

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ESTRESSES HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO DE
SEMENTES DE *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus
chrysotrichus* e *H. impetiginosus* E REPETIBILIDADE
PARA CARACTERES DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE MATRIZES DE *H. impetiginosus***

Tamara Mariel Valdovinos

Licenciada em Genética

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ESTRESSES HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO DE
SEMENTES DE *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus
chrysotrichus* e *H. impetiginosus* E REPETIBILIDADE
PARA CARACTERES DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE MATRIZES DE *H. impetiginosus***

Tamara Mariel Valdovinos

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo César de Paula

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas)

2020

V147e

Valdovinos, Tamara Mariel

Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus* e repetibilidade para caracteres da qualidade fisiológica de sementes de matrizes de *H. impetiginosus* / Tamara Mariel Valdovinos. -- Jaboticabal, 2020

86 p. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Rinaldo César de Paula

1. Bignoniáceas. 2. Sementes Fisiologia. 3. Estresses hídrico e salino. 4. Repetibilidade. I. Título.

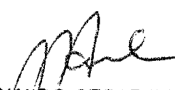
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ESTRESSES HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus* E REPETIBILIDADE PARA CARACTERES DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MATRIZES DE *H. impetiginosus*

AUTORA: TAMARA MARIEL VALDOVINOS

ORIENTADOR: RINALDO CESAR DE PAULA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:



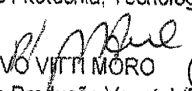
Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA

Departamento de Produção Vegetal - Fitotecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - UNESP



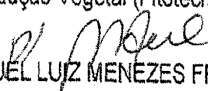
Prof. Dr. BRUNO ETTORRE PAVAN (VIDEOCONFERÊNCIA)

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Ilha Solteira/SP



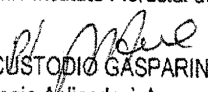
Prof. Dr. GUSTAVO VITTI MORO (VIDEOCONFERÊNCIA)

Departamento de Produção Vegetal (Fitotecnia) / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Pesquisador Dr. MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS (VIDEOCONFERÊNCIA)

Melhoramento Florestal / Instituto Florestal de São Paulo/SP



Prof. Dr. EDUARDO CUSTÓDIO GASPARINO (VIDEOCONFERÊNCIA)

Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 15 de junho de 2020

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

TAMARA MARIEL VALDOVINOS - nascida em 7 de janeiro de 1984, em Posadas, Misiones, Argentina, filha de Delia Ester Kozur e Julio Valdovinos. Possui Graduação em Licenciatura em Genética pela Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Em agosto de 2014, ingressou no curso de Mestrado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) em Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Rinaldo César de Paula, com bolsa financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Em agosto de 2016, ingressou no curso de Doutorado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) na FCAV, também, sob orientação do Prof. Dr. Rinaldo César de Paula, com auxílio e bolsa financiados pela CAPES (Código de Financiamento 001).

E Jesus disse-lhe: Se tu podes crer, tudo é possível ao que crê.

Marcos 9:23

DEDICO

Aos meus pais Julio Valdovinos (in memoriam) e Eli Kozur.

A meu grande amor Roberto Mauricio Lorenzi.

Aos meus irmãos: Natanael, Araceli, Emiliano, Juliana e Tadeo.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Eli, Roberto, Natanael, Monica e Tula, pelo amor, pela preocupação, carinho e por me proporcionarem o apoio incondicional para que eu pudesse terminar esta etapa de minha vida.

Aos meus familiares, por iluminar e alegrar minha vida, em especial, à família Lorenzi, por todo seu amor e apoio cedidos.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal, SP, por possibilitar o Curso de Doutorado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Ao professor Rinaldo Cesar de Paula, pela orientação e por todo o ensinamento, dedicação, compreensão e confiança.

Aos companheiros e professores do curso de Pós-graduação, pelo apoio, orientação, incentivo, dedicação, amizade e pelos novos conhecimentos adquiridos.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal e do Viveiro Experimental (Horto) da FCAV- UNESP, especialmente ao Roberto Carlos pela marcação e colheita de frutos das árvores matrizes e ao João Vitor, Patrícia, Bruna, Marcio, William, João Pedro, Robson, Ligia, Igor, Wagner, Matheus, Taty e Marcos, pela ajuda no laboratório.

Aos Professores Dr. Eduardo Custodio Gasparino e Dr. Gustavo Vitti Mouro pelas correções do artigo do exame geral de qualificação.

