

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO**

**TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE MANJERICÃO AO ESTRESSE SALINO EM
SISTEMA HIDROPÔNICO DFT**

HELIO GONDIM FILHO

**CRUZ DAS ALMAS
2018**

HELIO GONDIM FILHO

**TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE MANJERICÃO AO ESTRESSE SALINO EM
SISTEMA HIDROPÔNICO DFT**

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como exigência para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração 'Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos'.

Orientador: Hans Raj Gheyi

Coorientador: Tales Miler Soares

**CRUZ DAS ALMAS
2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

G637t

Gondim Filho, Hélio.

Tolerância de genótipos de manjerição ao estresse salino em sistema hidropônico dft / Hélio Gondim Filho. Cruz das Almas, BA, 2018.

51f.; il.

Orientador: Hans Raj Gheyi.

Coorientador: Tales Miler Soares.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Manjerição – Cultivo. 2.Manjerição – Hidroponia. 3.Salinidade – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 633.88

HÉLIO GONDIM FILHO

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE MANJERICÃO AO ESTRESSE SALINO EM
SISTEMA HIDROPÔNICO DFT

Aprovada em: 20/02/2018

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi (Orientador)
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Prof. Dr. André Dias de Azevedo Neto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Prof^a. Dra. Franceli da Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Dedico à minha esposa Monikuelly Mourato
" As coisas que realizamos, nunca são tão belas
quanto às que sonhamos, mas às vezes, acontecem
coisas tão belas, que nunca pensamos em sonhá-las."

AGRADECIMENTOS

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Hans Raj Gheyi, um exemplo de ser humano, que sempre acreditou em mim.

Ao professor Tales Miler pelas contribuições ao trabalho.

Ao professor André pelo uso do laboratório e pelas contribuições ao trabalho.

Aos futuros Engenheiros Agrônomos Hirlanda Farias, Vitor Ribeiro e Murilo Pinto.

À prof.^a Franceli da Silva e às futuras doutoras Sara Oliveira e Daniele Vasconcelos pelas orientações e o uso do laboratório de Fitoquímica.

À todos que ajudaram na realização deste trabalho em especial Rafael Vasconcelos, Mairton Gomes, Peterson Costa, Iraí Manuela, Alan Del Carlos, Francisco Modesto, Ângela Macedo, Maria Augusta (Guga), Maria e Edilson Bastos (Boi).

A toda a família e amigos que são base sólida da minha sustentação.

A todos que não foram citados, mas que contribuíram, de alguma forma, para a minha formação.

RESUMO

GONDIM FILHO, Hélio, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. **Crescimento e tolerância de genótipos de manjeriço submetidos ao estresse salino em sistema hidropônico DFT.** Orientador: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi. Coorientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares.

Vários estudos referentes ao efeito da salinidade no crescimento e metabolismo vegetal têm sido realizados. No entanto, ainda são incipientes os estudos que relacionam a tolerância à salinidade de espécies medicinais sob o cultivo hidropônico. Deste modo, objetivou-se com este trabalho avaliar a tolerância à salinidade de três genótipos de manjeriço cultivados em sistema hidropônico *Deep Flow Technique* (DFT). O experimento foi realizado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB. O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas (níveis salinos no bloco principal e genótipos nas parcelas elementares), em esquema fatorial 6x3, com três repetições, totalizando 54 parcelas. Foram aplicadas seis níveis de salinidade em solução nutritiva (0; 2,2; 4,2; 6,2; 8,2 e 10,2 dS m⁻¹ de NaCl), em três genótipos de manjeriço: *Ocimum basilicum* L. var. Genovese ('Alfavaca Basilicão'), *Ocimum basilicum minimum* ('Grecco a Palla') e *Ocimum basilicum* L. var. Crispum ('Toscano Folha de Alface'). Foram avaliadas variáveis biométricas (altura e diâmetro do caule), variáveis de produção (massa fresca da parte aérea, massas secas da parte aérea e da raiz, as taxas de crescimento absoluto e relativo), o consumo hídrico e a eficiência do uso da água, a tolerância à salinidade com base na redução relativa da produção, o teor, o rendimento e a produtividade de óleo essencial. O estresse salino provocou decréscimo das variáveis biométricas, de produção, do consumo hídrico e da eficiência do uso da água. O diâmetro do caule mostrou-se como bom indicador de tolerância ao estresse salino. O teor de óleo essencial dos genótipos de manjeriço aumentou com o incremento da salinidade, porém houve redução do rendimento e da produtividade. A avaliação quanto a tolerância à salinidade indicou os genótipos 'Toscano Folha de Alface' e 'Grecco a Palla' como o mais sensível e o mais tolerante ao estresse salino, respectivamente. Admitindo-se perda da produção de até 50%, o cultivo de manjeriço sob salinidade em sistema hidropônico DFT pode ser feito com a condutividade da solução nutritiva de até 8,15 dS m⁻¹

Palavras-chave: DFT, *Ocimum basilicum* L., Salinidade.

ABSTRACT

GONDIM FILHO, Hélio, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. **Growth and salt tolerance of basil genotypes grown in hydroponic system DFT.** Supervisor: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi. Cosupervisor: Tales Miler Soares

Many studies about effect of salinity on growth and plant metabolism have been conducted. However, there are still incipient studies that relate the salinity tolerance of medicinal species cultivated in a hydroponic system. The objective of this work was to evaluate the tolerance of three basil genotypes to salinity in a *Deep Flow Technique* (DFT) hydroponic system. The experiment was carried out at the Federal University of Recôncavo da Bahia - UFRB. A split-plot design (salinity in the main blocks, genotype in the elemental plots) was used in a 6x3 factorial scheme, with three replications totaling 54 plots. Six salinity levels of water in nutrient solution (0, 2.2, 4.2, 6.2, 8.2 and 10.2 dS m⁻¹ NaCl) were applied to three basil genotypes: *Ocimum basilicum* L. var. Genovese ('Alfavaca Basilicão'), *Ocimum basilicum minimum* ('Grecco a Palla') e *Ocimum basilicum* L. var. Crispum ('Toscano Folha de Alface'). Biometric variables (plant height and stem diameter), yield variables (shoot fresh weight, shoot and root dry weight, absolute and relative growth rates), water consumption and water use efficiency, essential oil content and yield and salinity tolerance based on the relative reduction of the production were evaluated. Salt stress decreases biometric and yield variables. Stem diameter is a good indicator of salinity tolerance. Essential oil content increased with salinity stress, however, there was reduction in yield of essential oil content. Salinity tolerance evaluations indicated the genotypes 'Grecco à Palla' stand out as more tolerant to salt stress and 'Toscano Folha de Alface' as the most sensitive. Assuming loss of production of up to 50%, basil cultivation under salinity in hydroponic DFT system can be done with the nutrient solution conductivity up to 8.15 dS m⁻¹

Keywords: DFT, *Ocimum basilicum* L., Salinity

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema dos sistemas hidropônicos NFT (A) e DFT (B)	15
Figura 2 - Ilustração esquemática da resposta das plantas às duas fases do estresse salino	17
Figura 3 - Visão geral das unidades experimentais empregadas no experimento	24
Figura 4 - Disposição das sementes em placa de espuma fenólica (A), berçário para produção de mudas de manjeriço no sistema NFT (B) e transplântio das mudas em sistema DFT (C)	26
Figura 5- Processo de extração de óleo de folhas de manjeriço pelo processo de hidrodestilação adaptado	30
Figura 6 - Massa fresca da parte aérea (MFPA) dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio	32
Figura 7 - Massas secas da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio	34
Figura 8 - Teor de água (TA) dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio	35
Figura 9 - Taxa de crescimento absoluto (TCA) com base na MSPA dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio	36
Figura 10 - Altura e diâmetro do caules dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio	40
Figura 11 - Consumo hídrico (CH) médio e eficiência do uso da água (EUA) média dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio	41
Figura 12 - Teor e rendimento de óleo essencial dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio	43
Figura 13 - Produtividade de óleo essencial dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de genótipos quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução de matéria seca.....	21
Tabela 2 - Classificação de tolerância relativa para salinidade da água de irrigação de acordo com Maas e Hofmann (1977)	22
Tabela 3 - Quantidade (Q) de fertilizantes para preparo de 1000 L de solução nutritiva.	25
Tabela 4 - Redução percentual de massa seca total dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio.....	37
Tabela 5 - Classificação de tolerância relativa para salinidade do solo e da água de irrigação de acordo com Maas e Hofmann (1977).	38
Tabela 6 - Redução percentual da produtividade em óleo essencial dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio.	44
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), e teor de água (TA), dos genótipos (GEN) de manjeriço, cultivados sob diferentes níveis de salinidade (SAL) da água utilizada no preparo de solução nutritiva, em sistema hidropônica, aos 28 dias após transplântio.	50
Tabela 8 - Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT) e diâmetro de caule (DC), dos genótipos de manjeriço, cultivados sob diferentes níveis de salinidade (SAL) da água da solução nutritiva, em sistema hidropônica, aos 28 dias após transplântio.	50
Tabela 9 - Resumo da análise de variância para as variáveis consumo hídrico (CH) e eficiência do uso da água (EUA) de genótipos de manjeriço, cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água utilizadas no preparo de solução nutritiva, em sistema hidropônica, aos 28 dias após transplântio.	51
Tabela 10 - Resumo da análise de variância para as variáveis teor (TEOR), rendimento (REND) e produtividade de óleo essencial (PROD) de genótipos de manjeriço, em função de níveis de salinidade (CE) da água utilizada no preparo da solução nutritiva, cultivados em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio.	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	A cultura do manjericão.....	13
2.2	Hidroponia e águas salinas	14
2.3	Salinidade e seu efeito sobre as plantas	16
2.4	Mecanismos de tolerância à salinidade.....	18
2.4.1	Homeostase, compartimentalização e regulação iônica	19
2.4.2	Avaliação de tolerância à salinidade.....	20
2.4.2.1	Tolerância à salinidade em base de redução da produção	21
2.4.2.2	Modelo de Maas e Hoffman	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.3	Estrutura experimental.....	23
3.4	Manejo da solução nutritiva.....	24
3.6	Análise biométrica	26
3.7	Análise de crescimento	26
3.8	Tolerância dos genótipos à salinidade	28
3.9	Consumo hídrico.....	28
3.10	Eficiência do uso da água	29
3.11	Teor, rendimento e produtividade de óleo essencial nas folhas de manjericão	29
3.12	Análise estatística	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1.2	Produção	32
4.1.3	Taxas de crescimento absoluto e relativo	35
4.2	Tolerância dos genótipos de manjericão à salinidade.....	36
4.3	Variáveis Biométricas.....	38
4.4	Consumo hídrico médio e eficiência do uso da água média.....	40
4.5	Teor, rendimento e produtividade do óleo essencial	42
5	CONCLUSÕES	45
	REFERÊNCIAS	46
	ANEXO	50

1 INTRODUÇÃO

As plantas medicinais e aromáticas são economicamente importantes devido à crescente demanda de seus produtos pelos mercados interno e externo. Dentre as espécies medicinais e aromáticas, o manjeriço *Ocimum*. sp. (Lamiaceae) se destaca como uma das mais importantes. É uma planta muito usada na culinária e seu óleo é amplamente empregado na perfumaria e na indústria farmacêutica (TARCHOUNE et al., 2012).

Por ser uma planta que pode se desenvolver em climas quentes, clima característico do Nordeste brasileiro, o cultivo de manjeriço é uma opção interessante para geração de emprego e renda para os pequenos agricultores.

Apesar de possuir características climáticas favoráveis para o cultivo do manjeriço, a região Nordeste possui precipitações pluviométricas irregulares o que resulta em períodos de escassez hídrica, fato que exige o uso de irrigação. No entanto, a agricultura irrigada no Nordeste brasileiro e em outras partes do mundo está enfrentando o problema da salinização dos solos devido ao manejo inadequado da irrigação. Além disso, as características geomorfológicas das regiões semiáridas normalmente favorecem a salinização de solo e água, agravando ainda mais o problema.

O estresse salino afeta os vegetais através de dois distintos componentes: (1) o componente osmótico, oriundo da concentração de solutos na solução do solo ou água de irrigação, que provoca uma diminuição da disponibilidade de água por causa da redução do potencial osmótico; (2) o componente iônico decorrente dos elevados teores de Na^+ e Cl^- que provoca toxidez iônica. Como consequência da alteração das homeostases hídrica e iônica, a diminuição da fotossíntese e a redução do crescimento são sintomas notáveis observados em plantas cultivadas sob estresse salino. Mancarella et al. (2016) estudando duas cultivares de manjeriço ('Napoletano' e 'Genovese') sob condições de salinidade constataram redução da massa fresca da parte aérea para ambas cultivares.

A hidroponia corresponde ao conjunto de técnicas empregadas para cultivar plantas sem o uso do solo, de forma que as plantas são nutridas por uma solução nutritiva. Consequentemente, as plantas cultivadas nesse tipo de técnica apresentam uma série de vantagens, tais como economia de água, elevada produtividade, menor uso de defensivos agrícolas, etc. No contexto da utilização de água salinas, cultivo hidropônico pode ser interessante, uma vez que, não existe o potencial mátrico, contrário ao cultivo convencional no solo, assim a disponibilidade de água para às plantas passa a ser controlada apenas pelo potencial osmótico, o que diminui a restrição do uso de águas salinas na irrigação (SOARES et

al., 2016).

Em estudo realizado por Bione et al. (2014) foi verificado que o uso de águas salinizadas em cultivo hidropônico NFT embora tenha reduzido o crescimento do manjeriço, não produziu sintomas deletérios que comprometessem a sua comercialização.

