

# INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NO ESTABELECIMENTO DE PLÂNTULAS

*Data de submissão: 15/01/2024*

*Data de aceite: 01/03/2024*

### **Tatiane Martins da Silva**

Programa de Pós-Graduação em Biologia  
Comparada, Universidade Estadual de  
Maringá  
Maringá, Paraná  
<https://orcid.org/0000-0003-0489-1720>

### **Sofia Alvim**

Programa de Pós-Graduação em Biologia  
Comparada, Universidade Estadual de  
Maringá  
Maringá, Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/0206436163148334>

### **Isabela Goulart de Oliveira**

Programa de Pós-Graduação em Biologia  
Comparada, Universidade Estadual de  
Maringá  
Maringá, Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/7205128366603528>

### **Lindamir Hernandez Pastorini**

Departamento de Biologia, Universidade  
Estadual de Maringá  
Maringá, Paraná  
<https://orcid.org/0000-0003-4679-4718>

**RESUMO:** Diferentes fatores, bióticos e abióticos, influenciam a germinação e o estabelecimento de plântulas. Considerando os fatores abióticos, a disponibilidade de água, nutrientes, temperatura adequada e luminosidade estão entre os principais que

interferem na capacidade das plântulas em se estabelecer no ambiente. As mudanças climáticas têm ocasionado a ocorrência de secas mais freqüentes e chuvas intensas por curtos períodos de tempo. Tendo isso em vista, o presente artigo tem como objetivo trazer uma revisão de literatura sobre como a seca, a salinidade e o alagamento podem influenciar no estabelecimento de plântulas. A seca traz muitos prejuízos às plantas, desde o seu desenvolvimento inicial, induzindo o fechamento estomático e a redução da capacidade fotossintética, com conseqüente inibição do crescimento. A salinidade, outro fator abiótico importante, afeta todos os estágios no ciclo de vida vegetal, podendo alterar a capacidade de absorção de nutrientes importantes e ocasionar alterações da estabilidade osmótica; enquanto o alagamento, assim como a seca e a salinidade, exerce ação sobre as diferentes partes das plantas, inibindo o trânsito de oxigênio para o embrião e radícula e ainda, pode implicar atraso no estabelecimento. No entanto, as plântulas podem apresentar diferentes respostas aos fatores de estresse, possibilitando a manutenção das atividades fisiológicas e de crescimento, que são essenciais para o seu estabelecimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Seca, salinidade, alagamento, biodiversidade.

## INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON SEEDLING ESTABLISHMENT

**ABSTRACT:** Different factors, biotic and abiotic, influence the germination and establishment of seedlings in the environment. Considering abiotic factors, the availability of water, nutrients, adequate temperature and light are among the main factors that affect the ability of seedlings to establish themselves in the environment. Climate change has caused the occurrence of more frequent droughts and intense rains for a short period of time. With this in mind, this article aims to provide a literature review on how drought, salinity and flooding can influence seedling establishment. Drought brings a lot of damage to plants, from their initial development, inducing stomatal closure, reducing photosynthetic capacity, with consequent inhibition of growth. Salinity, another important abiotic factor, affects all stages in the plant life cycle, and can alter the absorption capacity of important nutrients and changes in osmotic stability; while flooding, as well as drought and salinity, exerts an action on the different parts of the plants, inhibiting the transit of oxygen to the embryo and radicle and may also result in a delay in establishment. However, seedlings can present different responses to stress factors, enabling the maintenance of physiological and growth activities, which are essential for their establishment.

**KEYWORDS:** Drought, salinity, flooding, biodiversity.

## INTRODUÇÃO

O início do desenvolvimento vegetal é um dos mais críticos para o estabelecimento das plantas no ambiente, sendo o estágio de plântula o mais vulnerável às alterações ambientais. No entanto, o que é uma plântula? Vogel (1980) afirma que após ocorrer a germinação, a plântula é o estágio mais jovem. Garwood (1996) considera vários estágios, sendo eles: estágio de semente, estágio de expansão de plântula, estágio de utilização de reserva seminal da plântula, autonomia e juvenilidade. Carmello-Guerreiro (1996) relata que o termo plântula deve ser utilizado para definir o desenvolvimento pós-seminal até a completa expansão do primeiro eófilo. Souza (2003) descreve plântula como uma fase que ocorre após a germinação da semente até a expansão da primeira folha (eófilo). Assim, a fase de plântula se inicia com a germinação da semente ou diásporo até que ocorra a expansão da primeira folha.

