

Estresse hídrico em plantas: uma revisão

Water stress in plants: a review

Estrés hídrico en las plantas: una revisión

Recebido: 11/11/2021 | Revisado: 17/11/2021 | Aceito: 17/11/2021 | Publicado: 19/11/2021

Anna Júlia de Moraes Campos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4312-8437>

Instituto Educacional Santa Catarina - Faculdade Guarafá, Brasil

E-mail: aj8817344@gmail.com

Sarah Medeiros Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0762-9920>

Instituto Educacional Santa Catarina - Faculdade Guarafá, Brasil

E-mail: sarahlb4@hotmail.com

Inaia Rhavene Freire Fagundes Nacarath

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5778-4841>

Instituto Educacional Santa Catarina - Faculdade Guarafá, Brasil

E-mail: inaia.nacarath@iescfag.edu.br

Resumo

O estresse hídrico é uma problemática que limita a produção e desenvolvimento de vários vegetais, principalmente em períodos secos o qual o índice fluvial é menor. Esta revisão compila informações que nos permite compreender como ocorre o estresse por falta de água, um recurso de extrema importância para o desenvolvimento das plantas, sendo a água um componente extremamente determinante para a sobrevivência dos vegetais, sendo responsável por trocas gasosas, fotossíntese, transporte de nutrientes e outros. Desta forma, diante os dados obtidos nas plataformas de pesquisa Google acadêmico, Scielo, Embrapa e outros, discutimos sobre as respostas das plantas frutíferas, forrageiras e leguminosas submetidas ao estresse hídrico, destacando os efeitos causados em modo geral e citar algumas das peculiaridades que o estresse causa nessas plantas, além dos meios de adaptação que essas plantas adquirem para sobreviver durante períodos de seca e como a água é importante em vários estágios de desenvolvimento das plantas.

Palavras-chave: Água; Disponibilidade hídrica; Estiagem; Frutíferas; Forrageiras; Feijão.

Abstract

Water stress is a problem that limits the production and development of various plants, especially in dry periods where the river index is lower. This review compiles information that allows us to understand how stress due to lack of water occurs, a resource of extreme importance for plant development, with water being an extremely determining component for the survival of plants, being responsible for gas exchange, photosynthesis, transport of nutrients and others. Thus, given the data obtained in the research platforms Google academic, Scielo, Embrapa and others, we discuss the responses of fruit, forage and legume plants subjected to water stress, highlighting the effects caused in general and mentioning some of the peculiarities that stress causes in these plants, in addition to the means of adaptation that these plants acquire to survive during periods of drought and how water is important at various stages of plant development.

Keywords: Water; Water availability; Drought; Fruits; Forages; Bean.

Resumen

El estrés hídrico es un problema que limita la producción y el desarrollo de varias plantas, especialmente en períodos secos cuyos índice fluvial es menor. Esta revisión recopila información que nos permite comprender cómo se produce el estrés debido a la falta de agua, un recurso de extrema importancia para el desarrollo de las plantas, y el agua es un componente extremadamente determinante para la supervivencia de las plantas, siendo responsable del intercambio de gases, fotosíntesis, transporte de nutrientes y otros. Así, dados los datos obtenidos de las plataformas de investigación académica de Google, Scielo, Embrapa y otras, discutimos las respuestas de las plantas frutales, forrajeras y leguminosas sometidas a estrés hídrico, destacando los efectos provocados en general y mencionando algunas de las peculiaridades que provoca el estrés. sobre estas plantas, además de los medios de adaptación que estas plantas adquieren para sobrevivir durante los períodos de sequía y cómo el agua es importante en las distintas etapas del desarrollo de las plantas.

Palabras clave: Agua; Disponibilidad de agua; Sequía; Árboles frutales; Forraje; Frijoles.

