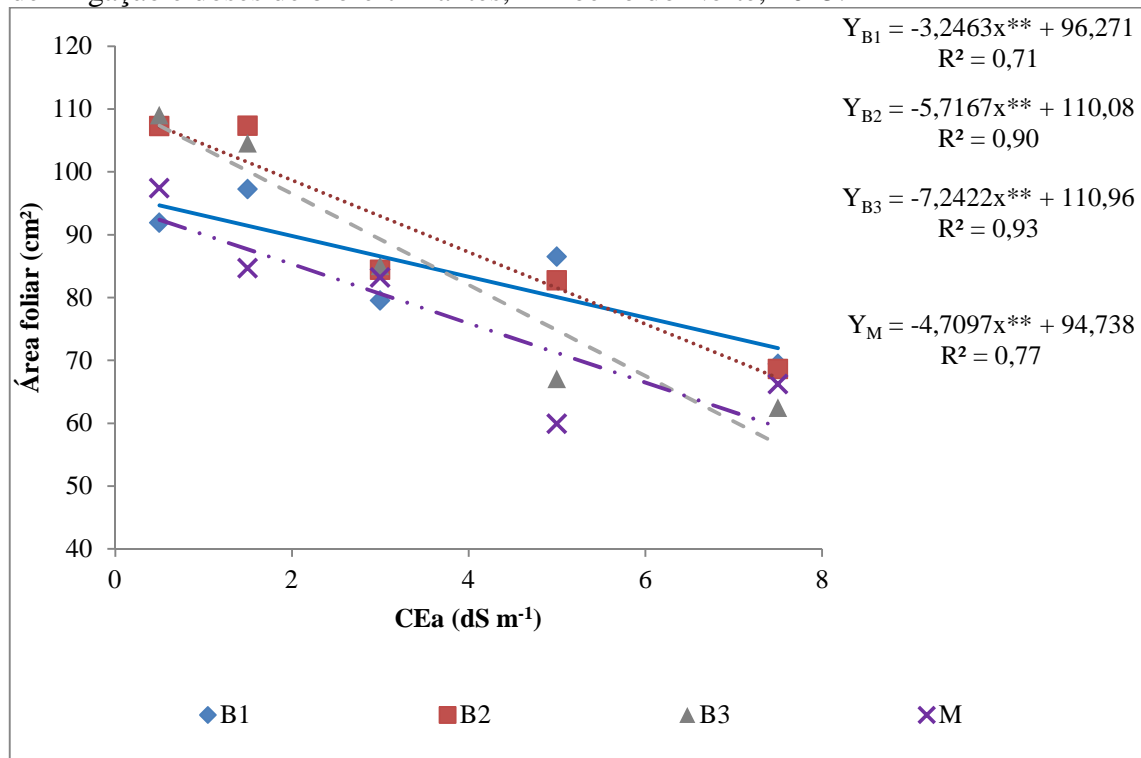
Figura 19: Área foliar aos 41 DAT do pimentão submetido a 5 níveis de salinidade da água de irrigação e doses de biofertilizantes, Limoeiro do Norte, 2015.



Fonte: Elaborada pelo autor

Aos 61 DAT, foi observada uma tendência linear negativa com nível de 1% de probabilidade para as doses de biofertilizante e adubação mineral (Figura 20). Nesse caso, pode-se observar que as plantas que foram adubadas com fertilizantes minerais foram mais afetadas pelo estresse salino com relação à área foliar. Nota-se ainda, que o tratamento com maior dose de biofertilizante (B3), resultou em uma área foliar considerável em menor nível de salinidade, juntamente com a menor dose (B1). Entretanto, sofreu um notável declínio com o aumento da salinidade.

Figura 20: Área foliar aos 61 DAT do pimentão submetido a 5 níveis de salinidade da água de irrigação e doses de biofertilizantes, Limoeiro do Norte, 2015.



Fonte: Elaborada pelo autor

Resultados semelhantes foram encontrados por Arruda et al. (2011) e Oliveira et al. (2006) ao verificar em declínio linear da área foliar com o aumento da salinidade no pimentão e na mamona, respectivamente. A salinidade tem diminuído a área foliar em outras culturas como o feijão (LIMA et al., 2007), noni em ambiente aberto ou protegido (SOUZA et al., 2012), berinjela (BOSCO et al., 2009) e gergelim (MONTEIRO et al., 2015).

Resultados diferentes foram encontrados com a cultura do milho que teve um aumento linear da área foliar com o aumento da concentração de biofertilizante aplicado junto da água de irrigação de baixa qualidade (SOUSA et al 2012). Do mesmo modo, outros autores têm encontrado que a biofertilização atenuou os efeitos da salinidade com relação à área foliar em culturas como o pimentão (CAMPOS e CAVALCANTE, 2009), mudas de goiaba (CAVALCANTE et al., 2010), pinhão manso (CAVALCANTE et al., 2011), tomate cereja (MEDEIROS et al., 2011), noni (NUNES et al., 2009; SOUTO et al., 2013) e amendoim (SOUSA et al., 2014). Contudo, vale ressaltar que a supressão do crescimento da área foliar pode ocorrer em função da redução do desenvolvimento individual das folhas em detrimento da produção de novas folhas (TERRY e WALDRON, 1984).

Diante dos resultados, há evidências de que o pimentão sofreu mais com o estresse osmótico do que com o iônico. Se fosse iônico, a tendência é com o decorrer do ciclo,

ocorrer a senescência de folhas mais velhas reduzindo o número de folhas, como explanado por Munns e Tester (2008). Entretanto, foi observada uma tendência em que B3 proporcionou um maior número de folhas e área foliar até metade do ciclo da cultura. Apesar disso, não foi observado maiores produtividades com a biofertilização. Isso pode ter ocorrido em função da alocação de energia para a realização de atividades metabólicas de tolerância como a síntese de osmólitos compatíveis e a compartimentalização de íons a nível celular (TAIZ; ZEIGER, 2013; LOPES; LIMA, 2015; ESTEVES; SUZUKI, 2008; HSIAO; XU, 2000; SALISBURY; ROSS, 2015; CHAVES et al., 2009; HAMDIA; SHADDAD, 2010).

3.2 Produtividade

Segundo a análise de variância (Tabela 7), verifica-se que a produtividade não apresentou significância para a fonte de variação adubação, sendo significativo ao nível de 1% para a salinidade e para a interação adubação versus salinidade.

Tabela 7: Análise de variância para a produtividade do pimentão. Limoeiro do Norte, Ceará, 2015

Fator de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Fator
Salinidade	4	69.130,84638	17.282,71159	4,3771 **
Adubação	3	3.896,35404	1.298,78468	0,3289 ns
Interação	12	171.156,48933	14.263,04078	3,6123 **
Tratamentos	19	24.4183,68975	12.851,77314	3,2549 **
Blocos	3	93.672,90014	31.224,30005	7,9079 **
Resíduo	57	225.063,24129	3.948,47792	
Total	79	562.919,83118		
cv%	48,07			

Fonte: Elaborada pelo Autor

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

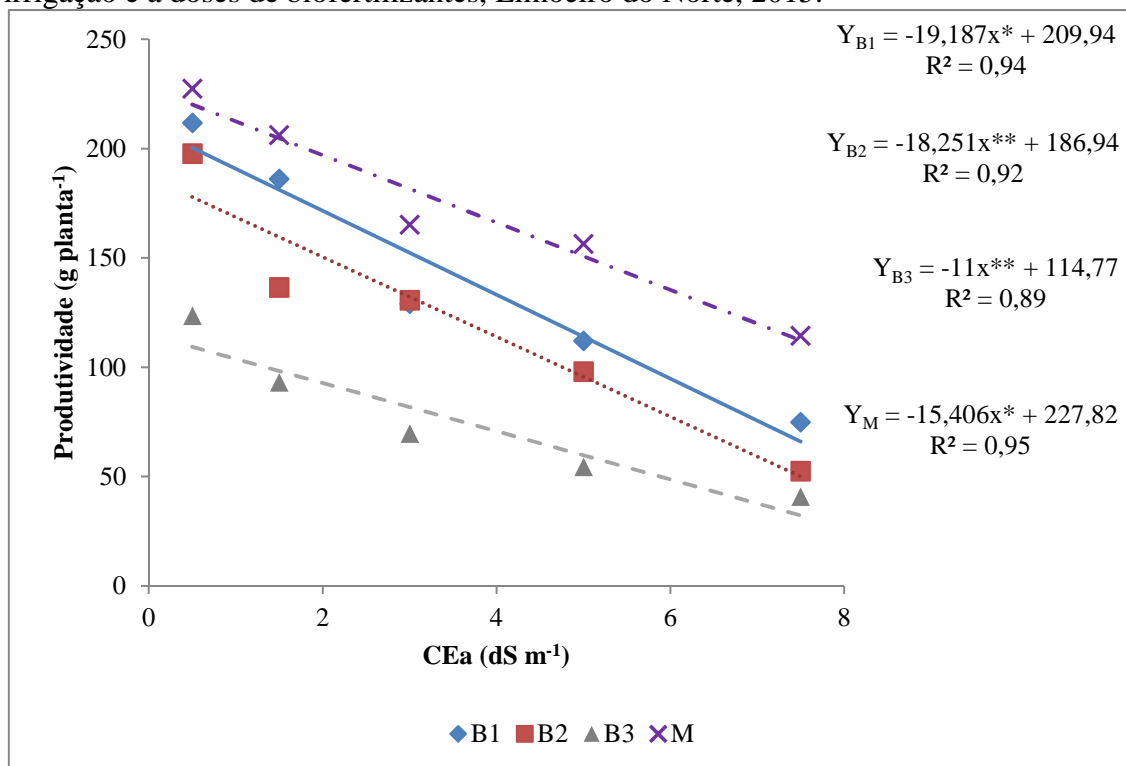
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

Nunes et al. (2013) corroboram com os resultados ao constatar em um efeito significativo da salinidade para todas as características avaliadas do pimentão cultivado em fibra de coco em Mossoró, Rio Grande do Norte. Resultados distintos foram encontrados por Araújo et al. (2007), Sousa et al. (2009) e Rubio et al. (2011) que constataram a influência do biofertilizante na produtividade do pimentão.

Os resultados da análise de regressão podem ser vistos na Figura 21 onde se observa o efeito da salinidade entre os tratamentos com adubação mineral e orgânica. A regressão foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para os tratamentos B1 e M, e a 1% para os demais tratamentos com adubação; todos gerando uma tendência de uma equação polinomial de 1º grau negativa.

Para o aspecto da produtividade, nas condições estudadas, a cultura do pimentão atingiu maiores índices com o fornecimento de fertilizantes minerais (M). As curvas de tendência equivalentes a aplicação de 50 (B1) e 100% (B2) da recomendação da adubação via biofertilizante vêm em sequência. Já com a aplicação de 150% da dose recomendada (B3), a cultura não respondeu bem, apresentando os menores índices de produtividade.

Figura 21: Produtividade do pimentão submetido a níveis de salinidade da água de irrigação e a doses de biofertilizantes, Limoeiro do Norte, 2015.



Fonte: Elaborada pelo autor

Resultados semelhantes foram observados por Ünlükara et al. (2015), Arruda et al. (2011) e Nunes et al. (2013) com pimentão, Medeiros et al. (2012) com tomate, ao verificarem um declínio linear na produtividade sendo irrigado com águas de salinidade crescente. Consideráveis reduções na produtividade do pimentão também foram observadas por Lima et al. (2014) e Mawgoud et al. (2001) e Cosme et al. (2011) com tomate.

Resultados diferentes foram encontrados por Araújo et al. (2007), em Areia, PB. Além de verificarem a influência do biofertilizante, a produtividade variou de forma quadrática em função do aumento da salinidade.

O incremento do biofertilizante no sistema de produção tem contribuído com a tolerância à salinidade de várias espécies vegetais afetando positivamente os aspectos produtivos e fisiológicos (TAWFIK et al., 2011; BHARDWA et al 2014). Diversas pesquisas têm comprovado os benefícios do uso do biofertilizante nos sistemas de produção. Entretanto, os resultados de produtividade aqui encontrados não refletem essa lógica.

Considerando o curto ciclo da cultura do pimentão e, ainda a aplicação de biofertilizante ser a única fonte de nutrientes às plantas nos tratamentos B1, B2 e B3, há a possibilidade da aplicação do biofertilizante não ter provido a quantidade de nutrientes suficiente para garantir maiores produtividades.

Além disso, há que se ressaltar a forma de aplicação do biofertilizante nesse experimento. Nos trabalhos que constataram efeitos atenuantes do biofertilizante diante do aumento da salinidade da água de irrigação, a aplicação do biofertilizante, ocorria, via de regra, em poucas parcelas no decorrer do ciclo ou, por vezes em uma única parcela, antes da semeadura ou do transplantio.

Neste experimento, as adubações ocorriam semanalmente conforme explicitado na metodologia. Desse modo, considerando a C.E. do biofertilizante ($14,91 \text{ dS m}^{-1}$) e a aplicação contínua ao longo do ciclo, pode-se deduzir que ocorreu um efeito cumulativo da salinidade. Outro aspecto a observar, é que com a aplicação do biofertilizante ocorria a formação de uma crosta superficial nos vasos pelo acúmulo de matéria orgânica, originária do material em suspensão do biofertilizante.

Como se trata de um material viscoso, o biofertilizante infiltra-se mais lentamente do que a água. Ocorre que, com as primeiras aplicações, os poros da parte superior do substrato foram preenchidos pelas minúsculas partículas de matéria orgânica oriundas do biofertilizante. Com o processo de evapotranspiração da cultura e o consequente consumo de água, as partículas sólidas do biofertilizante ficavam depositadas na superfície dos vasos, formando uma crosta enrijecida, incorporando a esta uma camada limítrofe do substrato. Com as aplicações sucessivas, a tendência é que a espessura dessa crosta aumente notadamente. Diante do exposto, infere-se que quanto maior o volume aplicado, maior a espessura da crosta. Em outras palavras, os vasos que receberam 150% da dose recomendada com biofertilizante tinham as maiores espessuras da crosta. Alencar et al (2015) alertam para a presença de sólidos em suspensão do biofertilizante, cuja aplicação ao longo do tempo pode

reduzir ou obstruir os macroporos presentes sobretudo, na camada superior, o que prejudica o fluxo de gases no meio. Desse modo, o processo de infiltração de água e de nutrientes via biofertilizantes é prejudicado, afetando diretamente o fornecimento desses elementos às plantas. Nessa lógica, quanto maior for a dose fornecida às plantas, maiores serão os problemas de infiltração. Esse fato interfere diretamente na drenabilidade do substrato e, conseqüentemente, na infiltração de água e de nutrientes.

3.3 Número de frutos por planta

A salinidade e a adubação influenciaram isoladamente o número de frutos por planta e a interação dos fatores (salinidade x adubação) também foi significativa ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, como pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8: Análise de variância para o número de frutos por planta do pimentão. Limoeiro do Norte, Ceará, 2015

Fator de Variação	Grau de liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Fator
Salinidade	4	23,12187	5,78047	7,4719**
Adubação	3	7,55061	2,51687	3,2533*
Interação	12	77,20561	6,43380	8,3164**
Tratamentos	19	107,87809	5,67779	7,3392**
Blocos	3	6,86492	2,28831	2,9579*
Resíduo	57	44,09659	0,77362	
Total	79	158,83959		
cv%	25,53			

Fonte: Elaborada pelo Autor

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

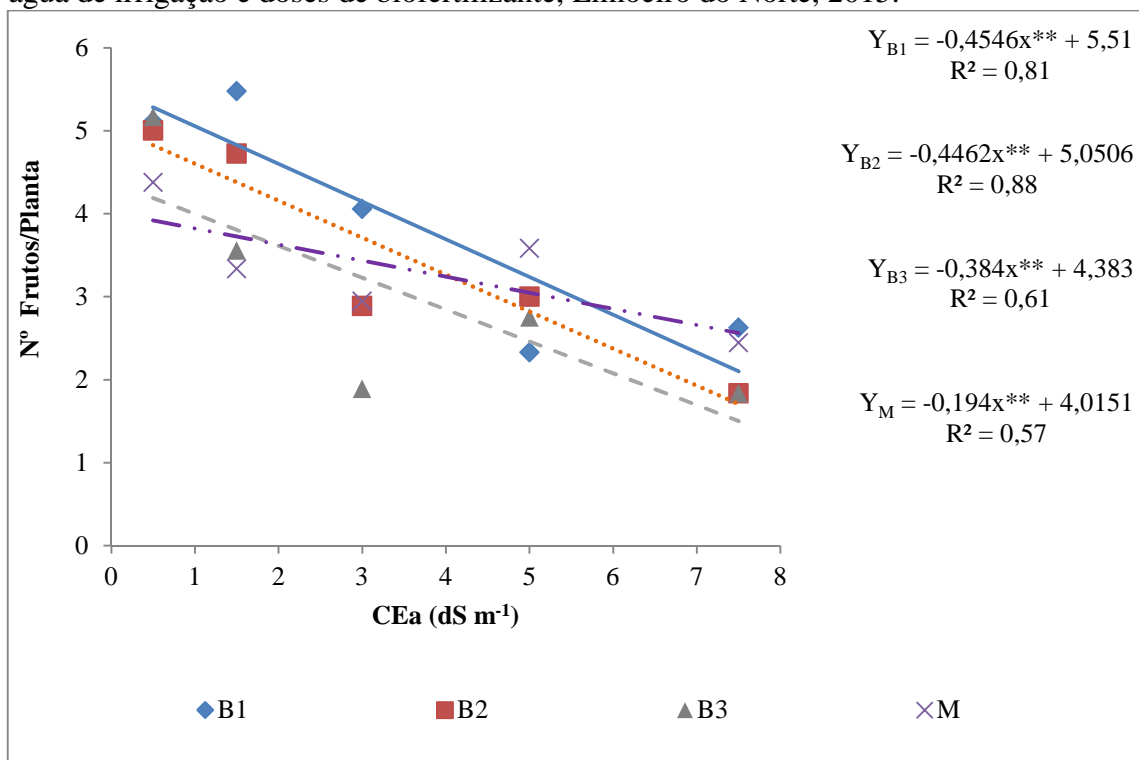
** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

Resultados encontrados por Mawgoud et al. (2001) corroboram com os que aqui estão sendo apresentados. Resultados divergentes foram encontrados por Sousa et al. (2009). Os autores aplicaram 3 concentrações de biofertilizante em 3 intervalos distintos na cultura do pimentão e não verificaram efeitos significativos no número de frutos por planta.