A germinação constitui uma sequência de reações metabólicas, que de acordo com Bewley et al. (2013), inicia com a intensificação da atividade respiratória, após embebição (I), a limitação da absorção de água e ativação de processos metabólicos (II) e aumento na atividade mitótica e consequente protusão da radícula (III). Para que ocorra a protusão da radícula é necessário o enfraquecimento do tegumento e dos tecidos internos, que envolvem o embrião. O enfraquecimento da parede celular, a partir da ação de enzimas permite a expansão da radícula e a sua consequente protusão.

Após a germinação, inicia a emergência da plântula, que pode ser classificada em hipógea, quando os cotilédones que permanecem abaixo do solo e epígea, quando os

cotilédones se elevam acima do solo. Plântulas em que os cotilédones não são expostos, permanecendo envoltos pelo tegumento são classificadas como criptocotiledonares, e as plântulas que apresentam cotilédones visíveis, são classificadas como fanerocotiledonares (DUKE, 1965; SOUZA, 2009).

Para o estabelecimento das plântulas vários fatores devem ser considerados, tanto os relacionados ao vigor da semente e da plântula como os fatores ambientais. A disponibilidade de água, temperatura e luminosidade estão entre os fatores abióticos que mais influenciam a germinação e o posterior desenvolvimento das plântulas. Entretanto, eventos climáticos extremos podem alterar a capacidade de estabelecimento das plântulas, sejam em cultivos agrícolas como em projetos de recuperação florestal, devido à ocorrência de secas mais freqüentes e prolongadas ou chuvas intensas em curtos períodos de tempo ou decréscimo da precipitação, temperaturas elevadas, entre outros.

Nesse sentido, a presente revisão de literatura visa destacar a influência de estresses abióticos sobre o estabelecimento de plântulas.

## **ESTRESSES ABIÓTICOS QUE AFETAM O ESTABELECIMENTO DE PLÂNTULAS**

### **Seca**

No ambiente natural, diversos fatores abióticos atuam na germinação e no vigor da plântula. A seca, por exemplo, além de impossibilitar a embebição da semente, inviabiliza o estabelecimento da plântula. Isto ocorre, pois a radícula e os primeiros eófilos são estruturas muito sensíveis (FENNER, 1987) às alterações ambientais, como a indisponibilidade hídrica.

A seca é um importante fator limitante para o desenvolvimento das plântulas (XIAO et al., 2009; MOSS; HERMANUTZ, 2009; MEDRANO et al., 2015). A seca ocorre pela insuficiência de água disponível no ambiente (ZHAO et al., 2009) ou que possa ser absorvida pelas plantas, induzindo a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), além de implicar estresse osmótico, causando perda de turgor na plântula (SOHRABI et al., 2012; SEPAHVAND et al., 2021). A seca também inibe absorção de nutrientes e a expressão gênica (ZHAO et al., 2009). Para Del Cacho (2012), a seca afeta todos os estágios anteriores e posteriores à plântula, no entanto, a forma como cada espécie reage à seca pode ser diferente (KARKANIS et al., 2011).

As plantas que são tolerantes à seca apresentam a capacidade de suportar a disponibilidade de água abaixo do ideal, por meio de mecanismos para evitar a desidratação envolvendo a manutenção de um estado hídrico elevado (favorável) da planta durante o estresse ou minimizar a perda de água, através do fechamento estomático, redução da área foliar, senescência de folhas mais velhas (LOPES et al., 2011) ou alteração da arquitetura da raiz para melhor absorção da água disponível.

Nos últimos anos, a crise hídrica vem se intensificando (WANG et al., 2016). Quando a plântula está submetida à seca, a absorção de nutrientes é prejudicada, assim como, a transpiração é reduzida (TANGUILIG et al., 1987; MOŽDŽEŇ et al., 2021).

A diminuição da precipitação pode propiciar a ocorrência de fogo, o que tem se tornado mais freqüente nos últimos anos, devido às mudanças climáticas, ação do El Niño e das ações antropogênicas. Tal ocorrência aumenta o déficit hídrico (PHILLIPS et al., 2009), o que pode ocasionar a redução da disponibilidade de sementes, da germinação e do estabelecimento de plântulas. Se considerarmos os biomas existentes no Brasil, como Mata Atlântica, Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pantanal e Pampa, a escassez hídrica, pode afetá-los de diferentes formas. Alguns são mais bem adaptados à escassez hídrica e ao fogo, como Cerrado e Caatinga, no entanto, a ação antrópica coloca em risco a manutenção da biodiversidade. Além disso, as alterações climáticas aliadas à ação antrópica podem dificultar a germinação e o estabelecimento de espécies nativas dos biomas brasileiros, com drásticas conseqüências.