1. Introdução

A água é um recurso de extrema importância para o desenvolvimento das plantas, pois atua em vários processos fisiológicos, dentre eles o processo fotoquímico da fotossíntese, no transporte e absorção de nutrientes, sendo, portanto, um recurso indispensável para o desenvolvimento dos vegetais e está presente desde os primórdios da agricultura. É considerada como fundamental constituinte vegetal, pois compreende cerca de 90 a 95% da biomassa verde das plantas, e se faz significativa para a manutenção funcional dos tecidos, células e organismo (Taiz & Zeiger 2009; Chavarria & Santos 2012). Dentre os métodos em que plantas necessitam para crescer a água é o mais predominante e também o mais restritivo, pois ela é o principal meio de vida e sem ela as plantas não conseguem completar seus processos fisiológicos para se manter no ambiente.

Há muitos fatores que podem interferir no desenvolvimento natural das plantas, dentre eles a estiagem e a má disponibilidade de água, condições que acarretam o estresse hídrico. Segundo Jones and Jones (1989), o estresse, em visão geral, pode ser definido como uma pressão excessiva de algum meio adverso que tende a dificultar o funcionamento normal do sistema. Para botânica o estresse é conceituado como um desvio significativo dos padrões normais para a vida da planta resultando então em mudanças (Blum et al., 1991).

O estresse hídrico ou déficit hídrico se conceitua na falta de água no solo para a demanda, o que leva a absorção de água e alguns nutrientes pelo sistema radicular da planta a ser reduzido, causando prejuízos. Todas as plantas precisam de água para germinar, se desenvolver e produzir normalmente, sua falta possui vários efeitos diante ao crescimento vegetal, atrapalhando etapas como a inibição da fotossíntese, expansão radicular e outros, em casos extremos a falta de água no solo para a demanda pode levar ocorrer a morte da planta, já que a escassez causa os fechamentos dos estômatos em forma de defesa, para que haja redução da transpiração, mudanças anatômicas, alteração fotossintética e murchamento da folha (Marenco; Lopes, 2005).

O período em que o déficit hídrico pode ser observado de forma mais comum é no período da seca o qual a água presente no solo não é suficiente e as raízes das plantas não conseguem absorvê-la, causando uma redução das atividades fisiológicas resultando em plantas menores e mais fracas, sendo que se o grau de falta de água se manter por longos períodos pode acarretar a morte da planta. (Cavalcante et al., 2009).

Os efeitos causados pelo estresse hídrico ocasionam mudanças na anatomia, fisiologia e bioquímica das plantas, com grau e intensidade, dependendo do tipo de planta e do período de duração as quais foram submetidas ao estresse (Araújo et al., 2010), afetando assim todos os seus estágios de desenvolvimento, partindo da germinação até o desenvolvimento. Mas há plantas que são adaptadas para suportar o período de estiagem, estas com o tempo desenvolvem estratégias fisiológicas e morfológicas para sobreviver, sendo resistente a seca. (Doss et al., 2009).

Com base na importância das plantas, em especial para produção agrícola, pecuária e fruticultura, torna-se indispensável informações que visem analisar o desempenho de grupos de plantas em condições de disponibilidade hídrica, para que haja um entendimento pleno do efeito da seca na produção e as adaptações que as plantas adquirem quando submetidas ao estresse. Portanto, compreender as respostas fisiológicas de diferentes grupos diante de fatores ambientais como a falta de água no solo proporciona um fator essencial para avaliar e minimizar os problemas no cultivo e entender sobre o desenvolvimento da planta e como cada grupo se adapta mediante ao estresse.

Diante ao exposto torna-se de extrema importância compilar informações sobre estresse hídrico em diferentes grupos de plantas cultivadas e como elas respondem a esse fator. Nesse sentido, o presente trabalho tem o objetivo de analisar e compreender os efeitos negativos causados pela disponibilidade hídrica juntamente com as formas de adaptação das plantas em convivência com o déficit hídrico em plantas frutíferas, forrageiras e feijão carioca (*Phaseolus vulgaris*).

