II Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER - PDVAgro 2017

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DE *Ocimum basilicum* L. EM FUNÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO

Apresentação: Comunicação Oral

Thiago Machado da Silva Acioly¹; Rita de Cássia Monteiro Batista²; Josabete Salgueiro Bezerra de Carvalho³

Resumo

O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) também conhecido por alfavaca é uma planta herbácea, aromática e medicinal de origem asiática que hoje é cultivada em todo o mundo. Além das propriedades medicinais, ela também apresenta uma importância relevante na indústria de cosméticos, perfumaria e condimentos. Devido à crescente demanda por ervas medicinais e aromáticas, e também à necessidade de melhoria do manejo agrônômico das mesmas, este trabalho teve como objetivo avaliar as respostas morfofisiológicas e metabólicas do manjeriço submetido ao déficit hídrico. O experimento foi conduzido na estufa e laboratórios da Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Garanhuns. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos hídricos: tratamento 1 (T1) regas feitas todos os dias; tratamento (T2) regas feitas a cada 2 dias; tratamento (T3) regas feitas a cada 4 dias e tratamento (T4) regas feitas a cada 8 dias e quatro repetições por tratamento. O período de déficit hídrico foi de 21 dias. Os resultados mostraram que o déficit hídrico afetou a massa seca de todos os órgãos analisados, havendo uma redução de 59,48% (folha), 61,09% (caule), 50,92% (raiz) e 91,57% (inflorescência) para o tratamento 4 quando comparado com o controle. O comprimento das raízes não foi afetado pelo déficit hídrico. A produção de óleo essencial foi favorecida pelo tratamento com regas feitas a cada 2 dias. Conclui-se que regas feitas a cada 8 dias, apesar das plantas de manjeriço apresentarem recuperação na turgescência foliar, provocam alterações metabólicas que afetam consideravelmente o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Palavras-Chave: manjeriço; plantas medicinais, trocas gasosas, turno de rega, óleos essenciais

Introdução

O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), também conhecido por alfavaca, alfavaca-cheirosa, basílico ou manjeriço comum, é a espécie mais utilizada da família Lamiaceae no Brasil. Podendo ser empregado no tratamento de dor de cabeça, tosse, diarreia; e como fonte de componentes

¹ Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, thiagoacioly@outlook.com

² Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, cassiamonteiro19@hotmail.com

³ Professora adjunta, Universidade Federal Rural de Pernambuco, josabetecarvalho@gmail.com

aromáticos. Seu óleo essencial é importante na indústria de perfumaria, de cosméticos, medicamentos e alimentos; possuindo significativo valor econômico no mercado interno e externo (SOARES et. al., 2007).

Os estresses ambientais são os fatores mais importantes que limitam a produtividade vegetal, destacando-se a privação de água como um dos mais prejudiciais (FARIA, 2010), o qual limita a produção primária dos ecossistemas e o rendimento das culturas, principalmente pelas restrições impostas à fotossíntese (GRISI et al., 2008). Segundo Larcher (2000), a primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é a diminuição da turgescência e, associada a esse evento, a diminuição do processo de crescimento em extensão.

No Brasil, a produção de plantas medicinais possui ainda vantagem relativa a biodiversidade vegetal que é característica do país. Pesquisadores como Corrêa & Alves (2008), afirmam que investimentos e pesquisa, principalmente com relação à produção, industrialização e distribuição destas plantas, não tem sido tratados com a devida importância, dificultando assim etapas importantes relacionadas a estudos de potencialidades das espécies. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar as respostas morfofisiológicas e metabólicas do manjeriço submetido ao déficit hídrico.

Fundamentação Teórica

Todos os aspectos de crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados pela deficiência hídrica nos tecidos, causada pela excessiva demanda evaporativa ou limitado suprimento de água. Como consequência dessa deficiência, ocorre desidratação do protoplasto, resultando na diminuição do volume celular e aumento na concentração de solutos (MARTINS et al., 2010). Assim, induzindo modificações morfológicas, fisiológicas e metabólicas em todos os órgãos da planta (FARIA, 2010). As quais vão depender do genótipo da planta, e da duração e severidade do estresse (COSCOLIN, 2012). Dentre as principais respostas ao déficit hídrico está à redução do teor de água na planta, a diminuição do potencial hídrico foliar e a perda de turgor, fechamento dos estômatos e diminuição do crescimento celular (JALEEL et al., 2009).