As sementes ao germinarem em condições ambientais adversas, as plântulas podem investir grande parte da energia na defesa contra o estresse, em vez de no crescimento (BRANDIZZI, 2020), o que pode inviabilizar o seu estabelecimento. O ácido abscísico (ABA) é um fitormônio que atua no desenvolvimento vegetal, causando a dormência de sementes, controlando a germinação e o crescimento, especialmente em condições de seca. No entanto, mesmo que o ABA tenha sido descoberto há quase 80 anos e os mecanismos subjacentes à inibição da germinação pelo ABA tenham sido intensivamente investigados, ainda há lacunas sobre os mecanismos controlados pelo ABA para impedir o crescimento pós-germinação em resposta a estímulos ambientais (BRANDIZZI, 2020).

As plantas podem apresentar alterações fisiológicas para aclimatar a curtos períodos de estresse hídrico devido à seca, aumentando a sobrevivência das plantas através do ajuste osmótico, por meio do acúmulo de prolina e açúcares, ou da remoção de espécies reativas do oxigênio (ROS) mediadas pelas enzimas superóxido simutase (SOD), peroxidase (POD) e catalase (CAT) (WANG et al., 2019). A redução da abertura estomática é outra resposta esperada em plantas sob seca, sendo um mecanismo mediado pelo ABA. As plântulas também podem apresentar redução do crescimento, inclusive do sistema radical. Yang et al. (2021) observaram inibição significativa da matéria seca da raiz em plantas de bambu sob estresse por seca. A seca leva à redução dos fotoassimilados, devido à diminuição na taxa de absorção de CO<sub>2</sub>, resultante da redução da condutância estomática, contribuindo também para o decréscimo da transpiração. Lynch (2018) relata que a redução do crescimento da raiz relacionada à diminuição das raízes laterais, parece auxiliar as plantas a resistir ao déficit hídrico. Estudos revelaram que plantas com raízes primárias mais desenvolvidas e raízes mais profundas apresentaram maior eficiência na absorção de água e adaptabilidade superior à seca (MANSCHADI et al., 2008).

Comparando dois genótipos de trigo, um resistente à seca (JD17) e outro sensível à seca (JD8), Guo et al. (2018) verificaram que os níveis de metabólitos encontrados diferiram nos dois genótipos. JD17 apresentou níveis mais altos de prolina, sacarose, frutose e manose, além de ácido málico, ácido oxálico e ácido fumárico. Sabe-se que sob estresse, a plântula acaba por liberar ROS, logo, os metabólitos encontrados são relacionados, geralmente, ao ajuste osmótico, protegendo assim, a membrana de possíveis danos. Quando em altos níveis, ROS são prejudiciais e causam quebra no DNA, morte celular, degradação proteica e peroxidação lipídica (BELIGNI; LAMATTINA, 1999). Em plântulas, a presença de ROS pode degradar as fontes de energia existentes na semente, dessa forma, a plântula, não conseguirá se estabelecer no ambiente.

Em trabalho realizado por Engelbrecht; Kursar (2003) foram comparadas as respostas de 28 espécies lenhosas tropicais. Este estudo mostrou que as espécies estão totalmente adaptadas à seca. Para melhor adaptação, algumas espécies apresentaram raiz profunda e menor área foliar. Outra estratégia utilizada foi a perda de folhas, mantendo assim o potencial hídrico favorável nas raízes. E por fim, algumas espécies apostaram tudo em manter a fotossíntese alta, transpiração, raízes rasas e taxas de crescimento, mesmo que dessa forma, se aproximassem de dessecação letal.

## Salinidade

Entre os estresse abióticos, a salinidade do solo e da água constitui um importante inibidor da produção agrícola nas regiões áridas e zonas costeiras que dependem fortemente da irrigação (DE LEON et al., 2017), devido ao acúmulo de níveis tóxicos de íons como  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , ocasionando estresse osmótico (YU et al., 2021). Assim a salinidade causa estresse osmótico devido ao déficit de água ocasionado pela redução do potencial hídrico, além de causar efeitos iônicos específicos resultantes da acumulação de íons tóxicos, que interferem na absorção de nutrientes e provocam citotoxicidade. A salinidade não é provocada somente pelo aumento dos níveis de NaCl na água, mas também pelo acúmulo de outros íons devido à escassez hídrica do solo.

A salinidade influencia o solo afetando suas propriedades físicas e químicas, com o aumento da concentração de sais e sódio trocável, causando a elevação do potencial osmótico e redução de fertilidade (D'ALMEIDA et al., 2005). Conseqüentemente, este elevado nível salino, pode levar à desertificação por conta de privação na absorção de nutrientes, acarretando perda de fertilidade e uma maior possibilidade de erosão deste solo. Considerando que quase 50% das terras irrigadas e cerca de 20% das terras aráveis do mundo são afetadas pela salinidade, o aumento das áreas afetadas salinização pode trazer sérios riscos à sustentabilidade e à segurança alimentar (YU et al., 2021).

