



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV

André Osório Ribeiro de Souza Gomes

**EFEITOS DO ALAGAMENTO E DA SECA NO DESENVOLVIMENTO DE
PLANTAS DO CERRADO**

Brasília-DF
Dezembro/2015



ANDRÉ OSÓRIO RIBEIRO DE SOUZA GOMES

**EFEITOS DO ALAGAMENTO E DA SECA NO DESENVOLVIMENTO DE
PLANTAS DO CERRADO**

Monografia apresentada à Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, como requisito para a conclusão de graduação e obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Augusto Cesar Franco

BRASÍLIA

2015

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

ANDRÉ OSÓRIO RIBEIRO DE SOUZA GOMES

**EFEITOS DO ALAGAMENTO E DA SECA NO DESENVOLVIMENTO DE
PLANTAS DO CERRADO**

**Monografia aprovada em 16/12/2015 para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.**

Banca Examinadora:

Prof. PhD. Augusto Cesar Franco
Departamento de Botânica - UnB - Orientador

PhD. Marcelo Lattarulo Campos
Departamento de Botânica – UnB-Examinador

Prof.Dr.Márcio de Carvalho Pires
FAV – UnB-Examinador

FICHA CATALOGRÁFICA

EFEITOS DO ALAGAMENTO E DA SECA NA FISIOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DO CERRADO

GOMES, A. O. R. S. Efeitos do alagamento e da seca no desenvolvimento de plantas do cerrado. Brasília, 2015. Orientação de Augusto Cesar Franco. Trabalho de Conclusão de Curso Agronomia – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. 26 p.: il.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GOMES, A. O. R. S. Efeitos do alagamento e da seca no desenvolvimento de plantas do cerrado. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília; Monografia de Conclusão de Curso. 2015, 26 p.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do autor: André Osório Ribeiro de Souza Gomes

Título do trabalho de conclusão de curso (Graduação):

Efeitos do alagamento e da seca no desenvolvimento de plantas do cerrado.

Grau: Engenheiro Agrônomo Ano: 2015.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos.

André Osório Ribeiro de Souza Gomes

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela força, saúde, paz e por todas as inúmeras bênçãos recebidas. Este que é meu guia, para hoje e sempre.

Aos meus pais, Edleusa Ribeiro e Israel Osório, por todo carinho e fé, depositados em mim. Ao meu irmão Israel Tiago, por seu companheirismo e fidelidade. À minha avó Eunice Barreto, por todo amor, compreensão e por me aturar durante o período que Deus permitiu, eu sempre te amarei.

Aos meus bons amigos e companheiros de faculdade, Djane Leite, Erick Sabino, Bárbara Souza e Rayssa Bittencurt e também a incomparável turma do bola murcha(Cassius, Catherine, Daniel, Diego, Guilherme, Igor, Jasmin, Karen, Kildery, Leandro, Mariana, Maíra, Pedro, Lucas, Lara (Nesralla e Guedes), Thalita, Ana Paula e Tailine) e tantos outros que me ajudaram, durante esses longos anos de estrada.

Aos meus amigos de infância, Evaney, Luis, Gustavo, Rudson, Roney, Normando, Armando, Overli, Ruy, David, Isabela, Tamyres, Fernanda e Leandro, muito obrigado por ajudarem das formas mais distintas possíveis. À minha eterna namorada Patrícia Garcia, por sua paciência, amor e por suportar meu mal humor durante alguns anos da minha trajetória.

Aos meus colegas e amigos de laboratório, Alyne, Hérica, Marcelo, Fábio e Marinho.

A todos que me apoiaram durante estes cinco anos de universidade, me ajudando a superar os vários obstáculos, somando para que dia-após-dia eu me torna-se uma pessoa e um profissional melhor.

E a todos os meus mestres, por passarem todo o seu saber a mim e aos meus colegas, sem distinção e sempre com o melhor de cada um.

Minha mais sincera gratidão!

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, pessoa pela qual tenho a mais profunda admiração e respeito o Professor Augusto Cesar Franco. Agradeço também às minhas duas mentoras, a professora Cristiane Ferreira e a professora Marina Scalon, que me ajudaram na elaboração dos experimentos, e em todo o desenvolvimento do trabalho, com sua sabedoria e alegria.

À vocês meus eternos agradecimentos.

ÍNDICE GERAL

1)INTRODUÇÃO	1
2) OBJETIVO GERAL	1
2.1) OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3.1) Pares congênericos	2
3.2) As espécies: <i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J. F. Macbr (Fabaceae) (formação aberta) e <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (vell.) morong (Fabaceae)(formação florestal).....	3
3.2.1. Caracterização, classificação botânica e origem.....	3
3.2.2) <i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J. F. Macbr (Fabaceae).....	3
3.2.3) <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (vell.) Morong (Fabaceae)	4
3.3) Efeitos de alterações do regime hídrico no desenvolvimento inicial de mudas...6	
3.3.1) Respostas fisiológicas e anatômicas ao alagamento.....	6
3.3.2) Respostas fisiológicas e anatômicas ao déficit hídrico.....	7
4) MATERIAL E MÉTODOS	8
5) RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
5.1) Teste de germinação e IVG.....	10
5.2) Concentração de oxigênio	10
5.3) Sobrevivência.....	10
5.4) Modificações na morfologia externa das plantas	11
5.5) Nodulações ocorridas em <i>E.contortisiliquum</i> e <i>E. gummiferum</i>	15
5.6) Efeitos do alagamento e déficit hídrico na acumulação e distribuição de biomassa	17
6) CONCLUSÃO	23
7) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Sobrevivência de plantas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> e <i>Enterolobium gummiferum</i> mantidas durante um período de 70 dias em condições de alagamento, déficit hídrico e irrigação diária.	11
Tabela 2. Ocorrência de lenticelas, cronologicamente em <i>E. contortisiliquum</i>	12
Tabela 3. Ocorrência de lenticelas, cronologicamente em <i>E. gummiferum</i>	12
Tabela 4. Modificações morfológicas encontradas nos indivíduos submetidos ao alagamento, por um período de 70 dias.	13
Tabela 5. Hipertrofia da base do caule, cronologicamente em <i>E. contortisiliquum</i>	14
Tabela 6. Nodulação, cronologicamente em <i>E. contortisiliquum</i>	15
Tabela 7. Nodulação, cronologicamente em <i>E. gummiferum</i>	16