O monitoramento deste estresse é fundamental para determinar o impacto no desenvolvimento e na produtividade das espécies. O comportamento das plantas medicinais é muito influenciado pelo déficit hídrico, em termos de produção e formação de compostos, tais como alcalóides, flavonóides, parthenóides, e óleos essenciais (BORTOLO et al., 2009). Segundo Alvarenga et al. (2011), o nível e a duração do estresse são fundamentais na resposta das plantas aromáticas e medicinais, em termo de qualidade.

O déficit hídrico compromete vários processos que afetam o crescimento, a fotossíntese e outros aspectos do metabolismo primário, e que conseqüentemente também causam efeito no metabolismo secundário (LAVOLA et al., 2000).

Quando a absorção de água pela planta é afetada, temos como reflexo uma redução na expansão foliar. A inibição da expansão foliar reduz o consumo de carbono e energia, e uma proporção maior de assimilados vegetais pode ser distribuída ao sistema radicular, onde eles podem sustentar o crescimento posterior da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013). Como efeito fisiológico, geralmente observa-se o aumento da resistência estomática, reduzindo a transpiração e consequentemente o suprimento de CO₂ para a realização da fotossíntese (NOGUEIRA et al., 2001).

Metodologia

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no município de Garanhuns – PE, localizado sob as coordenadas geográficas: 08⁰53'25'' de latitude S e 36⁰29'34'' de longitude, com altitude média de 896 m. O clima predominante é o Mesotérmico Tropical de Altitude (Cs'a), de acordo com a classificação de Köppen (Melo & Almeida, 2013). A semeadura foi realizada em vasos com capacidade para 5L. O substrato utilizado no experimento foi adquirido na sementeira municipal de Garanhuns, sendo constituído de uma mistura de 2:1 (esterco bovino e terra), o qual foi submetido à análise físico-química do solo no Laboratório de Solos da Unidade Acadêmica de Garanhuns (Tabela 1). Foram utilizadas sementes certificadas de com 99% de pureza e 99% de germinação do lote 28665. Durante o plantio a irrigação foi realizada diariamente, então após 79 dias da semeadura, 6 folhas bem definidas e uma altura média de 48 cm, as plantas foram utilizadas para testar os tratamentos de irrigação nos mesmos vasos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos relacionados a turnos de regas: T1 (controle) - regas diárias; T2 - regas a cada dois dias; T3 - regas a cada quatro dias; e T4 - regas a cada oito dias; com quatro repetições. Foram realizadas regas manuais, com quantidade suficiente para garantir 100% de capacidade de campo no solo.

Tabela 1: Análise de fertilidade do substrato utilizado no experimento de *O.basillicum* Garanhuns-PE. Fonte: Laboratório de ciências do solo- Garanhuns-PE, UFRPE-UAG, 2013

[illegible]

A condutância estomática ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) foi aferida semanalmente, no período da manhã, na face abaxial de uma folha central, usando-se um porômetro foliar (Decagon Devices, modelo SC-1). Para as demais análises, foi realizada uma coleta destrutiva das plantas inteiras, aos 21 dias após a diferenciação dos tratamentos (100 dias após a semeadura), a fim de avaliar o número de folhas; massa seca (g) da parte aérea e raiz, a partir da qual foram calculadas a relação parte aérea/raiz e alocação de massa para folhas, caules e raízes, pela Eq. 1; o teor de óleo essencial (mL.50g^{-1}) foi determinado a partir da extração da massa seca das folhas através da hidro destilação por arraste a vapor por 1h e 30 minutos, em aparelho Clevenger utilizando-se balões de 1 L com 50 g de massa seca em 500 mL de água destilada (Fernandes et al., 2004). O óleo essencial foi posteriormente quantificado a partir de titulação em pipeta de 1 mL. E por fim, foi calculada a taxa de crescimento absoluto (TCA) pela Eq. 2, segundo metodologia de Maia Junior et al. (2013).

(1) Alocação de massa = $\text{MSO} / \text{MST} * 100$, em que MSO = massa seca do órgão (g) e MST = massa seca total (g);

(2) $\text{TCA} = \text{M2} - \text{M1} / \text{T2} - \text{T1}$, em que: M2 = medição final da altura (cm); M1 = medição inicial da altura (cm); T2 – T1 = intervalo de tempo (s).