Como resultado da análise de regressão, foi obtida equação linear decrescente com 1% de probabilidade para todos os tratamentos de adubação, como pode ser visto na Figura 22.

Figura 22: Número de frutos por planta do pimentão submetido a níveis de salinidade da água de irrigação e doses de biofertilizante, Limoeiro do Norte, 2015.



Fonte: Elaborada pelo autor

De acordo com as CE da água, verifica-se que a aplicação de 50% da dose de biofertilizante proporcionou maior número de frutos por planta, seguido por 100 e 150% da dose. De acordo com o modelo matemático, a salinidade e a adubação mineral favorecem a elevação dessa variável. De um modo geral, observa-se que a aplicação de biofertilizante incrementou o número de frutos por planta até certo limite de salinidade da solução, quando comparada com os valores obtidos com a adubação mineral.

Resultados de outras pesquisas têm mostrado a mesma tendência com o pimentão como Ünlükara et al. (2015), Leonardo et al. (2007), Silva et al. (2014) e com tomate (MEDEIROS et al., 2012).

Por outro lado, resultados diferentes foram encontrados por Rubio et al. (2011), uma vez que não verificaram influência da salinidade no número de frutos totais por planta no pimentão. Leonardo et al. (2007) também não constataram benefício da matéria orgânica na

atenuação dos efeitos da salinidade. Os autores cultivaram o pimentão com salinidade de 1,5 a 6,0 dS m⁻¹, verificando significância apenas da salinidade e não na interação com a matéria orgânica para o número de frutos por planta.

3.4 Comprimento e largura do fruto

A análise de variância, cujo resumo encontra-se na tabela 9, evidencia que a variável comprimento do fruto diferiu significativamente para a fonte de variação salinidade e para a interação (salinidade versus adubação), porém para a fonte de variação adubação não houve significância.

Para a variável largura dos frutos, a salinidade, a adubação e a interação promoveram significância de 1% para todas as fontes de variação. Observa-se ainda que o coeficiente de variação das duas variáveis foram 12,78% e 11,07%, respectivamente.

Tabela 9: Análise de variância para o comprimento e largura do fruto do pimentão. Limoeiro do Norte, Ceará, 2015

Fator de Variação	Grau de liberdade	Comprimento do fruto	Largura do fruto
Salinidade	4	8,0150 **	11,1119 **
Adubação	3	1,4305 ns	5,6907 **
Interação	12	3,6170 **	7,1189 **
Blocos	3	1,3536 ns	0,1001 ns
Resíduo	57		
Total	79		
cv%		12,78	11,07

Fonte: Elaborada pelo Autor

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

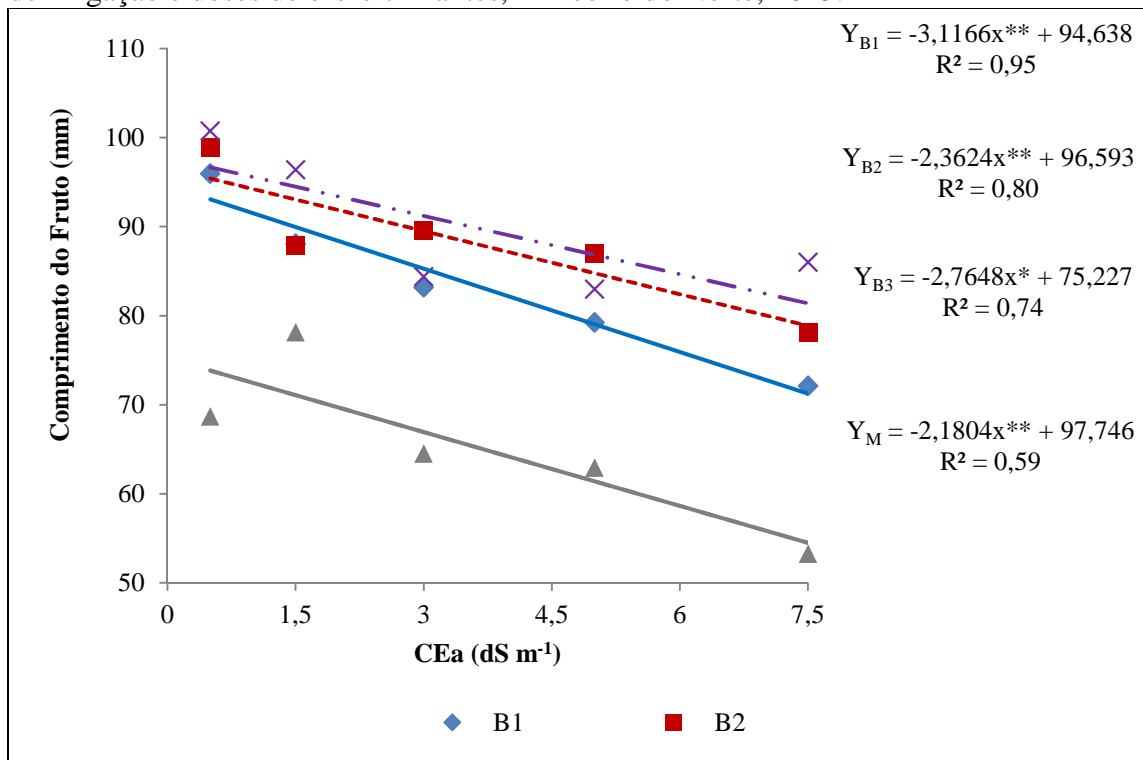
A partir da análise de regressão (Figura 23) verificou-se que o modelo linear decrescente foi o que melhor se ajustou para o comprimento dos frutos com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação em todos os tratamentos, em especial para o tratamento com a maior dose de biofertilizante.

O incremento da salinidade na água inibiu o crescimento dos frutos, notadamente quando adubado com 150% da dose de biofertilizante (B3) que tiveram os menores frutos.

Importante observar que, quando adubado com minerais, o pimentão apresentou maiores comprimentos de fruto do que quando adubado com biofertilizante, sendo seguido pelo tratamento com aplicação de 100% (B2) e 50% (B1) da dose de biofertilizante.

Esse fato pode ser justificado pela elevada condutividade elétrica (CE) do biofertilizante aliado à CE da solução, o que deve ter inibido um maior crescimento dos frutos nos tratamentos com adubação com biofertilizante.

Figura 23: Comprimento do fruto de pimentão submetido a 5 níveis de salinidade da água de irrigação e doses de biofertilizantes, Limoeiro do Norte, 2015.



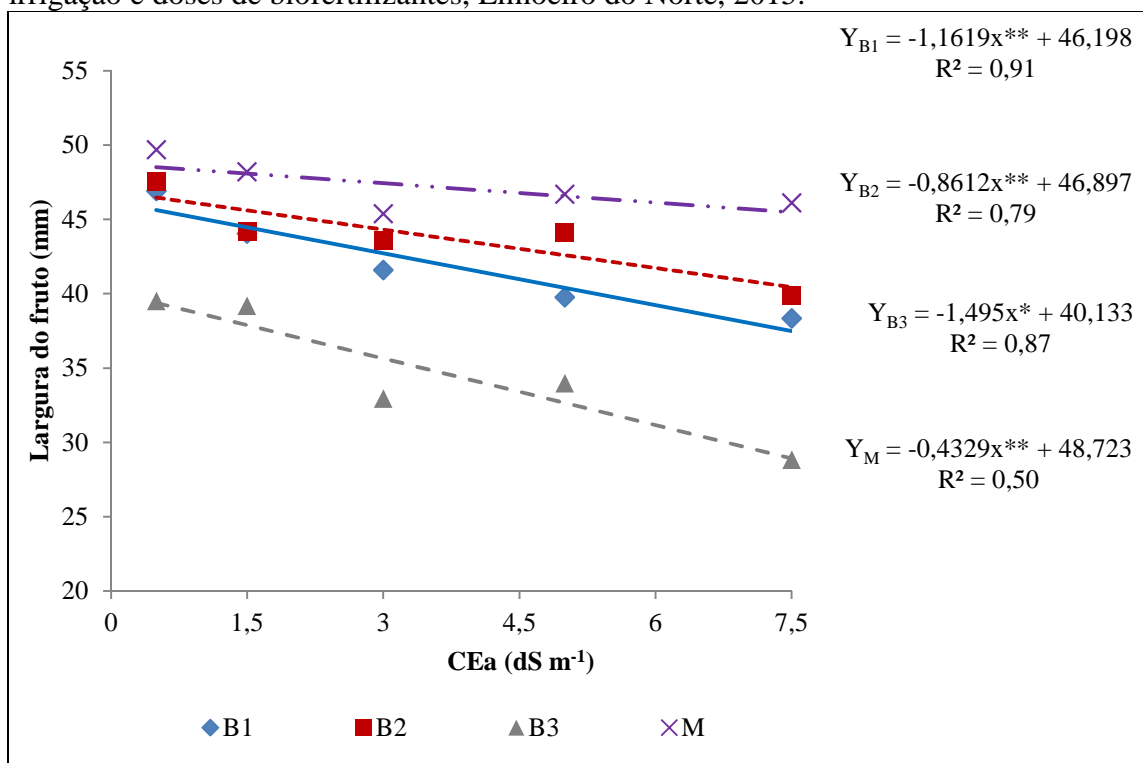
Fonte: Elaborada pelo autor

De acordo com as normas do Mercosul, adotadas no Brasil, frutos comerciais de pimentão têm comprimento igual ou superior a 50 mm e são tidos como pequenos no intervalo 50-80 mm, médios 80-100 mm e grandes a partir de 100 mm (MERCOSUL, 2016). Desse modo, os frutos colhidos em todos os tratamentos enquadraram-se como comerciais, sendo que os do tratamento B3 foram qualificados como frutos pequenos e os dos demais tratamentos como frutos médios, com exceção para B1 a partir da salinidade de 5 dS m⁻¹. Estudando os efeitos da salinidade na cultura do pimentão, Medeiros (1998) observou a produção de frutos grandes (em média 121 mm) e Silva (2002) de frutos pequenos com média de 75 mm.

Diferente do observado nesta pesquisa, Almeida Neto et al. (2009), estudando o efeito de 3 concentrações de biofertilizante (C1 = 10 ml/L; C2 = 20 ml/L e C3 = 30 ml/L) e de 3 intervalos de aplicação (I1 = 10 dias; I2 = 20 dias e I3 = 30 dias) na produção do pimentão, verificaram significância observando aumento do diâmetro vertical com o aumento da concentração de biofertilizante. Oliveira et al. (2014), avaliando o efeito da salinidade da água de irrigação em doses crescentes (0,5, 2, 4 e 6 dS m⁻¹) sobre os frutos de berinjela, adubada com solução mineral, verificaram efeito positivo até a salinidade de 2,48 (dS m⁻¹) e redução a partir deste nível; de modo, que na maior salinidade se obtiveram os menores valores.

Assim como no comprimento, a largura dos frutos também se relacionou inversamente com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 24), com um nível de 5% de probabilidade para o nível de adubação B3 e 1% para os demais tratamentos.

Figura 24: Largura do fruto do pimentão submetido a 5 níveis de salinidade da água de irrigação e doses de biofertilizantes, Limoeiro do Norte, 2015.



Fonte: Elaborada pelo autor

À semelhança do comprimento, as plantas adubadas com fertilizantes minerais (M) produzem frutos de maior largura e a biofertilização com 150% da dose recomendada acarretou em frutos mais estreitos. Corroborando com esta pesquisa, Araújo et al. (2008), avaliando o desenvolvimento do maracujazeiro amarelo submetido a doses crescentes de

biofertilizante (5, 10, 15 e 20 L planta⁻¹ ano⁻¹) e intervalos de aplicação, verificaram que a maior dose proporcionou o menor diâmetro (largura) dos frutos.

Resultados diferentes foram encontrados por Oliveira (2012) que não verificou a influência do biofertilizante no comprimento e na largura dos frutos de pimenta Dedo de Moça. Por sua vez, Guimarães (2014) verificaram um aumento dessas variáveis com o aumento da dose de biofertilizante no pimentão.

4 CONCLUSÕES

- Todas as variáveis de crescimento declinaram linearmente com o aumento da salinidade, sendo, em alguns casos, atenuado pela aplicação do biofertilizante;
- O biofertilizante não atenuou os efeitos deletérios da salinidade quanto aos dados produtivos;
- A adubação com fertilizantes minerais promove maiores produtividades, sendo seguida pela aplicação de 50%, 100% e 150% da dose do biofertilizante.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, T. L. de *et al.* Atributos Físicos de um Cambissolo Cultivado e Tratado com Biofertilizante na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 737-749, 2015.
- ALMEIDA NETO, S. C. *et al.* Efeito de Diferentes Concentrações de Biofertilizante e Intervalos de Aplicação no Crescimento e Produção do Pimentão. **Revista Verde**. Pombal, v.4, n.3, p. 70 – 76, julho/setembro, 2009.
- AMOR, F.M. DEL; MARTINEZ, V.; CERDA, A. Salinity duration and concentration affect fruit yield and quality, and growth and mineral composition of melon plants grown in perlite. **HortScience**, [S.I.], v.34, n.7, p.1234-1237, 1999.
- ARAÚJO, D. L. *et al.* Comportamento do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. Sims flavicarpa Deg.) sob diferentes dosagens de biofertilizante e intervalos de aplicação. **Revista Verde**. Pombal, v. 3(4). 2008.
- ARAÚJO, E. N. *et al.* Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.5, p.466–470, 2007.
- ARAÚJO, L. *et al.* Tomate Cereja cultivado em diferentes concentrações de Solução Nutritiva no Sistema Hidropônico Capilar. **Revista Unimontes Científica**. [S.I.], v. 15, n.1, 2013.
- ARRUDA, C. E. de M. *et al.* Bell Pepper Cultivation with Brine from Brackish Water Desalination. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 197-201, abr.-jun., 2011
- BHARDWAJ, D. *et al.* Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. **Microbial Cell Factories**. [S.I.], p. 13:66, 2014
- BOSCO, M. R. de O. *et al.* Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 3, p. 296-302, 2009.
- CAMPOS, J. N. B. Águas superficiais no semiárido brasileiro: Desafios ao atendimento aos usos múltiplos. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; PAZ, V. P. da S. **Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas**. Campina Grande - PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. 249-268 p.
- CAMPOS, V. B. e CAVALCANTE, L. F. Salinidade da água e biofertilizante bovino: efeito sobre a biometria do pimentão. **Holos**, Natal, Ano 25, Vol. 2. 2009.
- CAMPOS, V. B. *et al.* Crescimento inicial da mamoneira em resposta à salinidade e biofertilizante bovino. **Revista Magistra**, [S.I.], v. 21, n. 01, p. 41-47, 2009.
- CAVALCANTE, E. C, dos S. *et al.* Sementes de Pimentão Submetidas a Níveis de Salinidade durante o processo de Germinação. In: XXV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2015, São Cristóvão. Anais do XXV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2015.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S.I.], v. 32, n. 01, p. 251-261, 2010.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino na formação de mudas de pinhão-manso. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 3, p. 288-300, julho-setembro, 2011.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. **Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, núm. 4, out-dez, 2009, pp. 414-420.

COSME, C. R. *et al.* Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.5, p.499–504, 2011.

DIAS, T. J. *et al.* Irrigação com água salina em solo com biofertilizante bovino no crescimento do maracujazeiro amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, [S.I.], v. 34, n. 4, p. 1639-1652, jul./ago. 2013.

EL-HIFNY, I. M. M. e EL-SAYED, M.A.M. Response of Sweet Pepper plant Growth and Productivity to Application of Ascorbic Acid and Biofertilizers under Saline Conditions. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, [S.I.], 5(6): p. 1273-1283, 2011.

FEITOSA, F. A. C.; FEITOSA, E. C. Realidade e perspectivas do uso racional de águas subterrâneas na região semiárida do Brasil. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; PAZ, V. P. da S. **Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas**. Campina Grande - PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. 269-305 p.

FREIRE, J. L. O. **Crescimento e desenvolvimento de maracujazeiro amarelo sob salinidade e uso de biofertilizante e cobertura**. Areia, 2011, 185f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição das Plantas) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

FURLANI, P. R. *et al.* **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52p. (Boletim Técnico, 180).