ÍNDICE FOTOGRÁFICO

Figura 1 - <i>Enterolobium. gummiferum</i> sob vista frontal.....	4
Figura 2 - <i>Enterolobium. contortisiliquum</i> sob vista frontal	5
Figura 3 – Surgimento de lenticelas em todo o caule de <i>E..contortisiliquum</i> e <i>E. gummiferum</i> sob visualização frontal.....	12
<i>Figura 4 -</i> Surgimento de raiz adventícia em espécie de <i>E. contortisiliquum</i>	13
Figura 5 - Aparecimento de hipertrofia na base do caule da espécie de <i>E. contortisiliquum</i>	14
Figura 6 - Disposição dos nódulos no sistema radicular, nódulo em foco e sob cortes variados, de <i>E.contortisiliquum</i>	16
Figura 7 – Representação gráfica da biomassa total, radicular e foliar de plântulas de <i>E. contortisiliquum</i> ao longo do experimento.....	18
Figura 8 – Representação gráfica da biomassa total , foliar e radicular de plântulas de <i>E. gummiferum</i> ao longo do experimento.....	19
Figura 9. Representação gráfica da biomassa total de plantas de <i>E. contortisiliquum</i> aos 85 dias, após serem submetidas a 0, 15, 30, 52 e 70 dias de alagamento.....	19
Figura 10. Representação gráfica da biomassa total de plantas de <i>E. gummiferum</i> aos 85 dias, após serem submetidas a 0, 15, 30, 52 e 70 dias de alagamento.....	20
Figura 11. Representação gráfica da biomassa radicular de plantas de <i>E. contortisiliquum</i> aos 85 dias, após serem submetidas a 0, 15, 30, 52 e 70 dias de alagamento.....	20
Figura 12. Representação gráfica da biomassa foliar de plantas de <i>E. gummiferum</i> aos 85 dias, após serem submetidas a 0, 15, 30, 52 e 70 dias de alagamento.....	21
Figura 13. Comparativo do sistema radicular de <i>E. gummiferum</i> aos 70 dias de tratamento, sob alagamento e com rega diária até a capacidade de campo.....	21
Figura14. Emissão de gemas e novas folhas em indivíduos de <i>E. contortisiliquum</i>	22

RESUMO

Forças estressoras atuam como fatores de seleção para a vegetação, afetando a diversidade vegetal. Em ambiente natural, as plantas estão expostas a pressões ambientais contrastantes, em especial, quanto às condições de disponibilidade hídrica do solo, que desempenha um papel importante na regulação da composição das espécies e seus aspectos funcionais. Plantas do cerrado podem estar expostas ao excesso de água durante a estação chuvosa, como nas matas de galeria que margeiam os cursos d'água, ou a períodos prolongados de falta de água durante a estação seca, que caracteriza o cerrado *sensu stricto*. O objetivo deste estudo foi determinar a resposta morfológica de plantas a estas condições, em duas espécies arbóreas, sendo uma típica do cerrado (*Enterolobium gummiferum* (Mart.) J. F. Macbr) e a outra de ocorrência predominante em matas de galeria (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong). Plantas aos 90 dias após a germinação foram submetidas a dois experimentos paralelos e um controle. No experimento 1, plantas foram expostas a 15, 30, 52 e 70 dias de alagamento. No experimento 2, as plantas foram expostas a seca, por períodos de 15, 30, 52 e 70 dias. Os controles foram submetidos a uma rega diária, até a capacidade de campo. A espécie de ocorrência em mata de galeria (*Enterolobium contortisiliquum*), mostrou-se tolerante às condições contrastantes de alagamento por um período inferior a 30 dias, sem demonstrar prejuízo algum a sua sobrevivência e estabelecimento.

Palavras chave: Alagamento, seca, mata de galeria, cerrado.

ABSTRACT

Stressful forces act as selection factors for vegetation, affecting plant diversity. In natural environment, plants are exposed to contrasting environmental pressures, in particular regarding the conditions of soil water availability, which plays an important role in regulating the composition of species and their functional aspects. Savanna plants can be exposed to excess of water during the rainy season, as the gallery forests that line rivers or wetlands, or prolonged periods of water shortage during the dry season, which features the savanna woodland. The aim of this study was to determine the morphological response to these conditions in two tree species, one typical of the savanna (*Enterolobium gummiferum* (Mart.) JF Macbr) and one with predominant occurrence in riverine forests (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong). Plants at 90 days after germination were submitted to two parallel experiments and a control: In Experiment 1, plants were exposed to 15, 30, 52 and 70 days of flooding. In experiment 2, the plants were exposed to dry for periods of 15, 30, 52 and 70 days. Controls were subjected to daily watering until field capacity. The gallery forest species *Enterolobium contortisiliquum*, proved to be more tolerant to flooding for a period less than 30 days, without showing any prejudice to their survival and establishment

Key words: flooding, drought, gallery forest, savanna.

1) INTRODUÇÃO

Forças estressoras atuam como fatores de seleção para a vegetação, afetando a diversidade vegetal. O Cerrado, vegetação típica do Planalto Central, é o segundo maior bioma brasileiro em área e composto de um mosaico de diferentes tipos de formações florestais, savânicas e campestres (Ribeiro & Walter 2008), que estão expostas a pressões ambientais contrastantes, em especial, quanto às condições de disponibilidade hídrica. As propriedades do solo e especialmente o regime hídrico do solo desempenham um papel importante na regulação da composição das espécies e seus aspectos funcionais (Bourliere, 1983; Franco, 2002; Sankaran *et al.* 2005; Haridasan, 2008; Rossatto *et al.* 2012).

Dependendo da profundidade do lençol freático e da topografia, plantas do cerrado podem estar expostas ao excesso de água durante a estação chuvosa, como nas matas de galeria que margeiam os cursos d'água (Rodrigues & Nave, 2000), ou a períodos prolongados de falta de água durante a estação seca, como ocorre nos solos profundos e bem drenados, que caracterizam o cerrado *sensu stricto*.

Neste contexto, era de se esperar uma forte pressão seletiva para que espécies arbóreas do cerrado sejam capazes de tolerar condições contrastantes de disponibilidade hídrica. No entanto, espera-se que espécies arbóreas típicas de matas de galeria tenham uma maior capacidade de tolerar solos encharcados, enquanto espécies arbóreas típicas de ambientes abertos tenham uma maior capacidade de tolerar períodos prolongados de déficit hídrico do solo (Lima Filho *et al.* 1992).

2) OBJETIVO GERAL

Analisar respostas na morfologia e fisiologia de um par congênico, submetido a condições contrastantes de disponibilidade hídrica (déficit hídrico e alagamento do

solo), sendo uma espécie de ocorrência em mata de galeria (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) e uma espécie de ocorrência típica no cerrado *sensu stricto* (*Enterolobium gummiferum* (Mart.) J. F. Macbr).

2.1) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a taxa de germinação e índice de velocidade de germinação das duas espécies, a partir índice de velocidade de germinação (IVG),
- Determinar a sobrevivência, modificações na morfologia externa das plantas, a acumulação e distribuição de biomassa em resposta às condições de encharcamento e suspensão da irrigação.

3) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1) Pares congênericos

Em muitos locais do cerrado existem áreas de transição entre as formações florestais e as formações de savana. A transição entre estes dois tipos de formações vegetais, são caracterizadas por diferenças na densidade da vegetação arbórea e consequentemente na composição das espécies (Felfili & Silva Júnior 1992).

Contudo é comum a ocorrência de pares congênericos nas regiões de transição entre as duas fitofisionomias, visualizando-se duas espécies do mesmo gênero, sendo uma de ambiente típico de Savana e outra típica de ambientes de mata de galeria (Rossato *et al.* 2009). Estas espécies, muitas vezes, são encontradas próximas, nestas regiões de transição, demonstrando que algumas espécies florestais têm a capacidade de se estabelecer e colonizar as formações savânicas circundantes (Hoffmann *et al.* 2004).

Desta forma o estudo das diferenças morfológicas e fisiológicas entre as espécies possuem grande interesse de entendimento dos fatores ambientais e características inerentes da vegetação que determinam a ocorrência destes, e para realizar prognósticos sobre a distribuição da vegetação em resposta às mudanças climáticas e regimes de distúrbio (Hoffmann *et al.* 2000).

Devido às características diferenciadas entre as formações de cerrado e as formações florestais, pode-se postular que as espécies de cerrado e de mata se comportariam como grupos funcionais distintos, devido às claras diferenças ambientais encontradas entre estes ambientes (Hoffmann *et al.* 2005). Um grupo funcional é caracterizado por um conjunto variável de espécies vegetais, independente de sua filogenia, que são similares em algumas características, apresentando padrões similares de associação com certas variáveis do ambiente (Pillar & Sosinski Jr. 2003).

3.2) As espécies: *Enterolobium gummiferum* (Mart.) J. F. Macbr (Fabaceae) (formação aberta) e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae) (formação florestal).

3.2.1. Caracterização, classificação botânica e origem

3.2.2) *Enterolobium gummiferum* (Mart.) J. F. Macbr (Fabaceae)

A orelha de macaco (*E. gummiferum*; figura 1) integra a família das leguminosas, possui folhas compostas, paribipinadas, alternas espiraladas, possuindo de 2 a 6 folíolos contendo de 6 a 12 foliólulos, ambos opostos. Frutos possuem até 10 cm de comprimento, recurvados, coloração marron e piloso. Semente de até 1 cm de comprimento, elipsoide, de cor castanha (Silva Júnior, 2005).



Figura 1: *E. gummiferum* sob vista frontal.

Trata-se de uma árvore nativa brasileira, com seu habitat e sua distribuição ocorrendo no cerrado, e dispersando-se por todo DF, BA, ES, GO, MA, MG, MT, MS, PE, RS, SP e TO.

Sua madeira macia de cerne avermelhado tem ampla utilidade, podendo ser utilizada na medicina popular, para o tratamento de dermatites e problemas no pulmão, seu fruto pode ser utilizado também para males do estomago, como úlcera (Silva Júnior, 2005). Apesar de pertencente à família das fabaceaeas, os frutos e sementes não podem ser utilizadas para a suplementação alimentar de ovinos, pois é causadora distúrbios de fotossensibilização (COSTA *et al*, 2012).

3.2.3) *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae)

Espécie popularmente conhecida por Tamboril, Orelha-de-negro, Tambori, Timbaúba (*E. contortisiliquum*; Fig.2). Possui folhas compostas, parabipinada, alterna espiralada, 3 a 7 pares de folíolos. Frutos possuem até 9 cm de comprimento,

recurvados, coloração preta. Semente de 1,5 cm de comprimento, elipsoide, de coloração marrom (LORENZI, 1992).



Figura 2: *E. contortisiliquum* sob vista frontal.

Trata-se de uma árvore de origem brasileira, com seu habitat e sua distribuição ocorrendo nas áreas de mata, sendo encontrada no DF, PA, MA, PI até o MS e RS, nas florestas pluviais e semidecídua.

Sua madeira é própria para a fabricação de barcos e de canoas de tronco inteiro, brinquedos e caixotaria em geral (CARVALHO, 1994). Os frutos e sementes também não podem ser utilizadas para a suplementação alimentar de bovinos, por serem tóxicos, principalmente aos bovinos, propiciando também fotossensibilização (MELO *et al*, 2010).

3.3) Efeitos de alterações do regime hídrico no desenvolvimento inicial de mudas

A relação água-planta foi, e continua sendo uma área importante de pesquisa, a fim de se entender os processos de absorção, transporte e perda de água pela planta, bem como as estratégias de sobrevivência e modificações morfológicas das plantas submetidas a condições contrastantes de encharcamento ou de déficit hídrico (MEDRI, 2002), que podem iniciar diversas consequências como a redução da biomassa das folhas, e dos caules e até aumento da biomassa das raízes (LENHARD, 2010).

3.3.1) Respostas fisiológicas e anatômicas ao alagamento

Respostas às condições de alagamento e consequente escassez de oxigênio na porção radicular das plantas, pode alterar-se dependente de critérios como a idade da planta, e de seu ambiente natural de ocorrência (FELDMAN, 1984).

Indivíduos submetidos a um regime diário de irrigação demonstram maior crescimento da parte aérea, quando comparados a indivíduos sob condições de solo encharcado por água. Este maior desenvolvimento, reflete-se no aumento dos valores referentes ao crescimento em altura, diâmetro do coleto e massa seca. Indivíduos submetidos ao encharcamento, podem apresentar inibição parcial ou total da parte aérea, além da paralisia e decréscimo na incorporação da biomassa (GREGÓRIO, 2006).

Existem respostas variadas dos indivíduos submetidos às condições de alagamento, destas podemos citar, além das já citadas acima: intumescimento da base do caule (BICCA *et al.*, 2011), formação de raízes adventícias, desenvolvimento de aerênquima, hipertrofia de lenticelas (SILVEIRA *et al.* 2015), enrijecimento das células do cilindro central (SCHLUTER *et al.*, 1993), além da baixa produção de biomassa (RINNE, 1990).

3.3.2) Respostas fisiológicas e anatômicas ao déficit hídrico

Indivíduos submetidos ao déficit hídrico, respondem a estas condições de estresse, em intensidade proporcional a duração do período exposto a esta condição adversa, considerando-se a capacidade intrínseca de cada espécie e sua fenologia. (PIMENTEL, 2004)

Em resposta à condição de seca, as plantas tendem a reduzir a turgescência das células e tecidos, reduzindo também a transpiração devido ao fechamento dos estômatos. Contudo, longos períodos de seca resultam em prejuízo à capacidade de produção de fotoassimilados, resultado da redução de entrada de gases como CO₂, conseqüentemente reduzindo a o teor de matéria seca (LARCHER,2004).

4) MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas sementes de duas espécies, provenientes de três matrizes distintas (cada espécie), sendo uma típica de formação aberta (*Enterolobium gummiferum* (Mart.) J. F. Macbr (Fabaceae) e a outra de formação florestal (*Enterolobium contortisiliquum* (vell.) morong (Fabaceae).

As sementes de *E. gummiferum* foram coletadas: Às margens da rodovia EPCT, próximo ao jardim Mangueiral(matriz 1), às margens da rodovia DF-140, próximo ao setor habitacional Tororó (matriz 2), também foram coletadas sementes na Fazenda Água Limpa-FAL/UnB (matriz 3).

As sementes de *E. contortisiliquum* foram coletadas: Campus universitário Darcy Ribeiro/UnB, final da ala norte (matriz 1), às margens da rodovia L4 norte, próximo ao IB/UnB (matriz 2), a terceira matriz da qual foram coletadas sementes, encontra-se às margens da DF-128, próximo ao entroncamento com a DF-131.

De posse das sementes previamente coletadas e selecionadas, procedemos com os métodos de limpeza e desinfecção para todas as sementes. Tais métodos consistiram em dupla lavagem com água destilada, seguido de repouso das sementes em hipoclorito de sódio a 3% por um período de 5 minutos, após este período, as sementes passaram por uma nova dupla lavagem com água destilada e posterior escarificação manual com lixa granulação 220/240.

Em seguida as sementes foram homogeneizadas por espécies e divididas em três lotes com quatro repetições cada, contendo 25 sementes por repetição, totalizando 100 sementes por lote. Estas sementes foram então redistribuídas em caixas de acrílico (GERBOX), forradas com duplo papel filtro e regadas diariamente com água destilada. Foram realizados testes de germinação e o IVG (índice de velocidade de germinação), que pode se calculado pela fórmula: $IVG = (n^\circ \text{ de sementes germinadas na primeiro dia/dia } 1) + \dots + (n^\circ \text{ de sementes germinadas no dia } n/\text{dia } n)$. As sementes foram então levadas para câmara de germinação BOD, reguladas para 25°C de temperatura e fotoperíodo de 12 horas. As sementes foram então levadas para câmara de germinação BOD, reguladas para 25°C de temperatura e fotoperíodo de 12 horas.

Após a emergência, as plântulas foram transferidas para sacos plásticos de 2 Litros contendo substrato comercial Bioplant® plus, à base de fibra de coco. Aos quatro meses de idade foram distribuídas entre dois experimentos paralelos e um controle, em casa de vegetação. No experimento 1, plantas foram expostas a 15, 30, 52 e 70 dias de alagamento. No experimento 2, plantas foram expostas a 15, 30, 52 e 70 dias de seca. No controle, aplicou-se uma rega diária até a capacidade de campo. Utilizamos 40 plântulas por condição experimental, totalizando 120 plantas por espécie.

No tratamento de alagamento, as plântulas tiveram o solo saturado por água até a lâmina de água atingir 2 cm acima do nível do solo, enquanto no tratamento de déficit hídrico, houve suspensão da rega pelo período considerado. No decorrer do experimento, foram determinadas a sobrevivência das plântulas, a queda e o surgimento de folhas novas, o aparecimento de raízes adventícias e de lenticelas (em plantas inundadas) e hipertrofia da base do caule. Ao final da exposição às condições experimentais em cada período de tempo (15, 30, 52 e 70 dias), 5 plantas de cada espécie por tratamento (déficit hídrico, alagamento e controle) foram separadas em folhas, caule e raiz e demais observações. Em seguida, o material foi levado à estufa por 72h a temperatura de 70°C. O nível de oxigênio da água no tratamento de alagamento foi medido semanalmente, no início da manhã, com o auxílio de um oxímetro portátil modelo DO 5519 (LUTRON). Com o encerramento do período de tratamento experimental, as plantas restantes foram mantidas em condições de irrigação diária, até completarem 85 dias de experimento, quando as plantas restantes (5 plantas/nível de tratamento/espécie) foram coletadas, secas e determinada a biomassa seca da parte aérea e subterrânea, como descrito anteriormente.

As análises comparativas de distribuição de biomassa em resposta ao alagamento e a seca foram feitas com base em modelos estatísticos ANOVA (análise de variância), seguidas do teste de Tukey 5% de probabilidade, com o auxílio do pacote estatístico: Statistica. v 10.0.

5) RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1) Teste de germinação e IVG

Em *Enterolobium contortisiliquum*, constatamos uma taxa de germinação média de 87%, sendo 79%, 93% e 89% nos lotes 1, 2 e 3 respectivamente. Com relação aos valores do índice de velocidade de germinação (IVG), obtivemos uma média de 4,69 semanas, sendo 5,31; 4,40 e 4,36 semanas nos lotes 1, 2 e 3 respectivamente.

A espécie típica de cerrado, *Enterolobium gummiferum* obteve uma taxa de germinação média de 80,6%, sendo 75%, 81% e 86% nos lotes 1, 2 e 3 respectivamente. Com relação aos valores do IVG, obtivemos uma média de 4,08 semanas, sendo 4,77; 3,39 e 4,09 semanas nos lotes 1, 2 e 3 respectivamente.

5.2) Concentração de oxigênio

Nos indivíduos submetidos ao alagamento, observou-se uma redução no teor de oxigênio no decorrer do experimento. Para os indivíduos de formação florestal, *E. contortisiliquum*, a concentração de oxigênio na água diminuiu de 8,8 para 2,06 mg/l no fim do experimento de alagamento mais prolongado (70 dias). Esta diminuição ao longo do tempo também foi observada em indivíduos de *E. gummiferum*, onde a concentração de oxigênio na água diminuiu de 8,6 para 3,1 mg/l no fim do experimento.

5.3) Sobrevivência

Para ambas as espécies, alguns indivíduos não apresentaram sinais visuais de recuperação (emissão de gemas, crescimento de novas folhas), durante este período prolongado (70 dias) de exposição ao alagamento e seca (Tabela 1). Estes sinais não se expressaram prioritariamente nos dias em que estiveram em condições de tratamento ou recuperação.

Tabela 1. Sobrevivência de plantas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Enterolobium gummiferum* mantidas durante um período de 70 dias em condições de alagamento, déficit hídrico e irrigação diária.