Todos os dados foram interpretados através do programa ASSISTAT (Silva & Azevedo, 2009), por meio da análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para fins de comparação os resultados das análises foram classificados de acordo com os limites de coeficiente de variação (CV) propostos por Warrick & Nielsen (1980), onde $\text{CV} < 12\%$ (baixa variabilidade), $12 \leq \text{CV} \leq 62\%$ (média variabilidade) e $\text{CV} > 62\%$ (alta variabilidade).

Resultados e Discussão

Foi observado durante o déficit hídrico que plantas submetidas ao T1 e T2 apresentavam suas folhas túrgidas e bem desenvolvido, enquanto que aquelas do T3 e T4 apresentavam suas folhas murchas e contorcidas (Figura 1). Vale ressaltar que essas plantas restabeleceram a turgescência foliar após as regas, demonstrando habilidade na adaptação dessa variável e caracterizando a murcha transitória (Figura 1).

Entretanto, há casos em que o nível do estresse excede o suportado, provocando alterações permanentes, causando danos e até a morte das plantas. Ademais, tal processo é importante, já que, segundo Taiz et al. (2017), a murcha de folhas é uma resposta ao déficit hídrico, de modo a reduzir a perda de água pela folha e a exposição à luz incidente.

Figura 1: Aspectos foliares de *Ocimum basilicum* L. aos 21 dias em diferentes regimes hídricos. Tratamentos: T1- Rega diária (Controle); T2 - Rega a cada 2 dias; T3a – Rega a cada 4 dias, antes da rega; T3b – Rega a cada 4 dias, após a rega; T4a – Rega a cada 8 dias, antes da rega; T4b – Rega a cada 8 dias, após a rega. Fonte: Própria

As plantas com regas diárias (T1) possuíam um maior número de folhas quando comparadas aos demais tratamentos (Figura2), ocorrendo uma redução de 36% para as plantas com intervalo de turno de rega de dois dias (T2), de 43,46% para as plantas com turno de rega de 4 dias e de 59% para as plantas com turno de rega de oito dias (T4). Havendo diferença significativa entre T1, T2 e T3, enquanto T4 foi igual ao T3 (Figura 2). Segundo Taiz et al. (2017), essa redução se constitui numa estratégia de sobrevivência para reduzir a perda de água por transpiração. Carvalho et al. (2005) ao determinarem o efeito da umidade do substrato na parte aérea de plantas de artemísia (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz Bip.) também observaram que cultivos em substratos com maiores disponibilidades hídrica (100%) e (90%) possuíam maior número de folhas, sendo a redução de 13% no substrato com menor disponibilidade hídrica (50%).

Figura 2. Número de folhas de *Ocimum basilicum* L. aos 21 dias após a diferenciação dos tratamentos, em diferentes regimes hídricos. Tratamentos: T1- Rega diária (Controle); T2 – Rega a cada 2 dias; T3 – Rega a cada 4 dias; T4 – Rega a cada 8 dias. Fonte: Própria.

No que se refere à taxa de crescimento absoluto (TCA), as plantas do T1 e T2, obtiveram melhor desempenho, quando comparadas com os demais tratamentos (Figura 3). Foi registrada uma taxa média de crescimento absoluto de 1,2 cm.dia⁻¹ (T1); 1,01 cm.dia⁻¹ (T2); 0,45 cm.dia⁻¹ (T3) e 0,28 cm.dia⁻¹ (T4), ocorrendo uma redução de 76,67% para o T4 quando comparado com o controle (Figura 3). Maia Junior et al. (2013) ao avaliarem as taxas de crescimento de cultivares de girassol sob diferentes regimes hídricos também observaram um aumento da TCA com a maior disponibilidade hídrica. A partir da mensuração do crescimento com análises como a TCA podemos estimar as causas de variação de crescimento entre plantas cultivadas em diferentes ambientes (Peixoto et al., 2011). Além disto, dados desta mensuração contribuem para o aprimoramento de técnicas agrícolas, assim propiciando o máximo potencial produtivo de espécies de interesse agrônomo (Oliveira Filho et al., 2010).

Figura 3: Taxa de crescimento absoluto (cm.dia^{-1}) de *Ocimum basilicum* L. aos 21 dias após a diferenciação dos tratamentos, em diferentes regimes hídricos. Tratamentos: T1- Rega diária (Controle); T2 – Rega a cada 2 dias; T3 – Rega a cada 4 dias; T4 – Rega a cada 8 dias. Fonte: Própria.