GOMES, J. W. S. *et al.* Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 850-856, out-dez, 2011.

GUEDES, R. A. A. *et al.* Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.10, p.913–919, 2015.

GUIMARÃES, J. W. A. **Produção Orgânica Irrigada e Rentabilidade do Pimentão Amarelo sob diferentes Ambientes e Dosagens de Biofertilizante**. Fortaleza. 2013, 136 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Ceará.

HUEZ-LÓPEZ, M. A. *et al.* Response of Chile Pepper (*Capsicum Annuum* L.) to Salt Stress and Organic and Inorganic Nitrogen Sources: II. Nitrogen and Water use Efficiencies, and Salt Tolerance. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, [S.I.], v. 14: 757-763. 2011.

LEONARDO, M. *et al.* Produção de frutos de pimentão em diferentes concentrações salinas. **Irriga**. Botucatu, v. 12, n. 1, janeiro-março, 2007.

LIMA, C. J. G. de S. *et al.* Resposta do Feijão Caupi a Salinidade da Água De Irrigação. **Revista Verde**. Pombal, . v.2, n.2, p. 79-86, 2007

LIMA, L. A. *et al.* Rendimento de frutos de Pimentão sob Estresse Salino Parcial do Sistema Radicular. In: II INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING. 2014. Anais... Fortaleza, **INOVAGRI**, 2014. p. 5272-5278. <http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a710>.

MAWGOUD, A. M. R. A. *et al.* Sweet pepper crop responses ti greenhouse climate manipulation under saline conditions. **Acta Horticulturae**, [S.I.], v. 659, 2004.

MEDEIROS, J.F. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão**. 1998. 152p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

MEDEIROS, P. R. F. *et al.* Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.1, p.51-55, 2012.

MEDEIROS, R. F. *et al.* Uso de biofertilizantes e águas salinas em plantas de *Lycopersicon pimpinellifolium* L. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, vol. 8, núm. 1, p. 156-162, 2013.

MENDLINGER, S.; PASTERNAK, D. Effect of time of salinization on flowering, yield and fruit quality factors in melon, *Cucumis melo* L. **Journal of Horticultural Science**, [S.I.], v.67, n.4, p.529-534, 1992.

Mercado Comum do Sul – MERCOSUL. Resolução 142/96, de 13 de dezembro de 1996. Aprova o Regulamento Técnico MERCOSUL de Identidade e de Qualidade do Pimentão. Disponível em: < http://www.mercosur.int/msweb/Normas/normas_web/Resoluciones/PT/96142.pdf > Acesso em: 25 mar. 2016.

MESQUITA, F. de O. *et al.* Comportamento de mudas de *Solanum capsicoides* irrigados com águas salinas e biofertilizante. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**. [S.I.], v. 10, n. 1, p. 91-101, jan - mar, 2014

MONTEIRO, F. J. F. *et al.* Interação entre Salinidade e Biofertilizante Bovino na Cultura do Gergelim. In: III INOVAGRI International Meeting. 2015. Anais... Fortaleza, INOVAGRI, 2015. <http://dx.doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a234>

MORAIS, F. A. de *et al.* Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 327-336, abr-jun, 2011.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol.** 2008. [S.I.], 59:651-81.

- NASCIMENTO, J. A. M. *et al.* Efeito da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, pp. 258-264, 2011.
- NUNES, R. L. C. *et al.* Efeitos da salinidade da solução nutritiva na produção de pimentão cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.26, n. 4, p.48-53, 2013.
- OLIVEIRA, F. de A. *et al.* Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 5, p. 480-486, 2014.
- OLIVEIRA, J. R. **Uso de Biofertilizantes na Produção de Pimenta Dedo de Moça**. Teresina, 2012. 63f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Piauí, 2012.
- OLIVEIRA, M. K. T. *et al.* Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da Mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista Verde**. Pombal, v.1, n.1, p. 47-53. 2006
- PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. DE; ARAÚJO, O. J. Potencialidades da erva-sal (*Atriplex nummularia*) irrigada com o rejeito da dessalinização de água salobra no semi-árido brasileiro como alternativa de reutilização. *In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 27, 2004. Natal. Anais... Natal: ABES, 2004.
- REBEQUI, A. M. *et al.* Resposta inicial do pinhão-mansão à salinidade da água de irrigação, em solo com esterco bovino fermentado. *In: IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas*, 2010, João Pessoa, PB. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 806-811.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use of saline waters for crop production**. FAO 48, Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1992.
- RUBIO, J. S. *et al.* Sweet pepper production in substrate in response to salinity, nutrient solution management and training system. **Horticultura Brasileira**. Vitória da Conquista, v. 29, n. 3, p. 275-281, 2011.
- SILVA, E. F. F. **Manejo da Fertirrigação e Controle da Salinidade na Cultura do Pimentão utilizando Extratores de Solução do Solo**. 2002. 136 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- SILVA, F. de A. S. e; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do Programa Computacional ASSISTAT para o Sistema Operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.
- SILVEIRA, J. A. G. *et al.* Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. *In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 303-315 p.

SOARES, T. M. *et al.* Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 303-315 p.

SOARES, T. M. *et al.* Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Revista Irriga**, Botucatu, n.2 v.12 p.235-248, 2007.

SOARES, T. M. *et al.* Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.730-737, 2006.

SOUSA, G. B. *et al.* Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Caatinga**. Mossoró, v.21, n2, p.172-180 maio/junho de 2008.

SOUSA, G. G. *et al.* Irrigação com água salina na cultura do amendoim em solo com biofertilizante bovino. **Nativa Sinop**, [S.I.], v. 02, n. 02, p. 89-94, abr./jun. 2014.

SOUSA, G. G. *et al.* Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 237-245, 2012.

SOUSA, M. J. R. *et al.* Crescimento e produção do pimentão sob diferentes concentrações de biofertilizante e intervalos de aplicação. **Revista Verde**. Pombal, v. 4, n.4, p. 42-48, 2009.

SOUTO, A. G. de L. *et al.* Comportamento do Noni à Salinidade da Água de Irrigação em Solo com Biofertilizante Bovino. **Irriga**. Botucatu, v. 18, n. 3, p. 442-453, jul-set, 2013.

SOUTO, A. G. L. *et al.* Água salina e biofertilizante bovino na produção de frutos e alocação de biomassa em noni (*Morinda citrifolia* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.17, n.2, p.340-349, 2015.

SOUZA, M. C. M. R. de *et al.* Influência da Irrigação com Águas Salinas no Crescimento do Noni cultivado na presença e ausência de Matéria Orgânica. In: IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação e I INOVAGRI Meeting, 2012, Fortaleza. Anais do IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação e I INOVAGRI Meeting, 2012.

STEDUTO, P.; *et al.* **Crop yield response to water**. FAO Irrigation and Drainage Paper 66. Rome, 2012, 505 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p

TAWFIK, M.M. *et al.* Prospect of Biofertilizer Inoculation for Increasing Saline Irrigation Efficiency. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, [S.I.], v. 7(2), p. 182-189, 2011.

TERRY, N. e WALDRON, L. J. Salinity, photosynthesis, and leaf growth. **California Agriculture**, [S.I.], p. 38-39, oct, 1984.

ÜNLÜKARA, A.; KURUNÇ, A.; CEMEK, B. Green Long Pepper Growth under Different Saline and Water Regime Conditions and Usability of Water Consumption in Plant Salt Tolerance. **Journal of Agricultural Sciences**. [S.I.], v. 21, p. 167-176. 2015.

VILLAVICENCIO, N. M. *et al.* Efectos por salinidade em el desarrollo vegetativo. **Tecnociencia Chihuahua**. [S.I.], v. V, n. 3, p. 156-161, 2011.

CAPÍTULO 2 – Evapotranspiração da cultura do pimentão sob condições salinas e com biofertilização

RESUMO

O cultivo hidropônico em substrato permite uma condição de amenização do acúmulo de sais na zona radicular na medida em que há maior controle da condutividade elétrica da solução nutritiva e drenabilidade do meio. Outrossim, a adição de matéria orgânica na forma de biofertilizante pode favorecer a tolerância das culturas à salinidade, visto que tem potencial de aprimorar as características químicas, físicas e biológicas do substrato e assim, dentre outros benefícios, ampliar a retenção de água favorecendo a sua absorção pelas plantas. Face ao exposto, essa pesquisa foi realizada no intuito de levantar informações de demanda hídrica para o cultivo do pimentão em regime hidropônico sob estresse salino e submetido a doses de biofertilizante. Para isso, utilizou-se a metodologia da lisimetria de drenagem para a mensuração da evapotranspiração da cultura. Além disso, monitorou-se a condutividade elétrica da água drenada, para se obter indicativos da retirada de sais do meio de cultivo por meio da lixiviação, e quantificou-se a eficiência no uso da água. O ensaio foi realizado na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE), numa área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, localizada no município de Limoeiro do Norte, CE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 4, referentes a 5 diferentes concentrações de água salina (0,5; 1,5; 3,0; 5,0 e 7,5 dS m⁻¹) e 3 doses de biofertilizantes na solução nutritiva (50, 100 e 150% da recomendação) e uma solução mineral recomendada para hidroponia para a cultura do pimentão, com 4 repetições, totalizando 80 unidades experimentais, sendo utilizadas 3 plantas por parcela. Os resultados evidenciaram que: as plantas adubadas com biofertilizante diminuíram o seu consumo de água na medida em que se aumentou a salinidade da mesma; a aplicação de biofertilizante e o uso de águas mais salinas elevaram a condutividade elétrica da água de drenagem (CEad); as plantas reduziram a eficiência no uso da água sob condições do estresse salino; a biofertilização reduziu a eficiência do uso da água..

Palavras-chave: Estresse osmótico. Eficiência no uso da água. Hidroponia.

CHAPTER 2 - Chili Culture of evapotranspiration in saline conditions and biofertilizers

ABSTRACT

The hydroponic substrate allows a milder condition of accumulation of salts in the root zone to the extent that there is a greater control of the electrical conductivity of the nutrient solution and the substrate drainability. Furthermore, the addition of organic matter in the form of biofertilizers can foster crop tolerance to salinity, since it has the potential to enhance the chemical, physical and biological characteristics of the substrate and thus, among other benefits, increase water retention by promoting its absorption by the plants. Therefore, this research was conducted with the purpose of obtaining water demand information for pepper cultivation in a hydroponic system under salt stress and subjected to biofertilizer doses. We used the methodology of drainage lysimeters to measure crop evapotranspiration. The electrical conductivity of the water drained was monitored in order to obtain the indicative of the removal of salts from the culture medium by the leaching salts; the efficiency in the use of water was also quantified. The study was conducted at the Teaching, Research and Extension Unit (in Portuguese, Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão - UEPE), an area which belongs to the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará – (in Portuguese, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE), located in Limoeiro do Norte, Ceará. The experimental design was a randomized block in a factorial 5 x 4, for five different saline water concentrations (0.5, 1.5, 3.0, 5.0 and 7.5 dS m⁻¹); three doses of biofertilizers in the nutrient solution (50, 100 and 150% of the recommended dosage) and one additional solution (the recommended one for hydroponics in pepper culture) with 4 replications, totalizing 80 experimental units, with three plants being used per plot. The results showed that: the plants fertilized with the biofertilizer decreased their water consumption the more the salinity level was increased; the application of biofertilizers and the use of more saline water increased the electrical conductivity of the drainage water (EC_{WD}); the plants reduced their efficiency in the use of water under conditions of salt stress; the biofertilization reduced the efficiency of water use.

Keywords: Osmotic stress. Efficiency in water use. Hydroponics.

1 INTRODUÇÃO

O uso dos recursos naturais com vistas à produção de alimentos tem sido cada vez mais estudado, notadamente em virtude dos impactos que os sistemas de produção provocam ao ambiente, prejudicando frequentemente a qualidade desses recursos, restringindo seu uso de modo sustentável.

Nesse sentido, o aprimoramento das técnicas que perfazem a agricultura irrigada deve priorizar o aumento da produtividade da água, além da conservação de sua qualidade bem como a do solo (BELTRÁN, 2010). Assim, um manejo racional da irrigação contempla uma vertente tanto quantitativa, no sentido de economizar esse recurso, quanto qualitativa, evitando problemas posteriores como a salinização (HOLANDA et al., 2010).

Por outro lado, inúmeras pesquisas têm sido realizadas no sentido da utilização de águas de má qualidade nos diversos sistemas de produção (BARROS JUNIOR et al., 2008; GUEDES FILHO et al., 2015; VILLAVICENCIO et al., 2011; VERAS et al., 2015; ÜNLÜKARA, KURUNÇ, CEMEK, 2015; SANTANA et al., 2009; dentre outros).

Nesse contexto de limitação da água disponível para os sistemas de produção agrícola, o uso da hidroponia vem crescendo nos últimos anos, sobretudo em virtude da adoção de tecnologias (ZANINI, BÔAS, FEITOSA FILHO, 2002). Vale ressaltar que a racionalização no uso da água e dos nutrientes é tida como a principal vantagem no uso da hidroponia (OLIVEIRA, 2012). Desse modo, representa uma alternativa de produção de alimentos em condições climáticas diversas e para diferentes espécies (BARBOSA et al. 2002).

No cultivo em substrato hidropônico, há grandes semelhanças com a irrigação por gotejamento em plantios convencionais (SOARES et al., 2010). Contudo, há peculiaridades como maior precisão no fornecimento de nutrientes e, principalmente a condição de drenabilidade da solução nutritiva presente no substrato que traduz, por si, uma condição de amenização do acúmulo de sais na zona radicular, visto que, possibilita a lixiviação do seu excesso.

Nesse sentido, o acompanhamento da condutividade elétrica da água de drenagem fornece um indicativo da lavagem desses sais para além do alcance do sistema radicular. Ayers e Westcot (1999) afirmam que menores quantidades de sais na zona radicular podem ser atingidas com o emprego de lâminas de lixiviação. E, níveis elevados de salinidade no meio de cultivo (substrato, por exemplo) prejudicam a absorção de água pelas plantas, uma

vez que potencializa a componente osmótica do potencial hídrico e, portanto, afetam deslocamento de água por meio do sistema solo-planta-atmosfera (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Além de alternativas nos sistemas de produção, a aplicação de matéria orgânica tem sido objeto de pesquisas no intuito de promover benefícios às plantas cultivadas em condições de estresse salino, com a aplicação de biofertilizantes (ALVES et al., 2009; ARAÚJO et al., 2007; GONÇALVES, SCHIEDECK, SCHWENGBER, 2009; MELO et al., 2014; ALMEIDA NETO et al., 2009; SOUZA et al., 2012; CHUGHTAI et al., 2003; FREIRE et al., 2011; dentre outros).

O biofertilizante consiste num insumo com potencial de melhoramento das propriedades químicas, físicas e biológicas do meio (MALAVOLTA et al., 2002), promovendo um equilíbrio nutricional e maior resistência às plantas (SANTOS e AKIBA, 1996). Além disso, contém substâncias húmicas que melhoram as condições de absorção de água e de nutrientes, estimulam a proliferação de microorganismos (MAHMOUD e MOHAMED, 2008; NASCIMENTO et al., 2011) e promovem maior retenção de água pelo substrato (ALENCAR et al., 2015).

A cultura do pimentão, que está entre as dez hortaliças de maior expressão econômica no Brasil (SEDIYAMA et al., 2009), possui certo grau de exigências de nutrientes (FEITOSA FILHO et al., 2001) e água (SANTANA et al., 2011) como outras espécies olerícolas. Assim, o conhecimento acerca das necessidades hídricas dessa cultura é de suma importância para um racional planejamento de novos projetos e no manejo dos sistemas de irrigação.

Face ao exposto, há que se empreenderem esforços no sentido de se conceber e de se adaptar as tecnologias, formatando sistemas de produção rentáveis e capazes de produzir alimentos utilizando água de baixa qualidade com maior eficiência. Desse modo, justifica-se as pesquisas para verificar a influência da matéria orgânica no consumo hídrico de culturas sob condições de salinidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Lisímetros de drenagem e quantificação da evapotranspiração da cultura

Cada vaso foi irrigado com um gotejador autocompensante com vazão nominal de 4 L h^{-1} , sendo que o tempo de irrigação foi o suficiente para promover a drenagem da solução aplicada aos vasos diariamente.

Com vistas a levantar informações acerca do consumo hídrico da cultura em tela, foram realizadas adaptações em alguns vasos de forma que funcionassem como lisímetros de drenagem. A estrutura foi concebida para se coletar o volume drenado dos vasos ao longo do ciclo da cultura. Uma estrutura central foi instalada, fixando-se uma tábua em formato quadrado de forma a dispor o vaso com segurança.

Como o vaso dispunha de 8 furos na parte basal, a estratégia foi conter o volume drenado por meio de um saco plástico que o canalizava para um recipiente que ficava sobre o solo (Figura 25). Ressalta-se que para cada tratamento, foram selecionados 2 vasos de modo a dar mais confiabilidade nos dados coletados.