Tratamento	Taxa de sobrevivência (%)	
	<i>E. contortisiliquum</i>	<i>E. gummiferum</i>
Irrigação diária	100%	100%
Alagamento	95%	90%
Déficit hídrico	97,5%	95%

5.4) Modificações na morfologia externa das plantas

Ao final do tratamento de alagamento (i.e., 70 dias), tanto a espécie de mata, *Enterolobium contortisiliquum* (Tabela 2), quanto a espécie típica de cerrado, *Enterolobium gummiferum* (Tabela 3), já apresentavam a formação de lenticelas no caule após 15 dias de exposição ao alagamento (Figura 3). Além disso, os indivíduos de *E. contortisiliquum* apresentaram a formação de raízes adventícias (Figura 4) e hipertrofia da base do caule (Figura 5). Estas adaptações não foram encontradas nos indivíduos de *E. gummiferum* (Tabela 4).

É possível a visualização cronológica do efeito do alagamento, sob a espécie de *E. contortisiliquum*, resultando em hipertrofia do caule. Tal adaptação morfológica é observada a partir dos primeiros 30 dias de experimento, não havendo ocorrência de hipertrofia na base do caule, para os indivíduos submetidos aos demais tratamentos (Irrigação diária e Déficit hídrico) (tabela 5).

Não houve ocorrência destas modificações nos demais indivíduos submetidos aos tratamentos de déficit hídrico e irrigação diária na espécie *E. contortisiliquum*. Também não foram observadas estas adaptações nos indivíduos de *E.gummiferum* submetidos aos tratamentos de déficit hídrico, alagamento e irrigação diária.



Fig. 3. Aparecimento de lenticelas em *E. contortisiliquum*(A) e *E. gummiferum*(B)

Tabela 2. Ocorrência de lenticelas, cronologicamente em *E. contortisiliquum*

Tempo (dias)	Quantidade de indivíduos (indivíduos com lenticelas/total de indivíduos observados)		
	Irrigação diária	Déficit hídrico	Alagamento
	15	0/5	0/5
30	0/5	0/5	5/5
53	0/5	0/5	5/5
70	0/5	0/5	5/5

Tabela 3. Ocorrência de lenticelas, cronologicamente em *E. gummiferum*

Tempo (dias)	Quantidade de indivíduos (indivíduos com lenticelas/total de indivíduos observados)		
	Irrigação diária	Déficit hídrico	Alagamento
	15	0/5	0/5
30	0/5	0/5	5/5
53	0/5	0/5	5/5
70	0/5	0/5	5/5



Fig.4. Surgimento de raiz adventícia em espécie de *E. contortisiliquum*, submetida ao tratamento do alagamento.

Tabela 4. Modificações morfológicas encontradas nos indivíduos submetidos ao alagamento, por um período de 70 dias.

Modificações observadas	Quantidade de indivíduos(indivíduos com modificações/total de indivíduos observados)	
	<i>E. contortisiliquum</i>	<i>E. gummiferum</i>
Hipertrofia da base do caule	5/5	0/5
Raízes adventícias	5/5	0/5
Lenticelas	5/5	5/5



Fig. 5. Aparecimento de hipertrofia na base do caule da espécie de *E. contortisiliquum*, submetida ao tratamento do alagamento.

Tabela 5. Hipertrofia da base do caule, cronologicamente em *E. contortisiliquum*

Tempo (dias)	Quantidade de indivíduos (indivíduos com hipertrofia do caule/total de indivíduos observados)		
	Irrigação diária	Déficit hídrico	Alagamento
15	0/5	0/5	0/5
30	0/5	0/5	5/5
53	0/5	0/5	5/5
70	0/5	0/5	5/5

5.5) Nodulações ocorridas em *E. contortisiliquum* e *E. gummiferum*

Aos 15 primeiros dias de experimento, observamos a presença de nódulos com coloração cinza-esbranquiçado de formas variáveis, aderidas em regiões medianamente profundas, do sistema radicular (Figura 6) de ambas as espécies e também em plantas destas duas espécies quando expostas a diferentes períodos de alagamento ou déficit hídrico. Sugere-se que estudos mais aprofundados devem ser feitos, para a identificação e esclarecimento, entretanto existem indicativos de que a estrutura citada, possui capacidade de fixação biológica de N₂ do ar.

Tabela 6. Nodulação, cronologicamente em *E. contortisiliquum*

Tempo (dias)	Quantidade de indivíduos (indivíduos com nódulos/total de indivíduos observados)		
	Irrigação diária	Déficit hídrico	Alagamento
15	4/5	4/5	4/5
30	4/5	4/5	3/5
53	5/5	3/5	3/5
70	5/5	4/5	3/5

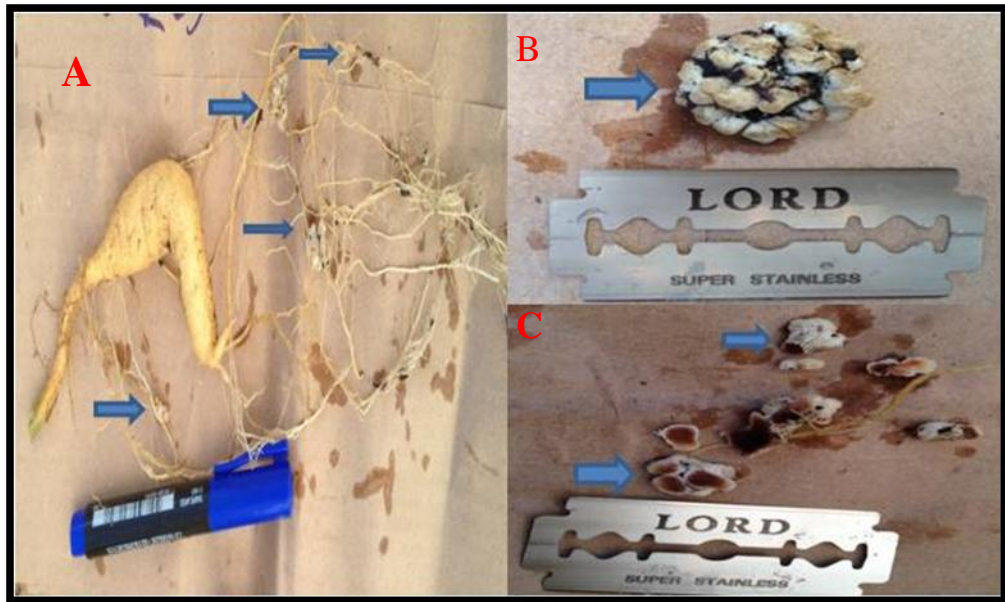


Fig. 6. Disposição dos nódulos no sistema radicular(A), nódulo em foco comparado a uma lâmina comum de barbear(B), cortes variados expondo o interior dos nódulos presentes nas espécies de *E.contortisiliquum*

Tabela 7. Nodulação, cronologicamente em *E. gummiferum*

Tempo (dias)	Quantidade de indivíduos (indivíduos com nódulos/total de indivíduos observados)		
	Irrigação diária	Déficit hídrico	Alagamento
	15	5/5	5/5
30	4/5	5/5	4/5
53	4/5	5/5	5/5
70	4/5	4/5	3/5