Existem diversos tipos de sistemas hidropônicos, mas com viabilidade técnica comprovada, destacam-se apenas a técnica do fluxo laminar dos nutrientes (NFT) e a técnica do fluxo profundo (DFT), ambos classificados como sistemas fechados (SOARES et al., 2016). Ambos são formados basicamente de um tanque de solução nutritiva, um sistema de bombeamento, canais de cultivo e sistema de retorno da solução ao tanque. Os canais de cultivo do sistema NFT são projetados com declividade de 3 a 4% formando uma fina lâmina de solução que proporciona água e nutrientes às raízes. Por outro lado, no sistema DFT a solução nutritiva forma uma lâmina de profundidade variável (2 a 20 cm) onde as raízes ficam submersas. O fato das raízes permanecerem submersas na solução nutritiva, faz o sistema DFT mais vantajoso em comparação ao NFT, pois pode-se adotar menor frequência de irrigação, acarretando em menor custo de energia. Silva et al.(2016) estudando frequências de recirculação da solução nutritiva e níveis de condutividade elétrica (CE) da água em cultivo hidropônico DFT de coentro, verificaram ser viável a adoção da frequência de recirculação da solução nutritiva a cada 8 h sem perdas de produção.

A determinação da tolerância das culturas à salinidade é um aspecto importante no contexto da utilização de águas salinas, pois as respostas ao estresse salino variam amplamente em função da espécie e do genótipo da planta, além de outros fatores tais como manejo da irrigação, tipos de sais e condições climáticas. Munns (2002) destaca que o grau de tolerância de uma espécie vegetal pode ser expresso em termos da porcentagem de biomassa produzida em relação à condição não salina ou da porcentagem de sobrevivência.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a tolerância de três genótipos de manjeriço: Grecco à Palla (*Ocimum basilicum minimum*), Alfavaca Basilicão (*Ocimum basilicum* L. var. Genovese) e Toscano Folha de Alface (*Ocimum basilicum* L. var. Crispum) submetidos à salinidade em sistema hidropônico DFT.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do manjeriço

O manjeriço é considerado uma espécie de clima temperado a temperado-quente, porém se adaptou ao clima tropical sendo cultivado em todo Brasil sob condições naturais e/ou em ambiente protegido. Apesar de ser produzido em diferentes condições climáticas, as regiões com climas quentes favorecem seu crescimento e possibilitam o cultivo durante o ano todo (PEREIRA; MOREIRA, 2011), o que torna seu cultivo atrativo para os produtores da região Nordeste.

A faixa de temperatura ótima para o crescimento encontra-se entre 15 e 25 °C. Desenvolve-se bem em solos francos, ricos em matéria orgânica, com boa drenagem e pH entre 6,0 e 7,5. (LORENZI; MATOS, 2008). O manjeriço é uma planta medicinal e aromática, que tem despertado grande interesse econômico por causa da crescente demanda por produtos naturais. É comercializado como erva fresca ou seca e também é cultivada pela agroindústria para produção de óleo essencial (BERNSTEIN, KRAVCHIK; DUDAI, 2010). É amplamente usado na medicina tradicional como tônico digestivo e como tratamento para verrugas, inflamações, resfriados e dores de cabeça (NGUYEN; KWEE; NIEMEYER, 2010).

O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) pertence à família Lamiaceae podendo ser encontrado na Ásia Tropical, África, América Central e América do Sul. O gênero *Ocimum* compreende aproximadamente 3200 espécies (BLANCK et al., 2010), constituindo-se um dos maiores gêneros da família Lamiaceae (SOBOTI; POUHPANGADAN, 1982; KHOSLA; SOBOTI, 2000; LABRA et al., 2004).

É classificado como uma herbácea, subarbusto aromático com altura entre 0,30 e 1,00 m, caule lenhoso ou sublenhoso, muito ramificado com flores as quais dependendo da variedade são de coloração branca, rósea ou lilás, reunidas em racemos terminais curtos, com comprimento médio de 1,0 cm, apresentando de 6 a 100 flores na inflorescência (LORENZI; MATOS, 2008). Suas folhas são simples, membranáceas, com margens onduladas e nervuras salientes de 4 a 7 cm, de cor verde a verde-clara, com cheiro forte e ardente, podendo apresentar grande variação na forma das folhas e tamanho das plantas. O fruto é um tetraquênio, com sementes pequenas da cor preta azulada. A raiz primária é de forma delgada, hialina e fina

(ALBUQUERQUE; ANDRADE, 1998; ALMEIDA, 2006; LORENZZI; MATOS, 2008; PEREIRA; MOREIRA, 2011).

Os óleos essenciais são definidos como compostos aromáticos, voláteis, que proporcionam aroma nas plantas, na maioria das vezes constituída por moléculas de natureza terpênica, formados principalmente por monoterpenos e sesquiterpenos, geralmente encontrados em folhas e flores e produzido em cavidades denominadas canais secretores ou tricômas glandulares (BRASIL, 2006). O óleo essencial provém do metabolismo secundário, que é responsável pela interação das plantas com o meio ambiente e pode ser extraído das folhas e dos cálices florais (ALVES et al., 2015) e dentre outras metodologias existentes, pode ser extraído pelo processo de hidrodestilação, sendo os seus maiores constituintes o linalol (40,5 a 48,2 %) e o metil chavicol (28,9 a 31,9%) (BARBALHO et al., 2012).

Fatores abióticos como déficit hídrico, temperatura, radiação e salinidade podem alterar o teor de óleo essencial do manjericão.

O estresse salino altera a homeostase osmótica e iônica nas plantas, resultando em diminuição ou aumento na produção de metabólitos secundários (AKULA; RAVISHANKAR, 2011). Em estudo conduzido em cultivo hidropônico tipo floating, Bernstein, Kravchik e Dudai (2010) observaram aumento de 50% no teor do óleo essencial do manjericão (*O. basilicum* L. cv. Perrie) com incremento da salinidade no intervalo de 1 a 75 mM de NaCl.

Tarchourne et al.(2013) verificaram aumento no teor de óleo essencial do manjericão (*O. basilicum* L. cv. Genovese) de 22% com 50 mM de NaCl. Alves et al.(2015) concluíram que o aumento da salinidade não altera os teores de óleo essencial da parte aérea do manjericão. Menezes (2017) estudando dois genótipos de manjericão, ‘Toscano Folha de Alface’ e ‘Genaro de Menta’, sob condições de salinidade (0 e 8 dS m⁻¹), em cultivo hidropônico tipo *floating* verificou que o incremento da salinidade aumentou o teor, o rendimento e a produtividade de óleo essencial do genótipo ‘Genaro de Menta’.

2.2 Hidroponia e águas salinas

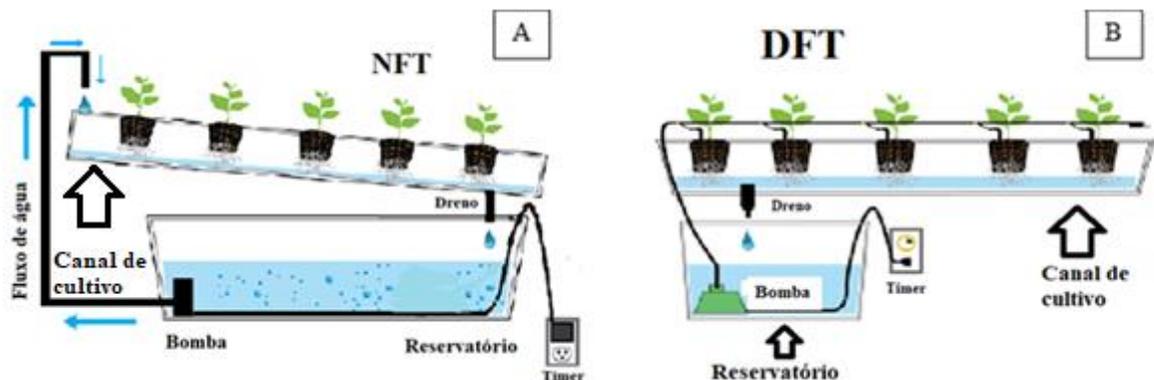
A agricultura é a maior consumidora de água doce do planeta. Estima-se que cerca de 70% da água de baixa salinidade disponível no mundo seja utilizada na agricultura irrigada e, no Brasil, esse índice chega a 72% (WALBERT, 2013). Um dos objetivos primários da agricultura é prover os alimentos necessários para os seres humanos. A demanda por alimentos aumenta proporcionalmente ao incremento da população.

Segundo Ercin e Hoekstra (2014) o consumo de água, que hoje é de 4500 bilhões de $\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$, irá atingir 6900 bilhões de $\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$ em 2030. Diante desse cenário existe uma iminente necessidade de se buscar alternativas para o uso eficiente dos recursos hídricos, principalmente por parte do irrigante, pois de acordo com Mirata e Emtairah (2014) o uso da água na agricultura é frequentemente ineficiente sendo apenas uma pequena fração realmente usada para o crescimento das plantas, com o resto drenado ou perdido por evaporação.

Melhorar a eficiência do uso da água significa adotar sistemas que proporcionem o uso racional dos insumos e fontes de água. Diante da necessidade do uso eficiente da água, muitos estudos têm sido conduzidos para investigar uma possível utilização das águas salinas na agricultura, inclusive em sistemas hidropônicos. A hidroponia, do grego *hydros* = água e *ponos* = trabalho, pode ser definida como uma técnica de cultivo de plantas em solução nutritiva com ou sem substratos. A solução nutritiva é preparada com água e fertilizantes, observando-se o pH e a concentração de nutrientes, que devem ser adequados conforme a necessidade da cultura (SOARES et al., 2016).

Existem diversos tipos de sistemas hidropônicos, porém, com viabilidade técnica comprovada até agora, destacam-se a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT) (Figura 1A) e a técnica do fluxo profundo (DFT) (Figura 1B). Ambos são formados por um reservatório de solução nutritiva, sistema de recalque, canais de cultivo e um dreno. A diferença é que no sistema NFT existe uma leve declividade (3-4%) dos canais de cultivo o que favorece a formação de uma delgada camada de solução nutritiva. No sistema DFT os canais de cultivo são posicionados em nível ocorrendo formação de uma lâmina de solução nutritiva (MARTINEZ; HERMINIA, 2006).

Figura 1 - Esquema dos sistemas hidropônicos NFT (A) e DFT (B)



A utilização de águas salinas em cultivos hidropônicos pode ser viável em função da

ausência do potencial matricial do solo (SOARES et al., 2016). Dessa maneira apenas o potencial osmótico diminui a energia livre da água, fato que reduz a restrição da absorção de água salina pela planta, essencialmente, no cultivo de hortaliças. A disposição em nível do sistema DFT proporciona vantagem em relação ao sistema NFT em locais que possuem quedas frequentes de energia, isso porque na ausência de energia o risco de perda de produção no sistema DFT se torna menor (SILVA et al., 2016) pois uma camada de solução ainda é mantida na calha mesmo com o sistema parado.

Vários estudos têm sido conduzidos com utilização de águas salobras para diversas culturas. Bernstein, Kravchik e Dudai (2010) que, avaliaram a cultura do manjericão *Ocimum basilicum* cv. Perrie sob seis níveis de cloreto de sódio (entre 1,0 e 13,0 dS m⁻¹ NaCl) em cultivo hidropônico tipo floating observaram que o aumento da salinidade de 1 para 10 dS m⁻¹ de NaCl induziu a redução de 63 e 61% nas massas fresca e seca, respectivamente. Em estudo conduzido por Bione et al. (2014) foi verificada redução da produção do manjericão com o incremento da salinidade em sistema hidropônico NFT), porém sem efeitos depreciativos que pudessem prejudicar a comercialização do manjericão. Jesus et al. (2015) estudaram o comportamento de duas cultivares de rúcula sob salinidade (entre 1,8 e 9,7 dS m⁻¹ de NaCl) constatando redução da produção de ambas com o aumento da salinidade. Menezes (2017) estudou o efeito da salinidade (0 e 8 dS m⁻¹) sobre genótipos de manjericão e cultivo hidropônico tipo *floating* e verificou redução de variáveis biométricas e da produção com o incremento da salinidade.

2.3 Salinidade e seu efeito sobre as plantas

A salinidade afeta as plantas por meio do efeito osmótico, toxicidade específica e íons e/ou desequilíbrio nutricional. A extensão dos efeitos depende de vários fatores como a espécie vegetal, o genótipo, o estágio fenológico, a concentração iônica, a composição dos sais e o local de aplicação do estresse (PRISCO; GOMES FILHO e MIRANDA, 2016).

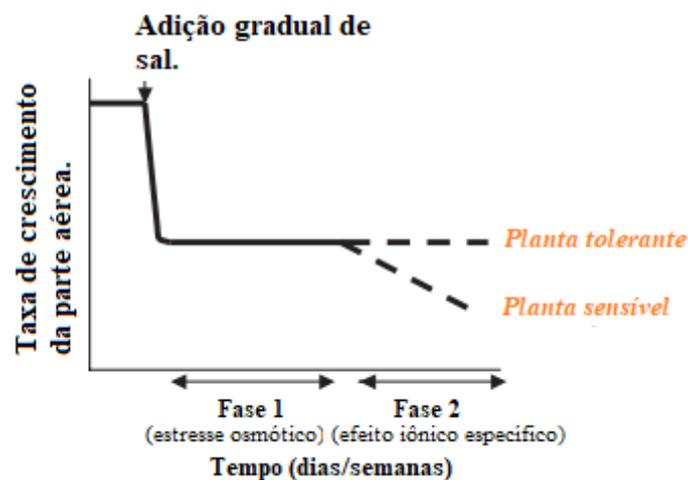
As plantas passam por mudanças características desde o início da imposição do estresse até a aclimação. Munns (2002) descreve essas mudanças através de diferentes escalas temporais no desenvolvimento da planta. Momentos após a salinização, as células vegetais perdem a turgescência e encolhem, mas recuperam o volume original horas depois (LÄUCHLI; GRATTAN, 2007).

