

**UFS - POSGRAP - NEREN**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM AGROECOSSISTEMAS

**DISSERTAÇÃO**

RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DO  
*Ocimum basilicum* L. CULTIVADO EM DIFERENTES NÍVEIS  
HÍDRICOS

**MARIA ELIANE DE OLIVEIRA VARGAS**

**2007**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA - POSGRAP  
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO E ESTUDOS EM RECURSOS NATURAIS -  
NEREN



RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DO *Ocimum basilicum* L. CULTIVADOS EM DIFERENTES NÍVEIS HÍDRICOS.

**MARIA ELIANE DE OLIVEIRA VARGAS**

**Sob a Orientação do Professor**  
**CARLOS DIAS DA SILVA JÚNIOR**

*e Co-orientação do Professor*  
**ARIE FITZGERALD BLANK**

Dissertação submetida como  
requisito parcial para obtenção  
do título de **Mestre em**  
**Agroecossistemas**

**São Cristóvão, Se.**  
**Fevereiro de 2007**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Vargas, Maria Eliane de Oliveira

V297r Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do *Ocimum basilicum L.* cultivado em diferentes níveis hídricos / Maria Eliane de Oliveira Vargas. - - São Cristóvão, 2007.  
72 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais, Universidade Federal de Sergipe.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Dias da Silva Júnior.

Co-Orientador: Prof. Dr. Arie Fitzgerald Blank.

1. Fotossíntese em fisiologia vegetal. 2. Desenvolvimento sustentável – Agroecossistemas – Nordeste do Brasil. 3. Plantas oleoginosas – Manjeriço (*Ocimum basilicum L.*) - Potencial hídrico. 4. Botânica. I. Título.

CDU 504:581.132:338.1(1-18)

BIBLIOTECÁRIA/DOCUMENTALISTA: NELMA CARVALHO - CRB -5/1351



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS**

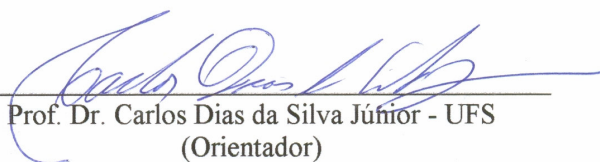
*PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA – POSGRAP*  
NÚCLEO DE POS-GRADUAÇÃO E ESTUDOS EM RECURSOS NATURAIS - NEREN

*PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS*

MARIA ELIANE DE OLIVEIRA VARGAS

Dissertação/Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas,  
como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agroecossistemas**

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 28 de Fevereiro de 2007



Prof. Dr. Carlos Dias da Silva Júnior - UFS  
(Orientador)



Prof. Dra. Renata Silva Mann- UFS



Prof. Dr. Péricles B. Alves – D.Q.I -UFS

Dedico este trabalho ao meu pai João,  
em memória, minha mãe Francisca,  
meus irmãos Assis e João, a Eduardo,  
aos meus filhos Carolina e Felipe.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Carlos Dias da Silva Júnior, pela orientação e paciência na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Arie Fitzgerald. Blank, pela co-orientação, pelo incentivo, apoio, força.

A todos os professores do curso de Mestrado pelos ensinamentos transmitidos ao longo do curso.

Ao Prof. Dr. Péricles B. Alves, do Departamento de Química desta Universidade, pela contribuição e colaboração fundamentais na conclusão do trabalho.

Ao Prof. Dr. Antenor de Oliveira Aguiar, o pesquisador Dr. Fernando Cintra e o Prof. Dr. Gregório Guirado Faccioli pela colaboração prestada no início de nosso trabalho.

A Profa. Dra. Renata Silva Mann pela ajuda inquestionável, pelas palavras de estímulo e pela demonstração de amizade, obrigada professora.

A Profa. Dra. Maria de Fátima Arrigoni-Blank pelo acolhimento recebido e pela demonstração de amizade, obrigada professora

A Profa. Dra. Laura Jane e Prof. Dr. Robério pelas palavras de incentivos.

A minha amiga e irmã MS Profa Marinoé Gonzaga da Silva pela força, ajuda, apoio, participação, orientação e pela amizade sincera, obrigada.

Aos colegas Prof Alfredo Franco Cabral, Prof Erivelton José Coelho e Dr Prof Hunaldo Oliveira Silva pela ajuda.

Ao técnico-administrativo Jorge do Laboratório de Solos, desta Universidade, e técnico Roberto do Laboratório de Física do Solo da EMBRAPA, pela ajuda providencial.

Aos estudantes Vinicius, da Biologia e Weverton, da Agronomia pela ajuda.

A Sr. João do Departamento de Biologia pela ajuda no início do trabalho.

Aos colegas da turma: Andréia Vieira, Andréa Santos, César, Cleidinison, Cleunice, Genival, Franco, Fátima, Raquel, Sandra, Vera e Wandenberg pelo apoio de sempre.

Ao meu irmão João pela ajuda, nas horas incertas e nos momento certo.

Ao meu companheiro e amigo Eduardo pela força e paciência.

A Felipe pela colaboração e atenção.

A Carolina pela compreensão pela minha falta de atenção em muitos momentos.

À Escola Agrotécnica Federal de São Cristóvão, nas pessoas de José Aelmo dos Santos, Alberto Bomfim Aciole, Ana Carla de Oliveira Menezes e José Gomes Santos Filho pela colaboração em vários momentos.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

E agradeço a Deus, pela oportunidade do conhecimento adquirido e dos amigos que fiz.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
SIGLAS	xii
SÍMBOLOS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	
.2.1 Agroecossistemas e os fatores ambientais.	3
.2.2 Aspectos do estresse hídrico na ecofisiologia das plantas.	4
.2.3 Aspectos do estresse hídrico na bioquímica das plantas.	7
.2.4 Manjeriço ( <i>Ocimum basilicum</i> L.)	
2.4.1 Botânica, origem, uso e óleo essencial do manjeriço.	10
2.4.2. Óleo Essencial no manjeriço.	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
3. CAPÍTULO I: RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE CULTIVARES DE MANJERICÃO ( <i>Ocimum basilicum</i> L.), SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA.	
Resumo	21
Abstract	21
3.1 Introdução	22
3.2 Material e Métodos	23
3.3 Resultados e Discussão	27
3.4 Conclusões	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
4. CAPÍTULO II: ANÁLISES BIOQUÍMICAS EM CULTIVARES DE MANJERICÃO ( <i>Ocimum basilicum</i> L.), SUBMETIDAS A CONDIÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO	
Resumo	43
Abstract	43
4.1 Introdução	44
4.2 Material e Métodos	45
4.3 Resultados e Discussão	49

4.4 Conclusões	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	62

## LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1		
FIGURA 1	Curva de retenção de água. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	26
FIGURA 2	Dados de temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar. Período de 1 a 15 de outubro de 2005. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	
FIGURA 3	Respostas do potencial hídrico (A), fotossíntese (B), transpiração (C) e condutância estomática (D) em cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	29
FIGURA 4	Respostas do potencial hídrico (A, C e E) e da taxa de fotossíntese (B, D e F) em três cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	30
FIGURA 5	Resposta da condutância estomática nas três cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	31
FIGURA 6	Respostas das taxas de fotossíntese (A) e de transpiração (E) nas três cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da condutância estomática. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	33
FIGURA 7	Teor de CO <sub>2</sub> interno (A), temperatura foliar (B) e déficit de pressão de vapor (C), em T <sub>1</sub> das três cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	34
FIGURA 8	Respostas do déficit de pressão de vapor nas três cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	35
FIGURA 9	Resposta da eficiência do uso da água (EUA) nas três cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	36
FIGURA 10	Respostas da taxa de transpiração nas cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	37
CAPÍTULO 2		
FIGURA 1	Curva de retenção de água. UFS, São Cristóvão-SE, 2007	47
FIGURA 2	Respostas do potencial hídrico foliar em cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	50
FIGURA 3	Resposta dos teores de carboidratos solúveis em cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	51
FIGURA 4	Comparação das respostas dos teores de carboidratos solúveis nas cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	52
FIGURA 5	Respostas dos teores de proteínas (A) e do índice total de clorofila (B) em cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	53
FIGURA 6	Respostas dos teores de linalol, 1-8 cineol e geraniol, em cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	55

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

TABELA 1	Resultado da análise química do substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	25
----------	---	----

### CAPÍTULO 2

TABELA 1	Resultado da análise química do substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	46
----------	---	----

TABELA 2	Teores de óleo essencial e de linalol, de 1-8 cineol e de geraniol no óleo essencial de três cultivares de manjeriço. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	54
----------	--	----

### ANEXO 2

TABELA 1	Controle diário do teor de água para cultivares de manjeriço ( <i>O. basilicum</i> ). UFS, São Cristóvão-SE, 2007.	63
----------	--	----

TABELA 2	Condições de análise do sistema CG/EM dos óleos de <i>O. basilicum</i> . UFS, São Cristóvão-SE, 2007	69
----------	--	----

TABELA 3	Compostos identificados no óleo essencial de <i>O. basilicum</i> , na cultivar 'Maria Bonita' UFS, São Cristóvão-SE, 2007	69
----------	---	----

TABELA 4	Compostos identificados no óleo essencial de <i>O. basilicum</i> , na cultivar 'Mara'. UFS, São Cristóvão-SE, 2007	70
----------	--	----

TABELA 5	Compostos identificados no óleo essencial de <i>O. basilicum</i> , na cultivar 'Genovese'. UFS, São Cristóvão-SE, 2007	71
----------	--	----



## SIGLAS

ISSO	International Standard Organization
UV –B	Radiação Ultra-Violeta
P5CS	Pirolina 5 Carboxilato Sintetase
$g_s$	Condutância Estomática
$E$	Taxa de Transpiração
$A$	Taxa de Fotossíntese
$\Psi$	Potencial Hídrico Foliar
$A/E$	Razão entre Fotossíntese e Transpiração
$EUA$	Eficiência do Uso da Água
$VPD$	Déficit de Pressão de Vapor
$C_i$	Carbono interno
MS	Matéria seca

## SÍMBOLOS

MPa	Mega Pascal
$\mu\text{mol.g}^{-1}$	Micromol por grama
Kg	Quilograma
g	Gramma
mL	Mililitro
$\text{m}^3/\text{m}^3$	Metros cúbicos por metros cúbicos
$\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	Milimol por metro ao quadrado por segundo
$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	Micromol por metro quadrado por segundo
ppm	Partes por milhão
Mg/g MS	Micrograma por grama de Matéria Seca
$\text{g.dm}^{-3}$	Gramma por decímetro cúbico
° C	Grau Celsius
%	Percentual
$\text{W.m}^{-2}$	Watt por metro quadrado
$\text{cmolc.dm}^{-3}$	Centimol de carga por decímetro cúbico
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio

## RESUMO

Vargas, Maria Eliane de Oliveira. **Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do *Ocimum Basilicum* L. cultivados em diferentes níveis hídricos.** São Cristóvão: UFS, 2007. 71 p. (Dissertação, Mestrado em Agroecossistemas).

O desenvolvimento sustentável dos agroecossistemas nordestinos requer, dentre outros fatores, o uso de espécies adaptadas às condições edafomorfoclimáticas da região. Plantas capazes de suportar déficits hídricos são mais indicadas, uma vez que a distribuição irregular da precipitação pluviométrica, aliada a alta evapotranspiração são características do Nordeste brasileiro. O presente trabalho objetiva determinar o comportamento ecofisiológico e análise bioquímica de três cultivares de manjerição, *Ocimum basilicum* L. ('Maria Bonita', 'Mara' e 'Genovese') quando cultivadas sob estresse hídrico. As variáveis ecofisiológicas foram: potencial hídrico foliar, fotossíntese, transpiração, condutância estomática; e as bioquímicas foram: carboidratos solúveis, proteínas solúveis, cloroplastos totais e teor de óleo essencial e de linalol no óleo essencial. As variáveis ecofisiológicas e bioquímicas foram analisadas quando as plantas apresentavam 4 meses de idade. Cultivadas em 24 vasos de 17 L, em estufa agrícola, sendo 2 tratamentos: T<sub>0</sub> (testemunha) e T<sub>1</sub> (grupo experimental), com 4 repetições. As variáveis ecofisiológicas foram avaliadas entre 08:30 a 10:30 horas, em dias alternados, durante 15 do mês de outubro de 2005. Com base nos resultados obtidos, constatou-se que o manjerição apresenta mecanismos de adaptação, que sob condição de estresse hídrico, diminuem as perdas de água. As cultivares 'Mara' e 'Maria Bonita' apresentaram adaptadas às condições de estresse hídrico quando comparadas com a cultivar 'Genovese'. Em relação ao teor linalol as três cultivares mantiveram as suas produtividades mesmo sob condição de estresse. Observou-se também, a presença de geraniol no óleo essencial da cultivar 'Maria Bonita'.

**Palavras-chave:** Agroecossistemas, potencial hídrico, trocas gasosas, carboidratos e proteínas solúveis, cloroplastos totais, linalol.

## ABSTRACT

Vargas, Maria Eliane de Oliveira. **Reposts ecophysiological and biochemical of the *Ocimum Basilicum* cultivate under water deficit.** São Cristóvão: UFS, 2007. 71 p. (Dissertation, Master of Science in Agroecosystems).

The sustainable development of northern agroecosystems requires, among other factors, the use of species adapted to region the edafoclimtic conditions. Plants able to support water deficits are more indicated, considering to no regular distribution of pluviometric precipitation the high evapotranspiration are characteristic northeast region of Brazil. The present work was carried out to determine the ecofisiologic and biochemistry behavior of three cultivars of basil, *Ocimum basilicum* L. ('Maria Bonita', 'Mara' and 'Genovese') cultivated under water stress. The ecofisiologics variables were: hidric potential of leaves, photossintesis, transpiration, stomatal conductance; the biochemistry variables were: soluble carbohydrates and proteins, totals cloroplasts, tenor of essential oil and percentage of linalool. The variables were analyzed in plants with four months of aged, cultivated in 24 vases of 17L, in greenhouse, having two treatments: T<sub>0</sub> (control) and T<sub>1</sub> (experimental group), with four repetitions. The variables were evaluated at 08:30 to 10:30 hours every two days, during 15 days in October 2005. In base of results it was identified that basil presents mechanisms of adaptation under water stress minimizing the water lose. 'Mara' and 'Maria Bonita' cultivars presented more adaptaded under water stress in comparison with 'Genovese' cultivar. In relation to the essential linalool content the three cultivars kept their yield even under water stress. It was observed the geraniol presence in 'Maria Bonita' cultivar.

**Key words:** Agroecosystems, hidric potential, gas exchanges, solubles carbohydrates and proteins, totals chloroplasts and linalool

# 1. INTRODUÇÃO

A existência de déficit hídrico caracteriza regiões semi-áridas. Esta condição muitas vezes torna-se obstáculo para o desenvolvimento sustentável dos agroecossistemas dessas regiões, uma vez que podem provocar redução dos rendimentos das culturas, acarretando perdas econômicas para os agricultores que podem culminar com graves problemas sociais, a exemplo dos agricultores do sertão nordestino brasileiro. Uma alternativa para este problema é a seleção de cultivares adaptadas para uma agricultura de baixo custo tecnológico, sob baixa disponibilidade de água e de nitrogênio. Existem poucos estudos e genótipos selecionados para essas condições, enquanto existe uma gama de genótipos indicados para agricultura de alto custo tecnológico (Duncan & Baligar, 1990).

O desenvolvimento sustentável dos agroecossistemas nordestinos requer, dentre outros fatores, o uso de espécies adaptadas às condições edafomorfoclimáticas da região. Plantas capazes de suportar déficits hídricos são mais recomendadas, uma vez que a distribuição irregular da precipitação pluviométrica, aliada a alta evapotranspiração são características do Nordeste brasileiro.

Contudo não bastam apenas espécies tolerantes a estas condições, mas também, que apresentem valor econômico, gerando renda para os agricultores. Dessa forma, garante-se que as dimensões da sustentabilidade sejam atendidas no aspecto ambiental, pela exploração de espécies adaptadas à região, reduzindo o aporte de insumos e minimizando impactos negativos sobre o ambiente; no seu aspecto econômico, através da exploração de espécies com valor comercial; e no seu aspecto social, pois a garantia de trabalho e geração de renda são fundamentais para a permanência do homem no campo, principalmente os pequenos agricultores, evitando sua emigração para outras regiões onde acabam por aumentar as estatísticas dos bolsões de pobreza e miséria.

Nesse sentido, *Ocimum basilicum* L., popularmente conhecido como manjerição, é uma alternativa viável para agroecossistemas do semi-árido brasileiro. Segundo Morales & Simon (1997), esta planta é amplamente usada por suas propriedades medicinais, aromatizantes e culinárias. O óleo essencial pode ser utilizado na indústria de cosmético para produção de xampu, sabonetes e perfumes. Também é utilizado na medicina popular como descongestionante, anticéptico, digestivo e vermífugo (Lorenzetti, *et al.* 2002).

De acordo com Lawrence (1993), foram produzidas, em 1992, em todo o mundo, 43 toneladas de óleo essencial do *Ocimum basilicum* L., que corresponde a US\$ 2,8 milhões. O preço do óleo essencial de manjeriço no mercado internacional atinge valor próximo a US\$110,00/L, apresentando-se viável a implantação nos agroecossistemas nordestinos para obtenção de óleo essencial como uma alternativa promissora para região (Blank *et al*, 2004).

O presente trabalho objetiva comparar o comportamento ecofisiológico e bioquímico de três cultivares de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), quando submetidas ao estresse hídrico.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Agroecossistemas e os fatores abióticos

Considerados como sistemas ecológicos que foram transformados por seres humanos para produzir alimentos, fibras ou outros produtos agrícolas (Conway,1986), os agroecossistemas são estrutural e dinamicamente complexos devendo-se levar em consideração além dos fatores bióticos, os fatores abióticos, pois podem afetar o crescimento, a reprodução e a produção de um sistema agrícola.

De acordo com Gleissmann (2001), os processos, estruturas e características dos ecossistemas naturais podem ser observados nos agroecossistemas, como fluxo de energia, ciclagem de nutrientes, mecanismos reguladores de população e estabilidade. A manipulação e a alteração humanas dos ecossistemas, com o propósito de estabelecer uma produção agrícola, tornam os agroecossistemas muito diferentes dos ecossistemas naturais, portanto, é necessário compreender quais fatores neste ambiente, podem estar limitando um organismo, e conhecer que níveis de determinados fatores são necessários para um ótimo desempenho do sistema agrícola produtivo.

Segundo Kramer & Boyer (1995), a deficiência hídrica é uma das maiores causas da redução na produtividade agrícola. A adaptação à falta de água é considerada por Nepomuceno *et al.* (2001), como uma característica multigênica, a identificação e a compreensão dos mecanismos de tolerância à seca são fundamentais no desenvolvimento de novas cultivares comerciais mais tolerantes ao déficit hídrico, respeitando a complexidade dos agroecossistemas, tais como as interações sociais, econômicas e culturais.

O mecanismo de regulação estomática é afetado pelos fatores ambientais, como, vento, radiação solar, déficit de pressão de vapor, temperatura, água, entre outros, sendo o entendimento desse relacionamento necessário, principalmente porque existe uma forte interação entre esses fatores, que devem ser observados cuidadosamente como componentes funcionais dos agroecossistemas.

Para Gleissmann (2001), a produção agrícola pode ser feita de modo a contribuir na conservação dos recursos bióticos e, a proteger a qualidade ambiental, quando se conhecem maneiras mais eficientes ecologicamente no desenho e exploração sustentável do agroecossistema.

## 2.2. Aspecto do estresse hídrico na ecofisiologia das plantas

O estresse hídrico é um importante fator ambiental que afeta vários processos ecofisiológicos das plantas. A planta pode sofrer danos por excesso ou por falta de água, contudo, na natureza, o estresse por insuficiência de água é mais comum, ocasionando uma confusão semântica entre os termos estresse hídrico e déficit hídrico (Angelocci, 2002). O autor esclarece que déficit hídrico é uma medida da magnitude do balanço hídrico, enquanto que o termo estresse hídrico caracteriza uma situação em que o déficit hídrico é de grau potencialmente danoso à planta. A capacidade da planta de manter o estado hídrico à medida que o potencial hídrico do solo diminui é uma adaptação ao déficit hídrico (Acevedo *et al.*, 1998).

Teoricamente, para Kramer & Boyer (1995), as plantas são os melhores indicadores da disponibilidade hídrica, contudo, no caso de indicadores da própria planta, é mais comum utilizar variáveis relacionadas à folha, pela importância desse órgão e pela maior facilidade de nela se realizarem medidas. Segundo os autores, o potencial de água foliar é o indicador mais utilizado.