Figura 25: Adaptação estrutural para transformar vasos em lisímetros de drenagem



Fonte: Elaborada pelo autor

De posse das informações dos volumes de água aplicados e drenados, a evapotranspiração da cultura foi determinada diariamente a partir da equação 07.

$$ET_C = \frac{(I - D)}{A} \dots\dots\dots \text{Eq. 07}$$

Onde:

ET_C	– Evapotranspiração da cultura	(mm)
I	– Volume de água aplicado via irrigação	(litro)
D	– Volume de água drenado	(litro)
A	– Área do vaso	(m^2)

Em virtude da composição e do volume restrito de substrato onde as culturas estavam implantadas, não havia volume a drenar num período superior ao turno de rega (diário).

Os dados relativos à evapotranspiração diária foram analisados em conformidade com o pressuposto por Allen et al. (1998), dividindo-se o ciclo de cultura em 4 fases a saber.

Tabela 10: Fases fenológicas da cultura do pimentão cultivado em ambiente protegido sob hidroponia aberta, Limoeiro do Norte, Ceará, 2015

	FASE	PERÍODO	OBSERVAÇÕES
1	Inicial	1 a 29 DAT	Do transplantio até o estabelecimento de cerca de 10% de seu desenvolvimento
2	Crescimento	29 a 50 DAT	Crescimento vegetal, fase de aumento da área foliar
3	Intermediária Floração/frutificação	60 a 90 DAT	Fase de floração e enchimento dos frutos
4	Final (senescência)	90 a 105 DAT	Início da colheita e senescência das folhas

Fonte: Elaborada pelo Autor

No que tange à definição da duração das fases, é importante destacar que não há uma regra clara e bem definida para todas as culturas e condições de clima e manejo, sendo, portanto, crucial a observação *in loco* do desenvolvimento da cultura para informações mais precisas e reais (PEREIRA e ALVES, 2010).

O transplantio das mudas para os vasos foi realizado aos 30 dias após a semeadura. Com vistas ao pleno estabelecimento das mudas, os tratamentos foram iniciados aos 21 dias após o transplantio (DAT). As leituras dos volumes drenados foram feitas a partir dos 29 DAT em todos os tratamentos.

Considerou-se que o consumo hídrico da fase inicial deu-se no período do estabelecimento das culturas, em cujo tempo não havia controle do volume drenado. Desse modo, o presente trabalho pôs-se a mensurar o consumo hídrico das 3 fases seguintes e, por fim foi considerado o valor inicial (Fase 1) constante e equivalente ao valor do início da fase 2. Ao final, os dados de ET_C foram submetidos à análise de regressão.

2.2 Eficiência no Uso da Água (EUA)

A eficiência de uso da água foi obtida pela razão entre o consumo hídrico total da cultura e a produtividade, de cada um dos 20 tratamentos.

Assim, pôde-se analisar a variação desse indicador em função do aumento da salinidade da água de irrigação e das doses de biofertilizante e de adubos minerais, através de uma análise de regressão.

$$EUA = \frac{Prod}{ET_{TC}} \dots\dots\dots \text{Eq. 08}$$

Onde:

EUA	– Eficiência no uso da água	(g mm ⁻¹)
ET _{TC}	– Evapotranspiração da cultura total no ciclo	(mm planta ⁻¹)
Prod	– Produtividade da cultura	(g planta ⁻¹)

2.3 Condutividade elétrica da água de drenagem (CEad)

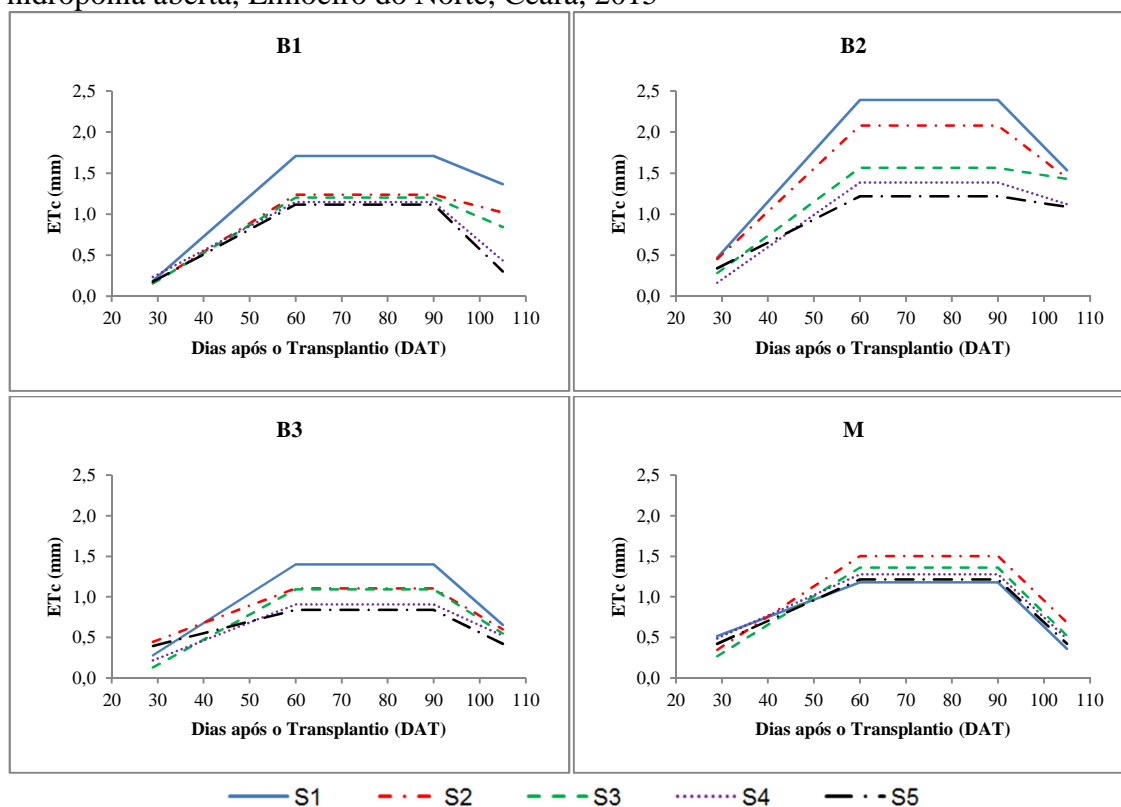
Usando o processo de coleta dos volumes drenados, ao longo do ciclo da cultura, separaram-se parte desses volumes para a determinação da condutividade elétrica da água de drenagem (CEad) utilizando-se um condutivímetro de bancada. Ao final, foram realizadas 19 leituras de todos os 20 tratamentos no período compreendido entre 32 e 91 dias após o transplântio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Evapotranspiração da Cultura (ETc)

Os valores da evapotranspiração da cultura do pimentão irrigado com águas de CE desde 0,5 até 7,5 dS m⁻¹ e 4 adubações estão dispostos na Figura 26 a seguir.

Figura 26: Evapotranspiração da cultura do pimentão cultivado em ambiente protegido sob hidroponia aberta, Limoeiro do Norte, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor

Os valores de evapotranspiração diária oscilaram entre 0,13 e 2,39 mm dia⁻¹, a depender da fase e do tratamento empregado. No mesmo tipo de ambiente e de cultura, Albuquerque et al. (2012) encontraram valores cerca de 25% inferiores (3,03 mm dia⁻¹), em Recife (PE). E, Souza et al. (2011) obtiveram valores médios de ETc entre 1,85 e 2,0 mm dia⁻¹ em Seropédica, Rio de Janeiro. Mesma região que Pereira (2006) encontrou valores muito próximos, ficando entre 1,78 e 2,0 mm dia⁻¹. Pesquisas realizadas em cultivo protegido na região Sul do Brasil, têm encontrado ETc média de até 0,81 mm dia⁻¹, indo de 0,1 até 2,5 mm dia⁻¹ (PIVETTA et al., 2010) em Santa Maria (RS). Intervalo muito próximo

do que foi medido por Tazzo et al. (2014), de 0,2 a 2,52 mm dia⁻¹, e Dalmago et al. (2006), de 0,2 a 2,38 mm dia⁻¹, na mesma cidade.

Já a campo aberto, Magalhães e Castro (1983) encontraram valores de evapotranspiração do pimentão de 4,0 mm dia⁻¹. E, Paiva et al. (2012) estimaram ETc de até 5,77 mm dia⁻¹ nas condições de Fortaleza (CE).

Nas condições em que se deram esse estudo, quando o pimentão é adubado exclusivamente com biofertilizante, independente da dose, as plantas consumiriam maiores quantidades de água quando irrigadas com soluções águas de menor salinidade. Esse fato pode ser explicado por dois fatores: perdas de água pela evaporação direta e melhoria das condições físicas do substrato a partir do incremento de matéria orgânica oriunda do biofertilizante, refletindo em melhores condições de armazenamento e disponibilidade hídrica para as plantas.

No primeiro caso, convém resgatar a metodologia utilizada para mensurar a evapotranspiração da cultura (ETc), lisimetria de drenagem. Considerando-se que se trata de um cultivo em ambiente protegido e, portanto, não passível de precipitações pluviométricas, o consumo hídrico das culturas foi dado pela simples diferença entre o volume de água aplicado e o volume drenado coletado diariamente. De acordo com Allen et al., (2006), a medida de evapotranspiração das culturas (ETc) é o somatório de dois componentes: a água perdida por transpiração nas trocas gasosas (T), juntamente com a quantidade de água evaporada (Ev) diretamente da superfície do solo.

Como outrora apresentado e discutido, nos vasos que receberam biofertilizantes, formou-se ao longo do ciclo uma crosta na superfície do substrato, tornando-o menos drenável. Diante disso, com aplicação contínua de biofertilizante e de água, comumente observava-se uma retenção de parte desses líquidos na superfície dos vasos dada a dificuldade de plena infiltração no substrato. Desse modo, dada a disponibilidade de energia na estufa oriunda da radiação solar, o processo de evaporação direta certamente foi recorrente e bem superior ao ocorrido nos vasos que receberam fertilizantes minerais. Assim, é muito provável que a componente Evaporação (Ev) tenha sido um forte fator contribuinte dos mais altos valores de evapotranspiração dos tratamentos que receberam biofertilizantes.

Por outro lado, no que tange à melhoria das condições físico-hídricas do substrato, ressalta-se que uma das estratégias para se ampliar a água disponível no solo é a adição de grandes quantidades de material orgânico (KLEIN; KLEIN 2015). Apesar de ser difícil mensurar o aumento da capacidade de armazenamento de água pela adição de matéria orgânica (REICHARDT, 1990), há relatos em que o aumento do teor de matéria orgânica

pode mais do que dobrar a capacidade de armazenamento de água do solo (FREITAS et al 2013). Mesmo com resultados menos expressivos, Costa et al (2013) comprovaram a importância da presença de matéria orgânica na retenção de água. Isso se deve à significativa aptidão à agregação das partículas que confere à matéria orgânica, a capacidade de influenciar positivamente a retenção e o movimento de água no sistema solo-planta (KLEIN e KLEIN 2015; CHEN 2006). Nesse sentido, cria-se um ambiente em que mesmo em potenciais hídricos reduzidos, inclusive com problemas de sais (CHEN, 2006), a condutividade hidráulica da raiz é potencializada contribuindo para uma maior absorção de água pelas plantas (BORASTE, 2009; MAHDI et al., 2010). Ressalta-se que o biofertilizante amplia a quantidade de microporos e, por consequência, a capacidade de retenção de água (BORASTE, 2009; ALENCAR et al., 2015; KLEIN e LIBARDI, 2002).

Em todos os tratamentos, os maiores valores de evapotranspiração foram observados ao se adubar as plantas com 100% da dose de biofertilizante. Nesse caso, as plantas quando irrigadas com água de boa qualidade, chegaram a consumir $2,4 \text{ mm dia}^{-1}$ no período de floração e de produção, finalizando o ciclo com pouco mais de $1,5 \text{ mm dia}^{-1}$.

O aumento das taxas de ET de B1 para B2 podem ser explicados pelo aporte maior de matéria orgânica e nutrientes oriundos do biofertilizante. Porém, com o aumento da dose para 150%, os níveis de salinidade provocaram uma queda nas taxas de ET em virtude do aumento dos valores de CE prejudicando a absorção de água. Por essa razão, os menores valores de evapotranspiração da cultura foram observados quando o pimentão foi adubado com uma dose de 150% com biofertilizante.

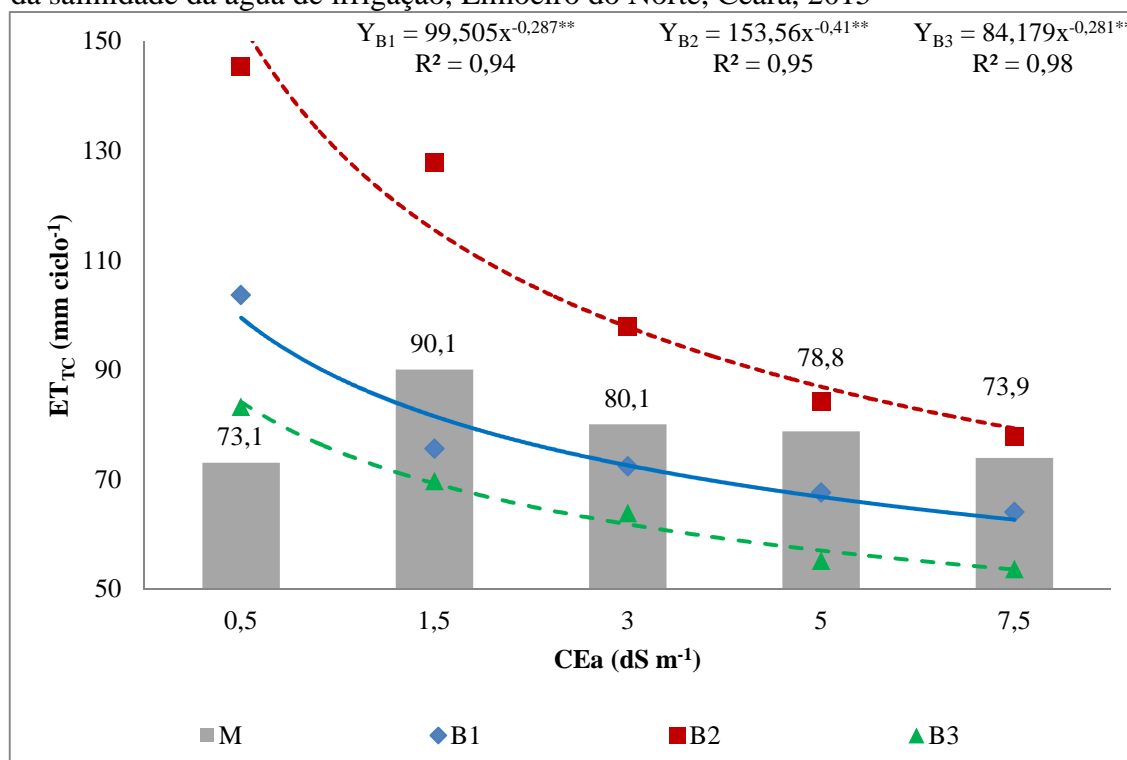
Estudos comprovam que o acúmulo de solutos orgânicos mantém o potencial osmótico no tecido celular menor que o da solução externa, provocando uma situação de absorção de água e nutrientes mesmo em meio salino (GREENWAY; MUNNS, 1980; TAIZ; ZEIGER, 2013), sem permitir o aumento excessivo de sais nas células (TAIZ; ZEIGER, 2013). O biofertilizante induz o ajustamento osmótico, favorecendo a absorção de água e de nutrientes em meios salinos (NASCIMENTO et al., 2011). Sendo fonte de substâncias húmicas, o insumo pode induzir a uma melhor regulação no ajustamento osmótico através da acumulação de solutos orgânicos nas células das plantas como os carboidratos solúveis, sacarose, aminoácidos livres e proteínas solúveis (MAHMOUD; MOHAMED, 2008). Além disso, essas substâncias húmicas exercem inúmeros efeitos nas funções das plantas e que alguns destes resultam, direta ou indiretamente, em uma regulação da absorção de íons (NARDI et al., 2002).

3.2 Eficiência no Uso da Água (EUA)

A partir das curvas de evapotranspiração da cultura obtidas para cada um dos 20 tratamentos, foram determinados os valores de evapotranspiração para todo o ciclo (ET_{TC}). Os dados de ET_{TC} foram submetidos à análise de regressão e, ao final, à exceção dos tratamentos com adubos minerais, todos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade com modelo potencial de melhor ajuste.

Analisando-se o comportamento das curvas de regressão para os valores de ET_c , observa-se que o aumento da salinidade da água de irrigação promoveu a diminuição do consumo hídrico independente do tipo e da dose de fertilização (Figura 27). Observa-se que a cultura consumiu maior quantidade de água quando recebeu adubação equivalente a 100% da dose de biofertilizante (B2), com $145,5 \text{ mm ciclo}^{-1}$, seguido por B1 e B3, com 103,7 e 83,3 mm, respectivamente. Quando adubada com fertilizantes minerais (tratamentos M) houve um comportamento diferenciado dos demais, não sendo observado modelo de regressão adequado.

Figura 27: Evapotranspiração Total no Ciclo (ET_{TC}) do pimentão em função do aumento da salinidade da água de irrigação, Limoeiro do Norte, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor

No que diz respeito à Eficiência no Uso de Água (EUA), foi constatada uma tendência linear negativa ao correlacionar o aumento da salinidade com a produtividade da cultura para todos os tratamentos (Figura 28).