A todos meus amigos, que me acompanharam durante todo esse período, pelos momentos de descontração, pela ajuda fundamental e incondicional, por todos os conselhos nos momentos de dificuldade e nos de alegria.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vii
CAPÍTULO 1 - Considerações gerais.....	1
1. Introdução.....	1
2. Revisão de Literatura.....	3
2.1. Espécies arbóreas nativas da família Bignoniaceae.....	3
2.2. Influência dos fatores abióticos na germinação de sementes.....	9
2.3. Efeitos do estresse hídrico e salino nas plantas.....	11
2.4. Repetibilidade.....	13
3. Referências.....	14
CAPÍTULO 2 - Germinação de sementes de Bignoniáceas arbóreas sob estresse hídrico.....	21
1. Introdução.....	22
2. Material e Métodos.....	23
3. Resultados.....	26
4. Discussão.....	34
5. Conclusões.....	38
6. Referências.....	39
CAPÍTULO 3 - Germinação de sementes de Bignoniáceas arbóreas sob estresse salino.....	42
1. Introdução.....	43
2. Material e Métodos.....	44
3. Resultados.....	46
4. Discussão.....	56
5. Conclusões.....	60
6. Referências.....	61

CAPÍTULO 4 - Repetibilidade e número de anos necessários para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de matrizes de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart Ex DC.) Mattos.....	64
1. Introdução.....	65
2. Material e Métodos.....	67
3. Resultados.....	70
4. Discussão.....	74
5. Conclusões.....	76
6. Referências.....	77
CAPÍTULO 5 - Considerações finais.....	80
Referências.....	85

ESTRESSES HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus* E REPETIBILIDADE PARA CARACTERES DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MATRIZES DE *H. impetiginosus*

RESUMO - *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith (ipê-branco), *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos (ipê-amarelo) e *H. impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos (ipê-roxo) são espécies arbóreas da família Bignoniaceae indicadas para a recomposição vegetal de áreas degradadas. Essas espécies destacam-se, também, pelo valor madeireiro, medicinal e ornamental, e pela exuberância das flores durante o florescimento. Os estresses abióticos influenciam a germinação de sementes e estudos nesse aspecto têm importância especial na ecofisiologia das espécies, pois permitem avaliar os limites de tolerância e a capacidade de adaptação das mesmas frente às mudanças climáticas previstas. Assim, este trabalho objetivou: 1) avaliar o efeito dos estresses hídrico e salino e a tolerância a esses fatores durante a germinação de sementes e desempenho de plântulas de *Tabebuia roseoalba*, *H. chrysotrichus* e *H. impetiginosus* e 2) avaliar a repetibilidade para a qualidade fisiológica de sementes de *H. impetiginosus* obtidas de matrizes em diferentes anos de colheita. Para tanto, foram conduzidos experimentos submetendo-se sementes das três espécies sob diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000): 0,00; -0,05; -0,10; -0,15; -0,20; -0,30; -0,40; -0,60; -0,80 e -1,00 MPa (Experimentos de estresse hídrico), e sob diferentes potenciais osmóticos simulados com NaCl: 0,00; -0,05; -0,10; -0,15; -0,20; -0,30; -0,40; -0,60 MPa (Experimentos de estresse salino), nas temperaturas de 25 e 30 °C. Para avaliação da repetibilidade dos caracteres da qualidade fisiológica das sementes, foram conduzidos testes de germinação e de condutividade elétrica, utilizando sementes de polinização aberta de 15 árvores matrizes de *H. impetiginosus*, em três ciclos/anos reprodutivos. Ambos os estresses prejudicam a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas das três espécies estudadas, nas duas temperaturas. Contudo, a sensibilidade ao estresse hídrico e salino, foi maior a 30 °C. O limite de tolerância para a germinação das sementes de *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus* situa-se entre -0,80 e -1,00 MPa de PEG 6000 e entre -0,40 e -0,50 MPa de NaCl; enquanto para *H. impetiginosus* entre -0,60 e -0,80 MPa de PEG 6000 e entre -0,30 e -0,40 MPa de NaCl. Pode-se concluir que *T. roseoalba* e *H. chrysotrichus* são mais tolerantes ao estresse hídrico e salino comparativamente a *H. impetiginosus*. As baixas estimativas dos coeficientes de repetibilidade sugerem que são necessários mais de três anos de observação para uma avaliação confiável dos caracteres de qualidade fisiológica de sementes de *H. impetiginosus*.

Palavras-chave: Tolerância, Temperatura, PEG, NaCl.