As plantas tolerantes ao sal são geneticamente adaptadas à salinidade, sendo denominadas halófitas (do grego, *halo* = “salgado”), enquanto que as plantas não adaptadas

a salinidade são chamadas glicófitas (do grego, *glyco* = “doce”). Assim plantas halófitas são mais tolerantes à salinidade e as glicófitas são mais sensíveis. Entretanto, a tolerância à salinidade é uma característica complexa e as plantas têm uma ampla gama de tolerâncias à salinidade, sendo que as plantas halófitas são definidas como tendo a capacidade de completar seu ciclo de vida em condições superiores a 200 mM NaCl (FLOWERS et al., 2010).

Os mecanismos de tolerância a salinidade podem ser divididos em três tipos: tolerância ao estresse osmótico, exclusão de Na<sup>+</sup> das folhas e tolerância do tecido (MUNNS; TESTER, 2008). A salinidade ocasiona estresse osmótico, o que pode reduzir a expansão celular nas pontas das raízes e nas folhas jovens, induzir o fechamento dos estômatos. Neste caso, o acúmulo de Na<sup>+</sup> na parte aérea e nos vacúolos, assim como o aumento no teor de solutos orgânicos aumentam a capacidade de ajuste osmótico. A exclusão do Na<sup>+</sup> pode ocorrer através do controle do transporte a longa distância de íons, como o Na<sup>+</sup> para a parte aérea e aumento do seqüestro de Na<sup>+</sup> no vacúolo das raízes (MUNNS; TESTER, 2008). A tolerância do tecido a salinidade ocorre pelo controle do transporte vacuolar, através do aumento do seqüestro de Na<sup>+</sup> no vacúolo foliar e acúmulo de altas concentrações de solutos compatíveis no citoplasma (MUNNS; TESTER, 2008).

Assim, a salinidade pode ocasionar diferentes efeitos fisiológicos em plantas mais sensíveis ao estresse salino, como a deficiência de K<sup>+</sup> induzido pelo excesso de influxo de Na<sup>+</sup>. A alteração da absorção de nutrientes importantes inibe a atividade enzimática, a síntese protéica e fotossíntese, além de afetar a absorção de água.

No geral, uma estratégia para a tolerância ao sódio é mantê-lo distante do citosol e parte aérea, através da compartimentalização do Na<sup>+</sup> no vacúolo ou exclusão do sódio para fora da célula; eliminação do sódio via glândulas de sal; acúmulo de K<sup>+</sup> e síntese de solutos compatíveis para manter o balanço iônico (MAATHUIS, 2014).

Estudos sobre o estabelecimento de plântulas em regiões tipicamente salinas ainda são escassos, como por exemplo, em áreas de mangue. Os manguezais são ecossistemas de transição que ocorrem nas zonas costeiras e entremarés, típicos de regiões tropicais e subtropicais (PELOZO et al., 2016; LE MINOR et al., 2019). As plantas de mangue são tolerantes a salinidade, mas pouco se conhece sobre as estratégias para o estabelecimento de suas plântulas. Estudo realizado por Pelozo et al. (2016), com as espécies *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* presentes em mangue de Guaratuba, PR, analisando as folhas e cotilédones das plântulas, verificou a presença de ajustes morfológicos para reduzir a perda de água, como a presença de cutícula e hipoderme espessa e eliminação do excesso de sal, através da ocorrência de glândulas de sal. Assim esses traços possibilitaram maior eficiência para a manutenção dos processos fisiológicos durante o estabelecimento inicial das plântulas.

Entretanto, Kodikara et al. (2018) verificaram que plântulas de espécies de mangue como *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *Avicennia marina*, *A. officinalis* exibiram menor

taxa de sobrevivência, altura, taxa média de crescimento e peso seco sob altas salinidade. Entretanto, após 15 a 20 semanas, essas mudas apresentaram melhor desempenho em salinidade moderada, indicando que a adaptação à salinidade pode variar com a idade da planta.