Na mensuração das alterações no crescimento vegetal, o acúmulo de massa seca foi afetado significativamente pelo déficit hídrico para todos os órgãos analisados, com baixa variabilidade (Tabela 1). Observando-se uma redução na ordem de 59,48; 61,09; 50,92 e 91,57% para folha, caule, raiz e inflorescência, respectivamente, nas plantas do T4 (Rega a cada 8 dias) quando comparadas com os resultados obtidos nas plantas irrigadas diariamente. A produtividade depende da quantidade de água disponível, e, sobretudo da eficiência no seu uso pela planta (Taiz et al., 2017). Ademais, o déficit hídrico pode acarretar prejuízos aos processos de desenvolvimento da planta, limitando a capacidade de crescimento do caule e das folhas (Taiz et al., 2017).

Tabela 1: Massa seca (g), Relação Raíz/Parte aérea (g) e Condutância estomática ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) de diferentes órgãos de *Ocimum basilicum* L. aos 21 dias após a diferenciação dos tratamentos, em diferentes regimes hídricos

Tratamentos	MSF (g)	MSC (g)	MSR (g)	MSI (g)	MST (g)	R/PAR (g)	Gs ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)
T1	30,15 a	20,43 a	11,76 a	8,68 a	71,02 a	5,04 a	22,97 a
T2	24,40 b	13,40 b	8,96 a	3,85 b	50,62 b	4,65 b	16,77 a

T3	14,41 c	9,57 c	9,00 a	2,88 bc	35,85 c	3,62 c	6,12 b
T4	12,21 c	7,95 c	5,77 b	0,73 c	26,67 d	2,98 d	4,47 b
CV %	11,03	12,80	16,64	30,61	42,00	23,07	31,7

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). MSF – Massa seca das folhas; MSC – Massa seca do caule; MSR – Massa seca da raiz; MSI – Massa seca das inflorescências; MST – Massa seca total; R/PAR – Relação raiz/ parte aérea; Gs- Condutância estomática. T1 – Rega diária (Controle); T2 – Rega a cada 2 dias; T3 – Rega a cada 4 dias; T4 – Rega a cada 8 dias

No estágio de florescimento, um déficit hídrico severo pode promover a antecipação do ciclo ou até o abortamento das inflorescências, podendo as mesmas nem desenvolver, como foi observado nas plantas do T4. De acordo com Pereira et al. (2009), a deficiência hídrica prejudica o desenvolvimento vegetativo e o florescimento, formando inflorescências com comprimento reduzido. Isto ocorre provavelmente devido à redução da área foliar, aumento da resistência estomática, fotossíntese diminuída e a uma desorganização hormonal (Taiz et al., 2017).

Na relação raiz/parte aérea (R/PAR) notou-se diferença entre os tratamentos, havendo uma maior relação para as plantas com regas diárias (T1), com média variabilidade (Tabela 1). Provavelmente a falta de água no solo reduziu o crescimento da parte aérea em detrimento do crescimento radicular, resultados evidenciados pela alocação de biomassa da raiz, onde ocorreu um acréscimo de 26,06% (T4) e de 51,96% (T3) em comparação com o controle (T1), com média variabilidade (Tabela 2). Para Marana et al. (2008), valores de R/PAR extremamente altos indicam que não houve um bom desenvolvimento da parte aérea. Em contrapartida, valores extremamente baixos indicam que o crescimento do sistema radicular pode não ser suficiente.

Tabela 2: Alocação de Biomassa (g) de diferentes órgãos de *Ocimum basilicum* L. aos 21 dias após a diferenciação dos tratamentos, em diferentes regimes hídricos. Fonte: Própria

Tratamentos	Raíz (g)	Caule (g)	Folha (g)
T1	16,58 b	28,75 a	42,46 a
T2	17,75 b	26,50 a	48,18 a
T3	25,19 a	26,63 a	40,26 a
T4	20,90 ab	28,71 a	44,95 a
CV %	15,31	8,19	9,17

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). T1- Rega diária (Controle); T2 - Rega a cada 2 dias; T3 – Rega a cada 4 dias; T4 – Rega a cada 8 dias

Conforme os resultados da tabela 1, verifica-se que o regime hídrico influencia tanto a produção de massa seca quanto a condutância estomática (Gs) (média variabilidade). Uma vez que,

as plantas de manjeriço cultivadas com maior disponibilidade hídrica obtiveram maior condutância estomática e consequentemente maior massa seca (Tabela 1), sendo a redução de 62,45% em relação a MST, quando comparado o T4 (menor Gs) com o controle (maior Gs). Resultados semelhantes foram observados por Machado et al. (2009) que, trabalhando com diferentes genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), constataram um decréscimo na condutância estomática (Gs) quando as plantas estavam sob déficit hídrico.