Para Santos & Carlesso (1999), o déficit hídrico se dá quando a quantidade de água absorvida pela planta é menor que a quantidade de água transpirada, e os tecidos das plantas não ficam completamente túrgidos. Nesse trabalho, estresse hídrico é entendido como a redução da disponibilidade de água no solo, que também pode se considerar como seca.

Passioura (1997) define seca como situação que reduz o crescimento ou produtividade das plantas devido à insuficiência de suprimento de água, ou a um grande déficit de umidade do ar, mesmo que haja um suprimento adequado de água no solo. A seca é um fator de estresse quando muito pouca água está disponível em um estado termodinâmico apropriado (Larcher, 2001). Ocorre na natureza de forma gradual e as plantas tolerantes desenvolveram mecanismos para se adaptarem às condições de baixa disponibilidade de água no solo (Chaves Filho & Seraphin, 2001).

De acordo com Nogueira *et al.* (2005), todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados pelo déficit de água nos tecidos, causado pela excessiva demanda evaporativa ou limitado suprimento de água. Segundo os autores, como consequência da deficiência hídrica, verifica-se uma diminuição do volume celular, um aumento na concentração de solutos e aos poucos a desidratação do protoplasma. Aliado a isto, a diminuição da turgescência pode ser admitida como



indutora de resposta ao estresse hídrico, sendo o processo de crescimento, principalmente em extensão, o primeiro afetado.

Um mecanismo desenvolvido pelas plantas de adaptação a estas condições é o ajustamento osmótico, caracterizado pelo acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos em resposta a condições estressantes de baixa disponibilidade de água e salinidade (Turner, 1986, Ortiz *et al.*, 2003). Esse mecanismo é responsável pela manutenção da turgescência, crescimento e fotossíntese sob baixos valores de potencial hídrico (Morgan, 1984). Muitos estudos mostram a relação entre o estresse hídrico e a redução do potencial hídrico. Oliveira *et al.* (2002), avaliando as respostas da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) sob deficiência hídrica, observaram que a deficiência hídrica causou redução na condutância estomática e nas taxas de transpiração, sendo essas reduções acompanhadas pela queda do potencial hídrico. Pimentel & Perez (2000), concluíram que o potencial hídrico foliar, a área foliar e o peso seco da parte aérea foram os melhores indicadores do efeito do estresse hídrico no feijoeiro.

Nogueira *et al.*(2001), concluíram que as plantas de aceroleiras quando submetidas ao estresse hídrico de 20 dias de suspensão de irrigação, reduziram o potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ), restringiram-se a transpiração e aumentando à difusão de vapor, reduziram o teor relativo de água e acumularam prolina.

Ashraf *et al.*(2002), submetendo duas variedades de quiabo , Chinese-Red e Sabzapari, ao estresse hídrico observaram que o potencial hídrico foliar e o potencial osmótico em ambas as variedades decresceram significativamente, quando comparados com as respectivas variedades sem déficit hídrico.

Segundo Mansur (2000), o potencial de água da folha também diminui com a redução da disponibilidade de água no solo, levando à perda da turgescência e ao fechamento estomático, em quatro espécies lenhosas da caatinga, pau-ferro, *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul; catingueira, *Caesalpinia pyramidalis* Tul., canafístula, *Senna martiana* (Benth) H. S. Irwin & Barneby e canafístula de besouro (*Senna spectabilid* (DC) H. S. Irwin & Barneby variedade excelsa.

Souza *et al.* (2004), observaram, em limeira ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tanaka), que o potencial hídrico foliar das plantas em estresse apresentou valores médios de -1,27 MPa em relação as plantas sem estresse cujo potencial foi de -0,71

MPa, esse déficit de água provocou também a redução da assimilação de CO<sub>2</sub> paralelamente com redução da condutância estomática e da transpiração nesta espécie.

O potencial hídrico, ou seja, a demanda de água dentro da planta afeta a fotossíntese e a transpiração que dependem de um constante fluxo de entrada e saída de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> da célula através da abertura dos estômatos que, é em grande parte controlada pela turgescência tanto das células guardas, que controlam a abertura dos estômatos pela da turgidez, como das células epidérmicas dos estômatos. Um potencial hídrico baixo induz o fechamento estomatal, reduzindo a condutância foliar, inibindo a fotossíntese e a transpiração das plantas.

Silva *et al.*(2003), observaram em três espécies lenhosas, submetidas ao estresse hídrico, que não houve correlação significativa entre resistência difusiva, umidade relativa, radiação fotossinteticamente ativa e déficit de pressão de vapor para as plantas estressadas, porém, foi verificada correlação altamente significativa da resistência difusiva com o potencial hídrico. Em Oliveira *et al.* (2005), observou-se que em plantas de feijão sob estresse hídrico, a temperatura da folha e a transpiração apresentaram estreita relação com a resistência estomática.

A manutenção de turgescência obtida pela redução do potencial osmótico resulta do acúmulo de diferentes solutos no simplasma (Calbo & Moraes, 2000). Já o crescimento depende da turgescência celular e do módulo de elasticidade da parede celular, ou seja, do coeficiente de elasticidade desta. Assim, o ajustamento osmótico garante o turgor necessário para o crescimento, se não houver um ajustamento da parede celular, aumentando a sua capacidade de extensão, não haverá crescimento (Pimentel, 1999).

Petry (1991), também associa a manutenção do turgor celular com os processos de crescimento vegetal. Contudo, Munns & King (1988), contestam a idéia do ajustamento osmótico como mecanismo de manutenção da turgescência e do crescimento do tecido sob o déficit hídrico; considera que o mesmo é uma adaptação das plantas mais para sobreviver ao estresse do que para manter o crescimento durante a ocorrência da deficiência.

Muitas plantas para minimizar as perdas de água, quando submetidas ao estresse hídrico, apresentam controle de fechamento estomático, que permite uma maior conservação de água, isto, contudo provoca redução da assimilação de CO<sub>2</sub>, conseqüentemente reduzindo a taxa fotossintética e sua produtividade (Plaut, 1994).

Segundo Krieg (1993), o fechamento dos estômatos é uma das primeiras linhas de defesa contra a dessecação, uma tentativa favorável de manter o conteúdo hídrico nos tecidos vegetais por mais tempo, contudo, essa redução de abertura dos poros estomáticos restringe a troca gasosa entre o interior da folha e a atmosfera causando diminuição na assimilação de CO<sub>2</sub>, utilizado no processo de fotossíntese.

Além do fechamento dos estômatos, a inibição das atividades enzimáticas ligadas a este processo pode alterar a taxa fotossintética, que é uma das respostas fisiológicas mais comuns das plantas, quando submetidas ao estresse hídrico (Tabaeizadeh, 1998, Shangguan *et al.*, 1999).

Palta *et al.*, (1994), associam a manutenção da turgescência à fotossíntese, mesmo que baixa, possibilitando a redistribuição de nitrogênio e carbono, sob condições de estresse hídrico.

### **2.3. Aspecto do estresse hídrico na bioquímica das plantas**

As respostas da planta ao estresse hídrico podem ser caracterizadas por mudanças em seus processos bioquímicos, destacando-se a acumulação de uma mistura complexa de ácidos orgânicos, açúcares e aminoácidos, denominada de ajustamento osmótico (Nogueira *et al.*, 2001). A habilidade de algumas espécies de plantas em ajustar osmoticamente suas células é uma das respostas fisiológicas e moleculares ao déficit hídrico muito documentada na literatura. O acúmulo de açúcares, ácidos orgânicos e íons no citosol, no período da seca, pelas plantas superiores visa diminuir o potencial hídrico e, conseqüentemente, mantê-lo próximo do nível ótimo, assim como o turgor de suas células (Bray, 1993).

Para Nepomuceno *et al.* (2001), as mudanças no potencial osmótico causados pela concentração de solutos, devido à perda de água e aquelas causadas pela acumulação ativa de solutos, são distintas. As diminuições no potencial osmótico ocorrem pelo aumento na concentração de solutos presentes na célula túrgida. Jamaux *et al.* (1997), também consideram que em algumas espécies esta capacidade de tolerância tem sido relacionada com a diminuição do potencial osmótico e com a retenção de água dela decorrente.

Portanto, segundo Guo & Oosterhuis (1997), o ajuste osmótico ocorrerá somente se houver acumulação ativa de solutos, proporcionando, em muitas espécies, o aumento

na capacidade de tolerar períodos curtos de seca. É necessário levar em consideração a variação na capacidade de ajuste osmótico de diferentes culturas, ao se medir a habilidade da cultura em suportar a seca (Nepomuceno *et al.*, 2001).

Contudo, a geração de moléculas que buscam e destroem radicais livres pode, também, ser uma das causas da redução do potencial. O estresse hídrico quebra o equilíbrio oxidativo/reduutivo em várias organelas celulares, como os cloroplastos. A diminuição da funcionalidade dos cloroplastos leva, inevitavelmente, à geração de espécies com radicais de oxigênio altamente reativos (Hare *et al.*, 1996).

Outra resposta das plantas quando submetidas a estresse hídrico é a acumulação de prolina em suas células. A acumulação desse aminoácido ocorre devido ao aumento no fluxo de glutamato, que é metabolizado pela Prolina-5-Carboxilato Sintetase (P5CS), enzima responsável pela taxa de biossíntese de prolina (Hare & Cress, 1997), bem como um decréscimo no catabolismo da prolina (Stewart, *et al.*, 1974). Delauney & Verma (1993) sugerem que o acúmulo de prolina em células vegetais ocorre quando submetidas a estresse hídrico, porém, alguns autores mostram resultados contraditórios (Pimentel, 2004), em que cultivares mais sensíveis podem acumular prolina (Rossiello *et al.*, 1981). A prolina pode se acumular nas células também pelos efeitos da salinidade e baixas temperaturas (Nogueira *et al.*, 2001).

Para Hanson & Hetz (1982) os níveis de prolina nas plantas antes de sofrerem um estresse são sempre baixos, podendo variar de 1 a 5  $\mu\text{mol.g}^{-1}$  de matéria seca em muitas espécies. Segundo esses autores, a prolina começa a se acumular quando o potencial de água foliar se reduz a -1,0 MPa. Enfatizam, ainda, que é comum um aumento de 20 a 100 vezes na concentração desse aminoácido, após a exposição das plantas a poucos dias de estresse.

Em condições favoráveis, as plantas, através dos processos de fotossíntese, sintetizam carboidratos para o consumo imediato e para armazenamento, entretanto, a utilização dos carboidratos pode ser afetada, alterando a eficiência com que os fotoassimilados são convertidos no desenvolvimento de parte nova na planta, quando estas estão submetidas ao estresse hídrico (Souza *et al.*, 1982).

Para Boyer (1996), podem-se destacar como funções dos carboidratos no processo de estresse hídrico, os carboidratos solúveis, como agentes protetores durante a desidratação celular e para Nepomuceno *et al.* (2001), certos carboidratos que podem servir como solutos compatíveis, mantendo o potencial hídrico pelo reajuste osmótico e

também podem proteger as membranas das células durante a desidratação, pela formação de estruturas vítreas.

Um aumento de carboidratos solúveis e redutores foi também observado por Chaves Filho & Seraphin (2001), em uma espécie arbórea, do cerrado brasileiro, conhecida como fruta de lobo (*Solanum lycocarpum* ST. Hil.), sendo iguais a 70,80 mg.g<sup>-1</sup> MS e 63,65 mg.g<sup>-1</sup> MS respectivamente, resposta obtida devido ao estresse hídrico, caracterizando um ajustamento osmótico da espécie.

Segundo Kramer & Boyer (1995), a seca exerce grande influência no teor de carboidratos em diversas espécies. O amido acumulado nos tecidos é degradado, em consequência da atividade da enzima amilase, reduzindo a quantidade do mesmo, entretanto, é acompanhada por um aumento da quantidade de açúcares solúveis redutores. Na maioria das plantas, a sacarose é o principal açúcar exportado dos locais de síntese (folhas) para as regiões de consumo (caule, gemas vegetativas, raízes e órgãos reprodutivos) onde será utilizada para o crescimento e/ou armazenamento. As hexoses liberadas a partir da hidrólise de sacarose podem ser utilizadas em processos anabólicos ou catabólicos e também fornecer açúcares redutores para o processo de ajustamento osmótico.

Em período de déficit hídrico moderado, o potencial hídrico pode ser mantido pelo ajuste osmótico e os açúcares podem servir como solutos compatíveis baixando o potencial (Ingrain & Bartels, 1996).

A concentração de carboidratos solúveis (sacarose, frutose e glicose) e insolúveis (amido) nos tecidos, para uso na manutenção e crescimento destes, é considerada como reguladora tanto da fotossíntese quanto da respiração (Farrar, 1993).

A fotossíntese é o processo através do qual as plantas transformam a energia solar em energia química. As plantas são transformadoras primárias de energia e a sua eficiência é fator determinante na produtividade agrícola (Santos & Carlesso, 1998).

O fechamento dos estômatos, como tentativa de manter favorável o conteúdo hídrico nos tecidos, é uma das primeiras estratégias de defesa contra a dessecação. Essa redução da abertura do poro estomático restringe a troca de gases entre o interior da folha e a atmosfera causando diminuição na assimilação de CO<sub>2</sub> que é utilizado no processo fotossintético (Larcher, 2001).

O déficit hídrico reduz o índice de troca de CO<sub>2</sub> e a sua condução para a folha, além de reduzir a concentração desse elemento nos espaços intercelulares. Após a

interrupção do déficit hídrico, esses parâmetros tendem a voltar ao normal, porém não em sua plenitude, pois a velocidade de recuperação é reduzida (Lopes *et al.*, 1988).

De acordo com Larcher (2001), os mecanismos fisiológicos que regulam a transpiração podem ser reconhecidos. A causa inicial para uma redução temporária no grau de abertura estomática pode ser uma redução da intensidade luminosa, o ar seco, o déficit hídrico, as temperaturas externas ou gases tóxicos.

A água exerce influência em diversos processos, como a assimilação de CO<sub>2</sub>, transpiração, expansão foliar e partição de diversos fotoassimilados para diversos órgãos da planta. Segundo Kudrev (1994) a redução da quantidade de água disponível às plantas leva à aceleração da respiração, ao aumento da atividade das enzimas hidrolíticas e à redução da intensidade fotossintética, induzindo respostas metabólicas e fisiológicas com o fechamento dos estômatos, declínio na taxa de crescimento, acúmulo de solutos e substâncias antioxidantes, e expressão de genes específicos de estresse (Singh-Sangwan *et al.*, 1994).

Segundo Hendry & Price (1993), a perda de pigmentos fotossintetizantes durante estresse ambiental ou morte prematura é um indicador muito visível de eventos como doenças, aplicação de herbicidas, poluição ambiental, deficiência e toxicidade mineral, deficiência hídrica, extremos de temperatura.

## **2.4. Manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**

### **2.4.1. Botânica, origem, uso e óleo essencial do manjeriço**

O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), da família Lamiaceae é uma planta anual ou perene originária do sudeste asiático e da África Central. O manjeriço pode ser usado na indústria alimentícia e de cosmético. Na indústria de alimento, como condimento, as folhas secas são utilizadas com tempero culinário ou diretamente em massas como pizzas e lasanhas.

A grande importância econômica da família Lamiaceae se deve principalmente aos óleos essenciais produzidos nos tricomas glandulares (Martins, 1996), que são apêndices epidérmicos que ocorrem em muitos órgãos aéreos, vegetativos e reprodutivos do vegetal.

O óleo essencial pode ser medicinal agindo contra problemas nas vias respiratórias, contra infecções bacterianas e parasitas intestinais, além de melhorar a digestão dos alimentos, utilizado na indústria de cosméticos como perfumes, xampus e sabonetes (Blank *et al.*, 2004).

#### **2.4.2. Óleo Essencial no manjeriço.**

A ISO (International Standard Organization) define óleos essenciais como óleos voláteis obtidos na maioria dos casos por destilação por arraste com vapor d'água, sendo formados por misturas complexas terpenos lipofílicas geralmente líquidos, apresentam em sua grande maioria, aroma agradável e intenso (Alves, *et al.*, 2003). Podem ainda ser definidos como substâncias voláteis extraídas de plantas odoríferas (Lachowicz, *et al.*, 1997).

O óleo essencial de manjeriço mais valorizado no mercado é o manjeriço tipo Europeu (Simon *et al.*, 1990), tendo como constituintes principais o linalol (40,5 a 48,2%) e metil-cavicol (28,9 a 31,6%) (Fleisher, 1981; Charles & Simon, 1990). O óleo essencial de manjeriço apresenta alta concentração de linalol, com grande valor econômico no mercado internacional (Alves, *et al.*, 2006).

Além do linalol, o manjeriço apresenta terpineol, geraniol, citronelol e metil-cavicol (Kartazyna *et al.*, 1974). De acordo com o aroma, os manjeriços podem ser classificados em doce, limão, cinamato ou canela, cânfora, anis ou cravo (Simon, 1995). Na indústria de vitaminas, o linalol é um importante intermediário na produção de vitamina E e, constitui, junto com o geraniol ponto de partida para a produção da vitamina A (Bauer & Garbe, 1985).

De acordo com Duke (1994) o componente 1-8 cineol, outro componente do óleo essencial do manjeriço, tem propriedades alopático, anestésico, antibronquítico, antisséptico, bactericida, expectorante, herbicida e insetífugo, bem como o linalol apresenta ação antisséptica, insetífugo e termitífugo.

Segundo Blank *et al.* (2004), o preço do óleo essencial de manjeriço no mercado internacional atinge valor próximo a US\$ 110,00/litro, e os autores sugerem a implantação da cultura do manjeriço para obtenção de óleo essencial, pois poderá ser promissora, além de ser uma atividade alternativa para os produtores da região Nordeste.

A produção mundial de óleo essencial de manjeriço em 1992 foi estimada em 43 toneladas equivalente a 2,8 milhões de dólares, e está crescendo ano após ano, devido ao fato de que ele não é apenas usado para a produção de vitaminas, mas também na indústria de fragrâncias.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, E. SILVA, P. & SILVA, H. Tendencias actuales de la investigación em la resistencia al estrés hídrico de las plantas cultivadas. *Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Boletín Técnico (Chile)* v. 49, p.1-28,1998.

ALVES, P. B.; BLANK, A. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; REBOUÇAS, M. N. & ARRIGONI-BLANK, M.F. Linalol de *Ocimum basilicum* (Manjeriçã) e características agronômicas de acessos do banco ativo de germoplasma da UFS. *Cadernos UFS-Química* , São Cristóvão-SE, v. 5, n. 2, p. 7-14, 2003.

ALVES, P. B.; BLANK, A. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; MELO, P. A.D.; CAVALCANTE, S. C. H.; ARRIGONI-BLANK, M. F. & MANN, R. S. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. *Revista Brasileira de Farmocognosia*. João Pessoa- PB, v. 16, n.1, p. 24-30, 2006.

ANGELOCCI, L. R. Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico. *Departamento de Ciências Exatas ESALQ/USP*. Piracicaba, p.101, 2002.

ASHRAF, M.; ARFAN, M.; SHAHBAZ, M. ASHFAQ AHMAD & JAMIL, A. Gas exchange characteristics and water relations in some okra cultivars under water deficit. *Photosynthetica*, v. 40, n.4, p.615-620,2002.

BAUER, K. & GARBE, D. Common Fragrance and Flavor Materials: Preparation, properties and Uses. VHS, Weinheim, 1985.

BLANK, A. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS NETO, A. L. S.; ALVES, P.B.; ARRIGONI-BLANK, M.F.A. & MANN, R. S. & MENDONÇA, M.C. Caracterização morfológica e agronômica de acessos de manjeriçã e alfavaca. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 1, p. 113-116, 2004.

BOYER, J. S. Advances in drought tolerance in plants. *Adv. Agronomy*, v.56, p.187-218, 1996.

BRAY, J.S. Molecular responses to water deficit. *Plant Physiology*, v.103, p.1035-1040, 1993.

CALBO, M.E.R. & MORAES, J. A. P. V. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Eutepa oleracea* (açafá). *Revista Brasileira Botânica*, São Paulo, v.23, n.3, p.225-230, 2000.

CHARLES, D. J. & SIMON, J. E. Comparison of extraction methods for the rapid determination of essential oil content and composition of basil (*Ocimum spp.*). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 115, n.3, p. 458-462, 1990.

CHAVES FILHO, J. T. & SERAPHIN, E. S. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St. Hill.) em resposta ao estresse hídrico. *Revista Brasileira de Botânica*. São Paulo, v. 24, n. 2, p. 199-204, 2001.