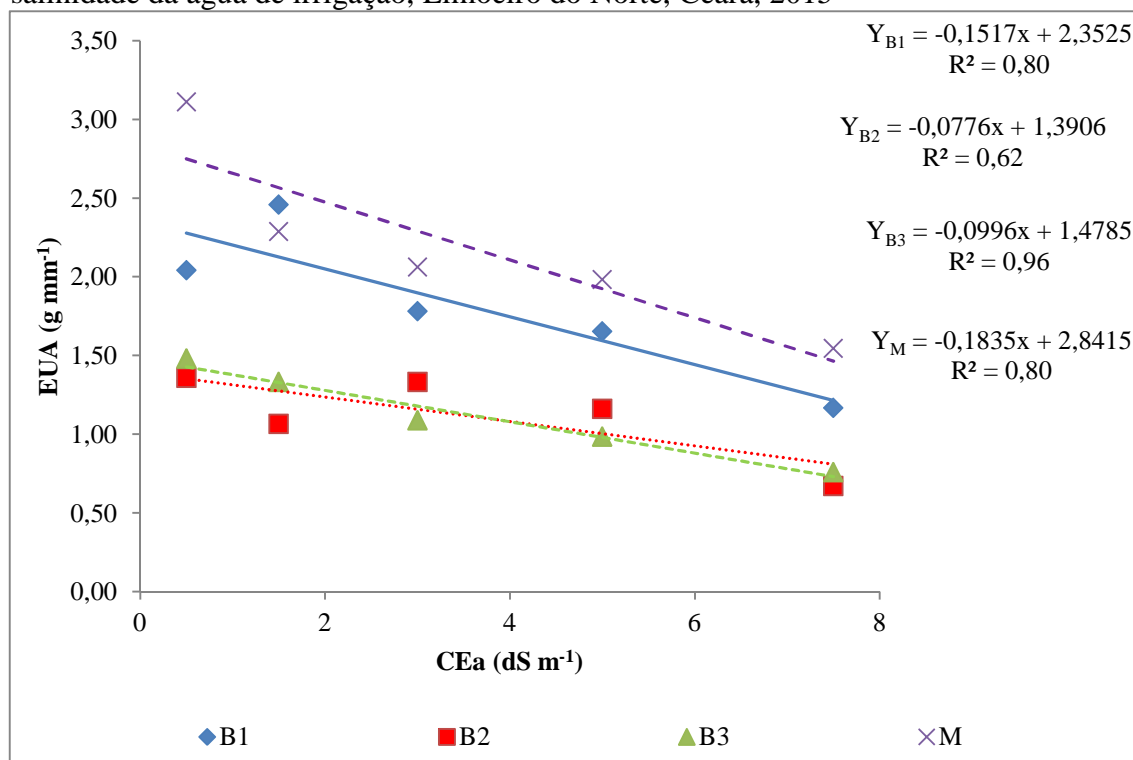
Esteves e Suzuki (2008) afirmam que aumentar a eficiência no uso da água é um dos principais objetivos das plantas quanto às suas reações para tolerar as condições de salinidade. Assim, infere-se que nas condições de estudo, a cultura do pimentão não desenvolveu mecanismos que aumentam a eficiência no uso da água.

Ainda de acordo com as curvas de tendência, as plantas adubadas com 100 ou 150% da dose de biofertilizante, apresentaram valores muito próximos de EUA, com ligeiro acréscimo nas primeiras. Logo acima vem a curva equivalente à aplicação de 50% da dose de biofertilizante e, por fim, a adubação mineral.

Constatou-se, portanto, que as plantas que foram adubadas com biofertilizante foram menos eficientes no uso da água para a produção de frutos do que as plantas que receberam adubos minerais. Esse fato pode ter origem no caráter salino do biofertilizante e na forma como foi utilizado.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2011) que, aplicando biofertilizante via foliar, constatou uma redução de cerca de 50% na eficiência no uso da água no intervalo entre a menor ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$) e a maior ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$) salinidade da água de irrigação.

Figura 28: Eficiência do uso da água (EUA) do pimentão em função do aumento da salinidade da água de irrigação, Limoeiro do Norte, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor

Por outro lado, Pereira (2006) constatou que a presença de matéria orgânica no cultivo do pimentão a céu aberto aumentou em cerca de 20% a eficiência do uso da água. Numa proporção menor, Souza et al. (2011) averiguaram um aumento de 13% na EUA em sistema de plantio direto comparado com plantio convencional.

3.3 Condutividade Elétrica da Água de Drenagem (CEad)

A partir dos dados da Tabela 11, pode-se observar que a condutividade elétrica da água de drenagem (CEad) sofreu influência significativa em nível de 1% de probabilidade ao aumento da salinidade da água de irrigação (CEa), às adubações realizadas, bem como à interação desses fatores.

Tabela 11: Análise de variância para a condutividade elétrica da água de drenagem (CEad) no ciclo da cultura do pimentão irrigado com águas salinas com adubação orgânica e mineral. Limoeiro do Norte, Ceará, 2015

Fator de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Fator
Salinidade	4	1352,94388	338,23597	43,3583 **
Adubação	3	124,45164	41,48388	5,3178 **
Interação	12	1655,34430	137,94536	17,6831 **
Tratamentos	19	3132,73981	164,88104	21,1360 **
Blocos	18	3171,87148	176,21508	22,5889 **
Resíduo	342	2667,92681	7,80096	
Total	379	8972,53810		
cv%	46,29			

Fonte: Elaborada pelo Autor

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

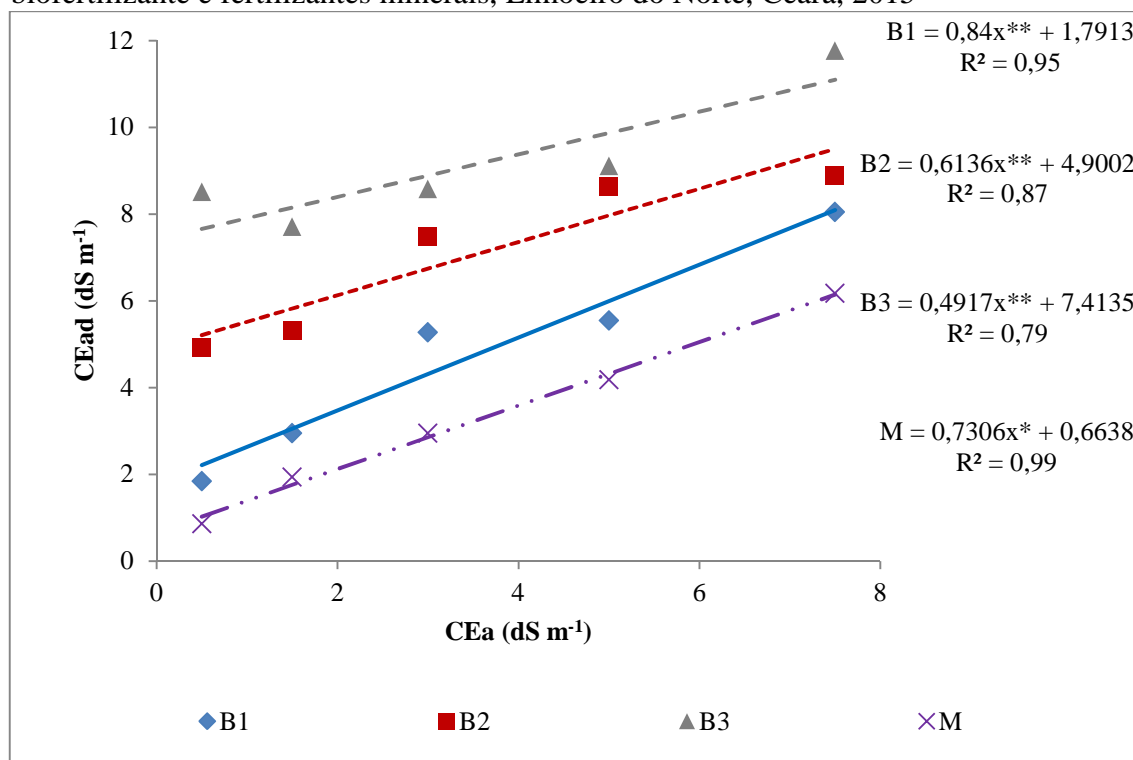
** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

A partir da significância da influência dos fatores salinidade e adubação na condutividade elétrica da água de drenagem (CEad) realizou-se uma análise de regressão. Como resultado dessa análise, foram obtidas regressões seguindo modelo ascendente de polinomial de 1º grau.

Pode-se observar na Figura 29, independente da dose de biofertilizante ou com a adubação mineral, o aumento dos valores da CE_{ad} em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a).

Figura 29: Evolução da condutividade elétrica da água de drenagem (CE_{ad}) em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a) e da aplicação de doses de biofertilizante e fertilizantes minerais, Limoeiro do Norte, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor

Importante observar que a aplicação de 150% da dose de biofertilizante (tratamento B3) promoveu os maiores valores da CE_{ad}. O tratamento M promoveu valores de CE_{ad} 45% menores que os do tratamento B3. Em seguida vêm os dados de B2 e B1, ficando abaixo 27% e 14%.

Espera-se naturalmente o aumento da CE_{ad} com incrementos na salinidade da água de irrigação, conforme constatado por Bezerra et al. (2003) na produção de mudas de cajueiro. Contudo, observa-se que a aplicação do biofertilizante potencializa esse acréscimo. Acredita-se que esse fato pode ser explicado tanto pelo alto valor da CE do biofertilizante, como pela frequência semanal e a continuidade da aplicação ao longo do ciclo de cultivo do pimentão. Certamente, houve um efeito cumulativo dos sais dissolvidos na água de irrigação e no biofertilizante.

Medeiros et al. (2012), Souto et al. (2015) e Silva et al. (2011) corroboram com os resultados dessa pesquisa, uma vez que constataram que a interação dos fatores salinidade da água de irrigação e aplicação de biofertilizante acentuaram o caráter salino do substrato ou do solo nos quais que foram cultivados o tomate, noni e feijão.

Resultados divergentes foram observados por Nascimento et al. (2011), Sousa et al. (2008) e Cavalcante et al. (2009) quando verificaram uma redução na CE do substrato ou do solo quando promoveram a biofertilização na produção de pimentão e de mudas de maracujá.

4 CONCLUSÕES

- As plantas adubadas com biofertilizante diminuíram o seu consumo de água na medida em que se aumentou a salinidade na solução de irrigação;
- A aplicação de biofertilizante e o uso de águas com maior salinidade elevaram a condutividade elétrica da água de drenagem (CEad);
- A biofertilização reduziu a eficiência do uso da água.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. da S. *et al.* Necessidade Hídrica e Coeficiente de Cultivo do Pimentão Fertirrigado. **Irriga**, Botucatu, v. 17, p. 481 - 493, out-dez, 2012.
- ALENCAR, T. L. *et al.* Atributos Físicos de um Cambissolo Cultivado e Tratado com Biofertilizante na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 737-749, 2015.
- ALLEN, R. G. *et al.* **CropEvapotranspiration: Guidelines for ComputingCropWaterRequirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, 1998, 300p.
- ALMEIDA NETO, S. C. *et al.* Efeito de Diferentes Concentrações de Biofertilizante e Intervalos de Aplicação no Crescimento e Produção do Pimentão. **Revista Verde**. Pombal, v.4, n.3, p. 70 – 76, jul/set, 2009.
- ALVES, G. S. *et al.* Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 31, p. 661-665, 2009.
- ARAÚJO, E. N. *et al.* Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.5, p.466–470, 2007.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.
- BARBOSA, R.M.; LIMA, M.C.B.; SILVA, E.C. Uma experiência com o cultivo hidropônico do tomateiro do grupo cereja em Maceió, AL. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v 20, n.2, 2002. Suplemento 2.
- BARROS JUNIOR, G. *et al.* Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.12, n.4, p.350–355, 2008
- BELTRÁN, J. M. Integrated approach to address salinity problems in irrigated agriculture. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 303-315 p.
- BELTRANO, J.; GIMENEZ, D. O. (Coord.) **Cultivo en hidroponía**. La Plata: Editorial de la Universidad de La Plata.
- BEZERRA, M. A. *et al.* Fotossíntese de plantas de cajueiro-anão precoce submetidas ao estresse salino. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, [S.I.], v. 47, p. 149-152, 2004.
- BORASTE, A. *et al.* Biofertilizers: A novel tool for agriculture. **International Journal of Microbiology Research**, [S.I.], v. 1, n. 2, pp-23-31, 2009.
- CAVALCANTE, L. F. *et al.* Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. **Ciências Agrárias**, Recife, vol. 4, núm. 4, out-dez, 2009, pp. 414-420.

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPAKI, G. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturae**. [S.I.], v. 86, p. 247-260, 2000.

CHEN, J. H. The combined use of Chemical and Organic Fertilizers and/or Biofertilizer for Crop Growth and Soil Fertility. In: International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use, 2006, Bangkok (Tailandia). Anais do International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use, 2006.

CHUGHTAI, S. *et al.* Alleviation of Salinity Stress Using Bio-Power (Bio-fertilizer) in Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). **International Journal of Agriculture & Biology**. [S.I.], v. 5, n. 2, p. 191-193. 2003

COSTA, A. *et al.* Water Retention and Availability in Soils of the State of Santa Catarina-Brazil: effect of textural classes, soil classes and lithology. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 1535-1548, 2013.

DALMAGO, G. A. *et al.* Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.785-792, mai-jun, 2006.

ESTEVES, B. dos S.; SUZUKI, M. S. Efeito da Salinidade sobre as Plantas. **Oecologia brasiliensis**. [S.I.], v. 12, p. 30-40, 2008.

FEITOSA FILHO, J. C. *et al.* Estudos de doses de Nitrogênio e de Potássio aplicadas no Pimentão por Fertirrigação em comparação à Adubação Convencional. In: II Workshop sobre Fertirrigação, 2001, São Pedro-SP. Anais. Piracicaba-SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. v. 1. p. 23-28.

FERNANDES, F. B. P. *et al.* Efeito de manejos do solo no déficit hídrico, trocas gasosas e rendimento do feijão-de-corda no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 506-515, jul-set, 2015.

FERREIRA, P. A. *et al.* Efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com beterraba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.10, n.3, p.570-578, 2006.

FREIRE, J. L. de O. *et al.* Necessidade Hídrica do Maracujazeiro Amarelo cultivado sob Estresse Salino, Biofertilização e Cobertura do Solo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 82-91, jan.-mar., 2011.

FREITAS, R. R. L. *et al.* Efeito do manejo de base agroecológica sobre a matéria orgânica e água disponível do solo no Sertão do Cariri Paraibano. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2013, Florianópolis. Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2013.

GONÇALVES, M. de M.; SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J. E. **Produção e uso de biofertilizantes em sistemas de produção de base ecológica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 7 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 78).

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, [S.I.], v.31, p.149-190, 1980.

GUEDES FILHO, D. H. *et al.* Componentes de produção e rendimento do girassol sob irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 514-527, julho - setembro, 2015.

HOLANDA, J. S. *et al.* Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 43-59 p.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. [S.I.], v. 19, n. 1, p.21-29. jan.- abr. 2015.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Condutividade Hidráulica de um Latossolo Roxo, não saturado, sob diferentes sistemas de Uso e Manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p. 945-953, 2002.

LACERDA, C. F. *et al.* Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 303-315 p.

MAGALHÃES, C. A. de; CASTRO, P. T. Determinação do Coeficiente de Cultura (Kc) do Pimentão (*Capsicum annuum*) através do Balanço Hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 14, p. 107-113, dez, 1983.

MAHDI, S. S. *et al.* Bio-Fertilizers in Organic Agriculture. **Journal of Phytology**. [S.I.], v. 2(10), p. 42-54, 2010.

MAHMOUD, A. A.; MOHAMED, H. F. Impact of Biofertilizers Application on Improving Wheat (*Triticum aestivum* L.) Resistance to Salinity. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, [S.I.], v. 4, n. 5, p. 520 – 528, 2008.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e Adubações**. São Paulo. Nobel, 2002. 200 p.

MARROCOS, S. T. P. **Composição de Biofertilizante e sua utilização via Fertirrigação em Meloeiro**. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

MEDEIROS, P. R. F. *et al.* Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.1, p.51–55, 2012.

MELO, E. N. *et al.* Uso de Biofertilizante e Lâminas de Irrigação na Cultura do Pimentão. In: II Inovagri International Meeting. 2014, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza: Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada (INOVAGRI), 2014. p. 4645-4651.

NARDI, S. *et al.* Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology e Biochemistry**, [S.I.], v. 34, n. 4, p. 1527 – 1536, 2002.

NASCIMENTO, J. A. M. *et al.* Efeito da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, pp. 258-264, 2011.

OLIVEIRA, T. H. de. **Atributos físico-químicos e produção do tomate cereja em hidroponia com água residuária em diferentes substratos**. Anápolis. 2012. 35 p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Goiás.

PAIVA, T. F. P. *et al.* Elaboração de um Calendário de Irrigação para a Cultura do Pimentão com base no clima de Fortaleza-CE. In: IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação e I INOVAGRI Meeting, 2012, Fortaleza. Anais do IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação e I INOVAGRI Meeting, 2012.

PENELLA, C. *et al.* Salt-Tolerance rootstock increases yield of pepper under salinity through maintenance of the photosynthetic performance and sinks strength. **Journal of Plant Physiology**. [S.I.], v. 193, p. 1-11, 2016.