5.6) Efeitos do alagamento e déficit hídrico na acumulação e distribuição de biomassa

Em *E. contortisiliquum*, observamos inicialmente a manutenção de valores semelhantes biomassa total entre os tratamentos, nos primeiros 30 dias de duração do estresse. Passado os 30 dias iniciais, encontramos um decréscimo significativo na biomassa total (Fig.7A) para os indivíduos submetidos aos tratamentos de déficit hídrico e alagamento aos 52 dias de experimento, diferenciando-se significativamente dos indivíduos com irrigação diária (controle). Esta tendência se manteve ao fim do experimento. A consequência desta redução de biomassa total, deve-se a uma diminuição da biomassa de raiz (submetidos ao déficit hídrico e ao alagamento) (Fig.7B) e biomassa foliar (Fig.7C) (submetidos ao déficit hídrico). Esta diminuição ocasionada pelo déficit hídrico mostrou ser diferente significativamente, quando comparado ao controle e ao alagamento, estes (controle e alagamento) não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Fig.7C).

Os indivíduos provenientes da espécie de formação aberta, *Enterolobium gummiferum*, mostraram-se mais susceptíveis ao alagamento, apresentando uma tendência de perda de biomassa aos 52 dias e uma perda significativa de biomassa total aos 70 dias de alagamento (Fig. 8A), quando comparado aos outros tratamentos. Esta redução de biomassa total é na verdade, um reflexo da diminuição concomitante da massa foliar (Fig. 8B) e radicular (Fig. 8C) onde nota-se uma tendência de redução de biomassa aos 30 dias, sendo significativa aos 52 dias, quando os indivíduos alagados reduzem sua massa, em comparação com os outros tratamentos. Os indivíduos expostos ao déficit hídrico, também apresentaram redução de sua biomassa foliar e radicular, contudo não houve diferenças estatísticas quando analisado a sua biomassa total, comparado ao controle e ao alagado.

Ao final do ciclo de estresse, os indivíduos foram retirados das condições estressantes e realocados sob condições ideais de crescimento (irrigação diária) até o final do período de duração do experimento (85 dias), a fim de avaliarmos de uma maneira comparativa, o efeito do estresse hídrico em plantas que foram expostas a ciclos de estresse de diferentes durações. Também para os indivíduos sob estas

condições, observamos sinais de recuperação (Fig.14. Emissão de gemas (A) e novas folhas (B), de *E. contortisiliquum* após período de 52 dias alagado, e posteriormente 33 dias sob condições ideais de crescimento com rega diária.)

Sob estes aspectos, observou-se que os indivíduos da espécie *E. contortisiliquum* e *E. gummiferum*, que foram submetidos ao alagamento por 0 e 15 dias, mantiveram valores semelhantes de matéria seca total, diferente do que ocorreu com os indivíduos submetidos a 30, 52 e 70 dias deste estresse (Figuras 9 e 10). O resultado desta redução de biomassa total com mais de 30 dias de estresse, em *E. contortisiliquum* deve-se principalmente à redução da massa radicular (Fig. 11). Já com o *E. gummiferum* o resultado desta redução de biomassa total, deve-se a dois fatores: a perda de biomassa na raiz e principalmente à redução da biomassa foliar (Fig. 12).

Com relação ao déficit hídrico, os resultados foram semelhantes aos encontrados sob alagamento, com tudo em menor intensidade, como pode ser observado (Figs. 7 e 8).

A redução de biomassa radicular, pode ser correlacionada com a ocorrência de necrose nos tecidos radiculares (Fig. 13). Notou-se a ocorrência destas injúrias a partir dos 52 dias para ambas as espécies.

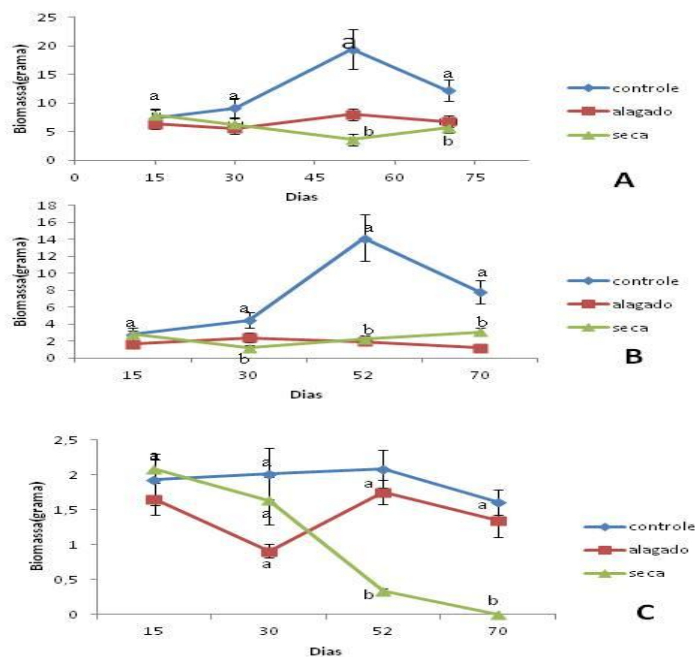


Figura 7. Biomassa total (A), radicular (B) e foliar (C) de plântulas de *E. contortisiliquum* ao longo do experimento em 15, 30, 52 e 70 dias de exposição aos tratamentos de alagamento (quadrados) e déficit

hídrico (triângulos) em relação ao controle (círculos). Diferentes letras representam diferenças significativas ($P < 0.05$).