CONWAY, G. R. – The properties of Agroecosystems. *International Institute for Environment and Development*, London, Great Britain, 1986.

DELAUNEY, A. & VERNA, D. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *Plant J.* 4: 215-223, 1993.

DUKE, J. A. Biologically-Active Compounds Important Spices. *Spices*. IN: Herbs and Edible Fungi. CHARALEMBOURS, G. (ed), 1994.

DUNCAN, R.R. & BALIGAR, V.C. Genetics, breeding and physiological mechanisms of nutrient uptake and use efficiency an overview. In: BALIGAR, V.C.; DUNCAN, R.R. (eds.) Crops as enhancers of nutrient use. San Diego: *Academic Press*, p.3-35,1990.

FARRAR, J. F. Carbon partitioning. In: *Photosynthesis and production in a changing environment*. HALL, D. O.; SCURLOCK, J. M. O.; BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LEEGOOD, R. C. & LONG, S. P. (eds). cap 15, p. 222-246, 1993.

FLEISHER, A. Essential oils from two varieties of *Ocimum basilicum* L. grown in Israel. *Journal of science of food and Agriculture*, v. 32, p. 1119-1122, 1981.

GLIESSMANN, S. R. A interação entre agroecossistemas e ecossistemas naturais. In: Gleissmann, S.R. *Agroecologia Sustentável – Processos ecológicos em Agricultura Sustentável*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001.

GUO C.; OOSTERHUIS D. M. Effect of water-deficit stress and genotypes on pinitol occurrence in soybean plants. *Environmental and Experimental Botany*, v. 37, n.3, p. 147-152, 1997.

HANSON, A. D. & HETZ, W.D. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, v.33, p.163-203, 1982.

HARE, P.D. & CRESS, W. A. Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants. *Plant Growth Regulation*, v. 21, p. 79-102, 1997.

HARE, P.; PLESSIS, S.P.; CRESS, W. & STADEN, J.V. Stress-induced changes in plant gene expression. *South African Journal of Science*, Pretoria, v.92, p.431-439, 1996.

HENDRY, G. A. F. & PRICE, A. H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoides. IN: HENDRY, G. A. F. e GRIME, J. P. (eds), *Methods in Comparative Plant Ecology*. London, Chapman e Hall, p. 148-152, 1993.

INGRAM, J. & BARTELS D. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. v.47, p.377-403, 1996.

JAMAUX, I., STEINMETZ, A., BELHASSEN, E. Looking for molecular and physiological markers of osmotic adjustment in sunflower. *New Phytol*, v.137, p.117-127, 1997.

KATARZYNA, J. L.; FAYEK M. & MOHAMED S.H. Oils of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum rubrum* L. Grown in Egypt. *Journal. Agriculture Food Chem*, v.22, n. 3, p. 521-523.1974.

KRAMER, P. J. & BOYER, J.S. Water relations of plants and soil. San Diego, *Academic Press*. 1995.

KRIEG, D. R. Stress tolerance mechanisms in above ground organs. In: *Prociodings of the workshop on Adaptation of Plants to soil strees*. INTSORMIL, Nebraska, p. 65-79, 1993.

KUDREV, T. G. Água: Vida das plantas. *Editor Ícone*, São Paulo, SP, p. 178. 1994.

LACHOWICZ K. J. JONES, G. P. & BRIGGS, D. R. Characterization of five varieties of basil (*Ocimum basilicum*) grown in Australian. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.45, p. 2660-2665,1997.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. Traduzido por Prado, C. H. B. A. *RiMa Artes e Textos*, São Carlos. 2001.

LAWRENCE B. M. A planning scheme to evaluate new aromatic plants for the flavor and fragrance industries. In: SIMON, J. J. (eds) *New crops*. New York: Wiley, p. 620-627, 2002.

LOPES, B. F.; SETTER, T. L. & MCDAVID, C. R. Photosynthesis and water vapor exchange of pigeonpea leaves in response to water déficit and recovery. *Crop Science*, Madison, v.28, p. 141-145, 1988.

LORENZI, H. & MATOS F.J.A. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas. *Plantarum*, Nova Odessa, 2002.

MANSUR, R.J.C.N. & BARBOSA, D. C. A. Comportamento fisiológico em plantas jovens de 4 espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. *Phyton*, v. 68, p. 97-106, 2000.

MARTINS, E.R. Morfologia interna e externa caracterização isoenzimática e óleo essencial de *Ocimum selloi* Benth. Viçosa, Mg. *Universidade Federal de Viçosa – Dissertação de Mestrado*, p. 97, 1996.

MORGAN, J.M. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, Bethesda, v 35, p.299-319, 1984.

MORALES M. R. & SIMON J.E. ‘Sweet Dani’: A new culinary and ornamental lemon basil. *Hortscience*, v.32, p. 355-360, 1997.

MUNNS, R. & KING R. W. Abscisic Acid Is not the only stomatal inhibitor in the transpiration stream of wheat plants. *Plant Physiology*. 88: 7030-0708, 1988.

NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; OYA, T. Tolerância a seca em plantas: mecanismos fisiológicos e moleculares. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, Brasília, n.23, p.12-18, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, A. & BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Lavras, v. 13, n. 1, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B. & SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos de tolerância à seca em plantas da Caatinga In: *Estresses Ambientais: Danos e Benefícios*. Rejane J. Mansur C. Nogueira; Elcida de Lima Araújo; Lilia Gomes Willadino & Uided Maaze Tibúrcio Cavalcante. (Org.). (eds) Recife, p. 22-31, 2005.

OLIVIERA, A. D.; FERNANDES, E. J. E & RODRIGUES, T. D.; Condutância Estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.1, p.86-95, 2005.

OLIVEIRA, M. A. J.; BOVI, M. L. A.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. A. G.; HABERMANN, G. & RODRIGUES, J. D. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. *Scientia Agrícola*, v.59, n.1, p.59-63, 2002.

ORTIZ, M.; SILVA, H; SILVA, P. & ACEVEDO, E. Leaf water parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) and their use in the selection of drought resistant genotypes. *Revista Chilena História Natatural*, v.76, n.2, p.219-233, 2003.

PALTA, J. A.; KOBATA, T.; TURNER, N. C. & FILLERY, I. R. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits. *Crop Science* v. 34, p. 118-124, 1994.

PASSIOURA, J. B. Drought and drought tolerance. In: BELHASSEN, I. (Ed.). Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological, and molecular biological analysis. Dordrecht, *Kluwer Academic*, p.1-5, 1997.

PETRY, C. Adaptação de cultivares de soja a deficiência hídrica no solo. Santa Maria: *UFSC*, p. 106, 1991. Dissertação Mestrado.

PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. Rio de Janeiro: *EDUR* Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, p. 165-166, 2004.

PIMENTEL, C. Relações hídricas em dois híbridos de milho sob dois ciclos de deficiência hídrica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n. 11, p.2021-2027, nov. 1999.

PIMENTEL, C. & PEREZ, A. J. L. A C., Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca, em genótipo de feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35.p 35-39, 2000.

PLAUT, Z. Photosynthesis in plant/crops under water and salt stress. In: PESSARAKLI, M. (Ed) *Handbook of plant and crop stress*. New York, Marcel Dekker, p. 587-603, 1994.

ROSSIELLO, R. O. P.; FERNANDES, M. S. & FLORES J. P. O. Efectos del dessecamiento del suelo sobre el metabolismo de nitrogênio em três cultivares maiz (*Zea mays* L) *Turrialba*, 31: 227-235, 1981.

SANTOS, R.F. & CARLESSO R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológico das plantas. Campina Grande. Pb. UFPB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v 1, n. 3, p 287-294. 1998.

SANTOS, R. F. & CARLESSO, R. Enrolamento e expansão das folhas de milho submetidas a déficit hídrico em diferentes solos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 1-6, 1999.

SHANGGUAN, Z.; SHAO, M. & DYCKMANS, J. Interaction of osmotic adjustment and photosynthesis in winter wheat under soil drought. *Journal Plant Physiology*. p. 154: 753-759, 1999.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A.D. & SANTOS, V.F. Condutância estomática e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. *Acta Botânica Brasileira* v.17, n.2. p.231-246, 2003.

SIMON, J. E. Sweet basil. West Lafayette: Purdue University, p. 3, 1985. (Boletim)

SIMON, J. E.; QUINN, J. & MURRAY, R. G. Basil: a source of essential oils. In: *Advance new crops*; JANIK, J. e SIMON, J. E. (Eds) ; *Timber Press: Portland, OR*, p. 484-489, 1990.

SIMON, J. E. Basil. West Lafayette: Purdue University, p. 6, 1995. (Boletim)

SING-SANGWAN, N.; FAROOQI, A. H. A. & SING-SANGWAN, R. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. *New Phytologist*, v. 128, p.173-179, 1994.

SOUZA, J. G.; BARREIRO NETO, M.; SILVA, J. B. V. & GILES, J. A. Estudos de parâmetros fisiológicos para a resistência ao algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) à seca. *Embrapa – Algodão. Documentos* 16, p.20, 1982.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; LAGÔA, A. M. M. A. & SILVEIRA, J. A. G. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. *Environmental and Experimental Botany*, v.51 p. 45-56, 2004.

STEWART, G.R. & LEE, J.A. The role of proline accumulation in halophytes. *Planta*, v.120, p.279-289, 1974

TABAEIZADEH, Z. Drought-induced responses in plant cells. *Int. Rev. Cytol*, p.182: 193-247, 1998.

TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. *Australian Journal of Plant Physiology* 13:175-190, 1986.



### 3. CAPÍTULO 1 RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE CULTIVARES DE MANJERICÃO (*Ocimum basilicum* L.), SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA.

#### RESUMO

O manjericão (*Ocimum basilicum* L.) pode ser considerado cultura anual ou perene, conforme o local de cultivo. Existem diversas finalidades para seu uso: na culinária, como planta ornamental, medicinal e aromática, sendo seu óleo essencial valorizado no mercado internacional e pelo teor de linalol. A seca induz uma série de resposta ecofisiológicas que são variáveis, segundo a espécie vegetal estudada, o estágio de desenvolvimento da planta e condições de cultivo. Os resultados obtidos envolvendo aspectos ecofisiológicos do manjericão (*Ocimum basilicum* L.) sob deficiência hídrica foram conduzidos em casa de vegetação da UFS, durante 15 dias, utilizando plantas com 4 meses de idade. O objetivo principal do trabalho foi analisar as respostas das três cultivares de manjericão ('Mara', 'Maria Bonita' e 'Genovese') à deficiência hídrica. As variáveis observadas foram: taxas de fotossíntese ( $A$ ), de transpiração ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) e potencial hídrico das folhas. Verificou-se decréscimo no potencial de água nas folhas e nas trocas gasosas quando o solo apresentava 52% e 40% de água disponível. A diminuição da condutância estomática e a queda mais rápida da taxa de transpiração que a queda da fotossíntese, indicam a existência de mecanismos de aclimação em manjericão, no sentido de diminuir as perdas de água, quando sob condição de estresse hídrico moderado.

**Palavras-chave:** *Ocimum basilicum* L., deficiência hídrica, trocas gasosas.

#### ABSTRACT

##### **Ecophysiological Responses of basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars, at water stress.**

The sweet basil (*Ocimum basilicum* L.), can be an annual or a perennial plant depending on the place where it is grown. This plant has several culinary, ornamental, medicinal and aromatic uses. The value of its essential oil in the international market depends on the percentage of linalool. Drought induces several ecophysiological responses, which varies for the species studied, its growth stage and cultivation conditions. The research results on ecophysiological aspects of basil (*Ocimum basilicum* L.) under water deficit were performed in greenhouse of the UFS, during 15 days, utilizing 4 months old plants. The main objective was to evaluate the responses of the three cultivars ('Mara', 'Maria Bonita' and 'Genovese') of sweet basil on the water deficiency. The measured variables were: CO<sub>2</sub> assimilation rate ( $A$ ), transpiration rate ( $E$ ), stomatal conductance ( $g_s$ ) and leaf water potential ( $\Psi$ ). Significant decreases of leaf water potential values and gas exchange rates when the soil presented 52% and 40% of the available water. The partial closing of the stomata (decrease in stomatal conductance) and the reduction of photosynthesis, suggest the existence of an acclimation mechanism of the sweet basil, diminishing water loss under moderate stress.

**Key words:** *Ocimum basilicum* L., water deficit, gas exchanges.

### 3.1. INTRODUÇÃO

O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.- Lamiaceae) é uma planta anual ou perene, encontrada em grande parte do Brasil. As espécies de *Ocimum basilicum* fornecem óleo essencial e componentes para a indústria alimentícia, de perfumaria, de cosméticos e farmacêutica (Mahmoud, 1996). A planta apresenta propriedades medicinais, sendo usada como carminativa, diurética, estimulante (Marotti *et al.*, 1996). Também é utilizada em tratamentos de dor de cabeça, tosse, diarreia, vermes e problemas renais (Mehta & Mehta, 1943).

De acordo com Andrade & Casali (1999) sendo a água essencial à vida e ao metabolismo das plantas, seria esperado que em ambientes mais úmidos a produção de metabólitos secundários fosse maior, no entanto, para algumas plantas medicinais a maior disponibilidade de água pode diminuir a produção de óleo essencial.

Segundo Delita *et al.* (1996) *apud* Silva *et al.* (2002), em espécies de *Thymus capillaris* Hoffm. *et* Link, o estresse hídrico promoveu o aumento da produção de óleos essenciais, com diminuição da fração fenólica e a irrigação aumentou a quantidade dos ácidos clorogênico, gálico e cafeico. Entretanto, para Corrêa Júnior *et al.* (1994), plantas irrigadas podem compensar o baixo teor de metabólitos secundários com maior produção de biomassa, o que resulta em maior rendimento final de metabólitos/área.

A deficiência hídrica pode influenciar a composição química do óleo essencial. A composição química de monoterpenos em algumas espécies de *Cymbopogon spp.* pode variar de acordo com a intensidade e a duração do estresse hídrico; com 45 dias de estresse moderado, há um aumento significativo de geraniol e a diminuição de citral, em *C. nardus* L. (Rendle); já em *C. pendulus* Stapf ocorre aumento de citral. Com 90 dias de estresse moderado, há redução do geraniol em *C. nardus* e aumento do citral em *C. pendulus* (Singh-Sangwan *et al.*, 1994).

Na região Nordeste, a disponibilidade de água apresenta-se como um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento e produtividade das plantas, pois influencia o seu crescimento. Dessa forma, resistência à seca é uma característica desejável nas espécies cultivadas, de forma a garantir a sustentabilidade dos agroecossistemas locais.

Em situações de deficiência hídrica, as plantas adaptam-se a esta condição, ajustando o seu metabolismo às perturbações ambientais, respondendo em nível morfológico, fisiológico ou molecular. O conhecimento do comportamento das plantas frente a esta situação de estresse hídrico é fundamental para o desenvolvimento de espécies tolerantes à seca.

Nessa perspectiva, o conhecimento do comportamento do *Ocimum basilicum* L., diante de situações de déficit hídrico, mostra-se importante, pois além de ser planta amplamente usada na medicina popular, o seu óleo essencial pode apresentar-se como uma fonte de renda. No mercado internacional, o preço do óleo essencial de manjerição doce atinge valor próximo a US\$110,00/Litro, sendo viável a implantação da cultura do manjerição doce nos agroecossistemas nordestinos para obtenção de óleo essencial como uma alternativa promissora para região (Blank *et al*, 2004).

O presente trabalho objetiva comparar o comportamento ecofisiológico de três cultivares de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) ‘Maria Bonita’, ‘Mara’ e ‘Genovese’, quando cultivadas sob déficit hídrico.

### **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na estufa agrícola do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe (UFS), no município de Cristóvão-SE, no período de maio a novembro de 2005, utilizando-se três cultivares de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) ‘Genovese’ – cultivar comercial, ‘Maria Bonita’ e ‘Mara’, cultivares desenvolvidas pela Universidade Federal de Sergipe. As plantas de manjerição foram obtidas a partir de sementes cedidas pelo Departamento de Engenharia Agrônômica da UFS. A semeadura foi realizada em bandejas de isopor de 60 alvéolos, preenchidos com substrato pó de coco mais terra vegetal na proporção 1:1, no dia 20 de maio de 2005 e, após 25 dias, foram transplantadas para vasos plásticos, com capacidade de 17 dm<sup>3</sup>, preenchidos com substrato constituído por terra vegetal mais esterco ovino curtido, na proporção 2:1. Amostra do substrato foi analisada pelo Instituto de Tecnologia de Sergipe – ITPS, pelo método de ensaio constante no Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes – EMBRAPA - 1999 (Tabela 1).

TABELA 1 - Resultados da análise química do substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007

Parâmetro	Unidade	Resultado	LDM <sup>2</sup>
pH em água		5,7	
Matéria Orgânica	g dm <sup>-3</sup>	38,6	
Cálcio + Magnésio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	5,82	0,30
Cálcio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	4,95	
Magnésio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	0,087	
Alumínio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	< 0,05	0,05
Sódio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	0,46	
Potássio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	0,24	
Hidrogênio + Alumínio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	3,8	
Potássio	ppm	94,5	0,7
Sódio	ppm	105,5	
Fósforo	ppm	7,4	0,7
pH em CaCl <sub>2</sub>		5,2	
pH em SMP		6,1	
SB – Soma das Bases Trocáveis	cmolc. dm <sup>-3</sup>	6,52	
CTC – Capacidade de Troca Catiônica	cmolc. dm <sup>-3</sup>	10,32	
PST – Porcentagem de Sódio Trocável	%	4,46	
V – Índice de Saturação de Base	%	63,18	

<sup>1</sup> Análise realizada em amostra de terra fina seca em estufa (t.f.s.e.) a 40 °C.

<sup>2</sup> Limite de Detecção do Método.

Cada vaso foi adubado com 4,0 g de sulfato de amônia, 9,8 g de superfosfato simples, 3,0 g de cloreto de potássio, sendo que na primeira adubação, realizada em 14/06/2005, utilizou-se a mistura dos adubos nitrogenado, fosfatado e potássico, as adubações pós-plantio foram realizadas após 14, 28, 42 e 56 dias, utilizando adubo nitrogenado e potássico, segundo recomendação de Alvarez *et al.*, (1999).

A capacidade de campo (18% umidade) foi determinada previamente, por meio da curva de retenção de umidade pelos métodos do Extrator de Richard (Richards & Fireman, 1943), e funis de placa porosa (Haines, 1930) a partir do substrato seco, peneirado e homogeneizado no laboratório de Física do Solo, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA – Tabuleiros Costeiros Aracaju/SE, segundo técnica de rotina (Figura 1).

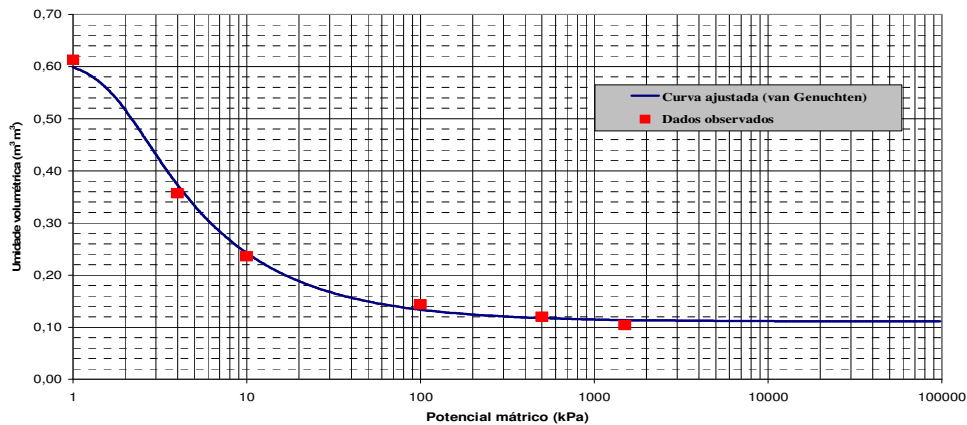


FIGURA 1. Curva de retenção de água. UFS, São Cristóvão-Se, 2007

Cada vaso foi pesado e preenchido com 16 Kg de substrato. Antes de iniciarem-se os tratamentos, foi utilizada irrigação automática, onde os aspersores eram ligados automaticamente, quatro vezes ao dia, 7:00 h e 17:00 h, durante 20 minutos e; 10:00 h e 14:00 h, e 5 minutos, com nebulização. A irrigação automática foi suspensa em 30 de setembro. A partir desta data os vasos foram pesados e fez-se coleta do solo para determinação da umidade.