Apesar dessa recuperação, ocorre redução da capacidade de expansão celular, e em menor grau a divisão celular, o que acarreta em menor taxa de crescimento foliar e radicular e

com o decorrer dos dias, as reduções no alongamento e na divisão celular se traduzem em folhas de tamanho pequeno (LÄUCHLI; GRATTAN, 2007). As plantas que são severamente afetadas pelo estresse salino, frequentemente, desenvolvem injúrias devido a absorção excessiva de sais. Após semanas, o desenvolvimento dos ramos laterais é afetado e após meses, são claras as diferenças observadas no crescimento geral e nas lesões entre as plantas estressadas e as não estressadas.

Compreendendo essas diferenças temporais em resposta à salinidade, Munns (2002) propôs um modelo bifásico para explicar a resposta do crescimento das plantas à salinidade (Figura 2).

Figura 2 - Ilustração esquemática da resposta das plantas às duas fases do estresse salino



A primeira fase da redução do crescimento acontece rapidamente (em minutos) após a exposição à salinidade. Essa resposta acontece devido às mudanças no potencial osmótico ao redor do sistema radicular o que provoca modificações nas relações hídricas da célula (efeito osmótico). Inicialmente, o efeito osmótico reduz a capacidade das planta em absorver água (ACOSTA MOTOS et al, 2017). Esse efeito é similar ao causado pelo déficit hídrico e mostra pequenas diferenças entre os genótipos. Vários minutos depois após a redução inicial do crescimento foliar, a depender da concentração de sais na zona radicular, tem-se uma recuperação gradual da taxa de crescimento até um novo estado de equilíbrio ser alcançado. O segundo efeito (efeito iônico), muito mais lento, acontece em dias, semanas ou meses e é resultado da acumulação de sais na folha, principalmente nas folhas mais velhas com consequente toxicidade iônica para as plantas (WILLADINO; CAMARA, 2010).

A toxicidade específica causada pelos sais pode resultar na senescência das folhas e consequentemente na redução da área fotossintetizante. Como resultado, ocorre uma

diminuição na produção de fotoassimilados para o vegetal, afetando o balanço global de carbono necessário para o crescimento e produção das culturas (MUNNS, 2002). A toxicidade ocorre primeiramente nas folhas mais velhas onde Na^+ e Cl^- se acumulam nas folhas que ficam transpirando por um longo período de tempo, resultando em alta concentração de sais e morte foliar (WILLADINO; CAMARA, 2010).

A morte e a lesão foliar provavelmente acontecem em função da quantidade de sal na folha exceder a capacidade de compartimentalização nos vacúolos, causando o aumento da concentração de sais no citoplasma até níveis tóxicos (MUNNS; TESTER, 2008). A taxa de senescência foliar e a redução na área foliar fotossintetizante total determina a sobrevivência ou susceptibilidade ao estresse. Se as folhas novas forem produzidas a uma taxa maior que as folhas velhas que morrem, há folhas suficientes para que a planta floresça e produza sementes (LÄUCHLI; GRATTAN, 2007).

Por outro lado, se as folhas mais velhas senescem mais rápido do que as folhas mais novas se desenvolvem, a planta pode não sobreviver tempo suficiente para fornecer fotoassimilados aos órgãos reprodutores e produzir sementes viáveis. Baseado no modelo bifásico, a redução do crescimento inicial tanto para plantas tolerantes quanto sensíveis à salinidade é causada pelo efeito osmótico provocado pelos sais ao redor do sistema radicular. Em contrapartida, na segunda fase, as espécies ou genótipos sensíveis ao estresse salino diferem da maioria das espécies tolerantes por sua incapacidade de evitar a acumulação de sais na folha até níveis tóxicos (PRISCO; GOMES FILHO e MIRANDA, 2016).

Por alterar a homeostase hídrica e iônica, o estresse salino diminui o crescimento das plantas e afeta vários processos fisiológicos, tais como fotossíntese, condutância estomática, concentração interna de CO_2 , transpiração foliar, ajuste osmótico, absorção de íons, síntese de proteínas, síntese de ácidos nucleicos, atividade enzimática e balanço hormonal (MUNNS; TESTER, 2008; WILLADINO ; CAMARA, 2010; PRISCO ; GOMES FILHO e MIRANDA, 2016) assim como o processo de transporte de íons e água, o que promove toxicidade iônica e desequilíbrio nutricional (DEINLEIN et al., 2014).

2.4 Mecanismos de tolerância à salinidade

A tolerância à salinidade é a capacidade das plantas completarem seu ciclo de vida sob condição de altas concentrações de sais solúveis na zona radicular (DAS PARIDA, 2005).

Dos processos desenvolvidos pelas plantas ao longo do processo evolutivo para tolerar

o estresse salino, destacam-se: o controle de absorção de íons tóxicos pela raiz e seu transporte para as folhas; a compartimentalização de íons, nas células e na planta inteira; o acúmulo de solutos orgânicos compatíveis no citoplasma; alterações na estrutura da membrana plasmática; indução de enzimas antioxidativas; e alteração no balanço hormonal (GREENWAY; MUNNS, 1980; HASEGAWA et al., 2000; PARIDA; DAS, 2005).

Além dos mecanismos supracitados, outros dois aspectos são bastante relevantes em relação à tolerância das plantas à salinidade, como o restabelecimento da homeostase celular e a retomada do crescimento, mesmo que a uma taxa reduzida (ZHANG; SHI, 2013).

2.4.1 Homeostase, compartimentalização e regulação iônica

A absorção seletiva e compartimentalização iônica não é importante apenas para condições de crescimento normal, mas também para o cultivo em condições salinas, pois o estresse provoca distúrbios na homeostase osmótica e iônica. As plantas, sejam glicófitas ou halófitas, não toleram grandes quantidades de sais no citoplasma sob condições salinas e, portanto, restringem o excesso de sais no vacúolo ou compartimentalizam os íons em diferentes tecidos para facilitar suas funções metabólicas (PARIDA; DAS, 2005).

As glicófitas limitam a absorção de sódio ou particionam o sódio em tecidos mais velhos que servem como compartimentos de armazenamento que são eventualmente sacrificados. Algumas plantas tolerantes a salinidade como *Tamarix* sp. e halófitas como *Atriplex* sp., possuem glândulas de sal na superfície das folhas. Os íons são transportados para essas glândulas, onde são cristalizados, não causando efeito prejudicial ao vegetal. Em geral, as halófitas possuem uma capacidade maior de compartimentalização de íons na parte aérea do que as glicófitas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Altas concentrações de íons específicos, principalmente Na^+ e Cl^- , podem causar deficiência de Ca^{++} e K^+ e outros desequilíbrios nutricionais. (ACOSTA MOTOS et al., 2017). Entre os efeitos mais estudados, destaca-se a redução da concentração de K^+ em função do aumento da salinidade, sendo reconhecida como mecanismo de tolerância à salinidade de algumas plantas, a capacidade de absorção seletiva de K^+ associada à extrusão de Na^+ (ZHANG; SHI, 2013; DEILEIN et al., 2014; PRISCO; GOMES FILHO; MIRANDA, 2016).

Menezes (2017) estudando o efeito da salinidade (0 e 8 dS m^{-1}) em genótipos de manjeriço observou aumento dos teores de Na^+ e K^+ nas folhas com o incremento da salinidade. Tarchoune et al. (2012) avaliaram a cultura do manjeriço cultivar ‘Genovese’ sob

três níveis de salinidade (0 mM, 25 mM Na₂SO₄ e 50 mM de NaCl) e verificaram decréscimo no conteúdo de K⁺ de 50% nas folhas e 77% no caule sob 50 mM de NaCl. Essa redução pode ser explicada pela relação antagônica desses íons na absorção através da membrana plasmática, pois os mesmos competem pelos mesmos sítios de absorção. Por outro lado, Mancarella et al. (2016) avaliaram as cultivares de manjeriço ‘Napoletano’ e ‘Genovese’ sob 0, 100 e 200 mM de NaCl e verificaram aumento do conteúdo de K⁺ no intervalo de 0-100 mM para cultivar ‘Genovese’ enquanto que para a cultivar ‘Napoletano’ não houve efeito significativo da salinidade para esta variável. Attia et al. (2009) afirmam que a tolerância do manjeriço à salinidade está diretamente relacionada com a capacidade de manutenção das taxas de K⁺ e regulação do acúmulo do sódio nas folhas em níveis compatíveis com os padrões fisiológicos normais.

2.4.2 Avaliação de tolerância à salinidade

A salinidade dos solos é um dos fatores que mais influem no estabelecimento das populações humanas, sendo uma das condições adversas à agricultura. Cerca de 43% da superfície utilizada para a produção agrícola no mundo encontra-se afetada por níveis de salinidade que, na maioria das vezes, supera o nível da tolerância das espécies cultivadas (MURILO AMADOR et al., 2013).

A diminuição da fotossíntese e do crescimento são efeitos do estresse salino com consequente diminuição da produtividade agrícola (BERNSTEIN, KRAVCHIK; DUDAI, 2010).

Conhecer a tolerância à salinidade das culturas é importante para recomendar aos agricultores o genótipo mais produtivo para cultivar-se sob condições de salinidade visto que em muitas áreas irrigadas do planeta, os agricultores são forçados a usar águas salinas na irrigação das culturas devido a indisponibilidade de água doce.

Na literatura são apresentadas várias metodologias para se estudar a respostas das plantas à salinidade e classificá-las de acordo com a tolerância aos sais. Essas metodologias podem ser baseadas em caracteres morfológicos (a exemplo de folhas mortas ou senescentes e de reduções da matéria seca da parte aérea e radicular, assim como da produção de grãos ou de frutos) e caracteres fisiológicos (trocas gasosas, fluorescência da clorofla, teores de pigmentos, atividade de enzimas oxidativas, acúmulo e exclusão de íons, ajustamento osmótico, entre outros (SOARES FILHO et al., 2016).

2.4.2.1 Tolerância à salinidade em base de redução da produção

Essa metodologia faz uso da produção da matéria seca e da produção de frutos ou grãos, devendo-se avaliar as reduções em função dos níveis de salinidade estudados, tendo como elemento de comparação uma testemunha cultivada em condição não salina (SOARES FILHO et al., 2016).

Pode-se utilizar a seguinte fórmula para o cálculo da redução da produção de matéria seca, de frutos ou de grãos:

$$RP = \frac{[(PSTS - PCTS)]}{[(PSTS)]} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que,

RP – Redução da produção, em %;

PSTS – Produção sem tratamento de salinidade, em g;

PCTS – Produção sob tratamento de salinidade, em g.

A classificação quanto ao grau de tolerância dos genótipos é feita baseando-se nas recomendações de Soares Filho et al.(2016).

Tabela 1 - Classificação de genótipos quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução de matéria seca

Redução da produção (%)	Classificação
0 – 20	Tolerante (T)
20,1 – 40	Moderadamente tolerante (MT)
40,1 – 60	Moderadamente suscetível (MS)
>60	Suscetível (S)

Fonte: Soares Filho et al. (2016)

Bione et al. (2014) avaliaram a cultura do manjericão sob salinidade (entre 1,45 e 8,48 dS m⁻¹) em cultivo hidropônico NFT e a classificaram como tolerante até a condutividade elétrica da água utilizada para o preparo da solução nutritiva de 1,5 dS m⁻¹. Maia et al.(2017) ,em irrigação por gotejamento, avaliaram a resposta genotípica quanto à tolerância à salinidade (entre 0,5 e 5,0 dS m⁻¹ de NaCl) com base na redução relativa da produção de dois genótipos de manjericão, ‘Roxo’ e ‘Verde’, reportando a cultivar ‘Roxo’ como mais tolerante. Nesse mesmo trabalho os autores concluíram que ambas cultivares foram classificadas como tolerantes até a CE de 1,5 dS m⁻¹.

2.4.2.2 Modelo de Maas e Hoffman

Maas e Hoffman (1977) obtiveram uma relação linear entre a salinidade e os rendimentos relativos ou potenciais das culturas, representada pela equação:

$$Y = 100 - b(CE - SL) \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que,

Y – Percentagem de rendimento potencial;

SL – Nível de salinidade limiar da cultura, em dS m^{-1} ;

CE_{es} – Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, em dS m^{-1} ;

b – Perda de rendimento em percentagem provocada pelo aumento unitário da condutividade elétrica acima do limiar de tolerância da cultura.

Os graus de tolerância são estabelecidos com base nos valores de salinidade limiar, conforme estabelecidos na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação de tolerância relativa para salinidade da água de irrigação de acordo com Maas e Hofmann (1977)

Tolerância relativa	Salinidade limiar Água(CE_{Sol}^*)
Sensível (S)	<0,9
Moderadamente sensível (MS)	0,9 a 2,0
Moderadamente tolerante (MT)	2,0 a 4,0
Tolerante (T)	4,0 a 7,0
Altamente tolerante (AT)	>7,0

Fonte: Adaptada de Maas e Hoffman (1977)

* CE_{Sol} – Condutividade elétrica da solução nutritiva, baseada na relação $CE_{Sol} = 1,5CE_{es}$

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no período de novembro a dezembro de 2016 em casa de vegetação, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, no campus de Cruz das Almas (12°40'19" de Latitude Sul, 39°06'23" de Longitude Oeste e altitude média de 220 m). Conforme classificação de Alvares et al. (2013), o clima local é tropical quente úmido, tipo Af com médias anuais de precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa de 1.224 mm, 24,5 °C e 80%, respectivamente

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento de parcelas subdivididas (níveis salinos no bloco principal e genótipos nas parcelas ao acaso), em esquema fatorial 6x3, com três repetições, totalizando 54 parcelas. Foram aplicados seis níveis de salinidade (0; 2,2; 4,2; 6,2; 8,2 e 10,2 dS m⁻¹ de NaCl) na solução nutritiva, em três genótipos de manjeriço: Alfavaca Basilicão (*Ocimum basilicum* L. var. Genovese), Grecco a Palla (*Ocimum basilicum minimum*) e Toscano Folha de Alface (*Ocimum basilicum* L. var. Crispum), perfazendo um total de 18 tratamentos com três repetições, sendo cada unidade experimental composta por 21 plantas (sete plantas de cada genótipo) com espaçamento de 0,25 m, cultivadas na parte central do tubo.