De acordo com Kerbaui (2008), a condutância estomática tem efeito sobre a fotossíntese e consequentemente sobre a produção de massa seca. As mudanças na resistência estomática são importantes para a regulação da perda de água pela planta e para o controle da taxa de absorção de dióxido de carbono necessária à fixação contínua de CO₂ durante a fotossíntese (Taiz et al., 2017). Em situação de baixa disponibilidade de água no solo, as plantas reduzem a perda de água ao reduzirem a condutância estomática (Costa; Marenco, 2007). Os maiores teores de óleo essencial foram obtidos nos tratamentos T1 e T2, com regas feitas todos os dias e a cada 2 dias, respectivamente (Figura 4). No T3, com regas a cada 4 dias notou-se valores 53% inferiores aos obtidos nas plantas irrigadas diariamente (T1), enquanto que as plantas do T4, com regas a cada 8 dias não apresentaram teor de óleo essencial passível de quantificação (Figura 4). Pravuschi et al. (2010) ao trabalhar com cinco lâminas de irrigação (0, 50, 75, 100 e 150% ECA – Evaporação em tanque classe A) em manjeriço submetido a 3 colheitas (90 DAP, 150 DAP e 210 DAP) observaram um rendimento total de óleo superior nas plantas com 100% ECA, com acréscimo de 70,38% em relação ao tratamento sem irrigação.

Figura 4: Rendimento médio de óleo essencial (mL.50 g⁻¹) destilado de folhas secas de manjeriço, aos 21 dias após a diferenciação dos tratamentos, em diferentes regimes hídricos. Tratamentos: T1- Rega diária (Controle); T2 - Rega a cada 2 dias; T3 – Rega a cada 4 dias; T4 – Rega a cada 8 dias. Fonte: Própria

Como observado na figura 4, o T2 apesar de ter crescido menos obteve o maior teor de óleo essencial. Provavelmente, este intervalo de rega de 2 dias favoreceu a ativação do metabolismo secundário, como forma de compensação ao déficit hídrico. Leal et al. (2001) afirma que plantas sob condições de estresse, apresentam grande quantidade de glândulas responsáveis pela produção de óleo. Ademais, Queiroz et al. (2017) ao estudar a influência do regime hídrico (50%, 75%, 100%, 125%, 150% e 175% da Evapotranspiração de referência - ETo) na produção de óleo essencial de *Eucalyptus globulus* observaram que as menores lâminas de irrigação (50 e 75%) foram responsáveis pelos maiores teores de óleo essencial. Taiz et al. (2017) relatam que quando as plantas são submetidas à seca prolongada, poderá ocorrer a perda total do óleo, bem como a morte da planta. Abbaszadeh et al. (2009) ao estudar o efeito da irrigação no óleo essencial de Erva-cidreira (*Melissa officinalis* L.) concluiu que um estresse hídrico moderado é benéfico a sua produção, todavia o excesso pode vir a diminuir o teor de óleo essencial. Este efeito deve-se a uma resposta acumulada da planta a deficiência hídrica, interrompendo o processo de crescimento, alterando o acúmulo de massa fresca e acelerando os processos catabólicos (Pravuschiet al., 2010).

Conclusões

Para as condições deste estudo, regas diárias e a cada 2 dias são os turnos de regas mais recomendados para as plantas de manjeriço.

Regas em intervalos superiores a 4 dias afetam o metabolismo fisiológico, não sendo recomendados para o cultivo.

O aumento no turno de rega reduz a produção de massa seca de plantas de manjeriço, especialmente nas inflorescências.

Regas em intervalos de 2 dias, favorecem uma maior produção de óleo essencial.