Foram retiradas e pesadas 12 plantas, sendo quatro plantas de cada cultivar. Obteve-se então, uma média de peso por cultivar, subtraindo-se o peso dos vasos, do substrato e das cultivares, determinou-se o teor de água. Com a determinação da umidade no substrato, calculou-se o peso (em quilograma) de água e, uniformizando a quantidade de água em todos os vasos. Os vasos eram pesados diariamente, mantendo-se o potencial máximo de água, para o grupo controle ( $T_0$ ) em 27,7 kPa, equivalendo a 0,181kg de água/kg de solo e diminuindo para o grupo experimental ( $T_1$ ) gradativamente o teor de água através do controle de peso, (Anexo 2 - Tabela 1). Irrigando-se manualmente as plantas, pela manhã e pela tarde.

As restrições hídricas foram iniciadas quando as plantas apresentavam 120 dias de idade, contados a partir da data de transplante das plântulas. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições, onde testou-se três cultivares de manjericão (*Ocimum basilicum* L.),

‘Maria Bonita’, ‘Mara’ e ‘Genovese’ e dois tratamentos, plantas controle, que recebiam água até a sua capacidade máxima –  $T_0$  e plantas submetidas ao estresse hídrico - $T_1$ .

Durante todo o experimento, as plantas testemunhas ( $T_0$ ) foram irrigadas mantendo-as em 100% da capacidade de água no substrato, com umidade volumétrica ( $\Theta$ ) de  $0,181 \text{ m}^3/\text{m}^3$  e potencial mátrico  $27,7 \text{ kPa}$ . Nas plantas submetidas ao estresse hídrico- $T_1$  reduziu-se gradativamente a quantidade de água, com base no ajuste da curva de retenção de água no solo (Anexo 2–Tabela 2), aplicando a equação de Van Genuchten (1980), utilizando o software SWRC, desenvolvido por Dourado *et al.*(1990),(Figura 1).

Durante todo o experimento, as variáveis: temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar foram monitoradas, por meio de uma Estação Meteorológica Automática modelo MCR 100  $\mu\text{Metos}$ , com sensores de temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar, em intervalos de 1 hora.

As variáveis fisiológicas estudadas foram transpiração ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), fotossíntese ( $A$ ) e potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ). As medidas de transpiração, condutância estomática e fotossíntese foram obtidas por equipamento infra-red gas analyser PPSystem (modelo CIRAS-2). O potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ) foi medido usando-se uma câmara de pressão Soil Moisture Equipment Corp. modelo 3005, seguindo técnica descrita por Kaufmann (1968). A eficiência do uso da água ( $EUA$ ) foi calculada pela razão entre fotossíntese e transpiração ( $A/E$ ) (Berry & Downton, 1982).

As variáveis foram medidas em dias alternados, durante os 15 primeiros dias, do mês de outubro de 2005, entre 8:30 e 10:30 horas, no terceiro par de folhas a partir da gema apical.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas usando o programa GraphPad Prism.

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados climatológicos obtidos durante o experimento indicam que a temperatura variou de 29°C e 32°C, a radiação solar e umidade relativa do ar variaram, respectivamente, de 400 W.m<sup>-2</sup> e 519 W.m<sup>-2</sup> e 44% e 55% .(Figura 2)

Em um período de quinze dias, o teor de água no substrato caiu de 100 para 40% de disponibilidade de água. Em função do dessecamento do solo, as variáveis fotossíntese ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) e potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ) foram afetadas (Figura 3), nas três cultivares de manjerição ‘Maria Bonita’, ‘Mara’ e ‘Genovese’, sendo a redução do  $\Psi$  é indicação importante em situações de déficit hídrico Sarker *et al.* (2005).

Com a diminuição gradativa da disponibilidade de água de 100 para 60%,  $\Psi$  e  $A$  permaneceram praticamente constante, quando se compara os tratamentos do grupo controle ( $T_0$ ) com o grupo experimental ( $T_1$ ) nas três cultivares de manjerição (Figura 4). Os maiores valores de  $A$  em  $T_1$  observado na cultivar ‘Genovese’ (Figura 3.B) em relação às cultivares de manjerição ‘Maria Bonita’ e ‘Mara’. Esta cultivar atingiu valores menores que zero na fotossíntese quando a disponibilidade de água no solo era de 40%, provavelmente devido a sua fenologia. Planta de porte maior e folhas mais largas que as outras cultivares, portanto necessitando de mais água para o metabolismo celular e também apresentando maior perda de água pela folhas no processo de transpiração.

Somente abaixo de 60% de umidade do substrato, os valores das duas variáveis ( $\Psi$  e  $A$ ) decresceram significativamente, entre tratamentos (Figura 4) como também, entre as cultivares (‘Maria Bonita’ e ‘Mara’) (Figuras 3 A e B), evidenciando, dessa forma, que as plantas apresentaram mecanismos que proporcionaram a manutenção de sua hidratação até esse limite. Até valores ao redor de 60% de disponibilidade de água no substrato, a quantidade de água que entrou e que saiu da folha deve ter sido aproximadamente igual, uma vez que o potencial de água da folha manteve-se praticamente constante nas três cultivares de manjerição, entre -0,35 MPa a -0,65 Mpa .

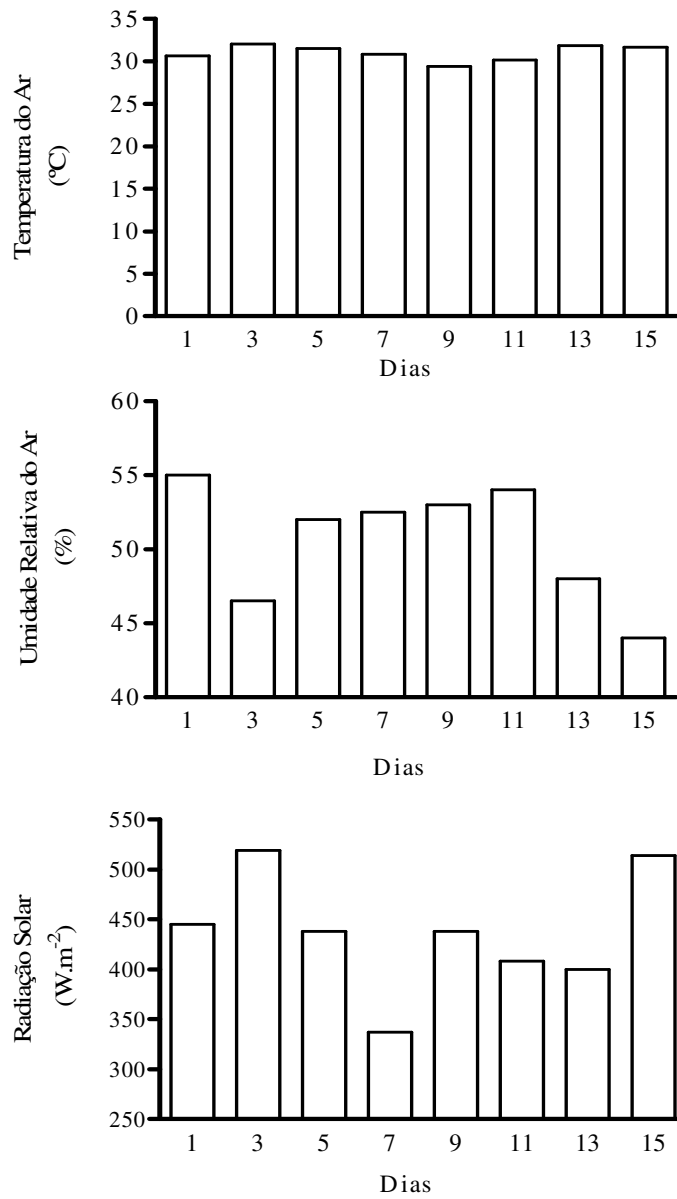


FIGURA 2. Dados de temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar. Período de 1 a 15 de outubro de 2005. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.



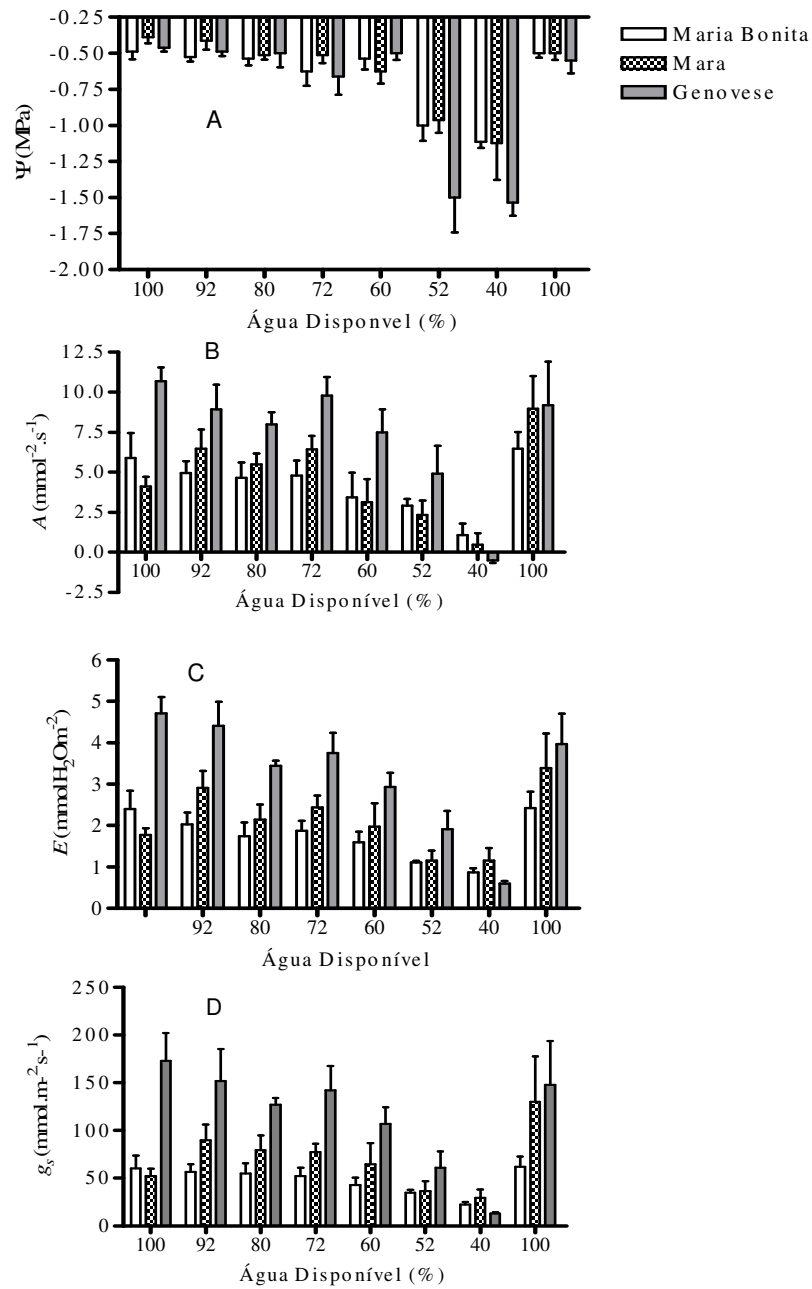


FIGURA 3. Respostas do  $\Psi$ - potencial hídrico (A),  $A$  - fotossíntese (B),  $E$  - transpiração (C) e  $g_s$  - condutância estomática (D) em cultivares de manjerição (*O. basilicum*) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.

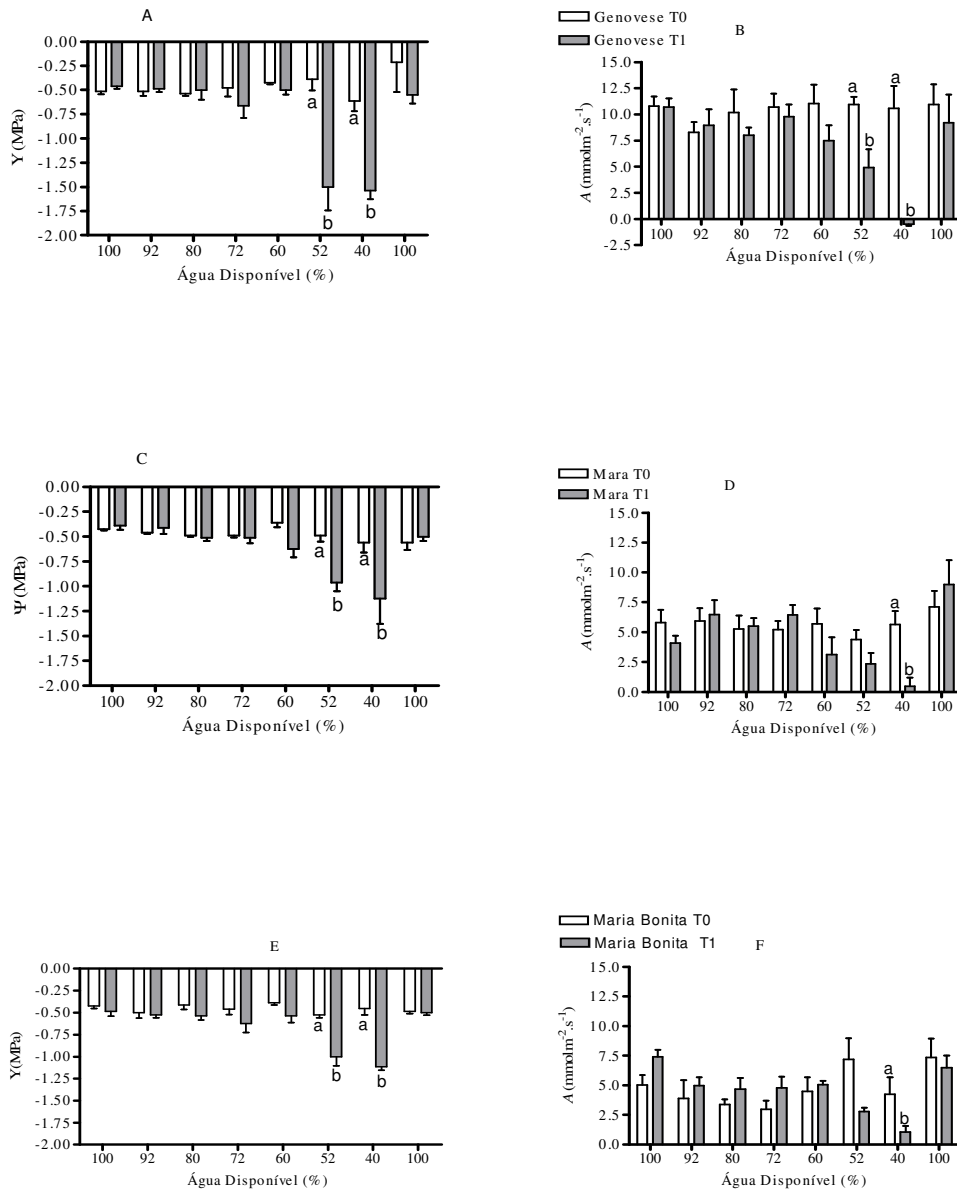


FIGURA 4. Respostas do potencial hídrico (A, C e F) e da taxa de fotossíntese (B, D e F) em três cultivares de manjericão (*O. basilicum*) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.

Durante o experimento, a condutância estomática variou de 86,500 a 22,200  $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , para a cultivar ‘Maria Bonita’; para a cultivar ‘Mara’, de 89,867 a 21,200  $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e; para ‘Genovese’ de 192,605 a 13,050  $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , apresentando seu mínimo para as plantas sem irrigação. A redução observada na cultivar ‘Genovese’ foi de 93,2%, seguida da cultivar ‘Mara’ com 75,5% e ‘Maria Bonita’ com 74,3%.

Em *Phaseolus vulgaris* L., Paiva *et al.* (2005), verificaram grandes diferenças nos valores médios de condutância estomática entre os tratamentos durante o ciclo da cultura e observaram o mesmo, para o potencial de água no solo, quando submetidos ao estresse hídrico.

A condutância estomática apresentou padrões similares ao da fotossíntese, sugerindo que a queda da taxa de fotossíntese (Figura 4 B, D e F) esteja relacionada com o fechamento parcial dos estômatos.

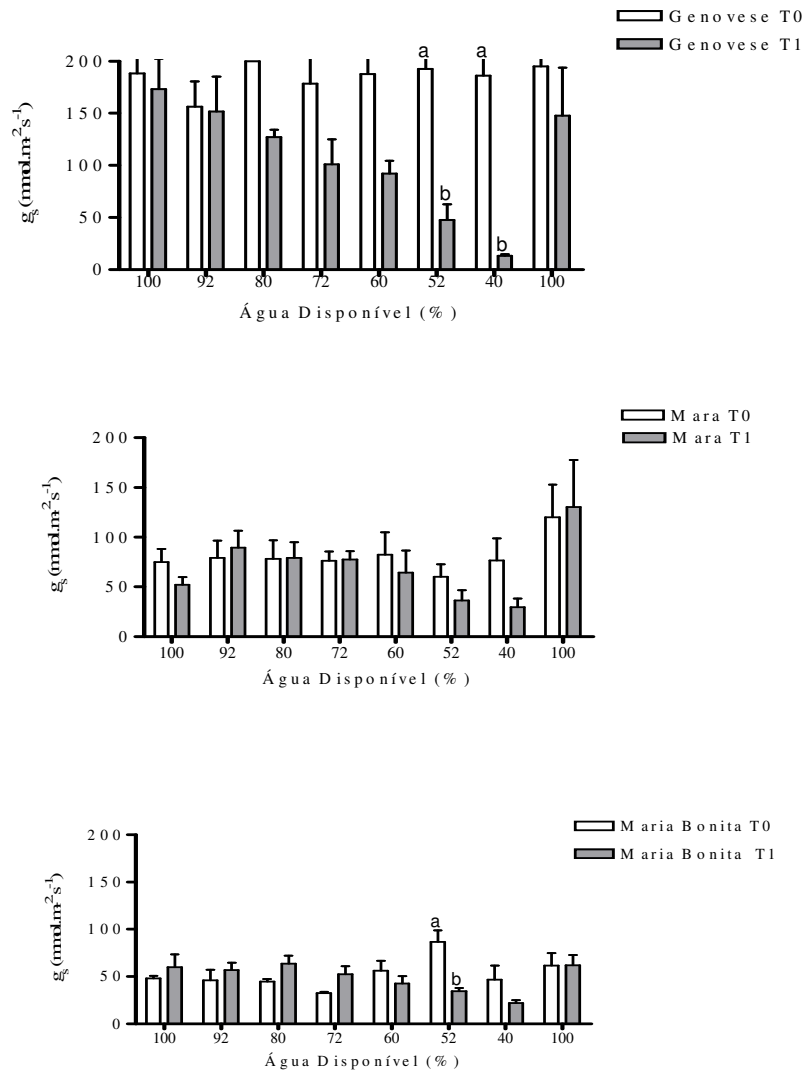


FIGURA 5. Resposta da  $g_s$  - condutância estomática nas três cultivares de manjeriçao (*O. basilicum*) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.

Para variável  $g_s$  (Figuras 3D e 5) observou-se tendência de queda com teores de umidade abaixo de 80% para a cultivar ‘Genovese’ e para as demais cultivares essa tendência só ocorreu quando a umidade do substrato foi menor que 60%. A diminuição dos valores de  $g_s$ , a despeito da manutenção daqueles de  $\Psi$ , nos primeiros dias de estresse, evidenciou que na cultivar ‘Genovese’, não houve relação entre ambas as variáveis. Por outro lado, isso parece mostrar que a variação em  $g_s$  pode estar relacionada ao efeito direto da queda do teor de água no substrato sobre os estômatos.

Em várias espécies, já se observou que um dos fatores que controlam a resposta do estômato, no início do dessecamento do solo, está relacionado com a comunicação raiz-parte área, a qual informa a respeito do estado da água na região das raízes, independentemente do seu estado de água na folha (Jones & Rawson, 1979, Turner *et al.*, 1985; Gollan *et al.*, 1986a, b; Liang *et al.*, 1997; Repellin *et al.*, 1997; Sasaki & Machado, 1999). Em condição de estresse hídrico, ocorre aumento da concentração de ácido abscísico, proveniente das raízes, nas células-guardas, provocando redução na pressão de sua turgescência e o fechamento estomático (Liang *et al.*, 1997).