3.3 Estrutura experimental

A estrutura do experimento foi constituída por seis bancadas, cada uma com três perfis hidropônicos que consistiram em tubos de PVC (PN 40) com diâmetro de 75 mm e 6,0 m de comprimento, espaçados entre si em 0,30 m. Nestes tubos (perfis) foram abertos orifícios com diâmetro de 0,05 m a cada 0,25 m, ou seja, 21 orifícios na parte central do tubo para cultivo de plantas. Também, foi acoplado a cada perfil um reservatório plástico com capacidade para 60 L, uma eletrobomba para ligar/desligar a circulação da solução nutritiva e um sistema de injeção da solução nutritiva. Os perfis foram instalados em nível e suas

extremidades foram tampadas com “caps” de PVC perfurados ao centro para manter uma lâmina constante de solução nutritiva com altura de 2 cm dentro do tubo (Figura 3).

Figura 3 - Visão geral das unidades experimentais empregadas no experimento



Em cada parcela foi instalado um sistema de abastecimento automático individualizado, que permitiu a reposição da água consumida pelas plantas. O abastecedor consistiu de um reservatório tubular e uniforme com diâmetro nominal de 150 mm, uma régua graduada fixada junto a uma mangueira transparente instalada no sentido vertical para realizar a leitura do nível da água no do abastecedor e uma torneira-bóia que proporcionou a saída de água para o reservatório de solução nutritiva durante a avaliação diária do consumo hídrico, permitindo a manutenção do volume da solução nutritiva.

3.4 Manejo da solução nutritiva

A composição da solução nutritiva e fertilizantes utilizados, foi baseada na recomendação de Furlani et al.(1998) (Tabela 3). Visando estabelecer os níveis de salinidade da solução nutritiva, conforme os tratamentos, foram acrescidas quantidades adequadas de NaCl para obtenção das concentrações desejadas conforme o tratamento, resultando nas seguintes condutividades elétricas da solução nutritiva (CESol): 2,45; 4,32; 6,38; 8,36; 10,37 e 12,27 dS m⁻¹. A frequência de circulação da solução nutritiva no sistema hidropônico ocorreu

em um intervalo de 15 minutos durante o dia e uma vez a noite (15 minutos ligado). O controle da aplicação da solução foi realizado com auxílio de um temporizador analógico. Foram realizadas as medidas da condutividade elétrica (CE) e do pH da solução nutritiva a cada 2 dias, e quando houve necessidade foram ajustadas mantendo o padrão (pH entre 5,5 e 6,5) e a CE dentro da faixa de 10% do valor original. A avaliação do consumo hídrico das plantas ocorreu diariamente.

Tabela 3 - Quantidade (Q) de fertilizantes para preparo de 1000 L de solução nutritiva.

Fertilizante	Q	N- NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Nitrato de cálcio	750	7,5	108,75			142,5								
Nitrato de potássio	500		65		182,5									
Fosfato monoamônico	150	16,5		39										
Sulfato de magnésio	400						40	52						
Sulfato de cobre	0,15									0,02				
Sulfato de zinco	0,3													0,07
Sulfato de manganês	1,5											0,39		
Ácido bórico	1,8								0,31					
Molibdato de sódio	0,15										2,08		0,06	
Fe-EDTA-13% Fe	16													
Concentrações		24	173,75	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07

3.5 Condução da cultura

As mudas de manjeriço foram propagadas por sementes, em espuma fenólica (Figura 4A) e 10 dias após a emergência foram encaminhadas ao berçário em sistema hidropônico por fluxo laminar de nutrientes NFT (Figura 4B), permanecendo nesta estrutura por um período de 20 dias, sendo irrigadas com a solução nutritiva de Furlani et al. (1998) a 50% da concentração original. Em seguida, as mudas foram padronizadas em relação à altura (6 cm), ao número e ao estágio de desenvolvimento das folhas sendo posteriormente colocadas em copos descartáveis de 110 mL, com a base perfurada, e transplantadas para o sistema hidropônico usando a técnica do fluxo profundo DFT (Figura 4C), em espaçamento de 0,25 m entre plantas conforme delineamento experimental.

Figura 4 - Disposição das sementes em placa de espuma fenólica (A), berçário para produção de mudas de manjeriço no sistema NFT (B) e transplantio das mudas em sistema DFT (C)



3.6 Análise biométrica

As análises biométricas foram realizadas aos 28 dias após o transplantio. Para isso foram selecionadas 3 plantas ao acaso de cada repetição e nestas foram determinadas as seguintes variáveis:

Altura de planta: A altura foi determinada com o auxílio de uma régua graduada em centímetros do colo da planta até a inserção do meristema apical;

Diâmetro do caule: O diâmetro foi avaliado na região do colo da planta, por meio de um paquímetro digital a 2 cm de altura.

3.7 Análise de crescimento

Massa fresca da parte aérea (g por planta) (MFPA): Após a colheita foram pesadas todas as sete plantas (individualmente) de cada genótipo para determinação da massa fresca da parte aérea sendo pesadas em balança semi-analítica com precisão de 0,01 g;

Massa seca da parte aérea (g) (MSPA): As plantas foram colocadas numa estufa de ventilação forçada à temperatura de 40 °C, permanecendo nestas por 72 horas ou até atingirem peso constante sendo pesadas em balança com precisão de 0,01 g.

Massa seca da raiz (g) (MSR): As raízes foram colocadas numa estufa de ventilação forçada à temperatura de 65 °C, permanecendo nestas por 72 horas ou até atingirem peso constante sendo pesadas em balança com precisão de 0,01 g.

Teor de água na parte aérea: Para a determinação do teor de água na parte aérea foi

utilizada a Eq.(3):

$$U = \frac{MFPA - MSPA}{MFPA} \times 100 \quad \text{Eq.(3)}$$

Em que,

U = teor de água na parte aérea, %;

MFPA = massa fresca da parte aérea, em g;

MSPA = massa seca da parte aérea, em g.

Taxa de crescimento absoluto (g dia⁻¹) (TCA)

$$TCA = \frac{MSPA2 - MSPA1}{T2 - T1} \quad \text{Eq.(4)}$$

Em que,

TCA - Taxa de crescimento absoluto com relação à MSPA;

MSPA1 – Média da massa seca da parte aérea de seis plantas no ato do transplântio
(A massa seca da parte aérea foi estimada em 0,1g);

MSPA2 – Média da massa seca da parte aérea de sete plantas aos 28 dias após o
transplântio;

T1 e T2 - Intervalo de tempo entre as avaliações, em dias.

Taxa de crescimento relativo (TCR) (g g⁻¹ dia⁻¹)

$$TCR = \frac{\ln MSPA2 - \ln MSPA1}{T2 - T1} \quad \text{Eq.(5)}$$

Em que,

TCR - Taxa de crescimento relativo em relação à massa seca da parte aérea;

Ln - Logaritmo neperiano;

MSPA1 – Média da massa seca da parte aérea de seis plantas no ato do transplântio (A massa seca da parte aérea foi estimada em 0,1g);

MSPA2 – Média da massa seca da parte aérea de sete plantas aos 28 dias após o transplântio;

T1 e T2 - Intervalo de tempo (dias) entre as avaliações.

3.8 Tolerância dos genótipos à salinidade

A tolerância dos genótipos à salinidade com base na redução da produção da MSPA foi definida conforme Soares Filho et al. (2016) utilizando a Eq. (1).

A classificação/indicação do grau de tolerância dos genótipos foi feita baseando-se nas recomendações de Soares Filho et al.(2016) conforme Tabela 1.

Para tolerância com base na salinidade limiar (MASS; HOFFMAN, 1977) estabeleceu-se relação entre a massa seca da parte aérea (MSPA) produzida em determinado tratamento em relação ao tratamento não salino ($CE_{Sol} = 2,45 \text{ dS m}^{-1}$), obtendo-se a equação conforme modelo sugerido por Maas e Hoffman (1977) conforme Eq. (2).

Os graus de tolerância foram estabelecidos com base nos valores de salinidade limiar, conforme estabelecidos na Tabela 2.

3.9 Consumo hídrico

O cálculo dessa variável foi feito considerando todos os perfis de cada tratamento sendo avaliadas 21 plantas por perfil e 7 plantas de cada genótipo.

Para o cálculo do consumo hídrico médio diário de água consumida foi empregada a Eq.(6).

$$V_{ETc} = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta T} \times 10^6$$

Eq.(6)

Em que,

V_{ETc} – volume evapotranspirado, em mL planta⁻¹ dia⁻¹;

L_f – leitura final do nível da água no reservatório de abastecimento, m;

L_i – leitura inicial do nível da água no reservatório de abastecimento, m;

D – diâmetro interno do reservatório de abastecimento, m;

ΔT – intervalo de tempo entre as leituras, dia;

n – número de plantas no perfil no intervalo de tempo ΔT ;

O consumo hídrico total de cada tratamento foi calculado a partir do somatório dos valores de consumo hídrico diário contabilizados durante 28 dias.

3.10 Eficiência do uso da água

O cálculo dessa variável foi feito considerando todas as plantas do perfil hidropônico, ou seja, 21 plantas, totalizando 18 unidades experimentais.

Para o cálculo da eficiência do uso da água foi empregada a Eq.(7)

$$EUA = \frac{MSPA}{V_{ETc}} \quad \text{Eq.(7)}$$

Em que,

EUA = eficiência do uso da água, em g L⁻¹;

$MSPA$ = massa seca da parte aérea, em g;

V_{ETc} = volume evapotranspirado total observado durante o ciclo de 28 dias, em L.

3.11 Teor, rendimento e produtividade de óleo essencial nas folhas de manjeriço

A extração do óleo essencial dos genótipos de manjeriço foi realizada por hidrodestilação com adaptações, no Laboratório de Fitoquímica da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, nas folhas e cálices florais conforme metodologia descrita por Alves et

al. (2015). O processo de extração foi conduzido durante 2 h, contadas a partir da condensação da primeira gota, sendo verificado o volume de óleo extraído na coluna graduada do Clevenger (Figura 5).

Figura 5- Processo de extração de óleo de folhas de manjeriço pelo processo de hidrodestilação adaptado



O teor de óleo foi calculado com base na massa de matéria seca, conforme a Eq.(8)

$$T_o = \frac{V_o}{MSF \cdot \left(\frac{MSF \times U}{100} \right)} \times 100 \quad \text{Eq.(8)}$$

Em que,

T_o – teor de óleo essencial, mL por 100 g de massa seca foliar (MSF);

V_o – volume de óleo extraído, mL;

MSF – massa seca das folhas utilizada para a extração, g; A MSF utilizada na extração foi corrigida para teor de umidade subtraindo da MSF utilizado o teor de umidade (U) determinado.

O rendimento de óleo essencial foi calculado em mL por planta conforme a equação:

$$R_o = \frac{T_o \times MSF}{100} \quad \text{Eq.(9)}$$

Em que,

R_o – rendimento de óleo essencial produzido, mL por planta;

T_o – teor de óleo essencial, mL por 100 g;

MSF – Média da massa seca total das folhas por planta, g.

A produtividade (mL m^{-1}) foi calculada empregando-se a seguinte equação:

$$P = R_o \times N \quad \text{Eq.(10)}$$

Em que,

P- Produtividade de óleo essencial em mL m^{-1} ;

R_o - rendimento de óleo essencial, mL planta^{-1} ;

N- Número de plantas por metro linear de perfil.

Também foi calculada a redução relativa da produtividade de óleo essencial dos genótipos de manjeriço empregando-se a seguinte equação:

$$RRP(\%) = \frac{PSTS - PCTS}{PSTS} \times 100 \quad \text{Eq.(11)}$$

Em que:

RRP = Redução relativa da produtividade (%);

PCTS = Produtividade com tratamento de salinidade, mL m^{-1} ;

PSTS = Produtividade sem tratamento de salinidade, mL m^{-1} .

3.12 Análise estatística

Mediante análise de variância (ANAVA), avaliou-se a significância dos tratamentos. Quando verificou-se efeito significativo na interação entre tratamentos, procedeu-se o desdobramento da interação. No estudo dos fatores isolados, os genótipos de manjeriço foram comparados mediante teste de médias (Tukey a 0,05 de probabilidade); já o fator nível de salinidade foi submetido à análise de regressão polinomial, selecionando-se os modelos com base na significância de seus termos, no valor do coeficiente de determinação e no significado biológico. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

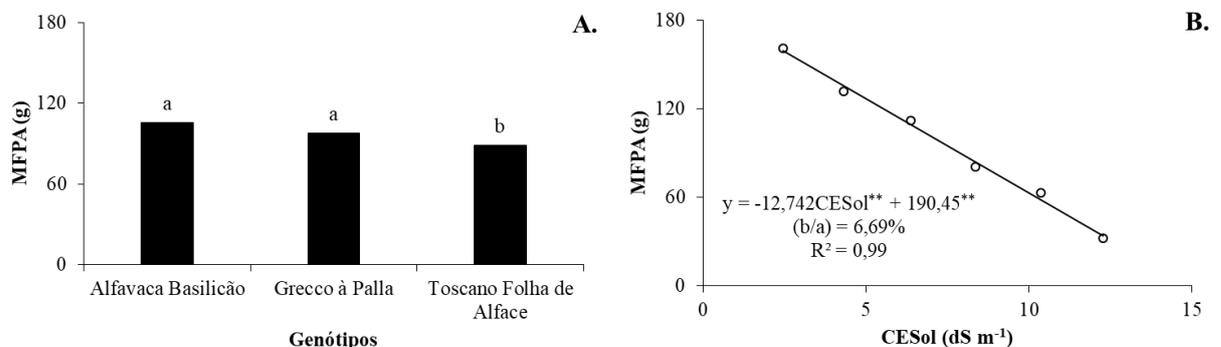
4.1.2 Produção

Através do resumo da análise de variância (Tabela 7) nota-se que houve efeito significativo ($p < 0,01$) da salinidade, genótipos e interação entre os dois fatores (salinidade x genótipos). Para a massa seca da parte aérea (MSPA), a massa seca da raiz (MSR). Em relação a massa fresca da parte aérea (MFPA) constatou-se efeito significativo ($p < 0,01$) apenas da salinidade.