## Alagamento

O alagamento do solo pode ser sazonal ou permanente (KISSMANN et al., 2014) e desencadeia respostas de estresse. O excesso de disponibilidade hídrica pode impactar a germinação e o estabelecimento de plântulas das mais variadas espécies por, entre outros fatores, restringir a quantidade de oxigênio que o embrião necessita para ativar o processo de germinação (KOZLOWSKI, 1997). Sementes mais secas, quando impostas à plena disponibilidade de água no solo, por exemplo, podem absorver a água com muita rapidez e causar prejuízo na germinação, consequência da ruptura de tecidos (HOBBS; OBENDORF, 1972). A perda de viabilidade sob condições de alagamento é muito comum em sementes que possuem maior taxa de germinação no solo (PAROLIN, 2001). Sementes que não apresentam perda de viabilidade durante uma condição de alagamento podem apresentar um atraso na emergência do epicótilo em alguns casos (SCARANO et al., 2003).

Sobre o impacto nas raízes, o excesso de água pode impedir as trocas gasosas entre raízes, rizosfera e ambiente aéreo (KERBAUY, 2004), podendo ter mudanças também nos níveis hormonais (LACHER, 2004), acarretando em senescência precoce e abscisão foliar, redução do crescimento, hipertrofia da base do caule, formação de lenticelas e de raízes adventícias (CORTEZI; COLLI, 2011).

Mudanças na disponibilidade de dióxido de carbono, nutrientes minerais e concentrações de fitotoxinas no solo, aumento da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, aumento da solubilidade de substâncias minerais potencialmente tóxicas são algumas das consequências também observadas em plantas expostas ao alagamento (PAROLIN, 2009). Em testes realizados com as plântulas das espécies arbóreas nativas *Adelia membranifolia* e *Peltophorum dubium*, o seu respectivo crescimento em condições excesso de água do substrato depende do estado nutricional das plantas (SANTIAGO; PAOLI, 2003).

Em uma pesquisa realizada sobre a germinação e sobrevivência de plântulas de *Himatanthus sucuuba*, em resposta ao alagamento, foi sugerido que podem existir mecanismos que promovem a desintoxicação da planta, o que propiciou a grande tolerância da espécie em estudo ao alagamento (FERREIRA et al., 2006). Entre esses mecanismos, pode ocorrer a modificação morfoanatômica, que permitem melhorar a difusão do oxigênio (COFFATTI, 2016), como a formação de aerênquima, lenticelas hipertrofiadas e raízes adventícias. Além disso, o fitormônio etileno é sintetizado em resposta ao alagamento, induzindo aumento do crescimento da parte aérea e da formação de aerênquima na raiz.

O alagamento também pode induzir clorose, murchamento prematuro, diminuição da capacidade fotossintética, do potencial hídrico, da concentração de nutrientes nas folhas e diminuição no crescimento (COELHO, 2013).

De acordo com testes realizados por Oliveira (2011), a razão pela qual ocorre redução da atividade metabólica e da taxa fotossintética em plântulas sob efeito de alagamento é a falta de oxigênio, o que faz com que o sistema radicular produza energia anaerobicamente, diminuindo a quantidade necessária para o metabolismo. Em testes feitos por Coffatti (2016) com plantas de *Tabebuia aurea*, fica claro o impacto que o alagamento trouxe para o desenvolvimento do caule, onde as plantas sob alagamento total, apresentaram lenticelas hipertrofiadas ao longo do caule, enquanto que as plantas sob condições ideais, o caule se mostrou homogêneo.

Com estudos morfológicos, é possível obter variados dados sobre a resposta do desenvolvimento de plântulas em diferentes condições ambientais, especialmente a morfologia das raízes (SANTIAGO; PAOLI, 2003). O conhecimento sobre as respostas das plantas às condições de alagamento e outras condições de estresse podem favorecer planos de manejo e de reintrodução de espécies, especialmente em áreas sazonais e constantemente alagáveis (OLIVEIRA, 2011).

Por sofrerem condições de alagamento extremo por períodos mais longos (PAROLIN, 2000; PIEDADE et al., 2001), algumas espécies adaptam seu metabolismo constantemente a fim de superar o estresse causado pela inundação (KOZLOWSKI, 1997; DAT et al., 2004). A adaptação a essa adversidade depende da idade da planta e do tempo de exposição ao alagamento (LYTLE; POFF, 2004).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plântulas apresentam respostas distintas quando estão sob efeito de seca, salinidade e alagamento, e esses fatores abióticos podem interferir no estabelecimento das plântulas. Na figura 1, são exemplificadas algumas respostas a esses fatores abióticos, induzindo diferentes estratégias para o estabelecimento de plântulas.