Embora o fechamento dos estômatos durante o dessecamento do solo coincida, geralmente, com a queda no potencial hídrico (Syvertsen, 1982), têm se observado, em vários experimentos, decréscimos na condutância estomática antes mesmo da ocorrência da queda no potencial (Davies *et al.*, 1986). Tal resposta sugere que, durante o dessecamento do solo, as raízes podem, por meio de um sinal químico, agir diretamente sobre o controle estomático (Davies *et al.*, 1990). No caso da cultivar ‘Genovese’ onde observou-se que a diminuição da  $g_s$  foi antes do  $\Psi$ , Sugere-se que tal resposta esteja ligada ao sinal químico recebido pelas folhas, que age sobre a condutância estomática.

Na Figura 6 observa-se a resposta de  $A$  e  $E$  em função da variação de  $g_s$ , pelo dessecamento do substrato. A forma como  $A$  e  $g_s$  se relacionam tem grande importância ecológica. Se  $A$  e  $g_s$  variam proporcionalmente numa relação linear, a concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) permanece constante. Nesse caso, se a temperatura foliar e a pressão de vapor do ar também não variam, a eficiência de uso da água ( $EUA$ ) permanece constante otimizando as trocas gasosas (Schulze & Hall, 1982).

Observou-se que  $A$  e  $g_s$  variaram proporcional e linearmente (Figura 6), que  $C_i$  permaneceu constante (Figura 7A) nas três cultivares de manjeriço, variando significativamente em 40% de disponibilidade de água no substrato, para a cultivar

‘Genovese’, a temperatura foliar também não variou (Figura 7B) em nenhuma das cultivares, mantendo-se entre 33°C a 35,8°.

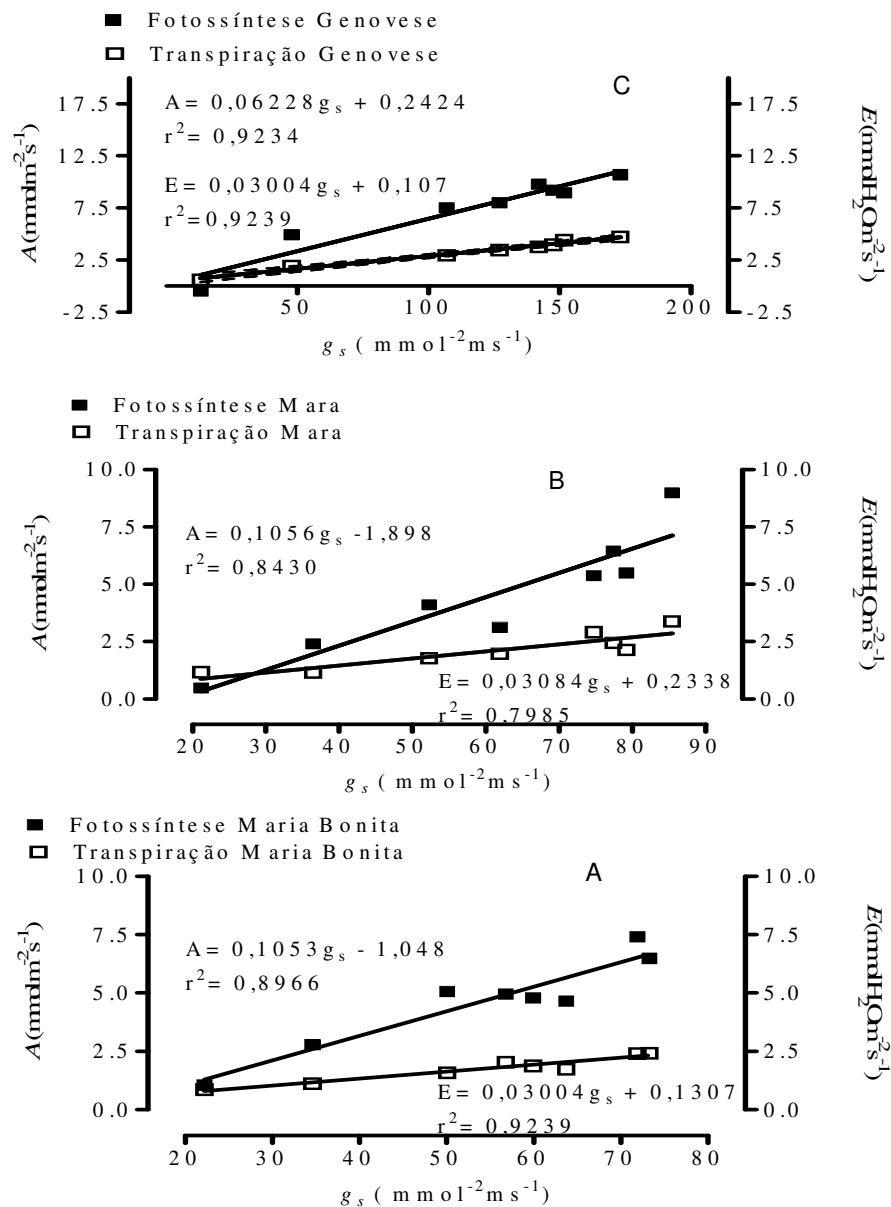


FIGURA 6. Respostas das taxas de fotossíntese (A) e de transpiração (E) em três cultivares de manjeriço em função da condutância estomática ( $g_s$ ). UFS. São Cristóvão. 2007.

Como observado na Figura 7A,  $C_i$  aumentou significativamente com a diminuição de A em função da desidratação da planta (Figura 3B), devida queda do teor de água no substrato. Na cultivar ‘Genovese’ o  $C_i$  aumentou 200% mais que em T0, ‘Maria Bonita’ teve um aumento de 134% e a cultivar ‘Mara’ teve o menor aumento

de 67% de  $C_i$ . O aumento do  $C_i$  sob baixos valores de  $\Psi$  sugere queda de atividade nos mecanismos de assimilação de  $\text{CO}_2$ , com o decréscimo da eficiência de carboxilação (Farquhar & Sharkey, 1982).

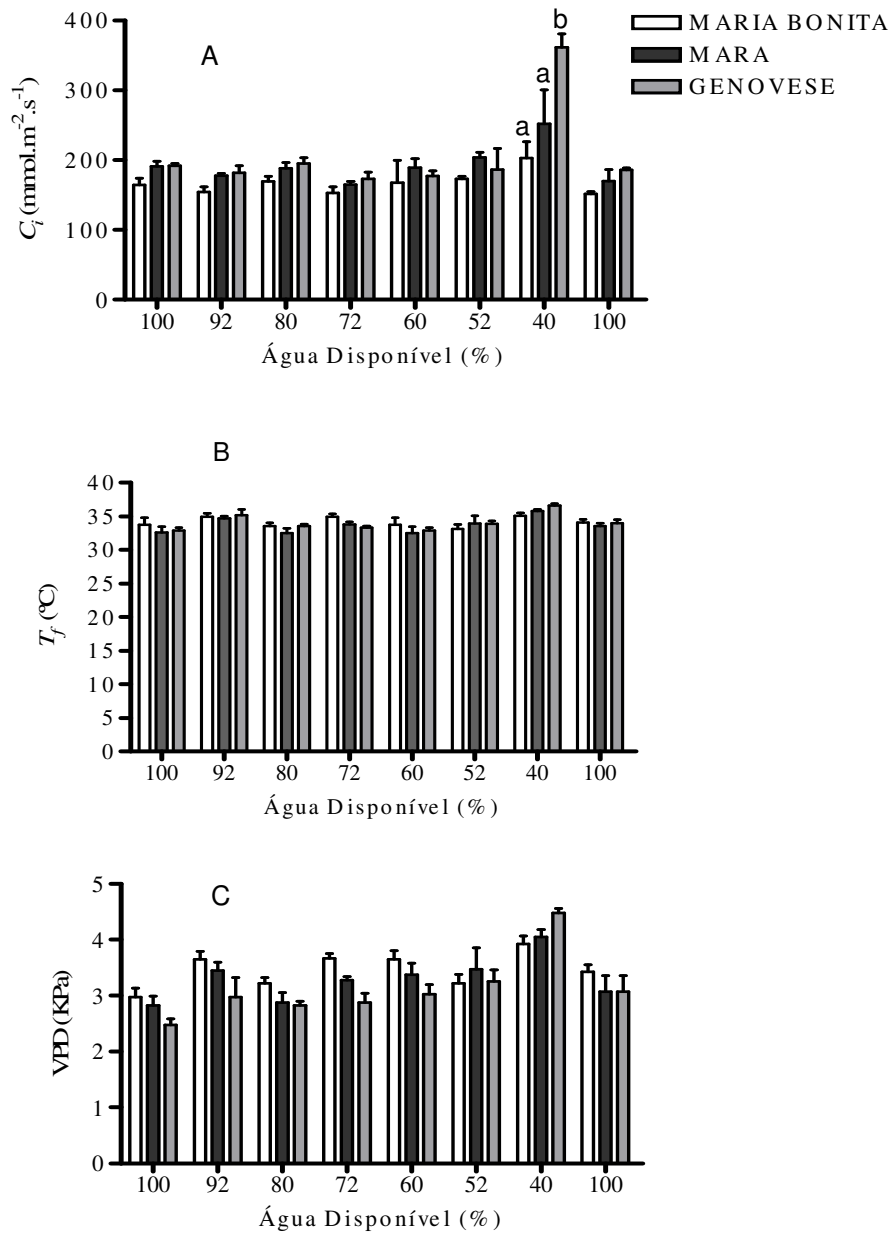


FIGURA 7. Teor de  $C_i$  -  $\text{CO}_2$  interno (A),  $T_f$  - temperatura foliar (B) e  $VPD$  - déficit de pressão de vapor (C) nas três cultivares de manjeriço manjeriço (*O. basilicum*) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.

O déficit de pressão de vapor (*VPD*) não apresentou uma variação significativa, para as cultivares (Figura 7C), todavia, quando compara os tratamentos T0 e T1, apresentou variação significativa na cultivar ‘Genovese’, não sendo observada nas outras cultivares, variação significativa (Figura 8). Silva Júnior & Leal (2003), verificaram a queda da fotossíntese no coqueiro anão verde quando do aumento do déficit de pressão de vapor de água entre folha e ar.

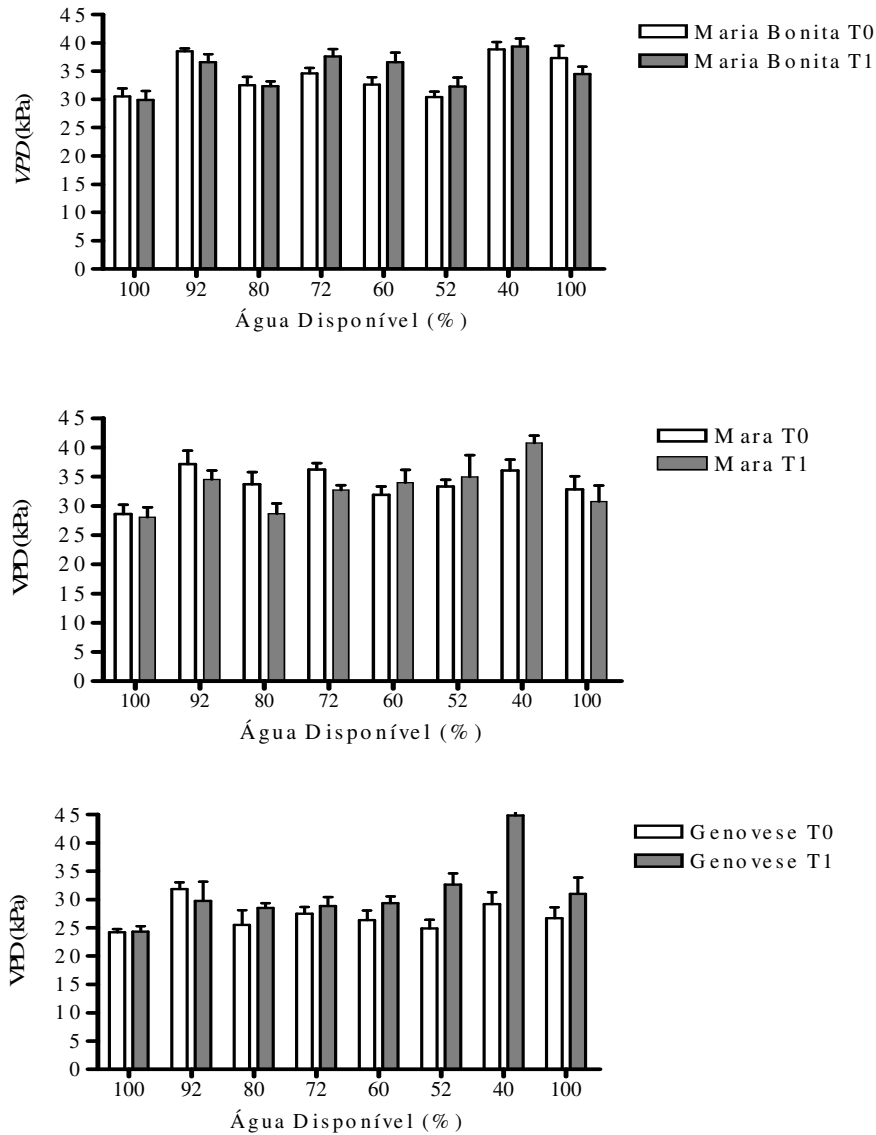


Figura 8. Respostas do *VPD* – déficit de pressão de vapor nas três cultivares de manjerição (*O. basilicum*) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.

Na Figura 9, encontra-se a resposta da *EUA* em função da água disponível no substrato, pode-se observar que para cultivar ‘Genovese’ a *EUA* foi negativa quando o substrato apresentava 40% de disponibilidade de água. Nessa faixa de variação a redução da *A* foi de -104% para cultivar ‘Genovese’, 95% para cultivar ‘Mara’ e de 86% para a cultivar ‘Mara’, a redução na taxa de transpiração, para as três cultivares, foi respectivamente, de 93, 76 e 74% . A  $g_s$  reduziu nas três cultivares de manjeriço, ‘Genovese’, ‘Mara’ e ‘Maria Bonita’ em 93%, 76% e 74% respectivamente.

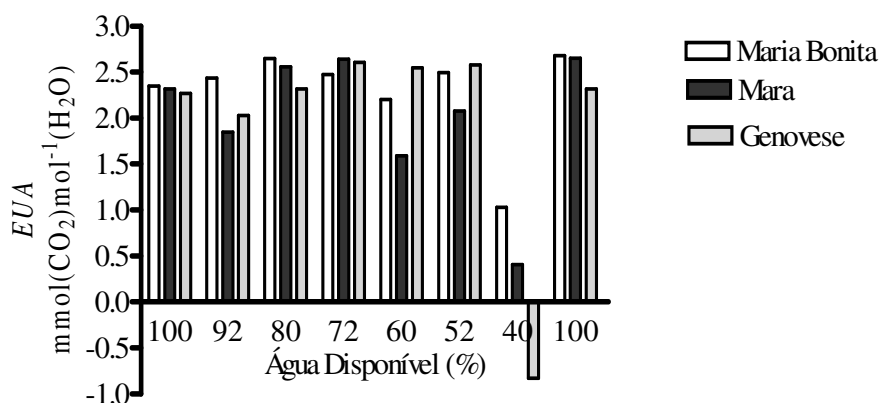


FIGURA 9. Resposta da *EUA* – eficiência do uso da água nas três cultivares de manjeriço (*O. basilicum*) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.

A taxa de transpiração (Figura 10), para as plantas submetidas ao estresse hídrico, variou de 2,422 a 0,868 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>, para a cultivar ‘Maria Bonita’, para a cultivar ‘Mara’, 3,550 a 1,153 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> e; para a cultivar ‘Genovese’, de 5,202 a 0,598 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>, sendo os valores mínimos para as plantas não irrigadas.

A cultivar ‘Genovese’ teve uma maior redução da *E*, de 88,5 %; enquanto que as cultivares ‘Maria Bonita’ e ‘Mara’ apresentaram redução de 64% e 67,5%. A redução de *E* apresentada nas plantas com deficiência hídrica pode ser explicada pelos baixos valores registrados na condutância estomática (Figura 5).



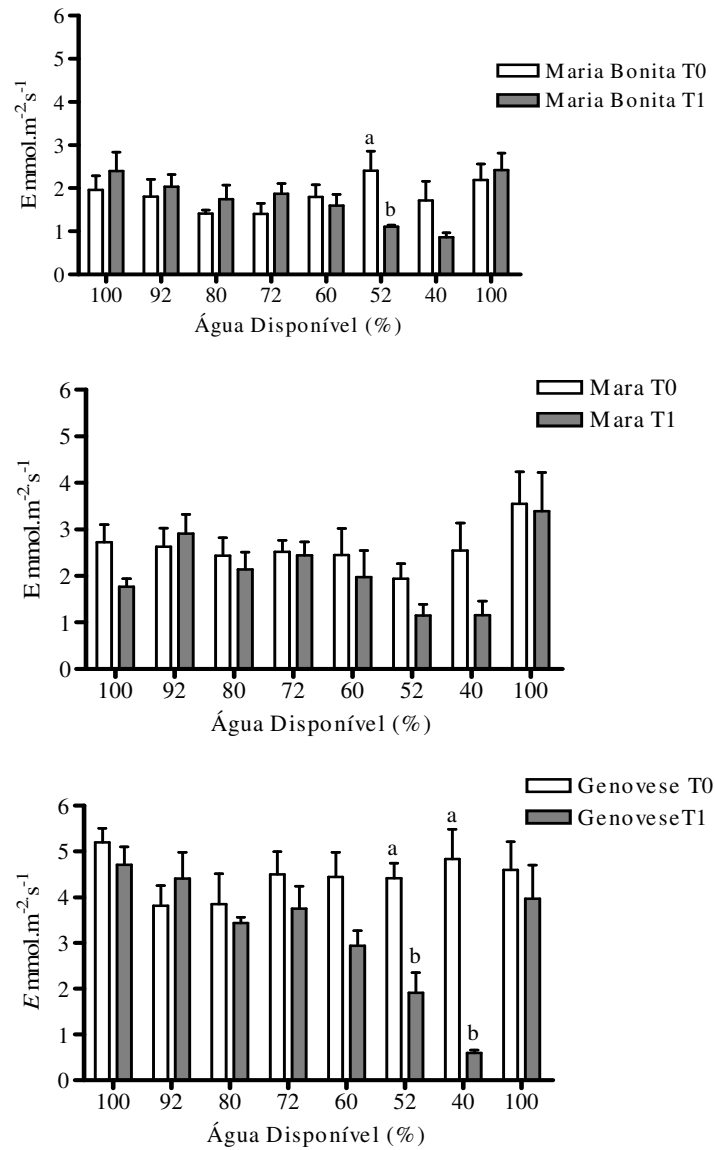


FIGURA 10. Resposta da taxa de transpiração –  $E$  nas cultivares de manjericão (*O. basilicum*) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.

Em manjericão a deficiência hídrica causou redução, nas variáveis taxa de fotossíntese, taxa de transpiração, condutância estomática, e essas reduções foram acompanhadas pela redução do potencial de água nas folhas. A recuperação das

variáveis, fotossíntese ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) transpiração( $E$ ) e, do potencial hídrico foliar( $\Psi$ ) ocorreu 48 horas após a reposição de água no solo.

### **3.4. CONCLUSÕES**

O fechamento parcial dos estômatos, observado pela diminuição da condutância estomática, da queda na taxa de transpiração e da queda da taxa de fotossíntese, indica a existência de mecanismos de adaptação do manjeriço, no sentido de diminuir as perdas de água, quando sob condição de estresse. A cultivar ‘Genovese’, apresenta queda bastante acentuada da  $g_s$  e  $E$ , e, conseqüentemente, apresenta fotossíntese nula, fato que pode levar ao comprometimento da produtividade. Os cultivares ‘Maria Bonita’ e ‘Mara’ apresentam mecanismo de adaptação em condições de deficiência hídrica e não paralisam a capacidade de fotossíntese no mesófilo foliar, podendo ser um indicativo de plantas mais adaptadas às condições de seca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARRO, N. F. & LOPES, A. S. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. IN: *Interpretação dos resultados das análises de solos*. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T.G. e ALVAREZ, V.H.V. (EDS). Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa. MG, p. 25-32, 1999.

ANDRADE, F. M. C. & CASALI, V.W.D. Plantas medicinais e aromáticas relação com o ambiente, colheita e metabólico secundário. Viçosa. *Universidade Federal de Viçosa*, Departamento de Fitotecnia, 1999.

BERRY, L. M. & DOWNTON, W.J. S. *Environmental regulation of photosynthesis*. IN: GOVINDJEE, E. *Photosynthesis: development, carbon metabolism, and plant production*. New York, Academic Press, v.2, p.306-308, 1982.