A MFPA dos genótipos de manjeriço foi influenciada negativamente pelo o incremento nos níveis salinos da solução nutritiva e de acordo com a equação de regressão (Figura 6B) verifica-se efeito linear e decrescente, com redução média de 6,69% por aumento unitário da condutividade elétrica da solução nutritiva, ou seja, ao comparar a MFPA das plantas cultivadas sob CE de $12,27 \text{ dS m}^{-1}$ nota-se declínio de 80% em relação às plantas submetidas a $2,45 \text{ dS m}^{-1}$. Esse efeito drástico da salinidade na MFPA pode ter sido consequência da diminuição do potencial osmótico da solução nutritiva em virtude da salinidade que afeta o crescimento da planta.

No tocante as médias de MFPA para as diferentes cultivares, verificam-se valores de 105, 98 e 88 g para as cultivares ‘Alfavaca Basilicão’, ‘Grecco à Palla’ e ‘Toscano Folha de Alface’, respectivamente, sendo que o valor apresentado por genótipo ‘Toscano Folha de Alface’ foi significativamente inferior ($p < 0,01$) em relação aos demais genótipos (Figura 6A).

Figura 6 - Massa fresca da parte aérea (MFPA) dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

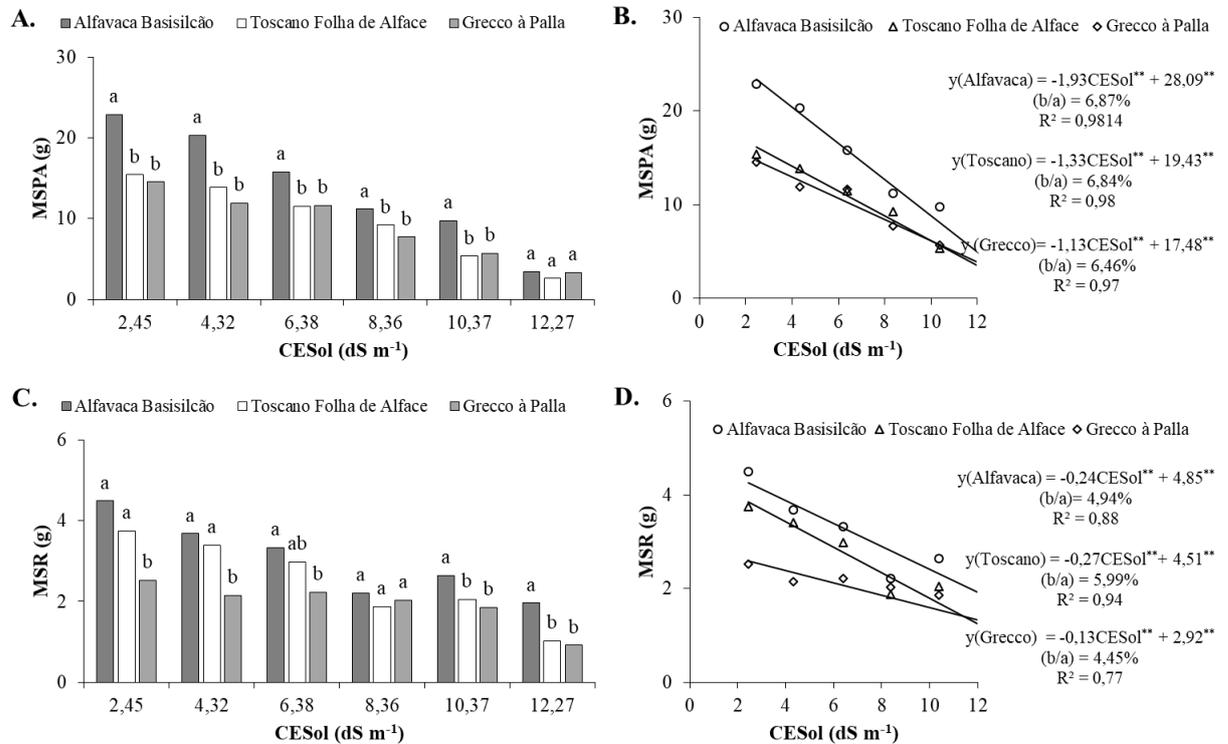
Para a variável MSPA, nota-se diferenças significativas entres os genótipos estudados sob diferentes níveis de salinidade de água, com exceção das plantas cultivadas no maior nível salino (12,27 dS m⁻¹), sendo que o genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ registrou MSPA médias superiores aos demais genótipos que não diferiram entre si (Figura 7A).

O desdobramento da interação genótipos dentro da salinidade revelou que o aumento da salinidade da água reduziu linearmente a MSPA para todos os genótipos (Figuras 7B). Dentre os genótipos ‘Grecco a Palla’ apresentou a menor redução percentual na MSPA por aumento unitário da CESol (6,46%), quando comparado aos demais genótipos (Figura 7B).

No desdobramento do fator genótipos dentro dos níveis salinidade da água para a MSR observou-se diferenças significativas em cinco dos seis níveis de salinidade estudados, 2,45; 4,32; 6,38 e 12,27 dS m⁻¹ (Figura 7C). Com exceção ao tratamento correspondente a 8,36 dS m⁻¹, em todos os níveis de salinidade foram constatadas diferenças entre os genótipos, sendo o genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ e o ‘Toscano Folha de Alface’ os que obtiveram as maiores médias desta variável diferindo estatisticamente do genótipo ‘Grecco à Palla’ nos níveis 2,45 e 4,32 dS m⁻¹. No nível correspondente à 6,38 dS m⁻¹, o genótipo ‘Toscano Folha de Alface’ não diferiu estatisticamente ($p>0,05$) do genótipo ‘Grecco à Palla’ e nos níveis de 10,37 e 12,27 o genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ apresentou médias significativamente ($p<0,01$) superiores aos demais (Figura 7C).

Assim como observado na MSPA, o genótipo ‘Grecco a Palla’ apresentou menor redução (4,45%) na MSR por aumento unitário da CESol em comparação aos demais genótipos (Figura 7D). Comparando-se os resultados de MSPA e MSR, foi possível observar que estresse salino influenciou a partição da matéria seca, sendo a parte aérea mais afetada do que as raízes o que ratifica Soares Filho et al. (2016) que afirmam que tem se constatado que a parte aérea dos vegetais é mais sensível ao efeito da salinidade do que o sistema radicular. Em cultivo de manjericão (*O. basilicum* L.) em sistema hidropônico NFT, Bione et al. (2014) constataram redução linear da MFPA e MSPA, com o aumento da salinidade, de 7,86 e 6,76% por acréscimo unitário da CEa, respectivamente.

Figura 7 - Massas secas da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio

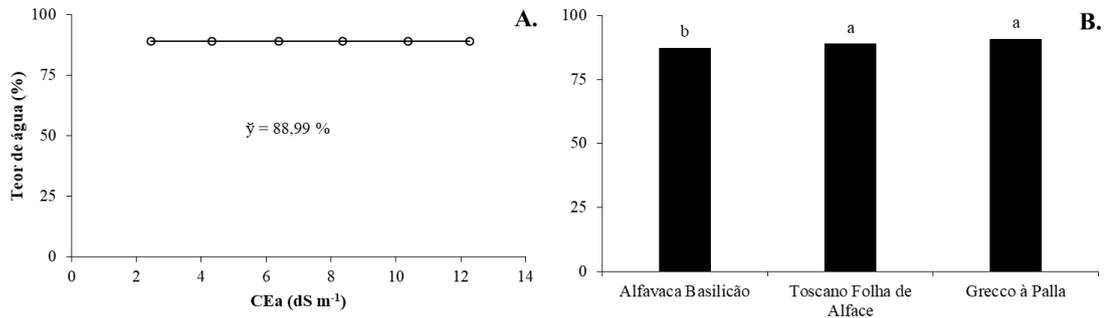


Médias seguidas pela mesma letra na mesma CESol não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) da salinidade da água no TA da parte aérea dos genótipos de manjeriço sendo observado valor médio de 88,99% (Figura 8A) sendo constatado significância ($p < 0,01$) apenas para o efeito dos genótipos. Esses resultados corroboram com os encontrados por Bernstein, Kravchik e Dudai (2010) que registraram teor de água médio de 92% em plantas de manjeriço aos 25 DAT.

Em relação às médias de TA observadas para os diferentes genótipos, verificaram-se valores na ordem de 87,24, 90,78 e 88,95% para as cultivares ‘Alfavaca Basilicão’, ‘Grecco à Palla’ e ‘Toscano Folha de Alface’, respectivamente, sendo que o teor de água no ‘Alfavaca Basilicão’ foi significativamente inferior em relação ao demais. (Figura 8B).

Figura 8 - Teor de água (TA) dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

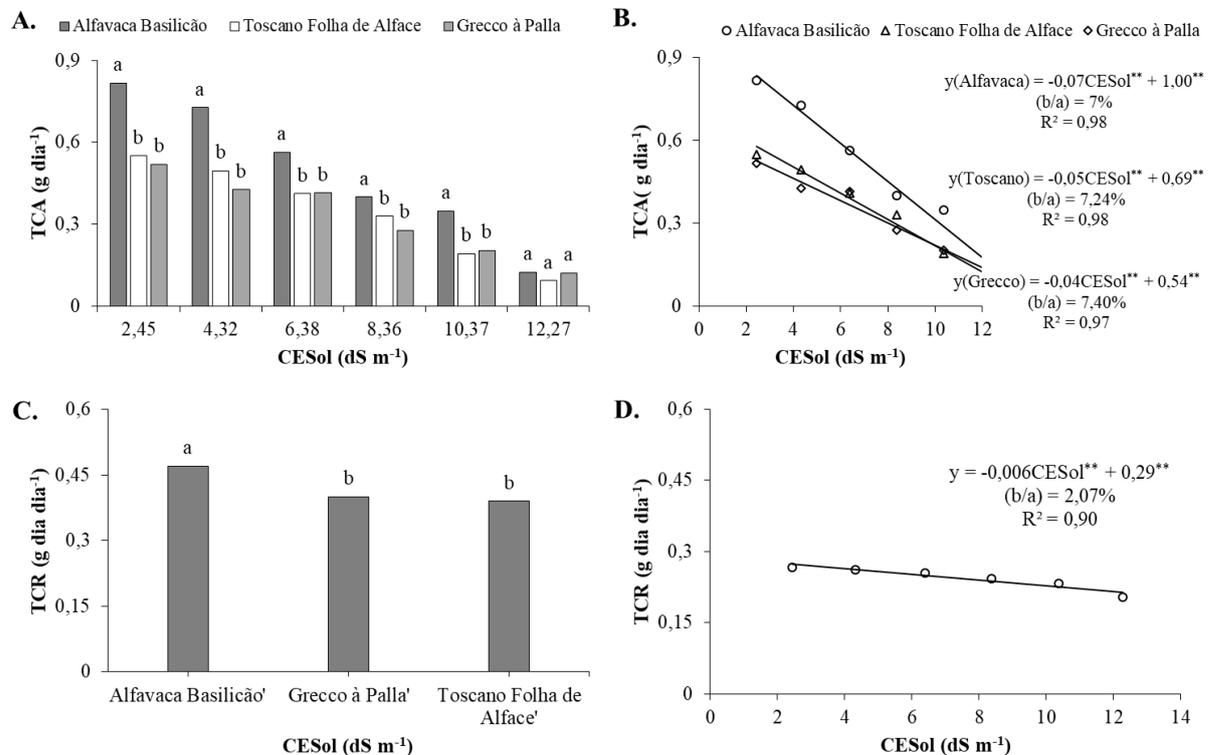
4.1.3 Taxas de crescimento absoluto e relativo

Conforme a análise de variância (Tabela 7) constatou-se efeito significativo ($p < 0,01$) da interação dos fatores para a variável TCA, enquanto que para a TCR, observou-se efeitos simples dos fatores estudados (salinidade e genótipos).

Analisando-se a taxa de crescimento absoluto dos genótipos de manjeriço (Figura 9A), verifica-se, com exceção do último nível salino (12,27 dS m⁻¹), que o genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ apresentou os maiores valores (0,82; 0,73; 0,56; 0,40 e 0,34 g dia⁻¹) diferindo estatisticamente dos genótipos ‘Toscano Folha de Alface’ e ‘Grecco a Palla’ que, por sua vez, não diferiram entre si em todos os níveis de salinidade estudados. Os maiores valores de TCA com base na MSPA observados para o genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ explicam os maiores valores de MSPA encontrados para esse genótipo.

A taxa de crescimento absoluto em massa seca da parte aérea dos genótipos de manjeriço foi afetada pelo incremento da salinidade da solução nutritiva (Figura 9B). Observa-se que o genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ apresentou decréscimo de 7% por aumento unitário da CESol (Figura 9B), sendo o menor valor quando comparado com os genótipos ‘Grecco à Palla’ e ‘Toscano Folha de Alface’ que apresentaram diminuição de 7,24 e 7,4 %, respectivamente (Figura 9B). O efeito osmótico do sal na zona radicular tem por consequência a diminuição da taxa de crescimento ao longo dos dias, por meio das reduções no alongamento celular e também a divisão celular (MUNNS; TESTER, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Figura 9 - Taxa de crescimento absoluto (TCA) com base na MSPA dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio



Médias seguidas pela mesma letra na mesma CESol não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação as médias de TCR observadas para os diferentes genótipos, verificaram-se valores na ordem de 0,252, 0,239 e 0,238 g g⁻¹ dia⁻¹ para as cultivares ‘Alfavaca Basilicão’, ‘Grecco à Palla’ e ‘Toscano Folha de Alface’, respectivamente, sendo que o genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ foi significativamente (p < 0,01) superior aos demais (Figura 9C).