PEREIRA, J. B. A. **Avaliação do Crescimento, Necessidade Hídrica e Eficiência no Uso da Água pela Cultura do Pimentão (*Capsicum Annuum* L.), sob Manejo Orgânico nos Sistemas de Plantio com Preparo do Solo e Direto – Seropédica, RJ**. Seropédica, 2006, 112 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.

PIVETTA, C. R. *et al.* Evapotranspiração máxima do pimentão cultivado em estufa plástica em função de variáveis fenométricas e meteorológicas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.14, n.7, p.768–775, 2010.

REICHARDT, K. **A Água Em Sistemas Agrícolas**. São Paulo: MANOLE, 1990. 188 p.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762p.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia das Plantas**. 4 Ed. São Paulo: CENGAGE Learning, 2012. 774p.

SANTANA, M. J. *et al.* Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do pimentão. **Global Science And Technology**. [S.I.], v. 04, n. 02, p.75 – 82, mai/ago. 2011.

SANTANA, M.J. e CARVALHO, J.A. 2009. Produção do pimentão irrigado com diferentes lâminas de água salina. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 27, n. 2 (Suplemento - CD Rom), agosto 2009. S1385-S1391

SANTOS, A. C. V. e AKIBA, F. **Biofertilizante líquido: uso correto na agricultura alternativa**. Seropédica: UFRRJ. 1996. 35 p.

SEDIYAMA, M. A. N. *et al.* Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**. Vitória da Conquista, v. 27, n. 3, p. 294-299, 2009

SEGHATOLESLAMI, M. Effect of water stress, bio-fertilizer and manure on seed and essential oil yield and some morphological traits of cumin. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, [S.I.], v. 19, p. 1268-1274, 2013.

SILVA, A. O. *et al.* Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.17, n.11, p.1143–1151, 2013.

SILVA, F. L. B. **Respostas de Plantas de Feijão-de-Corda à aplicação foliar de Biofertilizante, sob condições de Salinidade**. Fortaleza, 64 f. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, 2011.

SINGH, J. S. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Potential Microbes for Sustainable Agriculture. **Resonance**. 275-281. Mar. 2013.

SOARES, T. M. *et al.* Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 303-315 p.

SOUSA, G. B. *et al.* Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Caatinga**. Mossoró, v.21, n2, p.172-180 maio/junho de 2008.

SOUTO, A. G. L. *et al.* Água salina e biofertilizante bovino na produção de frutos e alocação de biomassa em noni (*Morinda citrifolia* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.17, n.2, p.340-349, 2015.

SOUZA, A. P. *et al.* Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 33, n. 1, p. 15-22, 2011.

SOUZA, M. C. M. R. *et al.* Influência da Irrigação com Águas Salinas no Crescimento do Noni cultivado na presença e ausência de Matéria Orgânica. In: IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação e I INOVAGRI Meeting, 2012, Fortaleza. Anais do IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação e I INOVAGRI Meeting, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p

TAZZO, I. F. *et al.* Evapotranspiração do pimentão em estufa plástica estimada com dados meteorológicos externos, na primavera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.3, p.275–280, 2012.

ÜNLÜKARA, A.; KURUNÇ, A.; CEMEK, B. Green Long Pepper Growth under Different Saline and Water Regime Conditions and Usability of Water Consumption in Plant Salt Tolerance. **Journal of Agricultural Sciences**. [S.I.], v. 21, p. 167-176. 2015.

VÉRAS, M. L. M. *et al.* Salinidade da água e biofertilizante bovino na formação de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Agropecuária Técnica**. [S.I.], v. 36 (1), p. 212-221. 2015.

VILLAVICENCIO, N. M. *et al.* Efectos por salinidade em el desarrollo vegetativo. **Tecnociencia Chihuahua**. [S.I.], v.5, n. 3, p. 156-161, 2011.

ZANINI, J. R.; BÔAS, R. L. V.; FEITOSA FILHO, J. C. **Uso e Manejo da Fertirrigação e Hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 2002.

CAPÍTULO 3 – Trocas gasosas foliares na cultura do pimentão sob condições salinas e com biofertilização

RESUMO

A hidroponia surge como uma tecnologia com potencial de adequação a essa realidade dada a maior precisão e controle no fornecimento de água e de nutrientes às plantas, além de maior capacidade de remoção do excesso de sais da zona radicular por meio da lixiviação. Outro fator importante nesse contexto é o incremento de matéria orgânica no meio de cultivo, notadamente o biofertilizante, o que favorece o equilíbrio nutricional, promove o enriquecimento da microbiota e acarreta melhorias físicas. Objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de doses de biofertilizante nas plantas de pimentão quanto às trocas gasosas em função do aumento da salinidade da água de irrigação. Para isso foi utilizado um analisador de gases infravermelho portátil (IRGA) modelo LI-COR 6400 XT (Licor, USA) com uma fonte artificial de radiação de $1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para medições de trocas gasosas em folhas completamente maduras, entre 7:00 e 11:00 horas. A pesquisa foi realizada na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE), numa área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, localizada no município de Limoeiro do Norte, CE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5×4 , referentes a 5 diferentes concentrações de água salina (0,5; 1,5; 3,0; 5,0 e 7,5 dS m^{-1}) e 3 doses de biofertilizantes na solução nutritiva (50, 100 e 150% da recomendação) e uma solução mineral recomendada para hidroponia para a cultura do pimentão, com 4 repetições, totalizando 80 unidades experimentais, sendo utilizadas 3 plantas por parcela. A biofertilização não teve influência sobre as trocas gasosas no pimentão; a salinidade e sua interação com o biofertilizante influenciaram sensivelmente as taxas de fotossíntese, de condutância estomática e de transpiração; as trocas gasosas foram reduzidas com o aumento da salinidade na água utilizada e das dosagens do biofertilizante; a biofertilização não atenuou os efeitos deletérios da salinidade quanto às trocas gasosas; o pimentão demonstrou baixa tolerância à salinidade, apesar de cultivado em sistema hidropônico.

Palavras-chave: Índices fisiológicos. Estresse salino. *Capsicum annuum* L. Insumo orgânico.

CHAPTER 3 - Leaf gas exchange of chili crop under saline conditions and biofertilizers

ABSTRACT

Hydroponics emerges as a technology with the potential to adapt to this reality considering its greater precision and control in the supply of water and nutrients to plants, and its greater removal capacity of the excess of salts from the root zone through leaching. Another important factor in this context is the increase of organic matter in the root environment, notably of biofertilizers. This favors the nutritional balance, fosters microbial enrichment of life and entails physical improvements. Therefore, this research was conducted in order to verify the effects of the application of biofertilizer doses in pepper plants as far as gas exchange is concerned due to the increase in water salinity. It was used a portable infrared gas analyzer LI-COR Model 6400 XT (Licor, USA) with an artificial radiation source of $1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ for the measurement of the gas exchange in fully mature leaves, from 7 a.m. to 11 a.m. The study was conducted at the Teaching, Research and Extension Unit (in Portuguese, Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão - UEPE), an area which belongs to the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará – (in Portuguese, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE), located in Limoeiro do Norte, Ceará. The experimental design was a randomized block in a factorial 5×4 , for five different saline water concentrations (0.5, 1.5, 3.0, 5.0 and 7.5 dS m^{-1}); three doses of biofertilizers in the nutrient solution (50, 100 and 150% of the recommended dosage) and one the recommended one for hydroponics in pepper culture with 4 replications, totalizing 80 experimental units, with three plants being used per plot. The biofertilization did not influence the gas exchange in the pepper; salinity and its interaction with the biofertilizer significantly influenced the photosynthetic, stomatal conductance and transpiration rates; the gas exchange was reduced with the increasing salinity in the water used and with the biofertilizer dosages; the biofertilization did not attenuate the deleterious effects of salinity as far as the gas exchange is concerned; peppers showed low tolerance to salinity, even though they were grown hydroponically.

Keywords: Physiological reactions. Salt stress. *Capsicum annuum* L. Organic input.

1 INTRODUÇÃO

Considerando a redução na oferta de água em quantidade e em qualidade suficientes para atender plenamente os usos diversos, inúmeros pesquisadores têm designado como objeto de estudo o uso de águas de alta concentração de sais para a produção de alimentos.

Com vistas à concepção de sistemas de produção que minimizem as injúrias causadas pela salinidade às culturas, várias tecnologias têm sido testadas. A hidroponia em substrato, por exemplo, tem potencial para possibilitar o uso de águas salinas na composição da solução nutritiva. Isso se deve a algumas características próprias como maior capacidade de promover lâminas de lixiviação retirando o excesso de sais do alcance das raízes, além do maior controle da condutividade elétrica da solução presente na zona radicular.

As culturas apresentam reações diferentes quando cultivadas sob condições de estresse salino (AYERS; WESTCOT, 1999; MUNNS; TESTER, 2008). Além disso, a tolerância à salinidade varia de acordo com os fatores usados no sistema de produção como o tipo e a frequência da irrigação, as condições climáticas e os insumos utilizados (RHOADES et al., 1992; AYERS; WESTCOT, 1999).

Antes de apresentar sinais visíveis dos efeitos do excesso de sal, as plantas desencadeiam reações fisiológicas. Contudo, Pimentel (2004) alerta que as variáveis fisiológicas devem ser analisadas de um modo sistêmico.

O excesso de sais na zona radicular provoca o aumento do potencial osmótico nessa região e ainda, rapidamente uma redução na absorção de água pelas plantas, representando o efeito osmótico (SILVEIRA et al., 2010; MUNNS; TESTER, 2008 e LOPES; LIMA 2015). Em sequência, as plantas desencadeiam processos que sinalizam o déficit hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2004) como aumento da resistência estomática (LEE, 2006) com consequente redução das taxas de transpiração e fotossíntese (MUNNS; TESTER 2008; LÓPEZ-CLIMENT et al 2008; SILVA et al., 2013; JADOSKI et al 2005; ESTEVES; SUZUKI 2008).

Para manter o fluxo de água, as plantas tendem a reduzir o seu potencial hídrico e garantir a turgescência celular (MENDOZA et al., 2002), indispensável ao pleno funcionamento do seu metabolismo (SALISBURY; ROSS, 2012). Inicia-se, portanto, um processo de ajustamento osmótico, que consiste no acúmulo de solutos nas células com vistas à redução do seu potencial osmótico (HSIAO; XU, 2000; LOPES; LIMA 2015). Esses solutos podem ser orgânicos e/ou inorgânicos.

A salinidade pode provocar ainda um estresse iônico às plantas, que trata da elevação da concentração de certos íons nos tecido vegetal (AYERS e WESTCOT, 1999; MUNNS e TESTER, 2008; LOPES e LIMA 2015), provocando desequilíbrio nutricional (SOUSA et al., 2010), aceleração do processo de senescência das folhas mais velhas (MUNNS e TESTER, 2008), dentre outras consequências a nível celular.

Diversas pesquisas têm comprovado as reações fisiológicas em virtude do estresse salino como Afzal et al (2014) que verificaram redução da fotossíntese, da transpiração e da condutância estomática em função do aumento da salinidade em 4 (quatro) variedades de pimentão. Mesma tendência foi observada por Bethke e Drew (1992), Chartzoulakis e Klapaki (2000) e Garcia (2008) trabalhando com a mesma cultura.

Diante disso, alternativas têm sido avaliadas como forma de ampliar a tolerância das culturas à salinidade. Nesse sentido, fontes de matéria orgânica têm sido avaliadas com aplicação em diversas formas como o biofertilizante por exemplo.

Além de promover um equilíbrio nutricional (SANTOS e AKIBA, 1996), o biofertilizante contém substâncias húmicas que exercem inúmeros efeitos nas funções das plantas (NARDI et al, 2002; SOUSA et al., 2008) até mesmo como condicionante no ajuste osmótico em plantas cultivadas com estresse salino (GREENWAY e MUNNS, 1980; MAHMOUD e MOHAMED, 2008; CAMPOS e CAVALCANTE, 2009).

Face ao exposto, revela-se a importância do empreendimento de esforços no sentido de se analisar as reações fisiológicas das plantas sob estresse salino mediante a utilização de tecnologias atenuantes que potencializam a tolerância à salinidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Medições de trocas gasosas

Foram realizadas três medições de trocas gasosas foliares aos 70 e 102 DAT, respectivamente, em folhas completamente maduras. As medições foram realizadas entre 7:00 e 11:00 horas, utilizando-se um analisador de gases infravermelho portátil (IRGA) modelo LI-COR 6400 XT (Licor, USA) com uma fonte artificial de radiação de $1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Figura 30: Realização da medição das trocas gasosas na cultura do pimentão em estufa, Limoeiro do Norte, Ceará, 2015.



Fonte: Elaborada pelo autor

2.2 Análises Estatísticas

Os dados para cada variável referente às taxas de fotossíntese, de condutância estomática e de transpiração foram submetidos à análise de variância (Anova). Posteriormente, os dados referentes aos níveis de salinidade de água residuária de dessalinizadores e às dosagens de biofertilizante, quando significativos pelo teste F, foram

submetidos a testes de análise de regressão pelos métodos lineares e de polinômios ortogonais, para a determinação de equações que representassem uma correspondência funcional entre os tratamentos, buscando-se ajustar equações com significados biológicos.

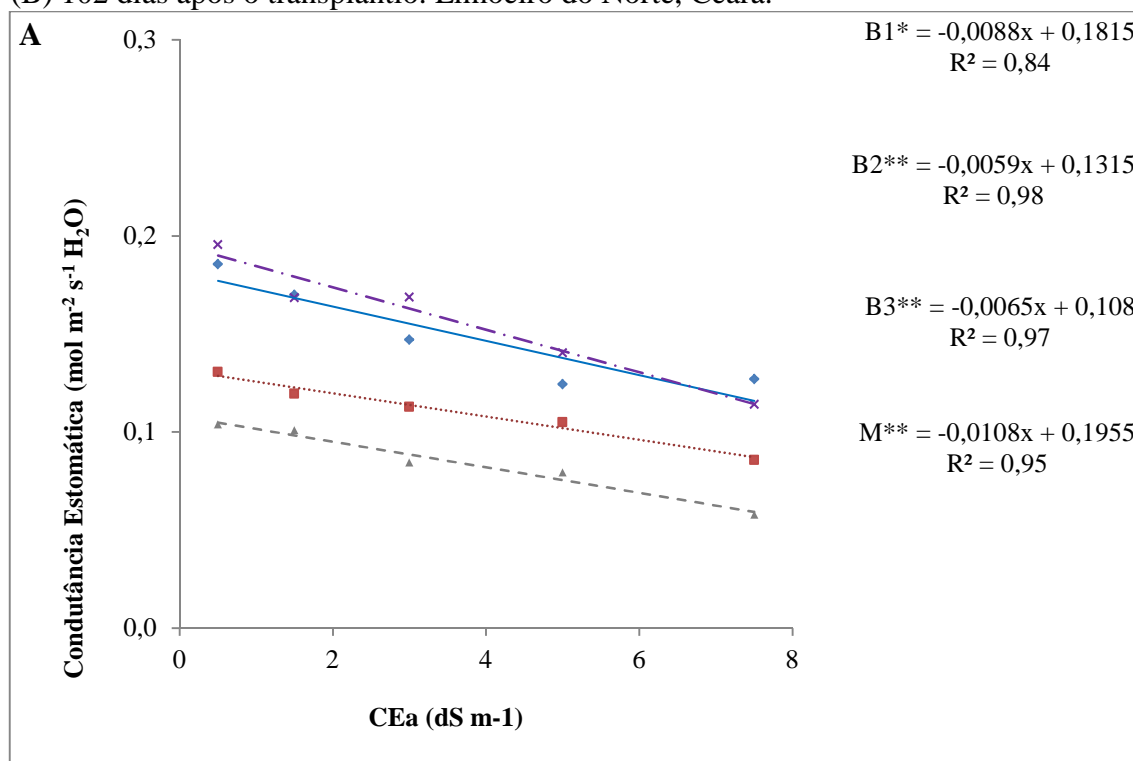
Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustarem aos dados foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão a 0,01 (**) e 0,05 (*) de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R^2). Buscou-se verificar a interação entre os fatores água salina e concentrações de biofertilizantes versus testemunha adicional. As análises foram realizadas por meio do Software ASSISTAT 7.7 BETA (SILVA e AZEVEDO, 2002).