BLANK, A. F. ; CARVALHO FILHO, J. L. S. ; SANTOS NETO, A. L. ; ALVES, P. B.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R. & MENDONÇA, M. C. *Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de manjeriço e alfavaca*. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 22, n. 1, p. 113-116, 2004.

CORRÊA JUNIOR, C.; MING, L. C. & SCHEFFER, M. C. *Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas*. 2. ed., FUNEP , Jaboticabal, 1994.

DAVIES , W. J.; MANSFIELD, T. A & HETHERINGTON, A. M. Sensing of soil water status and regulation of plant growth and development. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v.13, p.709-719, 1990.

DAVIES , W. J.; METCALFE, J.; LODGE, T. A. & COSTA, A. R. Plant growth substance and regulation of growth under drought. *Australain Journal of Plant Physiology*, Mlebourne, v.13, p.105-125, 1986.

DOURADO NETO, D.; JONG van LIER, Q.; BOTREL, T. A. & LIBARDI, P. L. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo de van Genuchten. *Engenharia Rural.*, v.1, p.92-102,1990

FARQUHAR, G. D. & SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology*, Boca Raton,, v.33, p.317-345, 1982.

GOLLAN, T.; PASSIOURA, J. B. & MUNNS, R. Soil water status affects the stomatal conductance of fully wheat and sunflower leaves. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v.13, p.459-467,1986a.

GOLLAN, T.; TURNER, N . C. & SCHULZE E. D. The response of stomata and leaf gas exchange to vapor pressure and soil water content. III. In thrsclerophyllous woody species *Nerium oleander*. *Oecologia*, Berlin, v.65, p.356-362,1986b.

HAINES, W. B. *Studies in the physical properties, and the modes of moisture distribution associated therewith*. Journal of Agricultural Science. Cambridge, v. X, p. 96 – 105, 1930.

JONES, M .M. & RAWSON, H. M. Influence of rate of development of leaf water deficits upon photosynthesis, leaf conductance, water use efficiency, and osmotic potential in sorghum. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.45, p.103-111, 1979.

KAUFMANN, M. *Evaluation of the pressure chamber method for measurement of water stress in citrus*. Proceeding of the American Society for Horticultural Science, v.3, p.186-198, 1968.

LIANG, J.; ZHANG, J. & WONG, M. H. *Can stomatal closure caused by xylem ABA explain the inhibition o leaf photosynthesis under soil drying?* Photosynthesis Research, The Hague, v 51, p.149-159, 1997.

MAHMOUD, S. E. D. M. *Response of growth and essential oil content of sweet basil (Ocimum basilicum L.) to some natural hormones*. Acta Horticulturae, n.425, p.629-634, 1996.

MAROTTI, M.; PICCAGLIA, R. & GIOVANELLI, E. *Differences in essential oil composition of Basil (Ocimum basilicum L.) italian cultivars related to morfological characteristics*. Journal of Agricultural Food Chemistry v.44, n.12, p.3926-3929, 1996.

MEHTA, C. R. & MEHTA, T. P. *Chemical examination of ocimum canum Sims*. Curr. Sci. v. 12 p. 300-301, 1943.

PAIVA, A. S.; FERNANDE. E. J.; RODRIGUES, T. J.D. & TURCO, J. E. P. *Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação*. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 25,n.1, p.161-169, 2005.

REPELLIN, A.; LAFFRARY, C.D; BRACONNIER, S. & ZUILY-FODIL, Y. *Water relations and gas exchange in young coconut palm (Cocos nucifera. L.) as influenced by water deficit*. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v.75, p.18-27, 1997.

RICHARDS, L. A. & FIREMAN, M. *Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils*. Soil Science, New Brunswick, v. 56, p. 395 – 404, 1943.

SARKER, B. C.; HARA, M. & UEMURA, M. *Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress*. *Science Horticulturae*, v. 103, p. 387-402, 2005.

SASSAKI, R. M. & MACHADO, E. D. *Trocas gasosas e condutância estomática em duas espécies de trigo em diferentes teores de água no solo*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.9,p.1571-1579, 1999.

SASSAKI, R. M.; MACHADO, E. D. LAGÔA, A. M. M. A. & FELIPPE, G. M. *Effect of water deficiency on photosynthesis of Dalbergia micolobium Benth., a cerrado tree species*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Brasília, v.9, p.83-87, 1997.

SILVA JUNIOR, C. D. & LEAL, E. C. Respostas Ecofisiológicas e bioquímicas do coqueiro anão verde irrigado no Platô de Neópolis. Seminário de Pesquisa FAP-SE, 2003.

SILVA, S. R. S., DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. de A.; DIAS CASALI, V.W.; NASCIMENTO, E. A. & PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. *Acta Scientiarum*, v.24, n.5, p.1363-1368, 2002.

SINGH-SANGWAN, N.; FAROOQI, A.H.A. e SINGH-SANGWAN, R. Effect of drought stress on grown and essential oil metabolism in lemongrasses. *New Phytol*, Cambridge, v.128, p.173-179,1994.

SCHULZE, E.D. & HALL, A. E. Stomatal responses, water loss and CO<sub>2</sub> assimilation rates of plants in contrasting environments. In: LANGE, O. L.; NOBEL, P. S.; OSMOND, C.B.; ZIEGLER, H. (ed.) *Physiological Plant Ecology: II. Water relations and carbon assimilation*. Berlin, p.181-229, 1982.

SYVERTSEN, J. P. Minimum leaf water potential and stomatal closure in citrus leaves of different ages. *Annals of Botany*, London, v.49, p.827-834, 1982.

TURNER, N.C.; SCHULZE, E. D. & GOLLAN, T. *The response of stomata and leaf gas exchange to vapor pressure and soil water content*. II. In the mesophytic herbaceous species *Helianthus Annuus*. Oecologia, Berlin, 65, p.348-355, 1985.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.44, n.5, p.892-899, 1980.

## **4. CAPÍTULO 2: ANÁLISES BIOQUÍMICAS EM CULTIVARES DE MANJERICÃO (*Ocimum basilicum* L.), SUBMETIDAS A CONDIÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO.**

### **RESUMO**

O desenvolvimento sustentável dos agroecossistemas nordestinos requer, dentre outros fatores, o uso de espécies adaptadas às condições edafoclimáticas da região. O manjericão (*Ocimum basilicum* L.) pode ser considerado cultura anual ou perene, conforme o local de cultivo. Existem diversas finalidades para seu uso, na culinária, como planta ornamental, medicinal e aromática, sendo seu óleo essencial valorizado no mercado internacional e pelo teor de linalol. O presente trabalho objetiva determinar o comportamento bioquímico de três cultivares de manjericão *Ocimum basilicum* L., quando cultivadas sob estresse hídrico. Foram analisados proteínas e carboidratos solúveis, índice de clorofila total e teor de óleo essencial e do linalol no óleo essencial do manjericão, bem como foi avaliado o potencial hídrico foliar. Foram avaliadas plantas com 4 meses de idade, cultivadas em 24 vasos de 17 L, em estufa agrícola, sendo 2 tratamentos: T<sub>0</sub> (testemunha) e T<sub>1</sub> (grupo experimental), com 4 repetições. Com base nos resultados obtidos, constatou-se que o manjericão apresenta mecanismos de adaptação, que sob condições de estresse hídrico diminuem as perdas de água. As cultivares apresentam acúmulo de carboidratos solúveis, reflexo do potencial hídrico, caracterizando um ajustamento osmótico. Em relação ao teor de linalol, as três cultivares mantiveram as suas produtividades mesmo sob condições de estresse. Observa-se também a presença de geraniol no óleo essencial da cultivar Maria Bonita' Palavras-chave: *Ocimum basilicum* L., carboidratos e proteínas solúveis, linalol

### **ABSTRACT**

**Biochemical and chemical analysis in three cultivars basil (*Ocimum basilicum* L.), submitted to water stress.**

The sustainable development of northern agroecosystems requires, among other factors, the use of adapted to region edafoclimic conditions. The sweet basil (*Ocimum basilicum* L.), can be an annual or a perennial plant depending on the place where it is grown. This plant has several culinary, ornamental, medicinal and aromatic uses. The value of its essential oil in the international market depends on the percentage of linalool. The present work was carried out to determine the biochemistry behavior of three cultivars of basil, *Ocimum basilicum* L., cultivated under water stress. The biochemistry variables were soluble protein and carbohydrate, totals chloroplasts, tenor of essential oil and percentage of linalool. The variables were analysed in plants with four months aged, cultivated in 24 vases of 17L in greenhouse, having 2 treatments: T<sub>0</sub> (control) and T<sub>1</sub> (experimental group), with four replications. In base of results it was identified that basil presents mechanisms of adaptation under water stress minimizing the water lose. In relation of linalol content the three cultivars kept their even under hidric stress. It was observed the geraniol presence in 'Maria Bonita' cultivar.

**Key words:** *Ocimum basilicum* L., soluble protein and carbohydrate e linalool.

## 4.1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas deste século está no fornecimento de água, em muitas partes do mundo já existe escassez desse recurso. A seca pode reduzir os rendimentos das culturas, já que é um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento e produtividade das plantas, influenciando o seu crescimento, restringindo as regiões e os solos, onde as espécies comercialmente importantes podem ser cultivadas (Nepomuceno, 2001).

Muito se discute sobre o efeito da seca em plantas, pois há variação no grau de tolerância à falta de água entre espécies, entre variedades, entre cultivares e nos mecanismos de tolerância à seca além de ser considerada uma característica multigênica, de inúmeros caracteres, e, portanto, de difícil determinação (Blum, 1997).

O estudo dos mecanismos de tolerância à seca, é essencial para o desenvolvimento de culturas resistentes ao déficit hídrico nos agroecossistemas, pois o mesmo afeta muitos processos ecofisiológicos, morfológicos, bioquímicos e químicos das plantas.

Dentre as respostas bioquímicas, destaca-se acúmulo de aminoácidos, sendo a prolina um dos mais citados pela literatura. Na situação de estresse hídrico, a síntese e a degradação de proteína são inibida e acelerada, aumentando o nível de aminoácidos e aminas (Larcher, 2001). Ressaltam-se também, o acúmulo de carboidratos, e o decréscimo de clorofila, além da variação do teor de óleos essenciais.

De acordo com Andrade & Casali (1999) sendo a água essencial à vida e ao metabolismo das plantas, seria esperado que em ambientes mais úmidos a produção de metabólitos secundários fosse maior, no entanto, para algumas plantas medicinais a maior disponibilidade de água pode diminuir a produção de óleo essencial.

Segundo Delita *et al.* (1996) *apud* Silva *et al.* (2002), em espécies de *Thymus capilaris* Hoffmigg. *et* Link, o estresse hídrico promoveu o aumento da produção de óleos essenciais, com diminuição da fração fenólica e a irrigação aumentou a quantidade dos ácidos clorogênico, gálico e cafeico. Entretanto, para Corrêa Júnior *et al.* (1994), plantas irrigadas podem compensar o baixo teor de princípios ativos com maior produção de biomassa, o que resulta em maior rendimento final de metabólitos secundários por área.



A deficiência hídrica pode influenciar a composição química do óleo essencial. A composição química de monoterpenos em algumas espécies de *Cymbopogon spp.* pode variar de acordo com a intensidade e a duração do estresse hídrico; com 45 dias de estresse moderado, há um aumento significativo de geraniol e a diminuição de citral, em *C. nardus* L. (Rendle); já em *C. pendulus* Stapf ocorre aumento de citral. Com 90 dias de estresse moderado, há redução do geraniol em *C. nardus* e aumento do citral em *C. pendulus* (Singh-Sangwan *et al.*, 1994).

Nesse sentido, o conhecimento do comportamento de espécies tolerantes à seca é necessário para uma melhor compreensão dos fatores que provocam modificações para a manutenção do seu crescimento e reprodução em agroecossistemas com limitações hídricas, como os nordestinos.

O manjeriço (*O. basilicum*) encontrado em grande parte do Brasil, é uma planta anual ou perene. Possui propriedades medicinais, sendo usada como carminativa, diurética, estimulante (Marotti *et al.*, 1996), nos tratamentos de dor de cabeça, tosse, diarreia, vermes e problemas renais (Mehta & Mehta, 1943), fornecendo ainda óleo essencial e componentes para a indústria alimentícia, de perfumaria, de cosméticos e farmacêutica (Mahmoud, 1996).

Para a região Nordeste, o estudo do comportamento do *Ocimum basilicum* L., diante de situações de déficit hídrico, mostra-se como uma alternativa promissora para região, pois além de ser planta amplamente usada na medicina popular, o seu óleo essencial pode apresenta-se como uma fonte de renda, uma vez que no mercado internacional, o preço do óleo essencial de manjeriço doce atinge valor próximo a US\$110,00/Litro (Blank *et al.*, 2004).

O presente trabalho objetivou comparar o comportamento bioquímico e químico de três cultivares de manjeriço (*O. basilicum*) submetidas ao estresse hídrico.

## **4.2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em estufa agrícola do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe (UFS), no município de Cristóvão-SE, no período de maio a novembro de 2005, utilizando-se três cultivares de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) ‘Genovese’ – cultivar comercial, ‘Maria Bonita’ e ‘Mara’, cultivares desenvolvidas pela Universidade Federal de Sergipe. As plantas de manjeriço foram

obtidas a partir de sementes cedidas pelo Departamento de Engenharia Agrônômica da UFS. A semeadura foi realizada em bandejas de isopor de 60 alvéolos, preenchidos com substrato pó de coco mais terra vegetal na proporção 1:1, no dia 20 de maio de 2005 e, após 25 dias, foram transplantadas para vasos plásticos, com capacidade de 17 dm<sup>3</sup>, preenchidos com substrato constituído por terra vegetal mais esterco ovino curtido, na proporção 2:1. Amostra do substrato foi analisada pelo Instituto de Tecnologia de Sergipe – ITPS, pelo método de ensaio constante no Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes – EMBRAPA - 1999 (Tabela 1).

TABELA 1 - Resultados da análise química do substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Resultado</b>	<b>LDM<sup>2</sup></b>
pH em água		5,7	
Matéria Orgânica	g dm <sup>-3</sup>	38,6	
Cálcio + Magnésio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	5,82	0,30
Cálcio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	4,95	
Magnésio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	0,087	
Alumínio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	< 0,05	0,05
Sódio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	0,46	
Potássio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	0,24	
Hidrogênio + Alumínio	cmolc. dm <sup>-3</sup>	3,8	
Potássio	ppm	94,5	0,7
Sódio	ppm	105,5	
Fósforo	ppm	7,4	0,7
pH em CaCl <sub>2</sub>		5,2	
pH em SMP		6,1	
SB – Soma das Bases Trocáveis	cmolc. dm <sup>-3</sup>	6,52	
CTC – Capacidade de Troca Catiônica	cmolc. dm <sup>-3</sup>	10,32	
PST – Porcentagem de Sódio Trocável	%	4,46	
V – Índice de Saturação de Base	%	63,18	

<sup>1</sup> Análise realizada em amostra de terra fina seca em estufa (t.f.s.e.) a 40 °C.

<sup>2</sup> Limite de Detecção do Método.

Cada vaso foi adubado com 4,0 g de sulfato de amônia, 9,8 g de superfosfato simples, 3,0 g de cloreto de potássio, sendo que na primeira adubação, realizada em

14/06/2005, utilizou-se a mistura dos adubos nitrogenado, fosfatado e potássico, as adubações pós-plantio foram realizadas após 14, 28, 42 e 56 dias, utilizando adubo nitrogenado e potássico, segundo recomendação de Alvarez *et al.*, (1999).

A capacidade de campo (18% umidade) foi determinada previamente, por meio da curva de retenção de umidade pelos métodos do Extrator de Richard (Richards & Fireman, 1943), e funis de placa porosa (Haines, 1930) a partir do substrato seco, peneirado e homogêneo no laboratório de Física do Solo, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA – Tabuleiros Costeiros Aracaju/SE, segundo técnica de rotina (Figura 3.1).

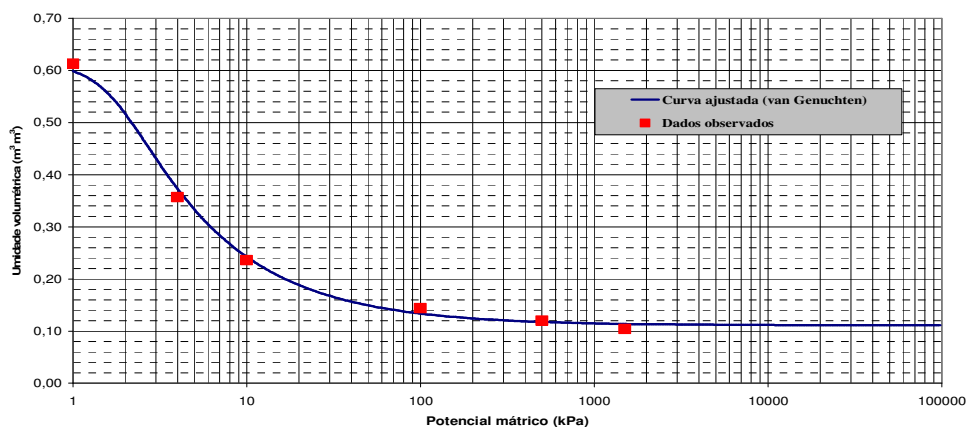


FIGURA 1. Curva de retenção de água. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.

Cada vaso foi pesado e preenchido com 16 Kg de substrato. Antes de iniciarem-se os tratamentos, foi utilizada irrigação automática, onde os aspersores eram ligados automaticamente, quatro vezes ao dia, 7:00 h e 17:00 h, durante 20 minutos e; 10:00 h e 14:00 h, e 5 minutos, como nebulização. A irrigação automática foi suspensa em 30 de setembro. A partir desta data os vasos foram pesados e fez-se coleta do solo para determinação da umidade.

Foram retiradas e pesadas 12 plantas, sendo quatro plantas de cada cultivar. Obteve-se então, uma média de peso por cultivar, subtraindo-se o peso dos vasos, do substrato e das cultivares, determinou-se o teor de água. Com a determinação da umidade no substrato, calculou-se o peso (em quilograma) de água e, uniformizando a quantidade de água em todos os vasos. Os vasos eram pesados diariamente, mantendo-se o potencial máximo de água, para o grupo controle ( $T_0$ ) em 27,7 kPa, equivalendo a 0,181kg de água/kg de solo e diminuindo para o grupo experimental ( $T_1$ )

gradativamente o teor de água através do controle de peso, (Anexo 2- Tabela 1). Irrigando-se manualmente as plantas, pela manhã e pela tarde.

Os tratamentos foram iniciados quando as plantas apresentavam 120 dias de idade, contados a partir da data de transplante das plântulas. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições, onde testou-se três cultivares de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), 'Maria Bonita', 'Mara' e 'Genovese' e dois tratamentos, plantas testemunhas as que recebiam água até a sua capacidade máxima – T<sub>0</sub> e plantas submetidas ao estresse hídrico -T<sub>1</sub>.

Durante todo o experimento, as plantas testemunhas (T<sub>0</sub>) foram irrigadas mantendo-as em 100% da capacidade de água no substrato, com umidade volumétrica ( $\Theta$ ) de 0,181 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> e potencial mátrico 27,7 kPa. Nas plantas submetidas ao estresse hídrico-T<sub>1</sub> reduziu-se gradativamente a quantidade de água, com base no ajuste da curva de retenção de água no solo (Anexo 2–Tabela 2), aplicando a equação de Van Genuchten (1980), utilizando o software SWRC, desenvolvido por Dourado *et al.* (1990),(Figura 1).

Para avaliar o comportamento das plantas foram analisados as dosagens dos teores de proteínas solúveis, de carboidrato, de óleo essencial, o índice total de clorofila e o potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ). O teor de proteína foi analisado de acordo com o método descrito por Bradford (1976), o de carboidrato descrito por Ashwell (1957), e o índice total de clorofila, leituras no clorofilômetro OPTI- SCIENCES, modelo CCM - 200. O potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ) foi medido usando-se uma câmara de pressão Soil Moisture Equipment Corp. Modelo 3005, seguindo técnica descrita por Kaufmann (1968). A extração do óleo essencial foi feita por hidrodestilação em aparelho de Clevenger, durante uma hora e analisado pelo laboratório de química da UFS, utilizando cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa, equipamento Shimadzu, modelo QP5050A, nas condições apresentadas no Anexo 2 – Tabela 3. Utilizou-se para a identificação dos constituintes duas bibliotecas do equipamento NIST107 e NIST21 que permite a comparação com aqueles constantes da biblioteca de espectros de massa com índice de similaridade de 75%.