2. Metodologia

O presente estudo tratou-se de revisão bibliográfica realizada com a finalidade de obter informações sobre o estresse hídrico em diferentes grupos de plantas, pesquisa realizada entre os meses de Julho e Outubro. Para tal, foi realizada buscas nas bases de dados eletrônicos: Google Acadêmico, Scielo, Periódico e Embrapa. A busca foi realizada pelos descritores em Estresse hídrico, usando os termos: “disponibilidade hídrica”, “seca”, “adaptações ao estresse” com o operador “AND”. Foram utilizadas etapas de avaliação em cada artigo por meio de leitura do título e do resumo. Foram utilizados artigos publicados em revistas científicas internacionais e nacionais, alguns sites relacionados à área de pesquisa e livros.

3. Resultados e Discussão

A água

A água é um recurso limitado e de extrema importância para a manutenção da vida no planeta, ela pode ser observada em três estados físicos (líquido, sólido e gasoso), sendo ela formada por um átomo de oxigênio e dois átomos de hidrogênio (H₂O). A água é considerada um solvente universal presente em mais da metade da superfície da Terra. Nas plantas possui papel importante pois está ligada à manutenção da turgência, meio de transporte de nutrientes, regulação térmica e outros. Segundo dados da Organização das Nações Unidas — ONU, 60% da água disponível é consumida na agricultura, sendo ela um meio natural indispensável para as lavouras. (Taiz e Zeiger 2009)

A maior parte da produção agrícola está relacionada a órgãos reprodutivos, como frutas, grãos e olerícolas, e sua produtividade pode ser afetada pela falta de água, principalmente nos períodos de seca (Pimentel, 1998) já que os processos de germinação, enchimento de grãos, reprodução e floração são estimulados com existência de água no solo e o principal meio da absorção dessa água e através das raízes das plantas, assim, sendo possível a distribuição da água para a parte aérea da planta via vaso condutor conhecido como xilema, sendo este encarregado do processo de levar a seiva bruta das raízes para folhas e caules.

Efeitos do estresse hídrico em plantas frutíferas

Segundo a Embrapa, o cultivo das plantas frutíferas apresenta importância no contexto sócio-econômico, pois possibilita rendimento, sendo assim uma alternativa para propriedades rurais além de gerar mão de obra. O Brasil está entre um dos maiores produtores de frutas do mundo, possuindo uma grande variedade de espécies, cada região possui uma produção predominante. A disponibilidade hídrica é um fator limitante que geralmente é comum a várias espécies e regiões. (Pimentel, 1998)

As plantas frutíferas pertencem ao subgrupo das fanerógamas, ou seja, o fruto é desenvolvido através do ovário das flores. Sua estrutura é dividida em raízes, tronco, ramos, gemas, folhas, flores e frutos. Seu crescimento ocorre desde a germinação até sua primeira floração e água é um recurso indispensável pois a mesma atua na quebra da dormência de algumas sementes e embebição ou hidratação da semente, etapa em que a semente absorve a água do solo para germinar e se desenvolver. (Calou et al, 2014)

Ademais, a água também participa do processo de turgência das pétalas, promovendo a abertura das flores e a formação das estruturas reprodutivas, possibilitando a polinização. De acordo com Zanini e Pavani (1998), um fator considerável é a potência do estresse, já que a falta deste recurso em plantas frutíferas pode levar ao abortamento de flores e frutos.

Já na etapa de frutificação os frutos da planta submetidos ao estresse são menores e em muitos casos há a presença de abscisão. Diante disto, para a sobrevivência das frutíferas, a plantas estabelece adaptações fisiológicas para conseguir a germinação da semente através de uma maior absorção de água, e adaptações como maior floração para conseguir estabelecer meios de garantir a maturidade das sementes, sendo que em grande parte dos casos a duração do estresse deve mudar de acordo com as condições climáticas e físicas do sol.

Estresse hídrico em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*)

O *Phaseolus vulgaris*, mais conhecido como feijão comum, planta herbácea da família Fabaceae, é distribuído por todo o mundo. Possui grandes propriedades nutricionais como ferro, proteínas e carboidratos, se tornando assim indispensável na alimentação e sendo a leguminosa mais consumida segundo Faostat, 2014.