Referências

- ABBASZADEH, B.; FARAHANI, H. A.; MORTEZA, E. Effects of irrigation levels on essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.). **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, Jordan**, v. 3, n. 1, p. 53-56, 2009.
- ALVARENGA, I. C. A.; QUEIROZ, G. A.; HONÓRIO, I. C. G.; VALADARES, R. V.; MARTINS, E.R. Prolina livre em alecrim-pimenta sob estresse hídrico antes da colheita. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 13, no.spe, 2011.
- BORTOLO, D. P. G.; MARQUES, P. A. A.; PACHECO, A. C. Teor e rendimento de flavonóides em calêndula (*Calendula officinalis* L.) cultivada com diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 11, p. 435-441, 2009.
- CARVALHO, L. M.; CASALI, V. W. D.; SOUZA, M. A.; BARBOSA, C. A.; CECON, P. R. Crescimento, teor de partenólídeo e de prolina em plantas de *tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip crescidas em substrato com diferentes teores de umidade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 151-157, 2005.
- CORRÊA, C. C.; ALVES, A. F. Plantas medicinais como alternativa de negócio: caracterização e importância, 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/418.pdf>>. Acesso em 22 out. 2014.
- COSCOLIN, R. B. S. **Efeitos fisiológicos e bioquímicos induzidos por deficiência hídrica em plantas de *Ocimum basilicum* L.** 2012. 96p. Tese (mestrado) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, Botucatu, 2012.
- COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 2, p. 229-234, 2007.
- FARIA, A.P. **Avaliação *ex vivo* da tolerância de cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.) ao déficit hídrico.** 2010. 84p. Tese (mestrado) - Universidade federal de Minas gerais, Belo Horizonte, 2010.
- FERNANDES, P. C.; FACANALI, R.; TEXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; MARQUES, M. O. M. Cultivo de manjerição em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 260-264, 2004.
- GRISI, F. A.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. M.; OLIVEIRA, C.; BIAGIOTTI, G.; MELO, L. A. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café “Catuaí” e “Siriema” submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, 2008.
- JALEEL, C. A., MANIVANNAN, P., WAHID, A., FAROOQ, M., AL-JUBURI, H. J., SOMASUNDARAM, R., PANNEERSELVAM, R. Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. **International Journal Agricultural**

Biology, China, v. 11, p. 100-105, 2009.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal (2 ed.)**, 2008. Editora Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro. 452 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, p. 529, 2000.

LAVOLA, A.; JULKUNEN-TIITTO, R.; ROSA, T. M.; LEHTO, T.; APHALO, P. J. Allocation of carbon to growth and secondary metabolites in birch seedlings under UV-B radiation and CO₂ exposure. **Physiologia Plantarum**, United Kingdom, v. 109, n. 3, p. 260-267, 2000.

LEAL, T.C.A.B.; FREITAS, S.P.; SILVA, J.F.; CARVALHO, A.J.C. Avaliação do efeito da variação estacional e horário de colheita sobre o teor foliar de óleo essencial de capim-cidreira (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf). **Ceres**, v. 48, n. 278, p. 445–453, 2001.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1575-1582, dez., 2009.

MARTINS, A. G. L. A.; NASCIMENTO, A. R.; FILHO, J. E. M.; FILHO, N. E. M.; SOUZA, A. G.; ARAGÃO, N. E.; SILVA, D. S. V. Atividade antibacteriana do óleo essencial do manjeriço frente a sorogrupos de *Escherichia coli* enteropatogênica isolados de alfaces. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 8, p. 1791-1796, 2010.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência a difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas à déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.

OLIVEIRA FILHO, A.F.; OLIVEIRA, F.A. de; MEDEIROS, J.F. de; MESQUITA, T.O.; ZONTA, E. Crescimento de cultivares de mamoneira sob doses de torta de mamona. **Revista Verde**, v.5, n.5, p.18-24, 2010

PEIXOTO, C.C.; CRUZ, T.V.; PEIXOTO, M.F.S. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v.7, n.13, p.51-76, 2011.

PEREIRA, J. R. D.; CARVALHO, J. A.; PAIVA, P. D. O.; SILVA, D. J.; SOUZA, A. M. G.; SOUZA, K. J. Crescimento e produção de hastes florais de gladiolo cultivado sob diferentes tensões de água no solo. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, vol. 33, n. 4, Jul/Ago., 2009.

PRAVUSCHI, P. R.; MARQUES, P. A. A.; RIGOLIN, B. H. M.; SANTOS, A. C. P. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 687-693, 2010.

QUEIROZ, C. G. S.; GARCIA, Q. S.; LEMOS FILHO, J. P. Atividade fotossintética e peroxidação de lipídios de membrana em plantas de Aroeira-do-Sertão sob estresse hídrico e após reidratação. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 59-63. 2002.

SOARES, R.D.; CHAVES, M.A.; SILVA, A.A.L.; SILVA, M.V.; SOUZA, B.S. Influência da temperatura e velocidade do ar na secagem de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) com relação aos teores de óleos essenciais e de linalol. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1108-1113, 2007.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia do desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2017. 918p.