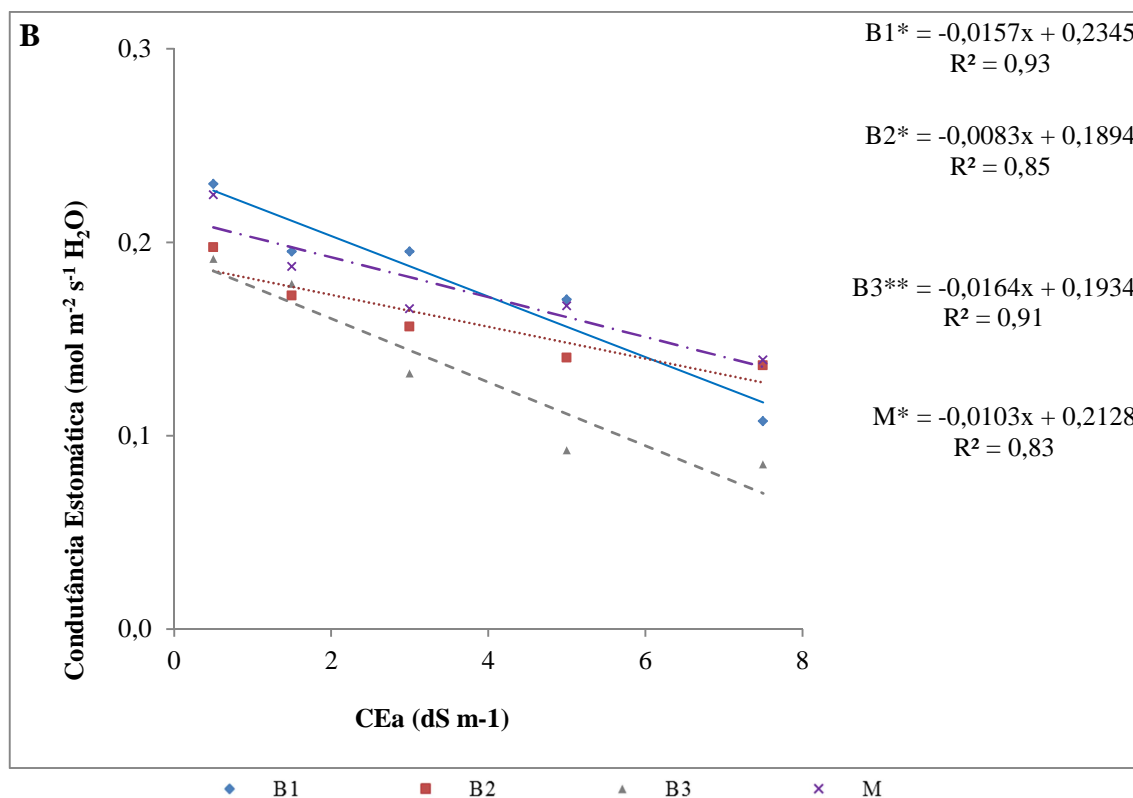
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Condutância estomática

Com a significância da análise de variância, foi realizada análise de regressão para a condutância estomática, cujo resultado encontra-se exposto na Figura 31. Em todos os tratamentos e épocas de leitura foram observados decréscimos da condutância estomática com o aumento da salinidade da água de irrigação, com tendência linear e com nível de 1 ou 5% de probabilidade.

Figura 31: Condutância estomática da cultura do pimentão em função do aumento da salinidade da água de irrigação, tipos e doses de adubação. (A) 70 dias após o transplântio (B) 102 dias após o transplântio. Limoeiro do Norte, Ceará.





Fonte: Elaborada pelo autor

Considerando que o fechamento estomático ocorre para reduzir as perdas de água via transpiração (MUNNS e TESTER 2008), de algum modo o aumento da dose de biofertilizante desencadeou um processo de fechamento dos estômatos para evitar perdas. Nota-se ainda que independente da fase da cultura, nas plantas que foram adubadas com fertilizante mineral ou 50% da dose de biofertilizante observaram-se os maiores valores de condutância estomática. Provavelmente, com esses tratamentos, as plantas sofreram menos com o estresse salino provocado, principalmente, pelo aumento da salinidade da água de irrigação.

Outras pesquisas com pimentão detectaram reduções da condutância estomática com o aumento da salinidade como Bethke e Drew (1992), Lee (2006), Chartzoulakis e Klapaki (2000), Tatagiba et al. (2014) com tomateiro e Ahamd et al. (2014) com feijão. Declínios lineares foram encontrados também por Afzal et al (2014) estudando quatro variedades de pimentão, Marinho et al. (2005), com a cultura do coco, Gomes et al. (2015) com girassol e, ainda por Silva et al. (2013) e Sousa et al. (2014) com feijão. Outros pesquisadores verificaram uma tendência quadrática como Garcia (2008), com pimentão, Silva et al. (2011), com feijão, Bosco et al. (2009), com berinjela e Magalhães (2012), com pinhão manso.

De acordo com os resultados apresentados, a biofertilização não conferiu uma condição atenuante ao pimentão perante o estresse salino, resultados esses, contrários aos verificados para o girassol (GOMES et al., 2015) e feijão (SILVA et al., 2011; SOUSA et al., 2014; AHAMD et al., 2014) que atestaram taxa de abertura estomatal mais elevada na presença do biofertilizante.

Vale ressaltar a alta correlação entre a fotossíntese e a condutância estomática em função da salinidade (LÓPEZ-CLIMENT et al., 2008; ESTEVES e SUZUKI 2008), uma vez que a sua abertura, ao passo em que ocorrem perdas de água para a atmosfera, há também a aquisição de CO₂ pela fotossíntese (HSIAO e XU, 2000).

Diante do exposto, a elevação da resistência estomatal ora apresentada traduz um conjunto de reações metabólicas do pimentão como forma de proteção ao aumento da salinidade e, por fim, o aumento da biofertilização acentuou essas reações, prejudicando a capacidade de ajustamento osmótico da cultura.

3.2 Fotossíntese

A salinidade interferiu isoladamente em todos os índices de trocas gasosas, com exceção da transpiração na fase final do ciclo aos 102 dias após o transplântio. Os tratamentos com doses de biofertilizante e com adubação mineral, por sua vez, não provocaram efeitos significativos nas taxas de fotossíntese, de condutância estomática e de transpiração. Por fim, a interação dos fatores supracitados foi significativa para as variáveis de trocas gasosas (Tabela 12).

Tabela 12: Taxa de fotossíntese, condutância estomática e transpiração do pimentão em função da salinidade da água de irrigação, adubação orgânica e mineral. Limoeiro do Norte, Ceará, 2015

Fator de Variação	Grau de Liberdade	Fotossíntese		Condutância Estomática		Transpiração	
		70 DAT	102 DAT	70 DAT	102 DAT	70 DAT	102 DAT
Salinidade	4	3,618*	3,678 **	24,951**	2,667*	9,495**	2,463ns
Adubação	3	0,208ns	0,614ns	2,689ns	0,340ns	1,535ns	0,637ns
Interação	12	3,017**	1,962*	11,715**	2,230*	3,524**	2,447*
Blocos	3	12,572 **	9,317*	2,445ns	2,918*	19,267**	10,740**
Resíduo	57						

Total	79						
cv%		17,42	16,87	20,25	34,40	21,97	26,50

Fonte: Elaborada pelo Autor

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

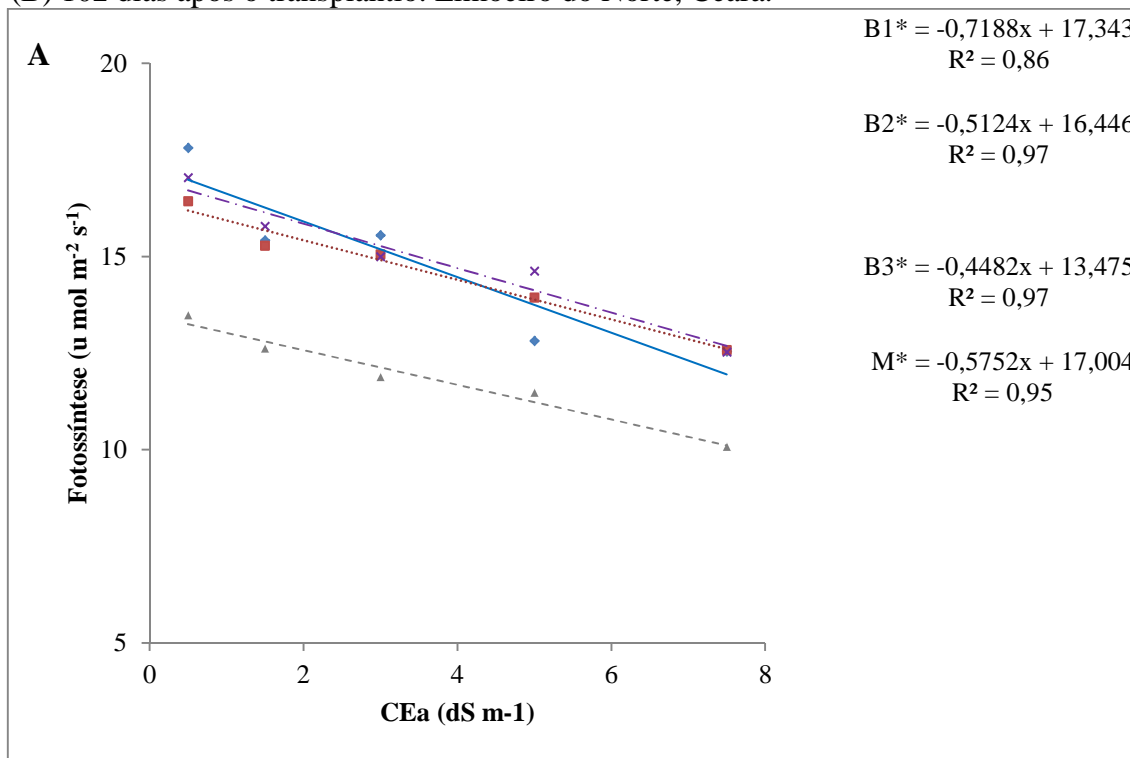
** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

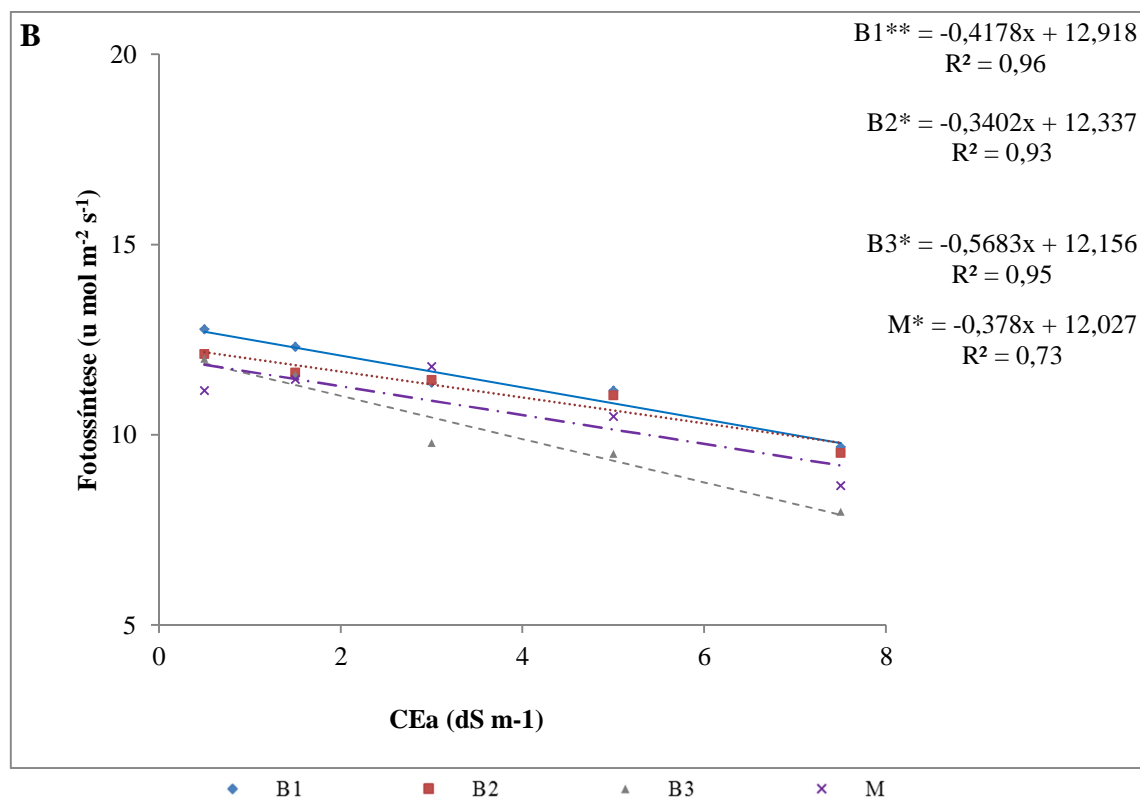
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

Do mesmo modo, diversas pesquisas já realizadas atestaram a influência da salinidade nas trocas gasosas do pimentão (BETHKE e DREW, 1992; CHARTZOULAKIS e KLAPAKI, 2000; GARCIA, 2008; AFZAL et al., 2014; PENELLA et al., 2016; SHARMA et al., 2005), do feijão (LÓPEZ-CLIMENT et al., 2008; AHAMD et al., 2014; PRAZERES et al., 2015) e da berinjela (BOSCO et al., 2009). Mas, resultados diferentes foram analisados por Silva et al (2013) com a cultura do girassol.

Os resultados da análise de regressão para as taxas de fotossíntese podem ser observados na Figura 32, que expressa a tendência da variável em função dos níveis de salinidade e das doses e tipos de adubação, para dois momentos do ciclo da cultura.

Figura 32: Taxa de fotossíntese da cultura do pimentão em função do aumento da salinidade da água de irrigação, tipos e doses de adubação. (A) 70 dias após o transplântio (B) 102 dias após o transplântio. Limoeiro do Norte, Ceará.





Fonte: Elaborada pelo autor

Observa-se que as taxas fotossintéticas diminuíram, de modo geral, entre as duas fases analisadas, demonstrando uma maior capacidade de realizar fotossíntese pela cultura no período de floração e de frutificação (70 DAT). Esse fato está relacionado com a maturidade das folhas, pois na medida em que crescem sua capacidade para realizar fotossíntese aumenta até o alcance da maturidade e, a partir desse ponto, tem essa capacidade reduzida (GARCIA, 2008).

Entretanto, independente do estágio de desenvolvimento, o tratamento com 150% da dose de biofertilizante obteve as menores taxas. Os demais tratamentos proporcionaram valores muito próximos entre si, observando-se pequenas diferenças. O efeito salino desse tratamento foi comprovado pela medição da salinidade da água de drenagem.

A relação linear inversa da taxa de fotossíntese com o aumento da salinidade foi também observada por outros pesquisadores como Afzal et al (2014) e Chartzoulakis e Klapaki (2000) com a cultura do pimentão, Silva et al. (2011) e Sousa et al. (2014) com feijão. Em outros trabalhos, tem sido observada uma tendência quadrática como Garcia (2008) com pimentão, Silva et al. (2011) e Prazeres et al. (2015) com feijão e Mesquita et al. (2014) com hortelã.

Outras pesquisas demonstraram resultados diferentes como as de Lee (2006), Gomes et al. (2011) e Marinho et al. (2005) que observaram que a salinidade não influenciou as taxas de fotossíntese de folhas de pimentão, de milho e de coco, respectivamente.

Os resultados demonstram ainda que o biofertilizante não promoveu melhorias nas taxas de fotossíntese do pimentão sob estresse salino, assim como Silva et al. (2013), com a cultura do feijão. Esse fato pode ser explicado, pelo caráter salino na composição do biofertilizante que apresentou condutividade elétrica de $14,91 \text{ dS m}^{-1}$, bem como seu efeito cumulativo ao longo do ciclo de cultivo. Desse modo, deduz-se que a redução da fotossíntese no pimentão é um reflexo do estresse osmótico oriundo do excesso de sais demonstrando a baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura.

Por outro lado, Viana et al. (2014), Silva et al. (2011), Sousa et al. (2014), Mesquita et al. (2014) e Ahamd et al. (2014) encontraram resultados divergentes ao comprovarem que a presença ou a aplicação de maiores doses de biofertilizante promoveram maiores taxas de fotossíntese.

3.3 Transpiração

No que tange às taxas de transpiração, estas seguiram a mesma tendência da fotossíntese e da condutância estomática, quando sofreram redução consideráveis com o aumento da salinidade da água de irrigação. Isso atesta a relação que há entre as variáveis que refletem as referidas trocas gasosas nas plantas.

Após análise de regressão, foram encontradas equações polinomiais de primeiro grau com coeficiente angular negativo para o comportamento da transpiração com o aumento da condutividade elétrica (Figura 33).

À semelhança do comportamento da fotossíntese e da condutância estomatal, as maiores taxas de transpiração foram atingidas pelas plantas que foram adubadas com fertilizantes minerais (M) e com a dose de 50% de biofertilizante (B1). Isso implica que as plantas sofreram menos com o estresse salino quando receberam essas adubações, fazendo com que mantivessem a condição de cessão de H_2O para a atmosfera. Em contrapartida, o tratamento equivalente a 150% da dose de biofertilizante acarretou menor transpiração à cultura do pimentão.