A problemática que limita a produção desse vegetal está ligada a estiagens, doenças e cultivo em solos de baixa fertilidade, sendo que esses são os principais problemas enfrentados na região tropical e subtropical. Um dos fatores ambientais que mais influenciam na produtividade vegetal desta cultura, principalmente em regiões semiáridas, é a disponibilidade hídrica, já que a planta do feijoeiro possui uma sensibilidade à deficiência e a abundância de água no solo. A deficiência hídrica na cultura provoca a diminuição da produtividade, uma vez que interfere no processo fotossintético, pois a água é um componente fundamental para a reação e também é responsável pela manutenção da transpiração e condutância estomática, indispensável para a entrada de gás carbônico no mesófilo foliar (Buchanan et al., 2000)

Segundo o EMBRAPA a América latina concentra a maior produção e consumo, estimando-se que mais de 45% da produção mundial provém desta região. Já no Brasil, os estados de Minas Gerais, Paraná e Bahia são os principais produtores, o que corresponde a quase 60% da produção do país. Essa espécie tem grande importância econômica, uma vez que é uma planta anual e possui um alto índice de produtividade, desse modo proporciona emprego e geração de renda, sendo que o feijão atua em aspectos econômico, cultural e social possui sua identidade cultural representada no país.

Como já citado, o feijoeiro é uma espécie com baixa tolerância ao estresse hídrico, isso leva a diminuição da condutância estomática, assim reduzindo o suprimento de CO₂ para fotossíntese (Oliveira et al., 2009).

A falta de água é fator que pode levar a ocorrer a perda da cultura por alteração no metabolismo da planta. Alguns dos efeitos encontrados no feijoeiro ligado ao estresse hídrico são: baixo rendimento dos grãos, déficit no enchimento das vagens, plantas pecioladas, haste alongada, em alguns casos a não germinação da semente, poucas folhas para a planta, sendo estas, folhas menores e murchas. O fator hídrico limitante na produção do feijão, está relacionado principalmente a três fases importantes que são as fases de germinação, florescimento e enchimento de grãos (Soratto et al., 2003)

Sendo a fase de germinação aquela em que a semente necessita de uma abundância de água no solo para que a mesma possa absorver a água e germinar. Na fase de florescimento a escassez impede o florescimento de algumas plantas ou leva a ocorrer o abortamento de flores. A falta de água pode também trazer danos nutricionais, pois afetar o processo de enchimento dos grãos, deste modo o valor de nutrientes nesta cultura será menor.

Estresse hídrico em plantas forrageiras

As plantas forrageiras pertencem ao gênero herbácea e são de grande importância para a pecuária ligada à pastagem. Segundo o CPT (Centro de produções técnicas). As plantas forrageiras ou forragens são definidas como plantas inteiras que servem de alimento para alguns animais. Desta forma a mesma se faz importante para a pecuária pois as forragens servem de recursos alimentícios para esses seres, participando ativamente na produção de leite e carne nos ruminantes. Há muitos fatores que podem interferir no desenvolvimento natural das plantas forrageiras, dentre eles o estresse hídrico.

De acordo com Monteiro et al., (2014), os danos ocasionados pela disponibilidade hídrica são considerados o mais limitante se tratando de atividades agrícolas, já que a forragem é um suprimento bastante utilizado no Brasil e sua produção dependem de condições adequadas, para que haja uma boa produtividade (Silva et al., 2011).

Os efeitos causados pelo estresse hídrico provocam mudanças na anatomia, fisiologia e bioquímica das plantas, com intensidade variável de planta para planta (Araújo et al., 2010), sendo que essas mudanças podendo afetar todo o ciclo de vida do vegetal, partindo da germinação das sementes, estabilização do estande até o desenvolvimento e produtividade (Santos et al., 2013)

Desta forma, folhas menores em cm, enroladas, seca e/ou murchas e raízes mais longas, alterações na população de perfilho são efeitos visíveis dos efeitos da disponibilidade hídrica nas forragens, fisiologicamente há os fechamentos estômatos, diminuição foliar e aceleração do processo de senescência que é o processo natural de envelhecimento não só das folhas, sendo que isto acontece pois o solo seco não fornece nitrogênio suficiente para as necessidades do crescimento da cultura e o nitrogênio presente na planta é realocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento, folhas novas.