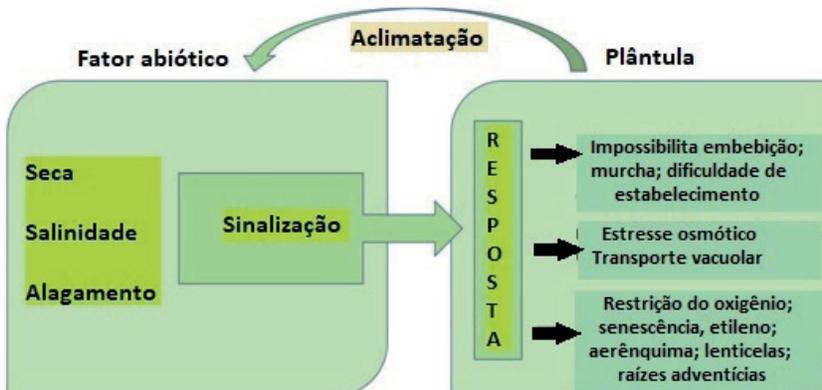


Figura 1. Principais respostas das plântulas aos fatores de estresse abiótico.

## REFERÊNCIAS

- BELIGNI, M.V.; LAMATTINA, L. Nitric oxide counter acts cytotoxic processes mediated by reactive oxygen species in plant tissues. **Planta**, v. 208, p. 337-344, 1999.
- BEWLEY, J.D., BRADFORD, K.J., HILHORST, H.W.M. AND NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. 3rd Edition, Springer, New York. 2013.
- BRANDIZZI, F. To grow or not to grow. **The Plant Journal**, v.103, p. 479–480, 2020.
- CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Morfologia, anatomia e desenvolvimento de frutos, sementes e plântulas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Lithraea molleoides* (Vell) Eng., *Myracondrum urundeuva* Fr. Allem. e *Astronium graveolens* Janq. (Anacardiaceae)**. 1996. 90 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 1996.
- COELHO, C.C.R.; SILVA, J.N. da; NEVES, M. G.; CONCEIÇÃO, A.G.C.a da; SILVA, R.T.L. da; NETO, C.F. de O. Aspectos ecofisiológicos e crescimento em plantas de milho submetidas ao alagamento. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, n. 2, p. 41-46, 2013.
- COFFATTI, L.R. **Aspectos fisiológicos e morfoanatômicos de *Tabebuia aurea* submetida ao alagamento**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Instituto de Biociências de Botucatu. Botucatu, SP, 2016.
- CORTEZI, D.G.; COLLI, S. Effect of flooding and application of plant growth regulators on sprouting of *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) and *Sesbania virgata* (Fabaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, p. 423-430, 2011.
- D'ALMEIDA, D. M. B. A.; ANDRADE, E.M.; MEIRELES, A.C.M.; NESS, R.L.L. Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na Chapada do Apodi, Ceará. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.3, p.615- 621, 2005.
- DAT, J.F., CAPELLI, N; FOLZER, H.; BOURGEADE, P.; BADOT. P. M. Sensing and signalling during plant flooding. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 42, p.273–282, 2004.
- DE LEON, T.B.; LINScombe, S.; SUBUDHI, P.K. Identification and validation of QTLs for seedling salinity tolerance in introgression lines of a salt tolerant rice landrace ‘Pökkali’. **PLoS ONE**, v. 12, n. 4, p. e0175361.
- DEL CACHO, M.; SAURA-MAS, S.; ESTIARTE, M.; PEÑUELAS, J.; LLORET, F. Effect of experimentally induced climate change on the seed bank of a Mediterranean shrub land. **Journal of Vegetation Science**, v. 23, p. 280–291, 2012.
- DUKE, J.A. Keys for the identification of seedlings of some preeminent wood species in eight forest types in Puerto Rico. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 52, p. 314-350, 1965.
- ENGELBRECHT, B.M.J.; KURSAR, T.A. Comparative drought-resistance of seedlings of 28 species of co-occurring tropical Woody plants. **Oecologia**, v. 136, p. 383-393, 2003.
- FENNER, M. Seedlings. **New Phytologist**, v. 106S, p. 35–47, 1987.