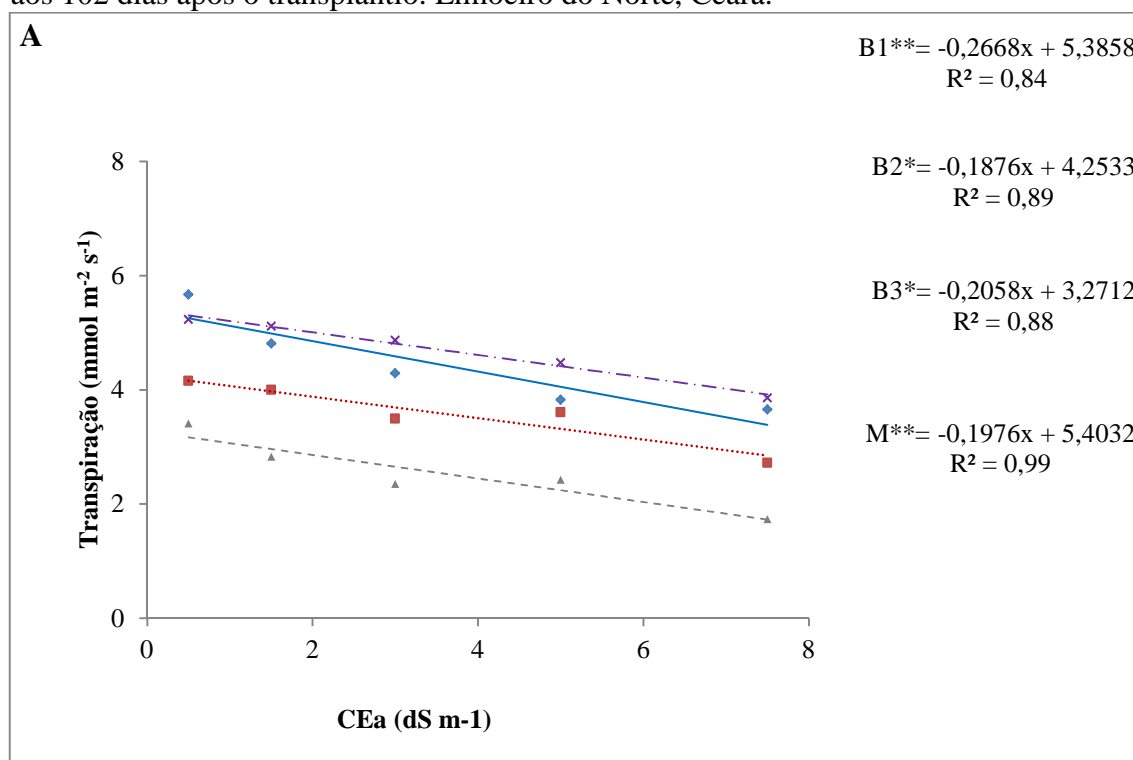
Outro fato que pode-se observar é a redução da taxa de transpiração com o aumento da salinidade das águas utilizadas. Resultados diferentes foram encontrados por Lee

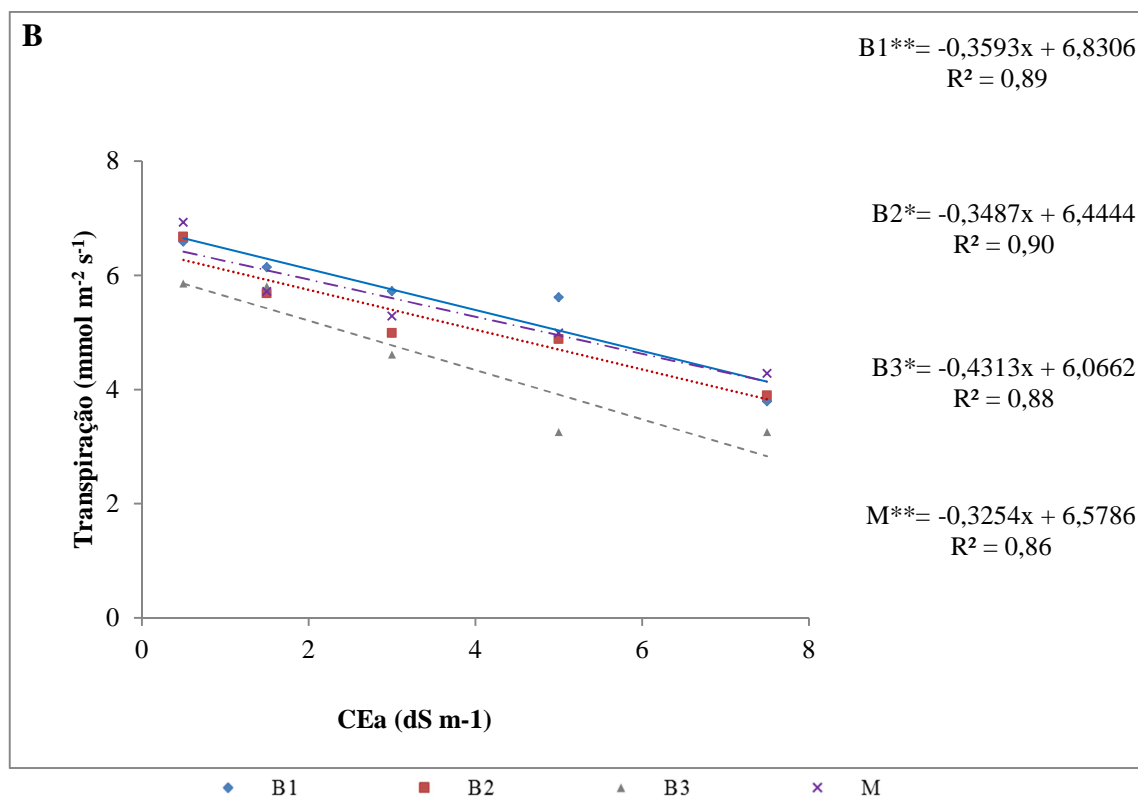
(2006), quando não verificaram a influência da salinidade na transpiração na cultura do pimentão, e por Gomes et al. (2011), na cultura do milho. Em contrapartida, outras pesquisas têm comprovado a redução da transpiração em função do aumento da salinidade como Aranda, Soria, Cuartero (2001), Campos (2009) e Bezerra et al. (2003), com tomate, com cana-de-açúcar e com mudas de caju, respectivamente.

Em outros trabalhos realizados sob estresse salino, foi observada a mesma tendência de declínio linear no pimentão (AFZAL et al., 2014) e no feijão (SOUSA et al., 2014). Comportamento quadrático foi observado com o pimentão (GARCIA, 2008), com a berinjela, (BOSCO et al., 2009), com a beterraba (SILVA et al., 2013), com o feijão (SILVA et al., 2011) e com o pinhão manso (MAGALHÃES, 2012).

Analisando-se os resultados, nota-se ainda que o aumento da dose de biofertilizante acentua a condição de estresse salino ao provocar menores taxas de transpiração. Entretanto, outras pesquisas têm comprovado o aumento da transpiração em cultivos com a presença do insumo (SILVA et al., 2011; SOUSA et al., 2014; AHAMD et al., 2014; VIANA et al., 2013; GOMES et al., 2015).

Figura 33: Transpiração da cultura do pimentão em função do aumento da salinidade da água de irrigação e dos tipos e doses de adubação. (A) aos 70 dias após o transplântio (B) aos 102 dias após o transplântio. Limoeiro do Norte, Ceará.





Fonte: Elaborada pelo autor

Salienta-se que um dos benefícios da transpiração é o favorecimento da ascensão da seiva bruta via xilema e, por consequência, a absorção de minerais (PIMENTEL, 2004). Analisando-se os dados obtidos nesse experimento, infere-se que o pimentão pode ter reduzido a taxa de transpiração como forma de defesa para evitar além da perda excessiva de água, a absorção de íons em excesso como Na^+ e Cl^- , e ainda, possivelmente promovendo a compartimentalização iônica a nível celular como relatam Esteves e Suzuki (2008).

É de suma importância a análise conjunta e contextualizada dos efeitos dos tratamentos empregados nessa pesquisa nas trocas gasosas, uma vez que os processos de transpiração, fotossíntese e condutância estomática têm relação direta entre si na fisiologia das plantas. Em plantas tidas como glicófitas, como o pimentão, por exemplo, as taxas de transpiração e de condutância estomática são reduzidas em função do estresse salino (FREIRE et al., 2014), além disso, a fotossíntese é um dos primeiros processos afetados pelo estresse salino (MUNNS e TESTER, 2008; CHAVES et al., 2009).

4 CONCLUSÕES

- A biofertilização teve influência negativa sobre as trocas gasosas no pimentão;
- As trocas gasosas foliares foram reduzidas com o aumento da salinidade da água utilizada e nas maiores doses do biofertilizante;
- A biofertilização não atenuou os efeitos deletérios da salinidade quanto às trocas gasosas;
- Com bases nas trocas gasosas foliares, o pimentão demonstrou baixa tolerância à salinidade, apesar de cultivado em sistema hidropônico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados apresentados e das discussões transcorridas foi constatado que todas as variáveis de crescimento, de produção e as trocas gasosas foram sensivelmente afetadas pelo estresse salino.

A biofertilização não promoveu condições atenuantes perante o estresse salino no que diz respeito às variáveis de produção e aos aspectos fisiológicos (trocas gasosas), porém promoveu alterações significativas na área foliar e no número de folhas, além de interferir nas taxas de evapotranspiração da cultura.

Importante ressaltar que apesar de sofrer injúrias em condições salinas, o pimentão desencadeou reações que promoveram uma maior eficiência no uso da água com o aumento da salinidade, sendo ainda mais evidenciado na presença do biofertilizante. Além disso, observaram-se alterações nas taxas de evapotranspiração da cultura e maior eficiência no uso da água. Não obstante, a elevação da condutividade elétrica da água de drenagem na presença do biofertilizante, evidencia o seu caráter salino.

Face ao exposto, realizando uma análise sistêmica de todas as variáveis, há indícios do fomento à capacidade de ajustamento osmótico do pimentão com a presença do biofertilizante como a manutenção de alguns bons indicadores conforme supracitados.

O aumento da salinidade no tratamento B3 explica, em parte, os menores valores nas trocas gasosas e, também na produtividade. A redução na fotossíntese, por sua vez, deve ter contribuído pelo menos em parte, para a redução na produtividade tanto no B3 como em função do aumento da salinidade em todos os tratamentos de adubação.

Para se obter maior segurança é importante a realização de pesquisas que preconizem em sua metodologia o levantamento de outras variáveis como a concentração de solutos no tecido foliar principalmente de Na^+ e Cl^- , além de aminoácidos como a prolina. Ademais, outras formas de aplicação do biofertilizante devem ser estudadas priorizando, sobretudo a retirada ao máximo do material em suspensão no intuito de minorar problemas como a formação de crostas superficiais que dificultam a infiltração. Em complemento, poder-se-ia também verificar o efeito do uso do biofertilizante em dose única, antes do início do cultivo.

REFERÊNCIAS

- AFZAL, M. *et al.* Physiological tolerance and cation accumulation of different genotypes of *Capsicum annum* under varying salinity stress. **Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences**, [S.I.], v. 4(1), p. 39-49, 2014.
- AHAMD, M. *et al.* Physiological response of Mung Bean to Rhizobium and Pseudomonas based Biofertilizers under Salinity Stress. **Pak. J. Agri. Sci.**, [S.I.], v. 51(3), p. 557-564, 2014.
- ARANDA, R. R.; SORIA, T.; CUARTERO, J. Tomato plant-water uptake and relationships under saline growth conditions. **Plant Science**. [S.I.], v. 160, p. 265-272, 2001.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.
- BETHKE, P. C.; DREW, M. C. Stomatal and Nonstomatal Components to Inhibition of Photosynthesis in Leaves of *Capsicum annuum* during Progressive Exposure to NaCl Salinity. **Plant Physiology**. [S.I.], v. 99, p. 219-226, 1992.
- BOSCO, M. R. de O. *et al.* Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 3, p. 296-302, 2009.
- CAMPOS, V. B.; CAVALCANTE, L. F. Salinidade da água e biofertilizante bovino: efeito sobre a biometria do pimentão. **Holos**, Natal, Ano 25, Vol. 2. 2009.
- CAMPOS, W. F. **Estresse Salino afeta a performance Fotossintética dos Genótipos CB 47-89 e CB 45-3 de Cana-de-Açúcar (*Saccharum sp.*)**. Campos dos Goytacazes, 79 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2009.
- CHARTZOULAKIS, K.; KLAPAKI, G. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturae**. [S.I.], v. 86, p. 247-260, 2000.
- CHAVES, M. M.; J. FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**. [S.I.], v. 103, p. 551–560, 2009.
- ESTEVES, B. dos S.; SUZUKI, M. S. Efeito da Salinidade sobre as Plantas. **Oecologia brasiliensis**. [S.I.], v. 12, p. 30-40, 2008.
- FREIRE, J. L. de O. *et al.* Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 82-91, jan-mar, 2014.
- GARCIA, D. M. **The effects of saline irrigation water on the growth and development of bell pepper (*Capsicum annuum L.*) grown using a plasticulture system**. Montreal, 301 p.

2008. Tese (Doutorado em Fisiologia) - Department of Plant Science, McGill University, 2008.

GOMES, J. W. S. *et al.* Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 850-856, out-dez, 2011.

GOMES, K. R. *et al.* Irrigação com Água Salina na Cultura do Girassol (*Helianthus annuus* L.) em Solo com Biofertilizante Bovino. **Irriga**. Botucatu, v. 20, n. 4, p. 680-693, out-dez, 2015.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, [S.I.], v.31, p.149-190, 1980.

HSIAO, T. C.; XU, L. K. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. **Journal of Experimental Botany**. [S.I.], v. 51, n. 350, p. 1595-1616, 2000.

JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações Hídricas e Fisiológicas em plantas de Pimentão ao longo de um dia. **Revista Ambientia**. [S.I.], v. 1, n. 1, p. 11-19, 2005.

LEE, S. K. D. Hot pepper response to interactive effects of salinity and boron. **Plant Soil Environment**, [S.I.], v. 52, p. 227-233, 2006.

LOPES, N. F.; LIMA, M. da G. de S. **Fisiologia da Produção**. Viçosa: Editora UFV, 2015. 492p.

LÓPEZ-CLIMENT, M. F. *et al.* Relationship between salt tolerance and photosynthetic machinery performance in citrus. **Environmental and Experimental Botany**. [S.I.], v. 62, p. 176-184, 2008.

MAGALHÃES, I. D. **Eficiência Fotoquímica e rendimento de Pinhão Manso irrigado com águas salinizadas**. Campina Grande, 54 p. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Agricultura Familiar e Sustentabilidade) – Universidade Federal da Paraíba, 2012.

MAHMOUD, A. A.; MOHAMED, H. F. Impact of Biofertilizers Application on Improving Wheat (*Triticum aestivum* L.) Resistance to Salinity. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, [S.I.], v. 4, n. 5, p. 520 – 528, 2008.

MARINHO, F. J. L. *et al.* Alterações fisiológicas em coqueiro irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Suplemento), Campina Grande, p.370-374, 2005

MENDOZA, A. B. *et al.* **Ecofisiologia y Bioquímica del Estrés en Plantas**. Buenavista (Saltillo, México): Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. 2002. 228p.

MESQUITA, F. de O. *et al.* Comportamento de mudas de *Solanum capsicoides* irrigados com águas salinas e biofertilizante. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**. [S.I.], v. 10, n. 1, p. 91-101, jan - mar, 2014.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol.** [S.I.], 2008. 59:651–81.

NARDI, S. *et al.* Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology e Biochemistry**, [S.I.], v. 34, n. 4, p. 1527 – 1536, 2002.

PENELLA, C. *et al.* Salt-Tolerance rootstock increases yield of pepper under salinity through maintenance of the photosynthetic performance and sinks strength. **Journal of Plant Physiology**. [S.I.], v. 193, p. 1-11, 2016.

PIMENTEL, C. **A Relação da Planta com a água**. Seropédica: Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2004. 190p.

PRAZERES, S. da S. *et al.* Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@mbiente On-line**, [S.I.], v. 9, n. 2, p. 111-118, abril-junho, 2015.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use of saline waters for crop production**. FAO 48, Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1992.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia das Plantas**. 4 Ed. São Paulo: CENGAGE Learning, 2012. 774p.

SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A. 2009. Produção do pimentão irrigado com diferentes lâminas de água salina. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 27, n. 2 (Suplemento - CD Rom), agosto 2009. S1385-S1391

SANTOS, A. C. V.; AKIBA, F. **Biofertilizante líquido: uso correto na agricultura alternativa**. Seropédica: UFRRJ. 1996. 35 p.

SHARMA, N. *et al.* Effect of NaCl salinity on photosynthetic rate, transpiration rate, and oxidative stress tolerance in contrasting wheat genotypes. **Photosynthetica**. [S.I.], v. 43 (4), p. 609-613, 2005.

SILVA, A. R. A. *et al.* Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 86-93, jan-mar, 2013b.

SILVA, F. B. *et al.* Irrigação com Águas Salinas e uso de Biofertilizante Bovino nas Trocas Gasosas e Produtividade de Feijão-de-Corda. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 304-317, abril-junho, 2013a.

SILVA, F. L. B. *et al.* Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.04, p.383-389, 2011.

SILVEIRA, J. A. G. *et al.* Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Ed(s). **Manejo**

da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 303-315 p.

SOUSA, G. B. *et al.* Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Caatinga**. Mossoró, v. 21, n2, p.172-180 maio/junho de 2008.

SOUSA, G. G. *et al.* Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@mbiente On-line**, [S.I.], v. 8, n. 3, p. 359-367, set-dez, 2014a.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p

TATAGIBA, S. D. *et al.* Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Engenharia na agricultura**. [S.I.], v. 22, n.2, 138-149p. Mar-Abr, 2014.

VIANA, T. V.A. *et al.* GROWTH, GAS EXCHANGE AND YIELD OF CORN WHEN FERTIGATED. **Revista Caatinga (Online)**, Mossoró, v. 27, p. 106-114, 2014.