O aumento da salinidade diminuiu linearmente a TCR, independentemente do genótipo, com decréscimo relativo (em relação à testemunha 2,45 dS m⁻¹) de 2,07% para cada incremento unitário da CESol (Figura 9D). Bione (2013) estudando o efeito da salinidade no manjeriço hidropônico também constatou redução linear da TCR sendo observada redução de 1,99% por aumento unitário da salinidade da solução nutritiva.

4.2 Tolerância dos genótipos de manjeriço à salinidade

4.2.1 Com base em redução relativa (SOARES; FILHO et al., 2016)

Na Tabela 4 encontra-se a classificação dos genótipos de manjeriço quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução da massa seca da parte aérea (MSPA) em

relação ao controle. O genótipo ‘Grecco a Palla’ apresentou as menores perdas percentuais absolutas em todos os níveis de CESol estudados, situação que indica como um genótipo sensível conforme critérios citados por Soares Filho et al. (2016). Em contrapartida, o genótipo ‘Toscano Folha de Alface’ mostrou-se mais sensível registrando as maiores perdas em todos os níveis de salinidade estudados indicando ser o genótipo mais sensível. Levando em consideração as perdas apresentadas por genótipos nos diferentes níveis de salinidade de água estudados, os três genótipos seguiram a seguinte classificação: tolerante para CESol de 4,32 dS m⁻¹, moderadamente tolerante para CESol de 6,38 dS m⁻¹, moderadamente sensível para CESol de 8,36 dS m⁻¹ e sensível para CESol de 10,37 e 12,27 dS m⁻¹ (Com exceção do genótipo ‘Grecco a Palla’ que foi classificado como moderadamente sensível na CESol de 10,37 dS m⁻¹). É possível que a redução da produção dos genótipos em estudo esteja associada com a toxidez de íons específicos como o sódio e o cloreto e do baixo potencial osmótico da solução nutritiva, promovendo estresse hídrico (MUNNS, 2002). Ressalta-se que nesse trabalho não foram observados visualmente sintomas de toxidez iônica.

Tabela 4 - Redução percentual de massa seca total dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplantio.

Genótipo	Equação	R ²	Redução (%) em relação ao controle (2,45 dS m ⁻¹)				
			Salinidade da solução nutritiva (dS m ⁻¹)				
			4,32	6,38	8,36	10,37	12,27
‘Alfavaca Basilicão’	$y = 7,7\text{CESol} - 18,19$	0,98	15,07 ^T	30,94 ^{MT}	46,18 ^{MS}	61,66 ^S	76,29 ^S
‘Grecco à Palla’	$y = 7,54\text{CESol} - 18,84$	0,98	13,73 ^T	29,27 ^{MT}	44,19 ^{MS}	59,35 ^{MS}	73,68 ^S
‘Toscano Folha de Alface’	$y = 8,54\text{CESol} - 19,74$	0,99	17,14 ^T	34,74 ^{MT}	51,64 ^{MS}	68,81 ^S	85,04 ^S

T, MT, MS e S - Tolerante, moderadamente tolerante, moderadamente sensível e sensível, respectivamente. Classificação segundo Soares Filho et al (2016).

Considerando-se o limite aceitável para perda de produção de até 50% é possível afirmar que o cultivo de manjeriço mostrou-se viável para os genótipos ‘Alfavaca Basilicão’, ‘Grecco a Palla’ e ‘Toscano Folha de Alface’ até as CESol de 8,85; 9,12 e 8,16 dS m⁻¹, respectivamente.

Maia et al. (2017) avaliaram a resposta genotípica quanto à tolerância à salinidade (0,5; 2,0; 3,5 e 5,0 dS m⁻¹ de NaCl) com base na redução relativa da produção de dois genótipos de manjeriço, ‘Roxo’ e ‘Verde’ e classificaram ambas cultivares como tolerantes até a CEa de 1,5 dS m⁻¹. Utilizando a mesma metodologia, Bione et al. (2014) também consideraram o manjeriço cultivado em sistema hidropônico como tolerante até a CESol de 1,5 dS m⁻¹.

4.2.2 Metodologia de Maas & Hoffman (1977)

A Tabela 5 apresenta a equação de rendimentos relativos com base na MSPA (em função da salinidade da solução nutritiva e a classificação dos genótipos de manjeriço em relação a tolerância ao estresse salino. Considerando-se os valores de salinidade limiar (SL), verifica-se que todos os genótipos de manjeriço foram classificados como moderadamente tolerantes. O genótipo ‘Grecco à Palla’ registrou valor de salinidade limiar de 2,55 dS m⁻¹ sendo relativamente mais tolerante em comparação aos genótipos ‘Alfavaca Basilicão’ e ‘Toscano Folha de Alface’ que apresentaram SL como 2,36 e 2,31 dS m⁻¹, respectivamente. O valor do coeficiente ‘b’ (diminuição nos rendimentos (%)) por aumento unitário da salinidade) variou entre 7,6 e 8,5 permitindo afirmar que até a CESol= 8,19 dS m⁻¹ os genótipos estudados proporcionam 50% de rendimentos potenciais.

Tabela 5 - Classificação de tolerância relativa para salinidade do solo e da água de irrigação de acordo com Maas e Hofmann (1977).

Genótipo	Equação	R ²	SL	Classificação
‘Alfavaca Basilicão’	Y=100 - 7,7(CESol-2,36)	0,97	2,36	MT
‘Toscano Folha de Alface’	Y=100 - 8,5(CESol-2,31)	0,99	2,31	MT
‘Grecco à Palla’	Y=100 - 7,6(CESol-2,55)	0,99	2,55	MT

MT – Moderadamente Tolerante.

4.3 Variáveis Biométricas

4.3.1 Altura e diâmetro do caule

De acordo com o resumo as análise de variância (Tabela 8) houve significância da interação dos fatores estudados para as variáveis biométricas estudadas ($p < 0,01$).

Verifica-se através do desdobramento do fator genótipo dentro dos níveis de salinidade para altura de plantas dos genótipos de manjeriço (Figura 10A), que independentemente dos níveis de CESol estudados, houve diferença estatística para esta variável sendo que o genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ apresentou os maiores valores em todos os tratamentos seguido pelo ‘Toscano Folha de Alface’ e ‘Grecco à Palla’, respectivamente. As diferenças observadas eram esperadas em virtude da variabilidade genética existente entre os genótipos. Silva (2017) avaliando o efeito da salinidade (0, 5,0; 7,5 e 10 dS m⁻¹ de NaCl), em genótipos de manjeriço, ‘Alfavaca Basilicão e ‘Folha Fina’, constatou diminuição da altura com o incremento da salinidade, porém sem diferença entre os genótipos estudados.

A altura de plantas dos genótipos de manjeriço foi influenciada pelos níveis de salinidade da solução nutritiva (Figuras 10B) e conforme equação de regressão, os dados se

ajustaram ao modelo linear decrescente para todos os genótipos estudados. O genótipo ‘Toscano Folha de Alface’ apresentou menor redução na altura de plantas, sendo o declínio de 3,33% por aumento unitário da CESol (dS m^{-1}), em comparação aos genótipos ‘Alfavaca Basilicão’ e ‘Grecco a Palla’ que apresentaram reduções de 3,72 e 4,44%, respectivamente. Esses resultados não corroboram com os de tolerância ao estresse salino que indicaram o genótipo ‘Toscano Folha de Alface’ como o mais sensível, apontando que a altura de genótipos não foi um bom indicador em relação a tolerância à salinidade. A redução do crescimento das plantas sob estresse salino tem sido atribuída a redução no potencial osmótico da solução nutritiva, que causa diminuição da disponibilidade de água e provoca desequilíbrio na absorção de nutrientes (MUNNS, 2002). No entanto o efeito da salinidade varia com a espécie das plantas e dentro de mesma espécie com o genótipo (PRISCO; GOMES FILHO e MIRANDA, 2016). Bernstein; Kravchik e Dudai (2010) avaliando os efeitos da salinidade (entre 0,1 e 13,0 dS m^{-1} de NaCl) na altura da cultura do manjericão (*O. basilicum* cv. Perrie) em cultivo hidropônico tipo floating também constataram redução de 0,138 cm por aumento da CE aos 25 DAT.

Em estudo conduzido por Bione et al. (2014) em cultivo hidropônico tipo NFT foi verificada diminuição da altura da cultura do manjericão com o incremento da salinidade (entre 1,45 e 8,48 dS m^{-1} de NaCl) na solução nutritiva redução de 2,09% por aumento unitário da CE aos 49 DAT. Assim as diferenças observadas na redução da altura entres os genótipos estudados no presente estudos foram coerentes com estudos anteriormente realizados.

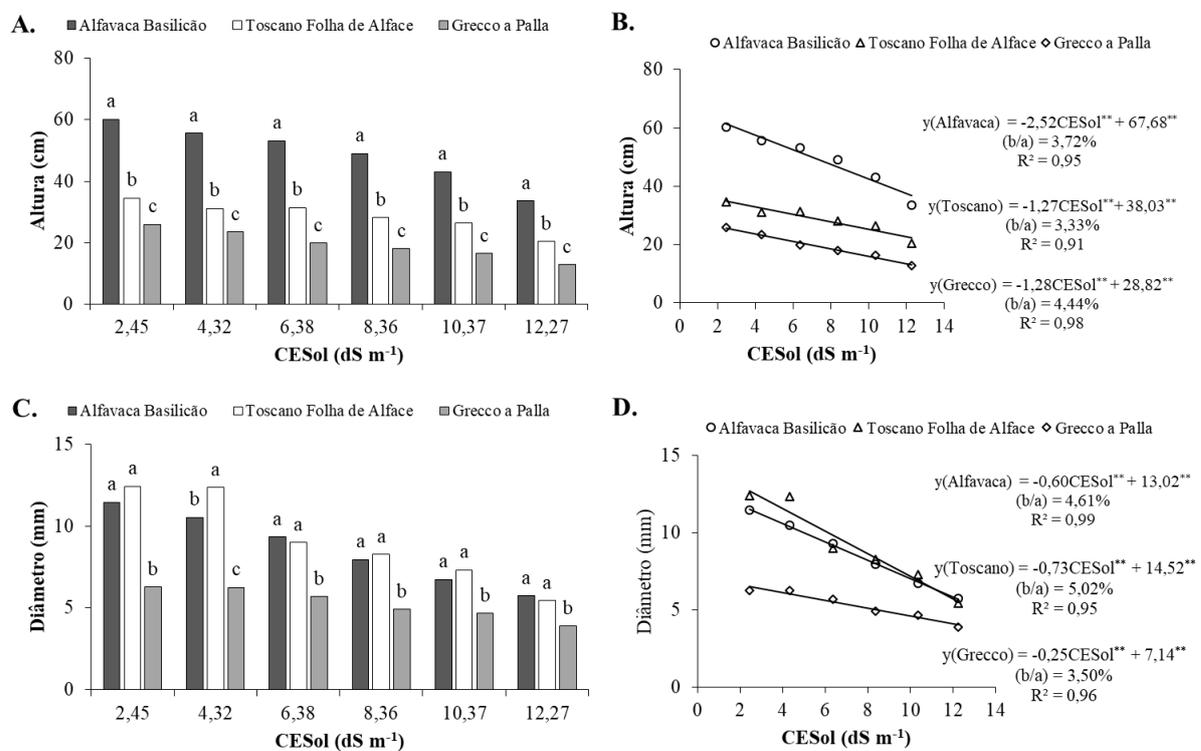
Para interação entre os fatores genótipos e níveis de salinidade da água referente ao diâmetro do caule (10C), verifica-se que em todos os níveis CESol estudados, os genótipos ‘Toscano Folha de Alface’ e ‘Alfavaca Basilicão’ registraram valores significativamente maiores desta variável em comparação ao genótipo ‘Grecco a Palla’.

O estresse salino também reduziu o diâmetro do caule (Figura 10D) dos genótipos de manjericão e através da análise de regressão, verifica-se que os dados ajustaram-se ao modelo linear decrescente e conforme o desdobramento da interação entre os fatores (salinidade x genótipos) para a variável citada acima, observa-se que o genótipo ‘Grecco a Palla’ (Figura 10D) apresentou menor redução no diâmetro do caule de 3,5% por aumento unitário da CESol, isto é, diminuição de 35,2% no maior nível de salinidade (12,27 dS m^{-1}) em relação ao controle (2,45 dS m^{-1}), seguido pelos genótipos ‘Alfavaca Basilicão’ e ‘Toscano Folha de Alface’, cuja diminuição foi de 4,61 e 5,02%, respectivamente, por aumento unitário da CESol. Esses genótipos em maior nível de salinidade tiveram o diâmetro reduzido, respectivamente por 51,6 e 56,6%, evidenciando maior sensibilidade desses genótipos em relação ao ‘Grecco a Palla’, corroborando com os resultados das avaliações quanto a tolerância ao estresse salino o que

sugere que o diâmetro do caule, portanto, foi um bom indicador quanto a tolerância à salinidade. Vale salientar que o diâmetro do caule é uma variável importante no cultivo sem solo, pois nessas condições é responsável pelo sustento da parte aérea, assim, se muito fino, pode causar tombamento das plantas que possuem porte alto (BIONE, 2013; MENEZES, 2017).

Menezes (2017) também registrou redução do diâmetro caulinar de seis genótipos de manjeriço ('Genaro de Menta', 'Alfavaca Basilicão', 'Toscano Folha de alface', 'Grecco à Palla', 'Limocino' e 'Basilicão Vermelho') com o incremento da salinidade da solução nutritiva, em cultivo hidropônico tipo floating.

Figura 10 - Altura e diâmetro do caules dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplanto



Médias seguidas pela mesma letra na mesma CESol não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Diversos fatores podem estar associados à diminuição do crescimento das plantas submetidas à salinidade, entre outros o baixo potencial osmótico da solução nutritiva, a toxicidade de íons específicos tais como Na⁺, Cl⁻, os desequilíbrios nutricionais e a combinação destes (MUNNS, 2002; PARIDA; DAS, 2005).