Mecanismo de adaptação à seca

Compreende-se por adaptação a possível harmonia entre o meio e o organismo. Quando as plantas estão naturalmente expostas às condições ambientais, todas as características funcionais e estruturais são capazes de se ajustar às adaptações (Rizzini, 1997).

Segundo a definição de Combes a adaptação é um processo que provoca a mudança na constituição de um organismo para que possa se desenvolver de forma melhor, uma adaptação adquirida geneticamente.

Desde o surgimento de vida no planeta as plantas vêm passando por mudanças e adaptações a várias condições desfavoráveis para seu desenvolvimento, à estiagem é uma delas. Sendo assim, as plantas podem apresentar vários tipos de mecanismos para se tornarem resistentes à seca sendo estes separados em retardo, tolerância e escape. (Kerbaury, 2009).

O retardo está relacionado ao reparo do volume celular, pela presença de um sistema radicular desenvolvido para a absorção de água e também pela redução de perda por transpiração. Já a tolerância à seca é um mecanismo da planta que possibilita manter o seu metabolismo ainda que a planta esteja passando por um período de déficit hídrico. E por fim, no escape as plantas apresentam um rápido crescimento do desenvolvimento fenológico que possibilita que seu ciclo seja completado antes que o déficit passe para um estágio severo e cause danos. (Verslues et al., 2006).

Ressalta-se que as plantas podem se tornar adaptáveis a seca a partir do ajustamento osmótico que é uma maneira que a planta tem para manter sua turgência, mesmo em casos de déficit hídrico, mantendo o abastecimento de água para as folhas, produção de folhas menores sendo que quando submetida a seca depois que todas as suas folhas atingem sua maturidade, estas folhas sofrem senescência e caem. Ajuste da parede celular, aumento da densidade e profundidade das raízes. (DOSS et al., 2009), além de completar todo seu ciclo vital rapidamente antes que os tecidos atinjam a deficiência hídrica.

Um exemplo de planta adaptativa ao clima seco e com baixa disponibilidade hídrica são as cactácea, estas plantas possuem mecanismo adquiriram com o tempo, está ligado a mudança de folhas para o surgimento de espinhos, assim podendo evitar a perda de água, além de possuírem mecanismo de reserva de água em seu interior, essa capacidade de estocar água é o que os mantém vivos em períodos de seca. (Ghannoum et al., 2003)

Portanto, para plantas sobreviverem a períodos de estresse as mesmas desenvolvem meios fisiológicos e morfológicos para diminuir os impactos, assim adaptando sua estrutura foliar para folhas menores para diminuir a perda de água, folhas cobertas com cera cuticular que serve para preservar a água em seu interior, pelos com menor espessura, finos para atuar restando a umidade na superfície e no sistema radicular possuem a presença de raízes maiores e ramificadas para facilitar a busca por água no solo.(Ghannoum et al., 2003)

De modo geral, o mecanismo que as plantas desenvolvem para sobreviver aos períodos de estresse são os mesmos para as diferentes espécies de plantas, todos relacionados com a área foliar menor, folhas murchas e enrolados, mudança na coloração das folhas, presença de pequenos espinhos e pêlos, folhas cobertas por cera, caule menor e/ou retorcido, raízes maiores e mais grossas. (Marreco; Lopes, 2005).

4. Conclusão

Diante as pesquisas deste trabalho, os achados são relevantes para compreender sobre um dos principais fatores que atrapalham o desenvolvimento de plantas: a disponibilidade hídrica, esta que muitas vezes ocorre por falta de chuva ou irrigação inadequada nas culturas. Desta forma, a falta de água traz efeitos no desenvolvimento das plantas sendo eles os fechamentos dos estômatos, murchamento de folhas, baixo índice de fotossíntese, a não germinação das sementes, aumento do comprimento das raízes, abortamento de flores e frutos e plantas pecioladas. As plantas resistentes que passam por adaptação para sobreviver ao período de seca se encontram com ajustes em sua morfologia, tendo folhas com presença de pelos ou espinhos, raízes maiores e ramificadas.