Os teores de proteínas solúveis e carboidratos solúveis, índice de clorofila total, potencial hídrico foliar foram medidos em dias alternados, entre 1 a 15 de outubro de 2005, no horário entre 8:30 e 10:30 horas em folhas totalmente expandidas e próximas à região apical.

Para análise do teor de óleo essencial, pesou-se os caules secos a 60°C durante 48 horas e as folhas secas à 40°C durante 5 dias, de T<sub>0</sub> e T<sub>1</sub> das três cultivares de manjerição, foram colocados em balão do tipo Clevenger, com 1,5 l de água destilada, durante 2 horas, processo de hidrodestilação. O óleo obtido foi levado para o laboratório de química da UFS, para proceder à análise da composição química do óleo essencial.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas usando o programa GraphPad Prism.

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados observados no potencial hídrico foliar, durante o período em que as cultivares de manjerição foram submetidas ao estresse hídrico, encontram-se na Figura 2. À medida que o teor de água no substrato diminuía, para os níveis de 52 e 40% de água disponível, foram observadas diferenças significativas no potencial hídrico foliar em todas as cultivares avaliadas, elevando para valores médios de -0,5 para -1,2 MPa; de -0,65 para -1,45 MPa e de -0,5 para -1,55 MPa, nas cultivares de manjerição ‘Maria Bonita’, ‘Mara’ e ‘Genovese’, respectivamente. A redução do potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ) mostra-se como um indicador importante em situações de déficit hídrico.

Segundo Sarker *et al.* (2005), tem sido muito utilizado o parâmetro potencial hídrico foliar, mesmo em plantas irrigadas, para descrever o estado hídrico da planta, e os estudos das relações hídricas dos vegetais. Embora não sendo da mesma espécie, Machado *et al.* (1999), obteve em laranja ‘Valência’ a queda nos valores de  $\Psi$ , devido ao dessecamento do substrato de  $\Psi$  de -0,5 MPa para -1,2 a -1,5 MPa.

Os teores de carboidratos solúveis apresentaram aumento significativo (Figura 3 A, B e C) em todas as cultivares, quando o substrato atingiu 40% de disponibilidade de água. Entretanto a cultivar ‘Maria Bonita’ apresentou também aumento significativo nos teores de carboidratos solúveis quando o dessecamento do substrato atingiu 52% de umidade.

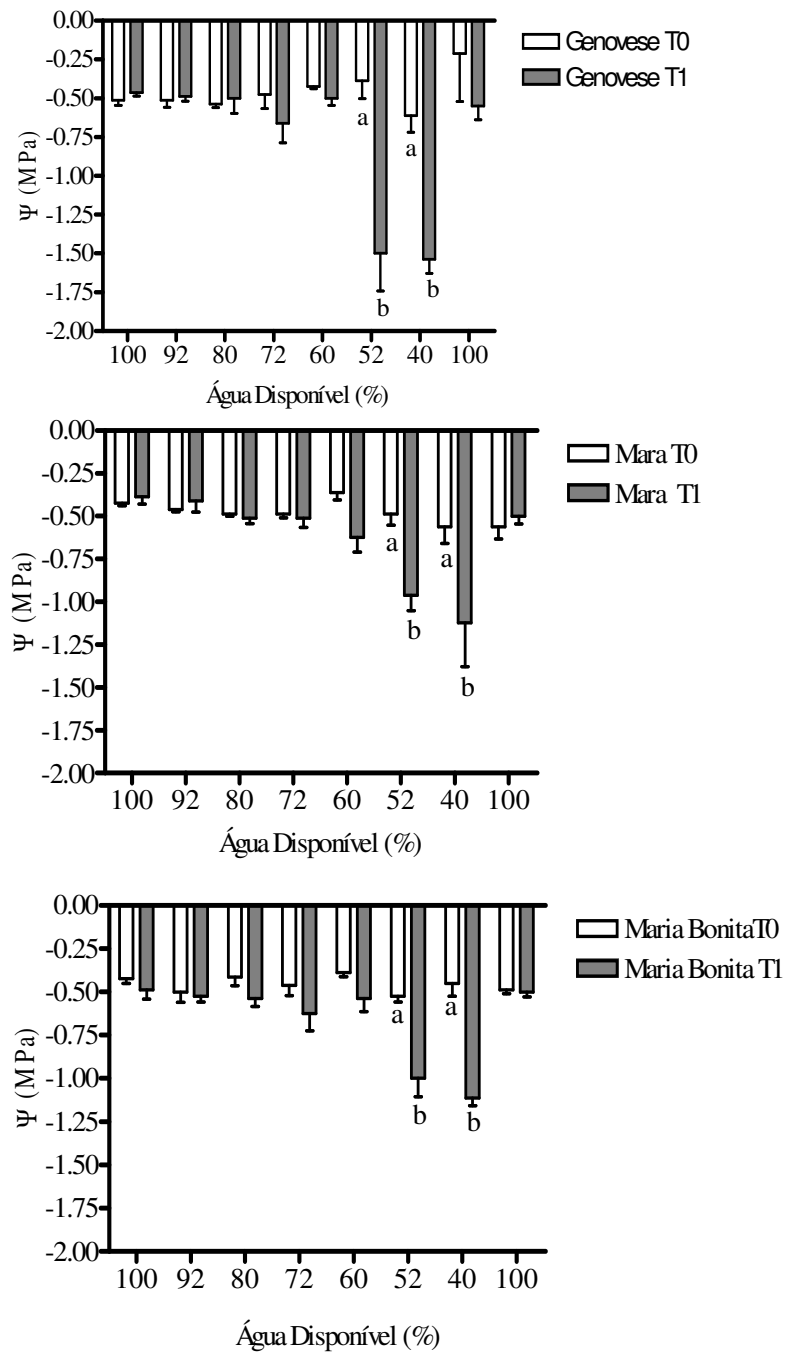


FIGURA 2. Resposta do potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ) em cultivares de manjeriço (*O. basilicum*) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007

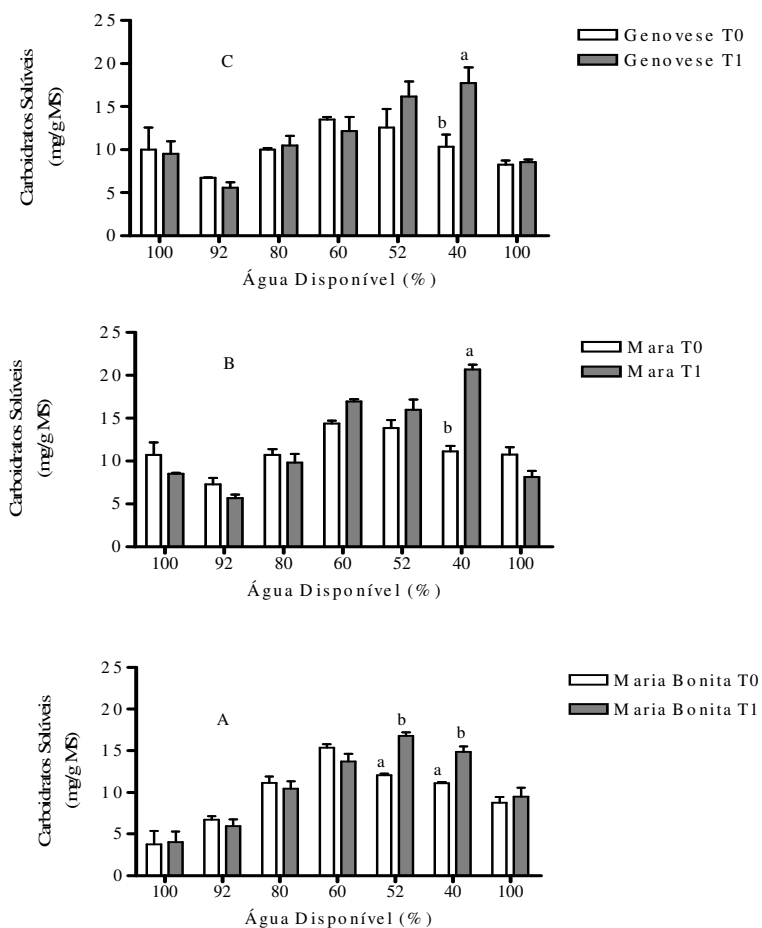


FIGURA 3. Resposta dos teores de carboidratos solúveis em cultivares de manjericão (*O. basilicum*) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE. 2007.

Segundo Kramer (1995), a deficiência hídrica exerce importante influência no teor de carboidratos em diversas espécies. Em virtude do déficit hídrico, o amido é degradado nos tecidos que o acumulam devido à ação da amilase. Essa diminuição na quantidade de amido é acompanhada por um aumento na quantidade de açúcares solúveis redutores, os quais serão utilizados para auxiliar no ajustamento osmótico da planta e na conseqüente diminuição do potencial hídrico.

Nesse trabalho, houve acréscimo nos teores de carboidratos solúveis nas folhas de manjericão em todas as cultivares, contudo pode-se observar que a cultivar ‘Mara’ (Figura 4) apresentou um maior aumento nos teores de carboidratos solúveis quando comparada com as outras cultivares.

A cultivar ‘Mara’ apresenta porte médio e suas folhas são estreitas, bem como a cultivar ‘Maria Bonita’, que também apresenta o porte pequeno e folhas estreitas em relação a cultivar ‘Genovese’, planta de porte alto e folhas mais largas (Anexo 1 – Foto C). Em comparando as cultivares de mesmo porte, pelas respostas obtidas, pode-se dizer que a cultivar ‘Mara’ apresentou maior capacidade de ajustamento osmótico, que segundo Morgan (1984), permite a manutenção da turgescência, crescimento e fotossíntese, sob baixos valores de  $\Psi$ , contudo, aos 52% de disponibilidade de água no substrato a cultivar ‘Maria Bonita’ apresentou sinais de ajustamento osmótico antes mesmo do estresse mais severo.

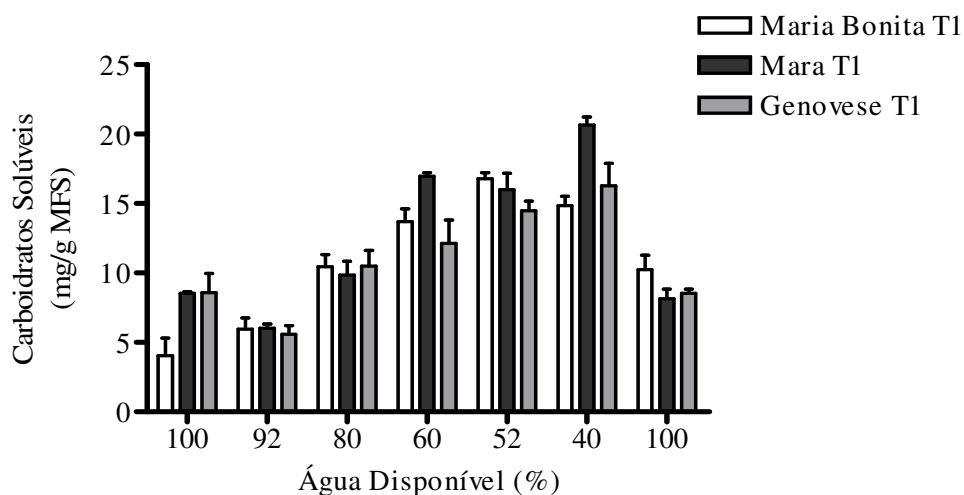


FIGURA 4. Comparação dos teores de carboidratos solúveis nas cultivares de manjeriço (*O. basilicum*) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.

As respostas dos teores de proteínas solúveis (Figura 5 A) apresentou diferença significativa, na cultivar ‘Mara’ em relação as outras cultivares estudadas, quando da dessecação do substrato. De acordo com Kramer (1980), considera um dos mecanismos de tolerância da planta sob baixo conteúdo de água, a tolerância protoplasmática com a manutenção da integridade da membrana e de outras macromoléculas devido à síntese de composto protetores, como as xantofilas, polióis, ascorbato, tocoferol, pequenas HSP, poliaminas, deidrinas, ácidos jasmônico, brassinosteróides e ácido salicílico. Portanto, pode-se considerar que o aumento das proteínas na cultivar ‘Mara’, possa ser um mecanismo de tolerância protoplasmática.



Os índices de clorofila total (Figura 5B) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, não podendo, neste trabalho, relacionar o estresse hídrico com esta variável.

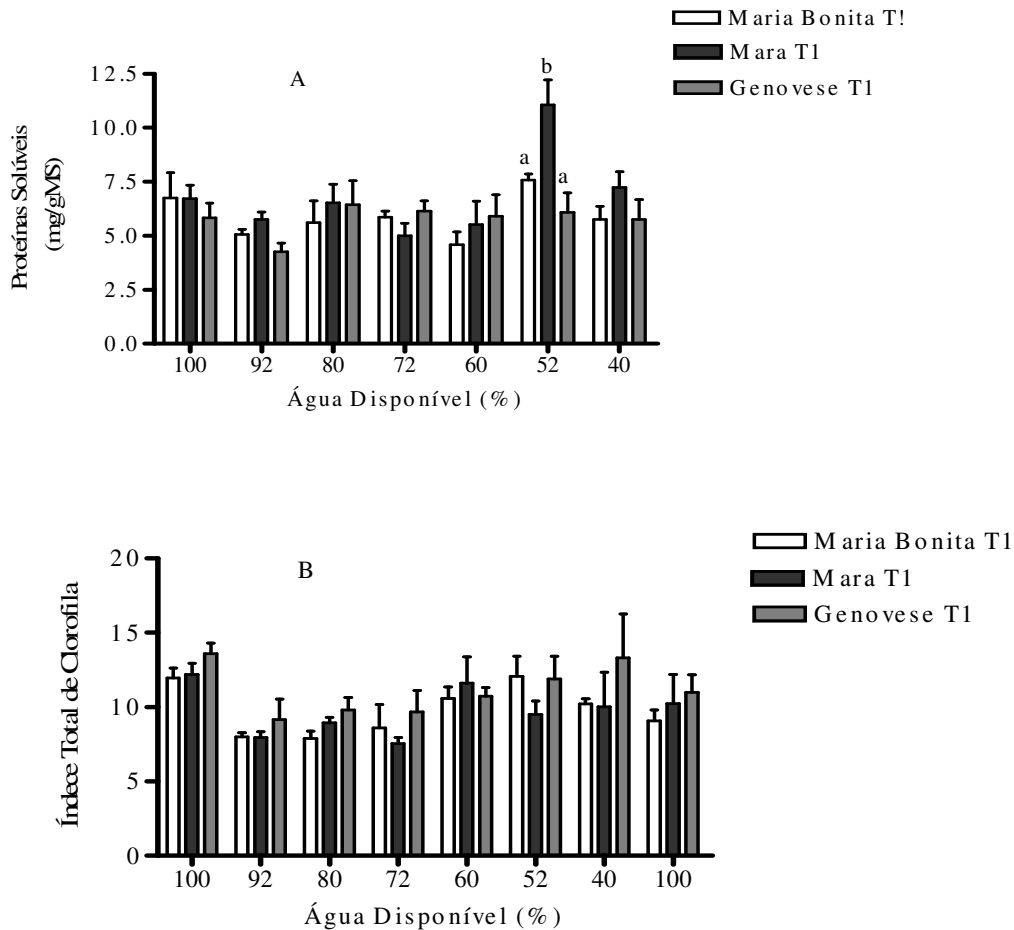


FIGURA 5. Respostas dos teores de proteínas (A) e do índice total de clorofila (B) em três cultivares de manjericão (*O. basilicum*) em função da disponibilidade de água no substrato. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.

As plantas do grupo T<sub>1</sub>, após 48 horas da re-irrigação, conseguiram recuperação nas variáveis analisadas, atingindo valores próximos aos do grupo controle T<sub>0</sub>. Contudo, Pimentel (2004), nos estudos sobre as respostas à deficiência hídrica, sob baixo conteúdo de água nos tecidos principalmente, afirma que, deve-se atentar para a avaliação da capacidade de retomada do crescimento dos genótipos estudados, que pode

ser diferente entre estes e dependente do estágio de desenvolvimento, e é também considerado um mecanismo de adaptação, pois, em estudos realizados com três genótipos de feijão foram obtidas respostas deferentes na retomada de crescimento (Pimentel *et al.*, 1999). Isto ocorre porque em genótipos mais adaptados pode haver um menor efeito do estresse na integridade membranas, enquanto que nos genótipos mais sensíveis pode haver degradação desses sistemas enzimáticos pela proteólise, o que torna a recuperação mais lenta (Yordanov *et al.* 2000; Hoekstra *et al.*, 2001).

As respostas no teor de linalol, de 1-8 cineol e de geraniol encontrados no óleo essencial de manjeriço quando da dessecação do substrato encontram-se na Tabela 3. Observou-se que a cultivar ‘Mara’ apresentou um pequeno aumento no teor de óleo de 7,38%, enquanto que a cultivar ‘Genovese’ caiu em 31,5% e ‘Maria Bonita’ em 3,62%, no teor de óleo essencial, quando submetidas a estresse hídrico, essas variações não foram significativas em nenhum das três cultivares.

TABELA 3 – Rendimento de óleo essencial e seus constituintes (linalol, 1-8 cineol e geraniol) no óleo essencial de materiais das cultivares de manjeriço submetidas ao estresse hídrico. UFS, São Cristóvão-SE, 2007

Cultivar	Óleo Essencial							
	Teor de óleo (mL/100g)		Linalol (%)		1-8 Cineol (%)		Geraniol (%)	
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>
‘Mara’	1,49	1,60	84,83	83,68	7,17	8,01	-	-
‘Genovese’	1,62	1,11	68,66	71,87	12,40	10,07	-	-
‘Maria Bonita’	4,70	4,53	82,03	84,05	4,74	6,21	8,74	5,90

Segundo Carvalho & Casali (1999), o estresse hídrico severo pode levar à diminuição nas defesas da planta, reduzindo o crescimento e a fotossíntese, a adaptabilidade e tolerância ao estresse hídrico, são estratégia intrínsecas diferentes às espécies vegetais. Em *Melaleuca alternifolia* com deficiência hídrica severa, Silva *et al.* (2002), observou que o teor de óleo essencial diminui devida menor produção de biomassa seca, porém, não influenciou na composição química dos principais componentes do óleo essencial. Para Holtzer *et al.*, 1988, dependendo da espécie de

planta, o estresse hídrico pode aumentar, diminuir ou não ter nenhum efeito sobre os níveis de metabolismo dos óleos essenciais.

A Figura 6 refere-se ao teor de linalol, 1-8 cineol e geraniol encontrados nas três cultivares de manjeriço quando submetidos ao estresse hídrico.