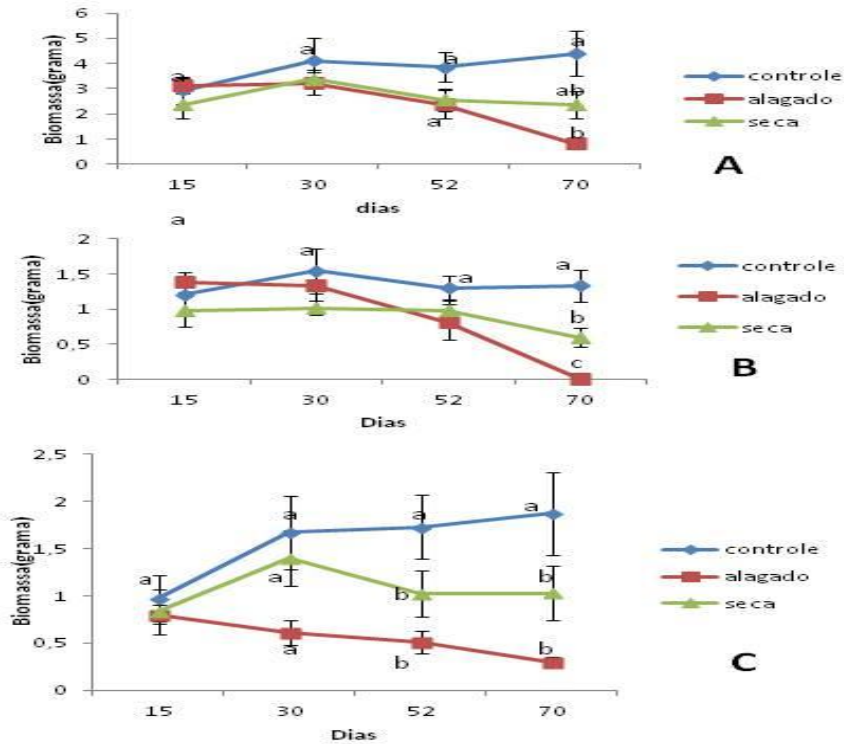


Figura 8. Biomassa total (A), foliar (B) e radicular (C) de plântulas de *Enterolobium gummiferum* ao longo do experimento em 15, 30, 52 e 70 dias de exposição aos tratamentos de alagamento (quadrados) e déficit hídrico (triângulos) em relação ao controle (círculos). Diferentes letras representam diferenças significativas ($P < 0.05$).

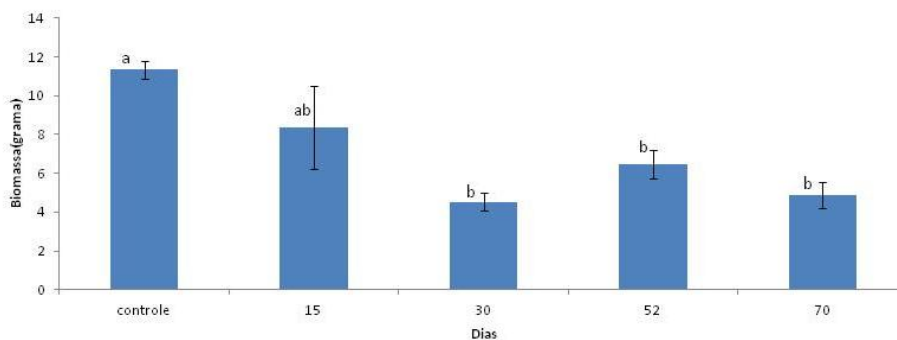


Figura 9. Biomassa total de plantas de *E. contortisiliquum* aos 85 dias, após serem submetidas a 0, 15, 30, 52 e 70 dias de alagamento. Diferentes letras representam diferenças significativas ($P < 0.05$).

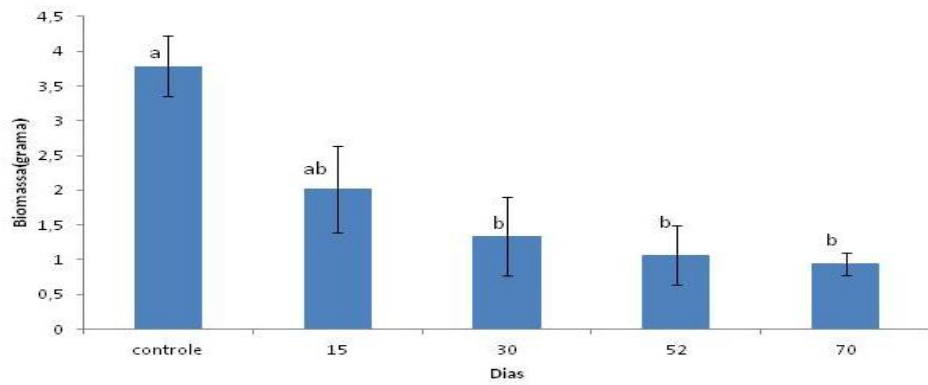


Figura 10. Biomassa total de plantas de *Enterolobium gummiferum* aos 85 dias, após serem submetidas a 0, 15, 30, 52 e 70 dias de alagamento. Diferentes letras representam diferenças significativas ($P < 0.05$).

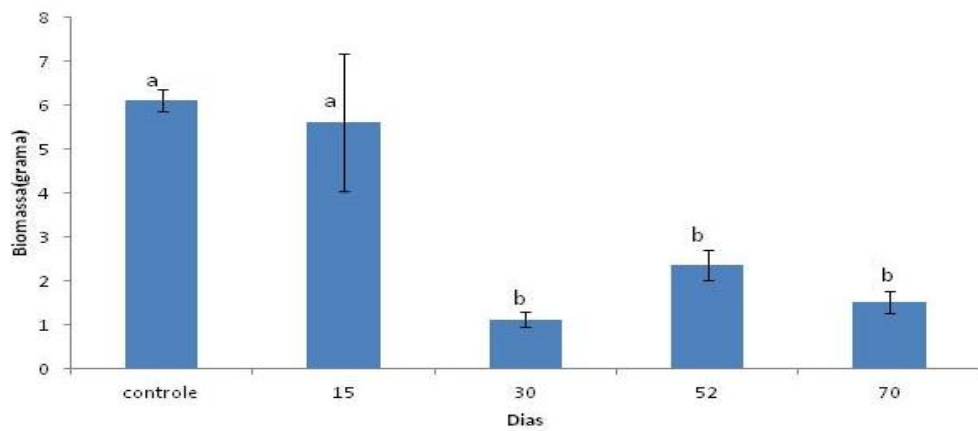


Figura 11. Biomassa radicular de plantas de *Enterolobium contortisiliquum* aos 85 dias, após serem submetidas a 0, 15, 30, 52 e 70 dias de alagamento. Diferentes letras representam diferenças significativas ($P < 0.05$).

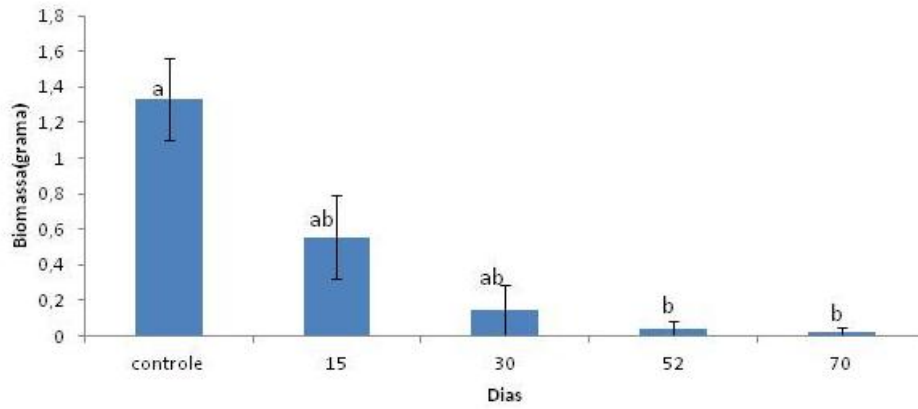


Figura 12. Biomassa foliar de plantas de *E. gummiferum* aos 85 dias, após serem submetidas a 0, 15, 30, 52 e 70 dias de alagamento. Diferentes letras representam diferenças significativas ($P < 0.05$).