Portando, cabe a trabalhos futuros desenvolver estudos sobre outros grupos de plantas submetidas ao estresse hídrico.

Referências

- Abreu, F. B., Leal, N. R., Rodrigues, R., Amaral Junior, A. T., & Silva, D. J. H. (2004). Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de hábito de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, Brasília: 22(3), 547-552. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000300009>.
- Andrade Júnior, A. S. de.; Rodrigues, B. H. N.; Frizzzone, J. A.; Cardoso, M. J.; Bastos, E. A.; & Melo, F. de B.; (2002). Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6(1), 17-20. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000100004>.
- Barbosa, M. L.; Rezende, M. R. R.; Costa, H. S. C.; & Maluf, W. R. (2001). A cultura do feijão-vagem. *Boletim Técnico de Hortaliças*. Lavras-MG, 1(65).
- Barioni, L. G., Martha Junior, G. B., Ranos, A. K. B., Veloso, R. F., Rodrigues, D. de C. & Viela L. (2003). Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. *Simpósio sobre Manejo da Pastagem*, 20, 105-54. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300008>.
- Blum, A. (1986). The comparative drought resistance of landraces of sorghum and millet from dry and humid regions. *Ann. Bot.*, 57: 1-12.
- Carvalho, L. M., Casali, V. W. D., Lisboa, S. P. & Souza, M. A. (2004). Efeito da homeopatia na recuperação de plantas de artemísia [*Tanacetum parthenicum* (L.) Schultz-Bip] submetidas à deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, Botucatu. 6(2), 20-27.
- Cavalcante, A. C. R., Cavallini M. C., & Límar, N.R.C.B. (2009). Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras. *Documentos/Embrapa Caprinos*, Sobral-CE. 50p.
- Costa, R.C.L. (1999) Assimilação de nitrogênio e ajustamento osmótico em plantas noduladas de feijão-de-corda submetidas ao estresse hídrico. *Tese de Doutorado UFCE*.
- Davies, W.J., & Zhang J. R. (1991). Signals and the regulation of growth and development of plants in rying soil. *Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology*, Palo Alto, p.55-76..
- Doss B.D., Ashley, D.A., & Bennet, O.L. (1960) Effect of soil moisture regime on root distribution of warm season forage species. *Agronomy Journal*, 52(10), 569-572. <https://doi.org/10.2134/agronj1960.00021962005200100005x>.
- Embrapa (2014) – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Recuperado de: <http://www.cnpaf.embrapa.br/feijão/história.htm>.
- Fernandes, P. D. (2002). Análise de crescimento e desenvolvimento vegetal. *Campina Grande: UFPB – DEAg*, 52 p.
- Ferraz, R. L.de S.; Suassuna, J. F., Brito, M.E.B., Fernandes, P. D. & Junior, E. da S. N. (2012) Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. *Pesquisa. Agropecuária Tropical*, 42(2), 181-188. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253023669010>.
- Ferri, M. G. (1979). Transpiração nos principais ecossistemas brasileiros e em espécies cultivadas no Brasil, *Fisiologia vegetal*, 25-73. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000200006>.
- Fonseca, D. M., Martuscello, J. A., & Faria, D. J. G. (2006). Adubação em gramíneas do gênero *Brachiaria*: mitos e realidades. *Anais do III simpósio sobre manejo estratégico das pastagens*, 153-182.
- Ghannoum, O., Conroy, J. P., Driscoll, S. P., Paul, M. J., Foyer, C. H., & Lawlor, D. W. (2003). Nonstomatal limitations are responsible for drought-induced photosynthetic inhibition in four C4 grasses. *New Phytologist*, 159(3), 599-608.
- Kerbaui, G. B. (2009) Fisiologia vegetal. *Rio de Janeiro: Guanabara Koogan*, 452 p.
- Leitão, S. T., Dinis, M., Veloso, M. M., Šatović, Z., & Vaz Patto, M. C. (2017). Establishing the bases for introducing the unexplored Portuguese common bean germplasm into the breeding world. *Frontiers in plant science*, 8, 1296. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5526916>.
- Mansur, R. J. C. N. & Barbosa, D. C. A. (2000). Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. *Phyton* 68, 97-106.
- Marenco, R. A., Lopes, N. F. (2005). Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. *Viçosa MG: UFV*, 451 p.
- Mattos, J. L. S., Gomide, J. A., & Huamam, C. A. M. (2005). Crescimento de espécies do gênero *Brachiaria*, sob déficit hídrico e alagamento a campo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(3), 755-764. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000300005>.