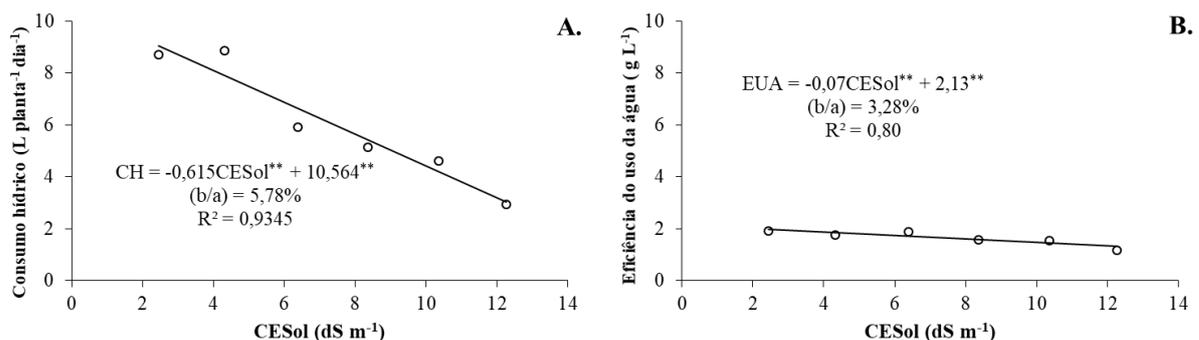
4.4 Consumo hídrico médio e eficiência do uso da água média

A partir do resumo da análise de variância (Tabela 9) é possível constatar efeito significativo ($p < 0,01$) da salinidade para o consumo hídrico e a eficiência do uso da água média.

O incremento da salinidade afetou o CH médio e a EUA média dos genótipos de manjeriço (Figura 11). Através da equação de regressão, observa-se redução linear do CH médio de 5,78% por aumento unitário da CESol (Figura 11A) correspondendo uma diminuição de 70,92% no consumo de água por planta entre menor e maior nível de salinidade de água. As plantas podem se aclimatar ao estresse salino por meio de uma série de mecanismos, incluindo a síntese de ácido abscísico (ABA) que regula, dentre muitas respostas fisiológicas e moleculares, o fechamento estomático (MUNNS; TESTER, 2008; WILLADINO; CAMARA, 2010; MANCARELLA et al., 2016; PRISCO; GOMES FILHO; MIRANDA, 2016). Bione (2013) observou redução de 7,06% do CH por aumento unitário da CESol na cultura do manjeriço cultivado em sistema hidropônico. Paulus et al. (2012), trabalhando com alface hidropônico, e Santos Jr. et al. (2016) com girassol ornamental também observaram diminuição em consumo hídrico pela cultura cultivado em sistema hidropônico sob estresse salino.

A eficiência no uso da água dos genótipos de manjeriço diminuiu de forma linear à medida que se elevaram os níveis salinos da solução nutritiva, sendo a redução de 3,28 % por aumento unitário da CESol (Figura 11B). A redução relativa na MSPA foi maior que a redução do consumo hídrico, talvez por causa de maior sensibilidade dos genótipos de manjeriço estudados, resultando numa resposta linear negativa da EUA em função do incremento da salinidade da solução nutritiva. Bione (2013) verificou diminuição linear da EUA do manjeriço hidropônico, 1,64% por aumento unitário da CESol. Divergindo desses resultados, Barbieri et al. (2012) verificaram aumento da EUA de dois genótipos de manjeriço ('Napoletano' e 'Genovese') com o incremento da salinidade (0; 10,0 e 20,0 dS m⁻¹).

Figura 11 - Consumo hídrico (CH) médio e eficiência do uso da água (EUA) média dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplante



4.5 Teor, rendimento e produtividade do óleo essencial

Os resultados do resumo da análise de variância (Tabela 10) mostram que houve efeito significativo ($p < 0,01$) da interação salinidade x genótipos para a variável teor de óleo enquanto que para o rendimento e para produtividade de óleo essencial constatou-se significância ($p < 0,01$) apenas para os efeitos simples dos fatores estudados.

O desdobramento do fator genótipo dentro do fator salinidade para a variável teor de óleo essencial encontra-se na Figura 12. Houve diferença significativa entre os genótipos apenas nos níveis de salinidade correspondentes à 8,36; 10,36 e 12,27 dS m⁻¹ de NaCl. No nível salinidade CESol = 8,36 dS m⁻¹ o genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ apresentou a maior média, 2,36 %, diferindo estatisticamente dos genótipos ‘Grecco à Palla’ e ‘Toscano Folha de Alface’ que apresentaram teor de óleo médio de 1,90 e 1,47%, respectivamente (Figura 12A). No nível equivalente a 10,36 dS m⁻¹ o genótipo ‘Grecco a Palla’ apresentou maior teor (2,63 mg 100g⁻¹) diferindo significativamente do genótipo ‘Toscano Folha de Alface’ que registrou 2,08%. No tratamento correspondente a 12,27 dS m⁻¹ o genótipo ‘Grecco a Palla’ registrou o maior valor de teor (2,75 mg 100g⁻¹) seguido pelo genótipo ‘Toscano Folha de Alface’ (2,26 mg 100g⁻¹ e ‘Alfavaca Basilicão’ (1,53 mg 100g⁻¹). No tratamento correspondente Menezes (2017) avaliou o efeito da salinidade de água (0 ou 8 dS m⁻¹) em genótipos de manjeriço, ‘Toscano Folha de Alface’ e ‘Genaro de Menta’ e constatou que o genótipo ‘Toscano Folha de Alface’ apresentou média estatisticamente superior em comparação ao genótipo ‘Genaro de Menta’.

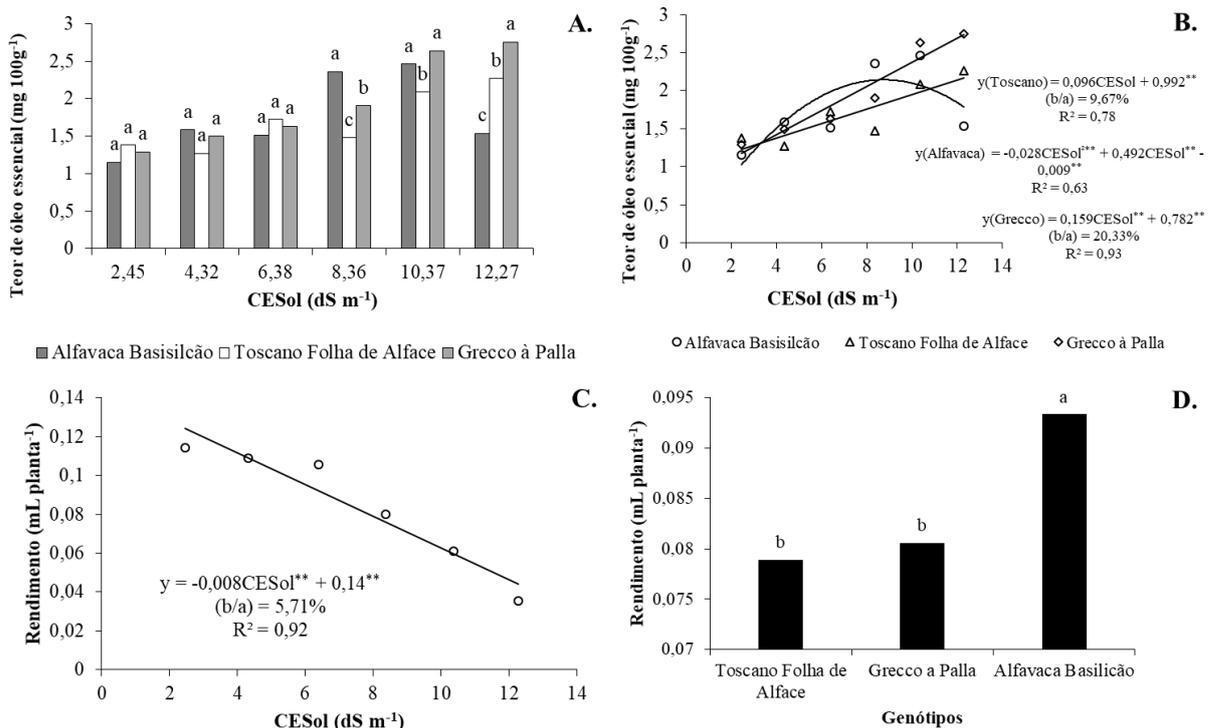
Os genótipos ‘Grecco à Palla’ e ‘Toscano Folha de Alface’ apresentaram aumento linear do teor de óleo essencial, de 20,33 e 9,67% por aumento unitário da CESol, respectivamente (Figura 12B). O genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ registrou comportamento quadrático para a mesma variável sendo o teor de óleo crescente até a CEa de 8,78 dS m⁻¹ com aumento de 52% em relação ao controle (CE = 2,45 dS m⁻¹) (Figura 12B).

Nesse experimento observou-se uma diminuição mais pronunciada da massa seca em comparação com o aumento do teor de óleo essencial o que sugere que o acréscimo ocorreu devido ao efeito da concentração.

Os resultados obtidos no presente estudo colaboram com os estudos de Tarchoune et al.(2013) que observaram aumento de 22% do teor de óleo essencial do manjeriço cv. Genovese na concentração de 50 mM de NaCl e de Silva et al. (2017) que verificaram no ‘Alfavaca Basilicão’, comportamento quadrático crescente até a CE de 7,5 dS m⁻¹ com aumento de 50% em relação ao controle.

O aumento do teor de óleo essencial foi compensado pela diminuição do rendimento (Figura 12C). Foi registrada diminuição de 5,71% por aumento unitário da CESol o que corresponde a redução de 70,09% entre a maior e menor CESol. O genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ apresentou rendimento significativamente maior (0,093 mL planta⁻¹) em comparação aos demais genótipos.

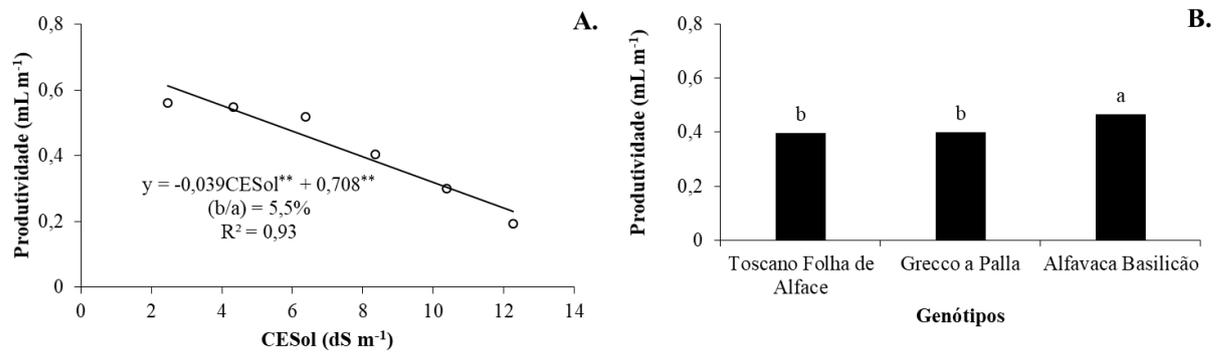
Figura 12 - Teor e rendimento de óleo essencial dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplantio



Médias seguidas pela mesma letra na mesma CESol não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade em óleo dos genótipos de manjeriço foi influenciada pelo incremento da salinidade da solução nutritiva (Figura 13A), cujos dados se ajustaram ao modelo linear decrescente, apresentando redução de 5,71% por aumento unitário da CESol correspondendo a uma redução equivalente a 57,4% no maior nível de salinidade em relação ao controle. Menezes (2017) também observou redução da produtividade em óleo, com aumento da salinidade, para dois genótipos de manjeriço, ‘Toscano Folha de Alface’ e ‘Genaro de Menta’ sob salinidade em cultivo hidropônico. Em relação à produtividade dos genótipos testados, verifica-se que o genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ (produtividade média de 0,47 mL m⁻¹) diferiu significativamente dos genótipos ‘Grecco à Palla’ e ‘Toscano Folha de Alface’ (ambos com produtividade média de 0,4 mL m⁻¹) (Figura 13B).

Figura 13 - Produtividade de óleo essencial dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se através dos dados de redução percentual da produtividade de óleo essencial de três genótipos de manjeriço (Tabela 6) que o genótipo 'Alfavaca Basilicão' apresentou os menores valores de redução em todos os níveis de salinidade estudados sendo, portanto, o genótipo mais produtivo e o indicado para o cultivo hidropônico em sistema DFT com uso de águas salinas com vistas à produção de óleo essencial.

Tabela 6 - Redução percentual da produtividade em óleo essencial dos genótipos de manjeriço cultivados sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (CESol), em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplântio.