Figura 13. Sistema radicular de *E. gummiferum* aos 70 dias de tratamento, sob alagamento(A) e com rega diária até a capacidade de campo(B).



Figura14. Emissão de gemas (A) e novas folhas (B) em indivíduos de *E. contortisiliquum*, após período alagado e posterior recuperação.

6) CONCLUSÕES

A espécie de ocorrência em mata de galeria (*Enterolobium contortisiliquum*), mostrou-se tolerante às condições contratantes de alagamento por um período inferior a 30 dias, sem demonstrar prejuízo algum a sua sobrevivência e estabelecimento. Demonstraram ainda o desenvolvimento de importantes modificações na sua estrutura (raízes adventícias e lenticelas) que facilitam as trocas gasosas e que são relevantes para a sobrevivência. Entretanto, após um período a 30 dias, a espécie sofre forte redução de biomassa, assim como a espécie de ocorrência do cerrado (*Enterolobium gummiiferum*), da qual sofreu os mesmos impactos, mas não apresentaram raízes adventícias. De tal modo, podemos concluir que as condições adversas de alagamento são mais impactantes quando comparada à condição de baixa disponibilidade hídrica para ambas espécies.

7) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ageitec(agência Embrapa de informação e Tecnologia)

Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_24_510200683536.html>

Acessado em: 7 de Dez.2014.

ARAÚJO, Andréia Parra de and PAIVA SOBRINHO, Severino de. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium Contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. *Rev. Árvore* [online]. 2011.

BARROSO, M.G. Sistemática de Angiospermas do Brasil. EDUSP. V.1, V.2, V3.

BICCA, A. B.; TORGAN, L. C.; SANTOS, C. B. Eunotiaceae (Eunotiales, Bacillariophyta) in lacustrine environments in the Coastal Plain from South Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 34, n. 1, p. 1-19, 2011.

BOURLIERE, F. (1983). **Tropical Savannas: Ecosystems of the World**. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

CARVALHO, P.E.R. Espécies florestais brasileiras. Recomendações Silviculturais, potencialidades e uso da madeira. EMBRAPA-CNPQ. Brasília. 1994. 640p.

ENGEL, V.L.; MORAIS, A.L. & POGGIANI, F. Guia de localização e reconhecimento das principais espécies arbóreas do Parque da Esalq. Relatório de Pesquisa. FEALQ. 1984.

FELDMAN, L. P. (1984), Regulation of root development. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **35**, 223-242.

FRANCO, A. C. (2002). **Ecophysiology of woody plants**. In: Oliveira, P.S., Marquis, R.J. (eds.). *The Cerrados of Brazil*. Columbia University Press, New York, pp. 178–197.

GREGÓRIO, Thyara A., et al. "Efeito do alagamento sobre o crescimento inicial de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (Ipê-rosa)." *Natureza online* 6.2 (2006): 91-98.

HARIDASAN, M. (2008). Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 20:183–195.

HOFFMANN, W. A. & FRANCO, A. C. (2003). Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. *Journal of Ecology* 91:475-484.

HOFFMANN, W.A.; ORTHEN, B. & FRANCO, A.C. 2004. Constraints to seedling success of savanna and forest trees across the savannaforest boundary. *Oecologia* 140: 252-260.

HOFFMANN, W.A.; FRANCO, A.C.; MOREIRA, M.Z. & HARIDASAN, M. 2005. Specific leaf area explains differences in leaf traits between congeneric savanna and forest trees. *Functional Ecology* 19: 932-940

IPEF(Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais)

Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/nativas/detalhes.asp?codigo=47>> Acessado em: 4 de Dez.2014.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 2004. 531p.

LENHARD, Nádia Regina, Silvana de Paula Quintão Scalon, and José Oscar Novelino. "Crescimento inicial de mudas de pau-ferro (*Caesalpinia férrea* MART. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos." *Ciência e Agrotecnologia* 34.4 (2010): 870-877.

LIMA FILHO, J.M.P.; DRUMOND, M.A.; MACENO, D. da S. Comportamento fisiológico de *Leucena* e *Albizia* sob condições semi-áridas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.27, n.4, p.537- 542, abr. 1992

LORENZI, H. *Árvores brasileiras. Manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa. Ed. Plantarum. 1992. 352p.

MEDRI, M.E. Estudos sobre a tolerância ao alagamento em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi. Londrina: [s.n.], 2002. 172p.

PILLAR, V.D. & SOSINSKI Jr., E. 2003. An improved method for searching

plant functional types by numerical analysis. **Journal of Vegetation Science** **14**: 323-332.

PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. Seropédica: Edur, 2004. 191p.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. (2008). **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. & Ribeiro, J. F. (eds.). Cerrado: ecologia e flora. Planaltina: Embrapa-CPAC. pp.151-212.

RINNE, P. (1990), Effects of various stress treatments on growth and ethylene evolution in seedlings and sprouts of *Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh. *Scand. J. For. Res.*, **5**, 155-168

RODRIGUES, R.R. & NAVE, A.G. 2000. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In Matas ciliares: conservação e recuperação. (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds.). Edusp, São Paulo, p.45-71.

ROSSATTO, D. R., SILVA, L. C. R., VILLA-LOBOS-VEGA, R., STERNBERG, L. S. L , FRANCO, A. C. (2012). Depth of water uptake in woody plants relates to groundwater level and vegetation structure along a topographic gradient in a neotropical savanna. **Environmental and Experimental Botany** **77**:259 – 266.

SANKARAN, Mahesh et al. Determinants of woody cover in African savannas. **Nature**, v. 438, n. 7069, p. 846-849, 2005.

SCHLÜTER, U. B.; Furch, B.; Joly, C. A. (1993), Physiological and anatomical adaptations by young *Astrocaryum jauari* Mart. (Araceae) in periodically inundated biotopes of Central Amazonia. *Biotropica*, **25**, 384-396.

SILVA JÚNIOR, MANOEL CLÁUDIO DA, 100 árvores do cerrado: guia de campo. Brasília. Ed. Rede de Sementes do Cerrado. 2005. 278 p.

SILVEIRA, Neidiquele Maria et al. Crescimento e partição de carboidratos em plantas *Sebastiania membranifolia* submetidas ao alagamento. **CERNE**, v. 21, n. 1, p. 67-74, 2015.