- FERREIRA, C. da S.; PIEDADE, M.T.F.; BONATES, L.C.. Germinação de sementes e sobrevivência de plântulas de *Himatanthus sucuuba* (Spruce) Wood. em resposta ao alagamento, nas várzeas da Amazônia Central. **Acta Amazonica [online]**, v. 36, n. 4, 2006.
- FLOWERS, T.J.; GALAL, H.K.; BROMHAM, L. Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants. **Functional Plant Biology**. v. 37, p. 604-612, 2010.
- GARWOOD, N. C. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M. D. (Ed.). **The ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris: Parthenon Publishing Group, 1996. p. 59-129.
- GUO, R.; SHI, L.; JIAO, Y.; LI, M.; ZHONG, X.; GU, F.; LIU, Q.; XIA, X. & Li, H. Metabolic responses to drought stress in the tissues of drought-tolerant and drought-sensitive wheat genotype seedlings. **AoBPlants**, v.10, n. 2, p. ply016, 2018.
- HOBBS, P. R.; OBENDORF, R. L. Interaction of initial seed moisture and imbibition al temperature on germination and productivity of soybean. **Crop Science**, v.13, p.664-667, 1972.
- KARKANIS, A.; BILALIS, D.; EFTHIMIADOU, A. Architectural plasticity, photosynthesis and growth responses of velvet leaf (*Abutilon theophrasti* Medicus) plants to water stress in a semi-arid environment. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, p. 369-374, 2011.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.
- KISSMANN, C., VEIGA, E.B., EICHEMBERG, M.T. & HABERMANN, G. Morphological effects of flooding on *Styrax pohlilii* and the dynamics of physiological responses during flooding and post-flooding conditions. **Aquatic Botany**, v. 119, p. 7-14, 2014.
- KODIKARA, A.S.K.; JAYATISSA, L.P.; HUXHAM, M.; DAHDOUH-GUEBAS, F.; KOEDAM, N. The effects of salinity on growth and survival of mangrove seedlings changes with age. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 1, p. 37-46, 2018.
- KOZLOWSKI, T.T. Responses of Woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, n. 1, p. 1-29, 1997.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p
- LE MINOR, M.; BARTZKE, G.; ZIMMER, M.; GILLIS, L.; HELFER, V. HUHNS, K. Numerical modelling of hydraulics and sediment dynamics around mangrove seedlings: Implications for mangrove establishment and reforestation. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 217, p. 81-95, 2019.
- LOPES, M.S.; ARAUS, J.L.; VAN HEERDEN, P.D.R.; FOYER, C.H. Enhancing drought tolerance in C<sub>4</sub> crops. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 9, p. 3135–3153, 2011.
- LYNCH, J.P. Rightsizing root phenotypes for drought resistance. **Journal of Experimental Botany**, v. 69, n. 13 p. 3279–3292, 2018.
- LYTLE, D. A.; POFF, N. L. Adaptation to natural flow regimes. **Trends in Ecology and Evolution**, v.16, n. 2, p. 94-100. 2004.

- MANSCHADI, A.M.; HAMMER, G.L.; CHRISTOPHER, J.T.; DE VOIL, P. Genotypic variation in seedling root architectural traits and implications for drought adaptation in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant Soil**, v. 303, p.115-129, 2008.
- MAATHUIS, F.J.M. Sodium in plants: perception, signalling, and regulation of sodium fluxes. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 3, p. 849–858, 2014.
- MEDRANO, H.; TOMÁS, M.; MARTORELL, S.; ESCALONA J-M.; POU, A.; FUENTES, S.; FLEXAS, J.; BOTA, J. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. **Agronomy for Sustainable Development**. v. 35, p. 499-517, 2015.
- MOSS, M.; HERMANUTZ, L. 2009. Post fire seedling recruitment at the southern limit of lichen Wood land. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 39, p. 2299–2306, 2009.
- MOŹDŹEŃ, K.; BOJARSKI, B.; RUT, G.; MIGDALEK, G.; REPKA, P.; RZEPKA, A. Effect of drought stress induced by mannitol on physiological parameters of maize (*Zea mays* L.) seedlings and plants. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 2021, p. 86-91, 2021.
- OLIVEIRA, V.C. de. **Sobrevivência, morfo-anatomia, crescimento e assimilação de carbono de seis espécies arbóreas neotropicais submetidas à saturação hídrica do solo**. 2011. 136 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP.
- PAROLIN, P. Seed mass in Amazonian floodplain forests with contrasting nutrient supplies. **Journal of Tropical Ecology**, v. 16, p. 417-428. 2000.
- PAROLIN, P. Seed germination and early establishment of 12 tree species from nutrient-rich and nutrient-poor Central Amazonian flood plains. **Aquatic Botany**, v.70, p. 89-103, 2001.
- PAROLIN, P. Submerged in darkness: adaptations to prolonged submergence by woody species of the Amazonian floodplains. **Annals of Botany**, v. 103, p. 359–376, 2009.
- PELOZO, A.; BOEGER, M.R.T.; SERENESKI-DE-LIMA, C.; SOFFIATTI, P. Leaf morphological strategies of seedlings and saplings of *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae), *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) and *Avicennia schaueriana* (Acanthaceae) from Southern Brazil. **Revista de Biologia Tropical**. v. 64, n. 1, p. 305-317, 2016.
- PHILLIPS, O.L.; ARAGÃO, L.E.; LEWIS, S.L. et al. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. **Science**, v. 323, n. 5919, p.1344-7, 2009.
- PIECADE, M.T.F.; WORBES, M.; JUNK, W.J. **Geo-ecological controls on Elemental fluxes in communities of higher plants in Amazonian floodplains**. In: McCLAIN, M.E.; VICTORIA, R.L.; RICHEY, J.E. (Eds). The biogeochemistry of the Amazon basin. Oxford University Press, New York, p. 209-234, 2001.
- SANTIAGO, E.F.; PAOLI, A.A.S. O aumento em superfície em *Adelia membranifolia* (Müll. Arg.) Pax & K. Hoffm. e *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., em resposta ao estresse por deficiência nutricional e alagamento do substrato. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, p. 503-513, 2003.
- SCARANO, F.R.; PEREIRA, T.S.; RÔÇAS, G. Seed germination during floatation and seedling growth of *Carapa guianensis*, a tree from flood-prone forests of the Amazon. **Plant Ecology**, v. 168, p. 291–296, 2003.