Genótipos	Redução (%) da produtividade em relação ao controle (CESol=2,45 dS m ⁻¹)				
	4,32	6,38	8,36	10,37	12,27
'Alfavaca Basilicão'	9,74	15,17	22,62	52,07	60,31
'Toscano Folha de Alface'	17,86	19,86	48,28	54,00	65,70
'Grecco a Palla'	13,35	20,32	38,50	52,36	82,85

5 CONCLUSÕES

- A salinidade afeta as variáveis de crescimento nos genótipos de manjeriço estudados e o diâmetro do caule é um bom indicador de tolerância ao estresse salino;
- Os resultados quanto a avaliação a tolerância à salinidade indicam que os genótipos ‘Toscano Folha de Alface’ e ‘Grecco a Palla’ são o mais susceptível e o mais tolerante ao estresse salino, respectivamente;
- O genótipo ‘Alfavaca Basilicão’ apresentou menor redução relativa da produtividade de óleo essencial sendo o mais indicado com vistas a produção de óleo essencial;
- Admitindo-se perda da produção de até 50%, o cultivo de manjeriço sob salinidade em sistema hidropônico DFT pode ser feito com CESol de até $8,15 \text{ dS m}^{-1}$

REFERÊNCIAS

- ACOSTA MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNANDEZ, J. A. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. **Agronomy**, v.7, n.1, p.18, 2017.
- AKULA, R.; RAVISHANKAR, G. A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. **Plant Signaling & Behavior**, v.6, n.11, p.1720-1731, 2011.
- ALBUQUERQUE U. P.; ANDRADE, L. H. C. El genero *Ocimum* L. (Lamiaceae) en el nordeste del Brasil. **Anales Jardín Botánico de Madrid**, v.56, n.1, p.43-64, 1998.
- ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Presença, 2006. 360p.
- ALMEIDA, O. A. **Informações meteorológicas do CNP: Mandioca e Fruticultura Tropical**. Cruz das Almas: Embrapa CNPAF. 1999. 55p.(Documentos, 34)
- ALVES, L. S.; PAZ, V. P. S.; SILVA, A. J. P.; OLIVEIRA, G. X. S.; OLIVEIRA, F. E. R.; AMORIM, E. L. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de plantas de manjeriço submetidas ao estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.4, p.807-813, 2015.
- ATTIA, H.; KARRAY, N.; ELLILI, A.; MSILINI, N.; LACHAËL, M. Sodium transport in basil. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.31, p.1045-1051, 2009
- BARBALHO, S. M.; MACHADO, F. M. V. F.; RODRIGUES, J. D. S.; SILVA, T. H. P. D.; GOULART, R. D. A. Sweet basil (*Ocimum basilicum*): Much more than a condiment. **Tang [humanitas Medicine]**, v 2, n.1, p.3.1-3.5, 2012.
- BERNSTEIN, N.; KRAVCHIK, M.; DUDAI, N. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salt accumulation in sweet basil (*Ocimum basilicum*) in relation to alterations of morphological development. **Annals of Applied Biology**, v.156, n.2, p. 167-177, 2010.
- BIONE, M. A. A. Produção hidropônica de manjeriço com solução nutritiva convencional em águas salobras e solução nutritiva orgânica. 145p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Universidade Federal da Bahia, 2013.
- BIONE, M. A. A.; PAZ, V.P.S.; SILVA, F.; RIBAS, R.F.; SOARES, T.M. Crescimento e produção de manjeriço em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1228-1234, 2014.
- BLANK, A. F.; SOARES, E. M. D. S.; PAULA, J. W. A. D.; ALVES, P. B. Comportamento fenotípico e genotípico de populações de manjeriço. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.305-310, 2010.
- BRASIL. **Plantas medicinais e orientações gerais para cultivo: Boas práticas de plantas medicinais, aromáticas e codimentares**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2006, 48p.
- DEINLEIN, U.; STEPHAN, A. B.; HORIE, T.; LUO, W.; XU, G.; SCHROEDER, J. I. Plant salt-tolerance mechanisms. **Trends in plant science**, v.19, n.6, .371-379, 2014.
- ERCIN, A. E.; HOEKSTRA, A. Y. Water footprint scenarios for 2050: A global analysis. **Environment International**, v.64, p.71-82, 2014.

- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 52p.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 149-190, 1980.
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review Plant Physiology Molecular Biology**, v.51, p 463-499, 2000.
- JESUS, C. G.; SILVA JÚNIOR, F. J.; CAMARA, T. R.; SILVA, Ê. F.; WILLADINO, L. Production of rocket under salt stress in hydroponic systems. **Horticultura Brasileira**, v.33, n.4, p.493-497, 2015.
- KHOSLA, M. K.; SOBOTI, S. N. Karyomorphological studies in genus *Ocimum* II. Sanctum group. **Cytologia**, v.50, n. 2, p.523-563, 2000.
- LABRA, M.; MIELE, M.; LEDDA, B.; GRASSI, F.; MAZZEI, M.; SALA, F. Morphological characterization, essential oil composition and DNA genotyping of *Ocimum basilicum* L. cultivars. **Plant Science**, v.167, n.4, p.725-731, 2004.
- LÄUCHLI, A.; GRATTAN S. Plant growth and development under salinity stress. In: JENKS, M.A.; HASEGAWA, P.M.; JAIN, S.M. **Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops**. Springer, 2007, Cap.1, p.1-32.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008, 544p.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance - Current Assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v.103, p.115-134, 1977
- MAIA, S. S. S.; DA SILVA, R. C.; OLIVEIRA, F. D. A. D.; SILVA, O. M. D. P.; SILVA, A. C. D.; CANDIDO, W. D. S. Responses of basil cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.21, n.1 p.44-49, 2017.
- MANCARELLA, S.; ORSINI, F.; VAN OOSTEN, M. J.; SANOUBAR, R.; STANGHELLINI, C.; KONDO, S.; MAGGIO, A. Leaf sodium accumulation facilitates salt stress adaptation and preserves photosystem functionality in salt stressed *Ocimum basilicum*. **Environmental and Experimental Botany**, v.130, p.162-173, 2016.
- MARTINEZ, P.; HERMINIA, E. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 3.ed. Viçosa: Editora: UFV, 2006.
- MENEZES, R. V.** Tolerância à salinidade em manjeriço sob cultivo hidropônico. 2017. 112p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Bahia, 2017.
- MIRATA, M.; EMTAIRAH, T. **Water efficiency handbook: Identifying opportunities to increase water use efficiency in industry, buildings, and agriculture in the Arab Countries**. Beirut: Acwa Power, 2014. 98p.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell & Environment**, v.25, n.2, p.239-250, 2002.

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

MURILLO-AMADOR, B. REYES-PÉREZ, J.; NIETO-GARIBAY, A.; TROYO DIÉGUEZ, E.; REYNALDO-ESCOBAR, M. I.; RUEDA-PUENTE, O. E.; GARCÍA HERNÁNDEZ, L. J. Tolerancia a la salinidad en variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) En las etapas de germinación, emergencia y crecimiento. **Universidad y Ciencia**, v.29, n.2, p.101-112, 2013.

NGUYEN, P. M.; KWEE, E. M.; NIEMEYER, E. D. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. **Food Chemistry**, v.123, n.4, p.1235-1241, 2010.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environment Safety**, v.60, p.324-349, 2005.

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; ANDRADE MOURA, C. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, v.59, n.1, 2012.

PEREIRA, R. de C. A.; MOREIRA, A. L. M. **Manjericão: cultivo e utilização**. Embrapa Agroindústria Tropical, Documentos 136, 31p, 2011.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E; MIRANDA, S. R. Physiology and biochemistry of plants growing under salt stress. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; de LACERDA, C. F; FILHO GOMES, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016, Cap, 13, p.165-180

SANTOS JUNIOR, A. J.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, R.A.; HOZANA, A.; ALDRIN, F. E. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 591-604, 2016.

SILVA, B. H. H. Uso de peróxido de hidrogênio na aclimação do manjericão ao estresse salino.79p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Bahia, 2017.

SILVA, M. G. D.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. D. S.; SILVA FILHO, J. A. D.; CARMO, F. F. D. Frequency of recirculation of nutrient solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.5, p.447-454, 2016.

SILVA, T. I., CHAVES, J. T. L., BEZERRA, A. E., SOUZA SILVA, J., SANTOS, H. R., MARCO, C. A. Produção de fitomassa e teor de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. submetido ao estresse salino. **Acta Iguazu**, v.6, p.71-80, 2017.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; PAZ, V. P. S.; BARCELOS OLIVEIRA, J. L. Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F; FILHO GOMES, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016, Cap.23, p.373-393.

SOARES FILHO, S. W.; GHEYI, H. R.; BRITO, B. E. M.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; MIRANDA, S.R. Melhoramento genético e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; de LACERDA, C. F; FILHO GOMES, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016, Cap.17, p.259-274.

SOBOTI, S. N.; POUHPANGADAN, P. Studies in the genus *Ocimum*: Cytogenetics, breeding and production of new strains of economic importance. In: ATAL, C. K.; KAPUR, B. M. (ed.). **Cultivation and utilization of aromatic plants**. Jammu: Regional Laboratory Council of Scientific and Industrial Research, v. 3, 1982, 606p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2013. 918p.

TARCHOUNE, I.; BAÂTOUR, O.; HARRATHI, J.; CIONI, P. L.; LACHAÂL, M.; FLAMINI, G.; OUERGHI, Z. Essential oil and volatile emissions of basil (*Ocimum basilicum*) leaves exposed to NaCl or Na₂SO₄ salinity. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.176, n.5, p.748-755, 2013.

TARCHOUNE, I.; DEGL'INNOCENTI, E.; KADDOUR, R.; GUIDI, L.; LACHAÂL, M.; NAVARI-IZZO, F.; OUERGHI, Z. Effects of NaCl or Na₂SO₄ salinity on plant growth, ion content and photosynthetic activity in *Ocimum basilicum* L. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.34, n.2, p.607-615, 2012.

WALBERT, A. **Agricultura é quem mais gasta água no Brasil e no mundo**. 2013. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/noticias/internacional/2013/03/agricultura-e-quem-mais-gasta-agua-no-brasil-e-no-mundo>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Aspectos fisiológicos do estresse salino em plantas. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. de L.; WILLADINO, L.; CAVALCANTE, U.M.T. (eds.). **Estresses ambientais: Danos e benefícios em plantas**. Recife: MXM Gráfica e Editora. 2005. parte.II, cap.10, p.118-126.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.1-23, 2010.

ZHANG, J.; SHI, H. Physiological and molecular mechanisms of plant salt tolerance. **Photosynthesis Research**, v.115, n.1, p.1-22, 2013.

ZHONGHUA, T.; YANJU, L.; XIAORUI, G. YNANGANG, Z. The combined effects of salinity and nitrogen forms on *Catharanthes roseus*: The role of internal ammonium and free amino acids during salt stress. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. v.174, p.135-144., 2011.

ANEXO

ANEXO I

Resumo das análises de variância (ANAVA) das variáveis analisadas

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), e teor de água (TA), dos genótipos (GEN) de manjeriço, cultivados sob diferentes níveis de salinidade (SAL) da água utilizada no preparo de solução nutritiva, em sistema hidropônica, aos 28 dias após transplante.

FV	GL	Quadrado médio					
		MFPA	MSPA	MSR	TCA	TCR	TA
Bloco	2	64,51 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Salinidade (SAL)	5	20190,51 ^{**}	265,88 ^{**}	6,12 ^{**}	0,3393 ^{**}	0,00450 ^{**}	5,53 ^{ns}
Erro 1	10	203,50	4,65	0,32	0,0058	0,00009	4,47
Genótipo (GEN)	2	1285,99 ^{**}	122,72 ^{**}	5,49 ^{**}	0,1576 ^{**}	0,00102 ^{**}	56,40 ^{**}
Interação (SAL*GEN)	10	95,68 ^{ns}	8,83 ^{**}	0,40 ^{**}	0,0115 ^{**}	0,00008 ^{ns}	3,82 ^{ns}
Erro 2	24	97,33	1,90	0,15	0,0024	0,00005	3,34
Total	53						
CV 1 (%)		14,61	19,8	22,47	19,63	3,96	2,38
CV 2 (%)		10,1	12,66	15,54	12,5	2,88	2,05

CV- coeficiente de variação; ** significativo a 0,01 de probabilidade; ns - não significativo pelo teste F.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT) e diâmetro de caule (DC), dos genótipos de manjeriço, cultivados sob diferentes níveis de salinidade (SAL) da água da solução nutritiva, em sistema hidropônica, aos 28 dias após transplante.

FV	GL	Quadrado médio	
		ALT	DC
Bloco	2	0,530 ^{ns}	0,70155 ^{ns}
Salinidade (SAL)	5	365,342 ^{**}	34,933 ^{**}
Erro 1	10	12,478	0,441
Genótipo (GEN)	2	4157,542 ^{**}	78,617 ^{**}
Interação (SAL*GEN)	10	25,530 ^{**}	2,918 ^{**}
Erro 2	24	5,661	0,341
Total	53		
CV 1 (%)		10,9	8,65
CV 2 (%)		7,34	7,6

CV- coeficiente de variação; ** significativo a 0,01 de probabilidade; ns - não significativo pelo teste F.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para as variáveis consumo hídrico (CH) e eficiência do uso da água (EUA) de genótipos de manjeriço, cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água utilizadas no preparo de solução nutritiva, em sistema hidropônica, aos 28 dias após transplante.

FV	GL	Quadrado médio	
		CH	EUA
Bloco	2	0,041 ^{ns}	0,006 ^{ns}
Salinidade (SAL)	5	16,638 ^{**}	0,231 ^{**}
Erro	10	0,321	0,020
Total	17		
CV(%)		9,38	8,62

CV- coeficiente de variação; ** significativo a 0,01 de probabilidade; ns - não significativo pelo teste F.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para as variáveis teor (TEOR), rendimento (REND) e produtividade de óleo essencial (PROD) de genótipos de manjeriço, em função de níveis de salinidade (CE) da água utilizada no preparo da solução nutritiva, cultivados em sistema hidropônico, aos 28 dias após transplante.

FV	GL	Quadrado médio		
		TEOR	REND	PROD
Bloco	2	0,029 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Salinidade (SAL)	5	1,697 ^{**}	0,009 ^{**}	0,202 ^{**}
Erro 1	10	0,056	0,0002	0,004
Genótipos (GEN)	2	0,305 ^{**}	0,001 ^{**}	0,028 [*]
Interação (SAL*GEN)	10	0,359 ^{**}	0,0002 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Erro 2	24	0,030	0,0002	0,004
Total	53			
CV 1 (%)		13,15	14,89	14,58
CV 2 (%)		9,64	15,49	14,81

CV- coeficiente de variação; ** significativo a 0,01 de probabilidade; ns - não significativo pelo teste F.