**WATER AND SALT STRESS ON SEED GERMINATION OF *Tabebuia roseoalba*,
Handroanthus chrysotrichus e *H. impetiginosus* AND REPETIBILITY FOR SEED
 PHYSIOLOGICAL QUALITY TRAITS FROM MOTHER TREES OF *H.*
*impetiginosus***

ABSTRACT - *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith, *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. Ex DC.) Mattos and *H. impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos are tree species belongs to Bignoniaceae family indicated for the vegetal recomposition of degraded areas. These species stand out for their wood, medicinal and ornamental value, and for the exuberance of flowers during flowering. Studies on how the different abiotic stresses influence seed germination are of special importance in the ecophysiology of species, as it allows to assess the limits of tolerance and their ability to adapt to climate changes. This work aimed to 1) evaluate the effect of water and salt stresses and the tolerance to these factors during seed germination and seedling performance of *Tabebuia roseoalba*, *H. chrysotrichus* and *H. impetiginosus* and 2) evaluate the repeatability for the physiological quality of *H. impetiginosus* seeds obtained from different mother trees in different harvest years. For this, experiments were conducted by submitting seeds of the three species under different water potentials simulated with polyethylene glycol (PEG 6000): 0.00; -0.05; -0.10; -0.15; -0.20; -0.30; -0.40; -0.60; -0.80 and -1.00 MPa (Water stress experiments), and under different osmotic potentials simulated with NaCl: 0.00; -0.05; -0.10; -0.15; -0.20; -0.30; -0.40; -0.60 MPa (salt stress experiments), at temperatures of 25 and 30 °C. Germination and electrical conductivity tests were conducted to evaluate the repeatability of the seed physiological quality characters, using open pollination seeds from 15 mother trees of *H. impetiginosus*, of three reproductive cycles/years. Both stresses impair the germination of seeds and the development of seedlings of the three species studied, in both temperatures. However, the sensitivity to water and saline stress was higher on 30 °C. The tolerance limit for the germination of *Tabebuia roseoalba* and *Handroanthus chrysotrichus* seeds is between -0.80 and -1.00 MPa of PEG 6000 and between -0.40 and -0.50 MPa of NaCl. For *H. impetiginosus* the tolerance limit for the germination is between -0.60 and -0.80 MPa of PEG 6000 and between -0.30 and -0.40 MPa of NaCl. It can be concluded that *T. roseoalba* and *H. chrysotrichus* are more tolerant to water and salt stress compared to *H. impetiginosus*. The low estimates of the repeatability coefficients suggest that more than 3 years of observation are necessary for a reliable evaluation of the physiological quality characters of *H. impetiginosus* seeds.

Keywords: Tolerance, Temperature, PEG, NaCl.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura	Título	Página
Figura 1	Porcentagem de germinação (G, %), obtidas a partir de sementes de <i>Tabebuia roseoalba</i> (A), <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (B) e <i>H. impetiginosus</i> (C) submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.	28
Figura 2	Porcentagem de plântulas normais (PN, %), obtidas a partir de sementes de <i>Tabebuia roseoalba</i> (A), <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (B) e <i>H. impetiginosus</i> (C) submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.	29
Figura 3	Índice de velocidade de germinação (IVG), obtidas a partir de sementes de <i>Tabebuia roseoalba</i> (A), <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (B) e <i>H. impetiginosus</i> (C) submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C	31
Figura 4	Índice de sincronização (IS, bits), obtido a partir de sementes de <i>Tabebuia roseoalba</i> (A), <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (B) e <i>H. impetiginosus</i> (C) submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.	32
Figura 5	Comprimento da parte aérea (CPA, cm) de plântulas de <i>Tabebuia roseoalba</i> (A), <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (B) e <i>H. impetiginosus</i> (C) submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.	33
Figura 6	Comprimento de raiz (CR, cm), obtidas a partir de sementes de <i>Tabebuia roseoalba</i> (A), <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (B) e <i>H. impetiginosus</i> (C) submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.	34

Capítulo 3

Figura 1	Porcentagem de germinação (G, %), obtidas a partir de sementes de <i>Tabebuia roseoalba</i> (A), <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (B) e <i>H. impetiginosus</i> (C) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.	48
-----------------	---	----