SOHRABI, Y.; HEIDARI, G.; WEISANY, W.; GOLEZANI, K.G.; MOHAMMADI, K. Changes of antioxidative enzymes, lipid peroxidation and chlorophyll content in chickpea types colonized by different *Glomus* species under drought stress. **Symbiosis**, v. 56, n. 1, p. 5-18. 2012.

SOUZA, L. A. de. **Morfologia e anatomia vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula**. Ponta Grossa: UEPG, 2003. 259 p.

SOUZA, L. A. de. **Sementes e plântulas: germinação, estrutura e adaptação**. Ponta Grossa: Toda Palavra, 2009.

SEPAHVAND, T.; ETEMAD, V.; MATINIZADEH, M.; SHIRVANY, A. Symbiosis of AMF with growth modulation and antioxidant capacity of Caucasian Hackberry (*Celtis Caucasica* L.) seedlings under drought stress. **Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation**, v. 1, p. 20-35, 2021.

TAIZ, L.; E. ZEIGER. 2006. **Plant Physiology**. 4th Edition. Sinauer Associates Inc. Sunderland, Massachusetts.

TANGUILIG, V.C.; YAMBABO E.B.; O'TOOLE J.C.; DE DATTA S.K. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. **Plant and Soil**, v. 103, p. 155-168, 1987.

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

TIAN, X.; LEI, Y. Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. **Biologia plantarum**, v. 50, n. 4, p. 775-778, 2006.

VOGEL, E.F. **Seedlings of Dicotyledons**. Wageningen: Ed. Pudoc. 1980.

XIAO, X., YANG, F., ZHANG, S., KORPELAINEN, H., LI, C., Physiological and proteomic responses of two contrasting *Populus cathayana* populations to drought stress. **Physiologia Plantarum**, v. 136, n. 2, p. 150-168. 2009.

WANG, X.L.; WANG, J.J.; SUN, R.H.; HOU, X.G.; ZHAO, W.; SHI, J.; ZHANG, Y.F.; QI, L.; LI, X.L.; DONG, P.H.; ZHANG, L.X.; XU, G.W. and GAN, H.B. Correlation of the corn compensatory growth mechanism after post-drought rewatering with cytokinin induced by root nitrate absorption. **Agricultural Water Management**, v. 166, p. 77-85, 2016.

WANG, J.; JIAO, J.; ZHOU, M.; JIN, Z.; YU, Z.; LIANG, M. Physiological and transcriptional responses of industrial rapeseed (*Brassica napus*) seedlings to drought and salinity stress. **International Journal of Molecular Science**, v. 20, p. 5604-5624, 2019.

YANG, Z.; CAO, Y.; ZHAO, J.; ZHOU, B.; GE, X.; LI, Q.; LI, M. Root response of Moso bamboo (*Phyllostachys edulis* (Carrière) J. Houz.) seedlings to drought with different intensities and durations. **Forests**, v. 12, p. 50-66, 2021.

YU, R.; WANG, G.; YU, X.; LI, L.; SONG, Y.; XU, Z.; ZHAN, J.; GUAN, C. Assessing alfalfa (*Medicago sativa* L.) tolerance to salinity at seedling stage and screening of the salinity tolerance traits. **Plant Biology**, v. 23, p. 664–674, 2021.

ZHAO, Y.J.; WENG, B.Q.; WANG, Y.X.; XU, G.Z.. Plant physio-ecological responses to drought stress and its research progress. **Fujian Science and Technology of Rice and Wheat**, v. 27, p. 45–50, 2009.