- Nogueira, R. J. M. C., Melo Filho, P.A. & Santos, R. C. (1998). Curso diário do potencial hídrico foliar em cinco espécies lenhosas da caatinga. *Revista ecossistema*, 23, 73-77.
- Oliveira, A.S., Leão, M.C.S., Ferreira, L.G.R., & Oliveira H.G. (1992). Relações entre deficiência hídrica no solo e florescimento em melancia. *Horticultura Brasileira*, 10(2), 80-82. <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/viewFile/203/pdf>.
- Paiva, R & Oliveira, L.M. (2006). Fisiologia e Produção Vegetal. *Lavras*. Ed. UFLA, 104 p.
- Peixoto, C.P., Cerqueira, E.C., Soares Filho, W.S., Castro Neto, M.T. DE, Ledo, C.A. S., Matos, F.SA., & Oliveira, J.G. de. (2006). Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28(3), 439-443. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000300022>.
- Perez, S. C. J. G. A. (1995). Crescimento e resistência à seca da algarobeira (*Prosopis juliflora* D.C.) cultivada em um solo de cerrado, com ou sem adubo orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30(5), 595-604. Recuperado de: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4344>.
- Pimentel, C., & Rossio R.O.P. (1995). Entendimento sobre relações hídricas. Simpósio internacional sobre estresse ambiental: O milho em perspectiva, Belo Horizonte, MG. Anais... *EMBRAPA/CNPMS*, 1(449), 131-146.
- Ribeiro, F., Silva, T. G. E. R., Cruz, P. G. da., Santos, P. M., & Valle, C. B. do. (2009). Efeito do déficit hídrico no crescimento de acessos de *Brachiaria brizantha* Stapf. In: *46 reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia*, Maringá-PR. Anais.... 3p.
- Santos, R.F., & Carlesso, R. (1998). Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2(3), 287- 294. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v2n3p287-294>.
- Silva, M. M. P.; Vasquez, H. M., Bressan-Smith, R. E., da Silva, J. F. C., Erbesdobler, E. D. A., & Junior, P. S. C. D. (2005) Respostas morfológicas de gramíneas forrageiras tropicais sob diferentes condições hídricas do solo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(5), 1493-1504. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000500009>.
- Souto, S. M. Aronovich S. (1992) Tolerância à seca em forrageiras tropicais: aspectos agrônômicos e microbiológicos. *Seropédica: EMBRAPA-CNPBS*, 28, p. 1.
- Taiz, L. Zeigler, E. (2013). Fisiologia Vegetal. (5. ed.) *Artmed*, 819 p.
- Taiz, L., Zeigler, E., Mollee, I. & Murphy, A. (2017). Fisiologia e desenvolvimento vegetal. (6ed.) *Artmed*.
- Verslues, P.E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S., Zhu, J. & Zhu, J. K. (2006). Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *The Plant Journal*. 45(4), 523-39. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02593.x>.
- Wright, G. C., Smith, R. G. & McWilliam, J. R. (1983). Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. I. Crop growth rate and yield response. *Australian Journal of Agricultural Research*. 34(6), 615-26. <https://doi.org/10.1071/AR9830615>.