Figura 2	Porcentagem de plântulas normais (PN, %), obtidas a partir de sementes de <i>Tabebuia roseoalba</i> (A), <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (B) e <i>H. impetiginosus</i> (C) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.	50
Figura 3	Índice de velocidade de germinação (IVG), obtidas a partir de sementes de <i>Tabebuia roseoalba</i> (A), <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (B) e <i>H. impetiginosus</i> (C) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.	51
Figura 4	Índice de sincronização (IS, bits), obtido a partir de sementes de <i>Tabebuia roseoalba</i> (A), <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (B) e <i>H. impetiginosus</i> (C) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.	52
Figura 5	Comprimento da parte aérea (CPA, cm) de plântulas de <i>Tabebuia roseoalba</i> (A), <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (B) e <i>H. impetiginosus</i> (C) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.	54
Figura 6	Comprimento de raiz (CR, cm), obtidas a partir de sementes de <i>Tabebuia roseoalba</i> (A), <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (B) e <i>H. impetiginosus</i> (C) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.	55
Capítulo 4		
Figura 1	Distribuição das árvores matrizes no Câmpus da Unesp (Matrizes 1-14) e na área urbana (Matriz 15) de Jaboticabal-SP.	67

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela	Título	Página
Tabela 1	Resumo da análise de variância para porcentagem de germinação (G); porcentagem de plântulas normais (PN); índice de velocidade de germinação (IVG); índice de sincronização (IS); comprimento de parte aérea (CPA) e de raízes (CR) de plântulas; obtidos a partir de sementes de <i>Tabebuia roseoalba</i> , <i>Handroanthus chrysotrichus</i> e <i>H. impetiginosus</i> submetidas a potenciais hídricos induzidos por polietilenoglicol (PEG 6000) nas temperaturas de 25 e 30 °C.	27

Capítulo 3

Tabela 1	Resumo da análise de variância para porcentagem de germinação (G) e de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG), índice de sincronização (IS), comprimento da parte aérea (CPA) e de raízes (CR) de plântulas, obtidos a partir de sementes de <i>Tabebuia roseoalba</i> , <i>Handroanthus chrysotrichus</i> e <i>H. impetiginosus</i> submetidas a potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C	47
-----------------	---	----

Capítulo 4

Tabela 1	Valores de “F” da análise de variância, coeficientes de variação (CV, %), Heredabilidade (H, %) e média para porcentagem de germinação (G) e de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântulas (CP) e condutividade elétrica de (CE, 48hs) avaliados em 15 árvores matrizes de <i>Handroanthus impetiginosus</i> em 3 anos de colheita	70
Tabela 2	Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) e número de anos necessários (η_0), da variável porcentagem de germinação (G, %), avaliados por quatro métodos.	71
Tabela 3	Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) e número de anos necessários (η_0), da variável porcentagem de plântulas normais (PN, %), avaliados por quatro métodos.	72
Tabela 4	Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) e número de anos necessários (η_0), do índice de velocidade de germinação (IVG), avaliados por quatro métodos.	72

Tabela 5 Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) e 73
número de anos necessários (η_0), do comprimento de plântulas
(CP, cm), avaliados por quatro métodos.

Tabela 6 Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) e 73
número de anos necessários (η_0), da condutividade elétrica de
massa (CE, 48hs), avaliados por quatro métodos.

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. Introdução

Durante a regeneração natural das florestas tropicais, o crescimento e desenvolvimento das plântulas são afetados pelas condições ambientais presentes e pela capacidade dessas em resistir aos estresses bióticos e abióticos. Nesses ambientes, a disponibilidade de luz, de água e de nutrientes varia no tempo e espaço e são considerados os fatores abióticos que mais afetam o estabelecimento das plântulas (Scalon et al., 2011). O déficit hídrico, permanente ou temporário, é uma das condições que mais limita o crescimento e a produção primária dos ecossistemas e o rendimento das culturas (Grisi et al., 2008). Assim, o entendimento dos efeitos da deficiência hídrica nas plantas é vital para a melhoria de práticas de manejo e melhoramento (Chaves et al., 2003).

A utilização de espécies lenhosas nativas para a revegetação de áreas degradadas e matas ciliares, reflorestamento e plantios comerciais torna a produção de mudas de qualidade uma prática fundamental para o êxito dessas atividades (Brienza, 2008; Martins et al., 2012). A obtenção de sementes é a parte mais importante no processo de produção de mudas das espécies que se multiplicam de forma sexuada (Lorenzi, 2008) e, considerando-se a crescente procura por mudas de espécies arbóreas, seja para a produção comercial, seja para a recuperação de áreas degradadas, a melhoria no sistema de produção de mudas dessas espécies torna-se imprescindível (Nietsche et al., 2004).