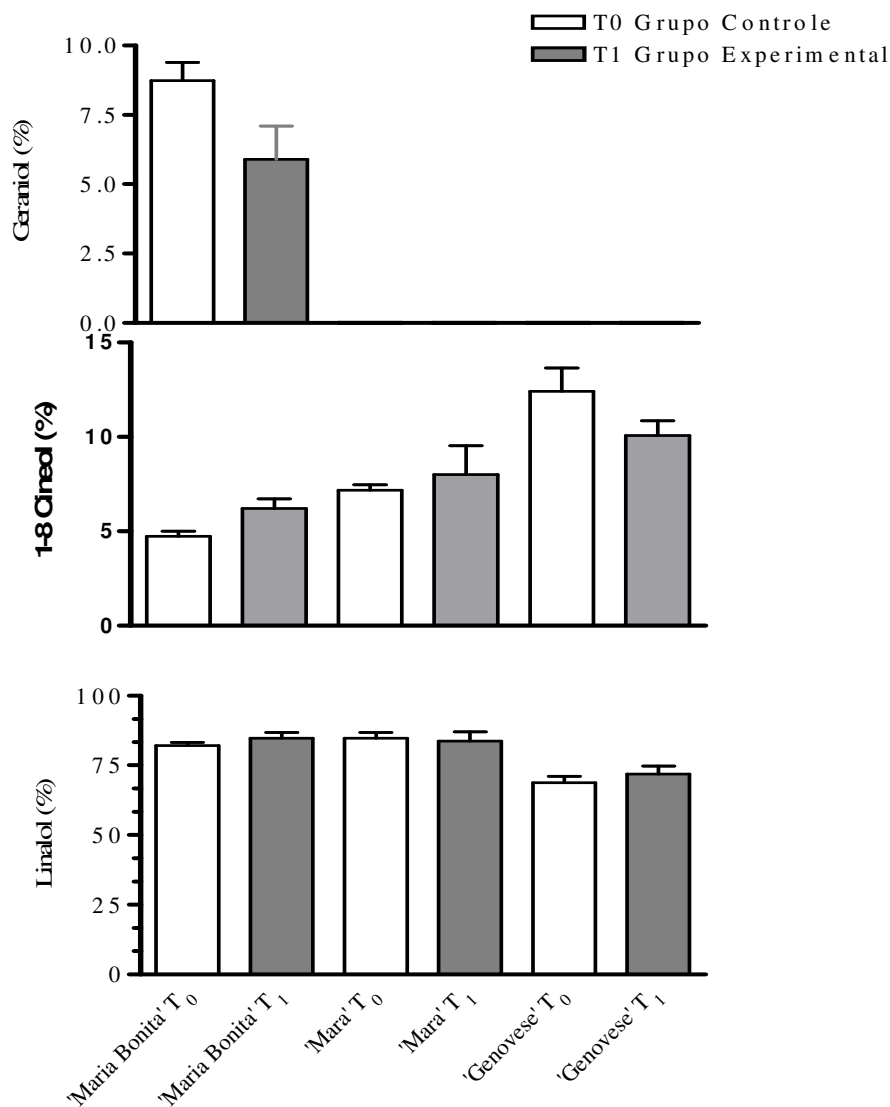


FIGURA 6. Respostas dos teores de linalol, 1-8 cineol e geraniol, em três cultivares de manjeriço (*O. basilicum*) em função da disponibilidade de água no

O geraniol foi encontrado tanto no grupo controle (T<sub>0</sub>) quanto no grupo sob estresse (T<sub>1</sub>) na cultivar 'Maria Bonita', observando-se uma queda do mesmo quando a cultivar estava submetida ao estresse hídrico. O linalol e o 1-8 cineol foram encontrados

nas três cultivares de manjeriço, sendo que teor de linalol não apresentou alteração significativamente para os três cultivares nos dois tratamentos. O 1-8 cineol apresentou uma pequena variação para mais, nas cultivares 'Maria Bonita' e 'Mara' e uma diferença significativa, para menos, na cultivar 'Genovese', quando estavam submetidas ao estresse. De acordo com Singh-Sangwan *et al.*, 1994, a alteração da quantidade do óleo essencial é devido, principalmente, ao efeito do estresse hídrico no crescimento e diferenciação da planta.

Evans (1991) observou em *M. piperita* L. durante a floração, um aumento na produção de óleo essencial nas plantas irrigadas, quando comparadas com as não irrigadas. Entretanto, Andrade & Gomes (2000) estudaram a influência de alguns fatores não genéticos sobre o teor de óleo essencial em folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook e registraram que folhas maduras, de indivíduos com 7 anos de idade, coletadas no outono (período de estiagem) proporcionaram maiores rendimentos em óleo essencial, comparadas àquelas coletadas no verão (período chuvoso).

Observou-se que a cultivar 'Maria Bonita' apresentou menor número de metabólitos secundários em seu óleo, em relação às cultivares 'Mara' e 'Genovese' (Anexo 2 Tabelas 4, 5 e 6). Segundo Singh-Sangwan *et al.* (1994) a diferença encontrada em seu estudo, na eficiência da biossíntese do óleo e na diferença encontrada nos monoterpenos, pode ser considerada como fator específico da planta, ou seja, uma particularidade genética.

#### **4.4 CONCLUSÃO**

Após a análise dos resultados é possível concluir que as cultivares de manjeriço, quando submetidas a estresse hídrico, apresentam redução do potencial hídrico foliar, devido à diminuição da disponibilidade de água no substrato. Os resultados bioquímicos (teores de carboidratos solúveis e de proteínas solúveis) obtidos no presente trabalho permite se concluir que as cultivares apresentam acúmulo de carboidratos solúveis, reflexo na diminuição do potencial hídrico o que caracteriza um ajustamento osmótico, nas cultivares estudadas. Este mecanismo é, provavelmente, uma das estratégias que, atuando em conjunto com outros fatores, permite ao manjeriço sobreviver em condições estressantes.

Em relação aos teores de óleo essencial encontrado nas cultivares de manjeriço quando submetidos ao estresse hídrico, pode-se concluir que as três cultivares não apresentam diferenças significativa na quantidade de linalol; a cultivar 'Maria Bonita' apresenta aumento no óleo 1-8 cineol, enquanto na cultivar 'Genovese' diminui e a presença do geraniol na cultivar 'Maria Bonita' não é devido ao estresse hídrico, tendo em vista que o mesmo é obtido no grupo controle ( $T_0$ ) e grupo experimental ( $T_1$ ).

Considerando o valor comercial do linalol, a importância do geraniol na produção de vitamina A e o 1-8 cineol em suas propriedades fitofármacas, investigações mais profundas devem ser feitas, como avaliações qualitativas e quantitativas dos metabólitos especiais, como os terpenóides, tendo em vista que as cultivares estudadas, 'Mara' e 'Maria Bonita' demonstram ser mais adequadas à região do semi-árido nordestino, porque apresentam respostas mais eficientes, de tolerância ao estresse hídrico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARRO, N. F. & LOPES, A. S. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. IN: *Interpretação dos resultados das análises de solos*. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T.G. e ALVAREZ, V.H.V. (eds). Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa. MG, p. 25-32, 1999.

ANDRADE, F. M. C. & CASALI, V.W.D. Plantas medicinais e aromáticas relação com o ambiente, colheita e metabólico secundário. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 1999.

ANDRADE, A. M. & GOMES, S. S. da. Influência de alguns fatores não genéticos sobre o teor de óleo essencial em folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook. *Floresta e Ambiente*, v.7, n.1, p.181-189, 2000.

ASHWELL, G. Colorimetric analysis of sugar. IN: *Methods in Enzymology*, COLOWICK, S. P. & KAPLAN, N. O. (eds) Academic Press., 1957.

BLANK, A. F. ; CARVALHO FILHO, J. L. S. ; SANTOS NETO, A. L. ; ALVES, P. B.; ARRIGONI-BLANK, M. F. & SILVA-MANN, R.; MENDONÇA, M. C. Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de manjeriço e alfavaca. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 1, p. 113-116, 2004.

BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. IN: Drought tolerance in higher plants. In BELHASSEN E. (ed). Genetically, physiological and molecular biological analyses. *Kluwer Academic Publ.*, Dordrecht, p.57-70, 1997.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal. Biochem.*, v.72, p. 248-253, 1976.

CARVALHO, L. M. & CASALI, V. W. D. Plantas medicinais e aromáticas: relações com luz, estresse e insetos. Viçosa: *Universidade Federal de Viçosa*. Departamento de Fitotecnia, 1999.

CORRÊA JUNIOR, C.; MING, L. C. & SCHEFFER, M. C. *Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas*. 2. ed., FUNEP, Jaboticabal, 1994.

DOURADO NETO, D.; JONG van LIER, Q.; BOTREL, T. A. & LIBARDI, P. L. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo de van Genuchten. *Engenharia Rural.*, v.1, p.92-102,1990.

EVANS, W. C. Farmacognosia, 13 ed. México, D. F. *Nueva Editorial Interamericana*, p. 453, 1999.

HAINES, W.B. Studies in the physical properties of soil. *Journal of Agricultural Science*. Cambridge, v.10, p.96-105, 1930.

HOEKSTRA, F.A.; GOLOVINA, E. A. & BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation. *Trends Plant Scie.*, v.6, p.431-438, 2001.

HOLTZER, T. O.; ARCHER, T. L. & NORMAN, J. M. Host plant suitability in relation to water stress. In. HEINRICHS, E. A. ed. *Plant stress-interactions*. Willy-Interscience, p. 111-137, 1988.

KAUFMANN, M. Evaluation of the pressure chamber method for measurement of water stress in citrus. *Proceeding of the American Society for Horticultural Science*, v.93, p. 186-198, 1968.

KRAMER, P. J. Water relation of plants and soils. *Academic Press*. New York. 1995.

KRAMER, P. J. Drought stress, and the origins of adaptations. In: *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. TURNER, N.C. & KRAMER, P. J. (ed) Wiley Publ., New York, p.7-22, 1980.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. Traduzido por Prado, C. H. B. A. RiMa Artes e Textos, São Carlos, 2001.

MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L. & GOMES, M. M. A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranjeira 'Valência'. *Bragantia.*, Campinas, v. 58, n. 2, 1999.

MAROTTI, M., PICCAGLIA, R. & GIOVANELLI, E. Differences in essential oil composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.) italian cultivars related to morphological characteristics. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v.44, n.12, p.3926-3929, 1996.

MEHTA, C. R. & MEHTA, T. P. Chemical examination of *Ocimum canum* Sims. *Curr. Sci*, v.12 , p.300-301, 1943.

MAHMOUD, S. E. D. M. Response of growth and essential oil content of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) to some natural hormones. *Acta Horticulture*, n. 425, p. 629-634, 1996.

MORGAN, J. M. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, v. 35, p.299-319, 1984.

NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B. & OYA, T. Tolerância a seca em plantas: mecanismos fisiológicos e moleculares. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, Brasília, n.23, p.12-18, 2001.

RICHARDS, L. A.; FIREMAN, M. Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Soil Science*, New Brunswick, v.56, p.395-404. 1943.



SARKER, B. C.; HARA, M. & UEMURA, M. Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. *Science Horticulturae*, v.103, p. 387-402, 2005.

SILVA, S. R. S., DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A. B.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A. & PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. *Acta Scientiarum*, v. 24, p.1363-1368, 2002

SINGH-SANGWAN, N.; ABAD FAROOQI, A. H. & SANGWAN, R. S. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. *New Phytol*, V.128, P.173-179, 1994.

PIMENTEL, C. Respostas adaptativas das plantas à deficiência hídrica. IN. *A Relação da Planta com a Água*. EDUR – Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, cap. 5, p.161-164, 2004.

PIMENTEL, C.; HÉBERT, G. & VIEIRA DA SILVA, J. Effects of drought on O<sub>2</sub> evolution capacity and stomatal conductance of beans at the pollination stage. *Environ. Exp. Bot.*, v. 42, p. 155-162, 1999.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.44, n.5, p.892-899, 1980.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V. & TSONEV, T. Plant response to drought, acclimation, and stress tolerance. *Photosynthetica*, v. 38, p.171-186, 2000.

## ANEXOS

ANEXO1	FOTO A - Cultivares de manjeriçãõ,. Estufa Agrícola. UFS, São Cristóvão-SE, 2007	63
	FOTO B - Cultivares de manjeriçãõ. Estufa Agrícola. UFS, São Cristóvão-SE, 2007	64
	FOTO C – Cultivar ‘Genovese’. Estufa Agrícola. UFS, São Cristóvão-SE, 2007	65
	FOTO D - Cultivar ‘Mara’. Estufa Agrícola. UFS, São Cristóvão-SE, 2007	66
	FOTO E – Cultivar ‘Maria Bonita’ . Estufa Agrícola. UFS, São Cristóvão-SE, 2007	67
ANEXO 2	TABELA 1. Controle diário do teor de água para cultivares de manjeriçãõ (O.basilicum). UFS, São Cristóvão-SE, 2007	68
	TABELA 2. Parâmetros da equaçãõ de van Genuchten. UFS,São Cristóvão-SE, 2007.	69
	TABELA 3. Condições de análise do sistema CG/EM dos óleos de O. basilicum. UFS, São Cristóvão-SE, 2007	69
	TABELA 4. Compostos identificados no óleo essencial de <i>O. basilicum</i> . L, na cultivar ‘Maria Bonita’. UFS, São Cristóvão-SE, 2007	70
	TABELA 5. Compostos identificados no óleo essencial de <i>O. basilicum</i> . L, na cultivar ‘Mara’	71
	TABELA 6. Compostos identificados no óleo essencial de <i>O. basilicum</i> . L, na cultivar ‘Genovese’. UFS, São Cristóvão-SE, 2007	72

## ANEXO 1



FOTO A - ESTUFA – UFS, São Cristóvão-SE, 2007.



FOTO B – ESTUFA – UFS, São Cristóvão-SE, 2007.



FOTO C - 'GENOVESE' – UFS, São Cristóvão-SE, 2007.



FOTO D - 'MARIA BONITA' – UFS, São Cristóvão-SE, 2007.



FOTO E - 'MARA' – UFS, São Cristóvão-SE, 2007.

## ANEXO 2

TABELA 1 - Controle diário do teor de água para cultivares de manjeriço (*O.basilicum*) UFS, São Cristóvão-SE, 2007

Data		2/out	3/out	4/out	5/out	6/out	7/out	8/out	9/out	10/out	11/out	12/out	13/out
Estresse %		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Ret água		0,125	0,25	0,375	0,5	0,625	0,75	0,875	1	1,125	1,25	1,375	1,5
$\theta$ m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		0,171	0,162	0,153	0,144	0,135	0,126	0,118	0,109	0,100	0,091	0,082	0,073
P.M. kPa		27,7	34,1	43,8	59,7	89,7	162,7	502,2					
<b>CULTIVARES</b>	<b>Peso Inicial</b>	2/out	3/out	4/out	5/out	6/out	7/out	8/out	9/out	10/out	11/out	12/out	13/out
Maria BonitaT01	17,45	17,45	17,45	17,45	17,45	17,45	17,45	17,45	17,45	17,45	17,45	17,45	17,45
Maria BonitaT02	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25
Maria BonitaT03	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25
Maria BonitaT04	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75
Maria BonitaT11	16,47	16,35	16,22	16,10	15,97	15,85	15,72	15,60	15,47	15,35	15,22	15,10	14,97
Maria BonitaT12	16,92	16,80	16,67	16,55	16,42	16,30	16,17	16,05	15,92	15,80	15,67	15,55	15,42
Maria BonitaT13	16,52	16,40	16,27	16,15	16,02	15,90	15,77	15,65	15,52	15,40	15,27	15,15	15,02
Maria BonitaT14	16,92	16,80	16,67	16,55	16,42	16,30	16,17	16,05	15,92	15,80	15,67	15,55	15,42
MaraT01	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55
MaraT02	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25
MaraT03	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15
MaraT04	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25
MaraT11	16,52	16,40	16,27	16,15	16,02	15,90	15,77	15,65	15,52	15,40	15,27	15,15	15,02
MaraT12	16,97	16,85	16,72	16,60	16,47	16,35	16,22	16,10	15,97	15,85	15,72	15,60	15,47
MaraT13	17,02	16,90	16,77	16,65	16,52	16,40	16,27	16,15	16,02	15,90	15,77	15,65	15,52
MaraT14	16,42	16,30	16,17	16,05	15,92	15,80	15,67	15,55	15,42	15,30	15,17	15,05	14,92
GenoveseT01	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25
GenoveseT02	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25
GenoveseT03	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25
GenoveseT04	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15	17,15
GenoveseT11	16,52	16,40	16,27	16,15	16,02	15,90	15,77	15,65	15,52	15,40	15,27	15,15	15,02
GenoveseT12	16,82	16,70	16,57	16,45	16,32	16,20	16,07	15,95	15,82	15,70	15,57	15,45	15,32
GenoveseT13	16,82	16,70	16,57	16,45	16,32	16,20	16,07	15,95	15,82	15,70	15,57	15,45	15,32
GenoveseT14	17,02	16,90	16,77	16,65	16,52	16,40	16,27	16,15	16,02	15,90	15,77	15,65	15,52



TABELA 2. Parâmetros da Equação de van Genuchten. UFS, São Cristóvão-SE, 2007.

<b>Parâmetros da equação de van Genuchten</b>	<b>Tensões aplicadas</b>	<b>Dados observados</b>
alfa	0,5769	1
m	0,2186	4
n	3,4992	10
TETAr	0,111	100
TETAs	0,613	500
		1500

TABELA 3 - Condições de análise do sistema CG/EM dos óleos de *O. basilicum* .UFS, São Cristóvão-SE, 2007

<b>Parâmetro</b>	<b>Condições</b>
Temperatura do injetor	250 °C
Temperatura da interface	280 °C
Temperatura inicial	80 °C
Rampa e aquecimento	3 °C
Temperatura final 1	180 °C
Temperatura final 2	300 °C
Fluxo do gás de arraste (He)	1mL/min
Coluna	HP-1; 30 m x 0,25 mm x 0,25 mm
Modo de análise	Scan (varredura de espectros)
Modo de ionização	Impacto de elétrons a 70 eV
Modo de injeção	Split (1:100)

TABELA 4 - Compostos identificados no óleo essencial de *O. basilicum*, na cultivar 'Maria Bonita' UFS, São Cristóvão-SE, 2007

<b>T.R.(min)</b>	<b>Composto</b>	<b>%</b>	<b>IRR exp.*</b>	<b>IRR lit**</b>
10.500	1-8 Cineol	6,21	1030	1033
13.000	Linalol	84,05	1099	1098
16.550	$\alpha$ – Terpineol	0,09	1194	1189
18.550	Geraniol	5,90	12,49	1255
23.050	Acetato de geranila	1,12	1376	1383
24.925	Cis-tujopseno	0,30	1431	1429
31.517	Epi – $\alpha$ –Cadinol	0,55	1641	1640

\*IRR exp. = Índice de retenção relativo aplicando a equação de Van den Dool, H. e Kratz, P. D.; *J. Chrom.*, v.11, p.463, 1963.

\*\*ADAMS, R. P. *Identification of essential oil components by gás chromatography/mass spectroscopy*. Illinois USA: Allured Publishing Corporation, Carol Stream, p. 469, 1995.

TABELA 5 -. Compostos identificados no óleo essencial de *O. basilicum*, na cultivar 'Mara'. UFS, São Cristóvão-SE, 2007

<b>T.R.(min)</b>	<b>Composto</b>	<b>%</b>	<b>IRR exp.*</b>	<b>IRR lit**</b>
8.600	β- pineno	0,09	975	980
9.000	Mirceno	0,17	988	991
10.500	1-8 Cineol	8,01	1030	1033
13.000	Linalol	83,68	1099	1098
16.550	α – Terpineol	0,34	1194	1189
23.467	β- Elemeno	0,17	1387	1391
24.925	Cis-tujopeno	0,30	1431	1429
24.933	α –Trans-bergamopteno	0,71	1431	1436
26.425	γ – Muroleno	0,45	1477	1477
26.517	Germacreno-D	0,57	1479	1480
26.892	Biciclogermacreno	0,16	1491	1494
27.083	α –Bulneseno	0,17	1497	1505
27.267	Germacreno –A	0,06	1502	1503
31.517	Epi – α –Cadinol	0,96	1641	1640

\*IRR exp. = Índice de retenção relativo aplicando a equação de Van den Dool, H. e Kratz, P. D.; *J. Chrom.*, v.11, p.463, 1963.

\*\*ADAMS, R. P. *Identification of essential oil components by gás chromatography/mass spectroscopy*. Illinois USA: Allured Publishing Corporation, Carol Stream, p. 469, 1995.

TABELA 6 - Compostos identificados no óleo essencial de *O. basilicum*, na cultivar 'Genovese'. UFS, São Cristóvão-SE, 2007

T.R.(min)	Composto	%	IRR exp.*	IRR lit**
7.100	$\alpha$ – Thujeno	0,05	929	931
8.637	Sabineno	0,06	968	976
8.600	$\beta$ - pineno	0,72	973	980
8.925	Mirceno	0,16	986	991
10.500	1-8 Cineol	10,07	1028	1033
13.000	Linalol	71,87	1097	1098
14.667	Cânfora	0,13	1144	1143
16.550	$\alpha$ – Terpeneol	0,51	1192	1189
17042	Acetato de octanol	0,12	1105	1110
22.042	Eugenol	1,79	1347	1356
23.458	Jasmona	0,18	1387	1388
24.842	Cis – Tujopseno	4,00	1429	1429
26.425	$\gamma$ – Muroleno	0,24	1477	1477
26.500	Germacreno D	0,61	1479	1480
26.900	Biclicogermacreno	0,06	1491	1494
27.100	$\alpha$ –Bulneseno	0,08	1497	1505
27.175	Trans – $\beta$ - guaieno	0,11	1499	1500
27.450	Germacreno –A	0,53	1508	1503
27.525	$\gamma$ – Cadineno	0,11	1511	1513
30.633	1, 10 – di – epi – cubenol	0,09	1611	1614
31.517	Epi – $\alpha$ –Cadinol	0,55	1641	1640

\*IRR exp. = Índice de retenção relativo aplicando a equação de Van den Dool, H. e Kratz, P. D.; *J. Chrom.*, v.11, p.463, 1963.

\*\*ADAMS, R. P. *Identification of essential oil components by gás chromatography/mass spectroscopy*. Illinois USA: Allured Publishing Corporation, Carol Stream, p. 469,

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)