Para a exploração racional das potencialidades das espécies nativas, é de suma importância o estudo da autoecologia dessas espécies. Uma das razões do insucesso de plantios com espécies nativas é a pouca atenção que tem sido dada ao conhecimento de suas exigências ecológicas, fato esse registrado há muito tempo (Ferreira et al., 1977), mas ainda observado nos dias atuais. A identificação dos fatores ambientais que influenciam o comportamento germinativo das sementes auxilia na interpretação do comportamento ecológico das espécies no campo e pode contribuir

para o desenvolvimento de estratégias visando à recomposição de novos indivíduos para a área (Ferreira et al., 2013). Portanto, torna-se importante entender os mecanismos que conferem às sementes de algumas espécies a capacidade de germinar e crescer bem sob condições ambientais extremas e, conseqüentemente, conhecer as vantagens ecológicas que elas têm em relação a outras espécies. Algumas plantas desenvolvem mecanismos de adaptação, tornando-se mais eficientes na aquisição ou conservação de água, embora, cada mecanismo de tolerância à seca é espécie-específico (Reis et al., 2006).

Um aspecto importante a ser considerado em estudos com espécies arbóreas não domesticadas, é a variação na qualidade fisiológica de sementes entre diferentes plantas matrizes ao longo dos anos. Nesse aspecto, alguns trabalhos têm abordado a variabilidade na qualidade fisiológica entre plantas matrizes de espécies arbóreas (Soto-Gonzales et al., 2011; Santos et al, 2009; Roveri e Paula, 2017), para a definição do número mínimo de matrizes para a coleta de sementes, seja para trabalhos de melhoramento, plantios comerciais ou para recomposição ambiental. Contudo, esses trabalhos não abordaram a variabilidade anual na qualidade das sementes produzidas por essas matrizes. Para isto, estudos de repetibilidade poderão contribuir e indicar quantos anos de observação são necessários para se ter a garantia da superioridade na qualidade fisiológica das sementes produzidas, haja vista que a produção de sementes é variável entre espécies, plantas de uma mesma espécie, entre locais e entre anos (Piña-Rodrigues et al., 2015).

Considerando-se a relativa escassez de pesquisas sobre a influência dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de espécies arbóreas nativas do Brasil e sobre a variação anual na qualidade fisiológica de sementes oriundas de diferentes árvores matrizes, os objetivos desse trabalho foram: 1) avaliar o efeito dos estresses hídrico e salino e a tolerância a esses fatores durante a germinação de sementes e desempenho de plântulas de *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith, *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos e *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e 2) avaliar a repetibilidade para a qualidade fisiológica de sementes de *H. impetiginosus* obtidas de diferentes matrizes em diferentes anos de colheita.

2. Revisão de Literatura

2.1. Espécies arbóreas nativas da família Bignoniaceae

Bignoniaceae Juss compreende 840 espécies e 82 gêneros (Lohmann, 2018) e está entre as dez famílias mais diversas de plantas lenhosas das florestas úmidas da região Neotropical (Gentry, 1980). A família é particularmente diversa e abundante no Brasil, onde ocorre quase a metade das espécies (419 spp), das quais dois gêneros (*Neojobergia* Baill. e *Paratecoma* Kuhl.) e 199 espécies são endêmicas (Lohmann, 2010). Aliança *Tabebuia*, representa o segundo maior clado da família (Olmstead et al., 2009). No Brasil, de acordo com Costa et al. (2019) e Lohmann (2010), esse grupo é representado por sete gêneros e 44 espécies (*Handroanthus*, *Tabebuia*, *Zeyheria* Mart., *Godmania* Hemsl., *Paratecoma* Kuhl., *Cybistax* Mart ex Meisn. e *Sparattosperma* Mart. Ex Meisner).

As espécies do gênero *Handroanthus* Mattos (30 spp.) são caracterizadas por possuírem flores amarelas, raramente magenta, com indumento de pelos cobrindo as folhas e o cálice e, madeira extremamente densa contendo grandes quantidades de lapachol (Grose e Olmstead, 2007). *Tabebuia* (67 spp.) é restrita àquelas espécies com flores brancas a vermelhas ou raramente amarelas e com um indumento de escamas de lepidoto com caules ou sésseis (Grose e Olmstead, 2007). No território brasileiro, *Handroanthus* Mattos é representado por 27 espécies e *Tabebuia* Gomes ex DC por 15 espécies. Trata-se de árvores e arbustos, de ocorrência natural nos domínios fitogeográficos brasileiros da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (Lohmann, 2010). As espécies arbóreas conhecidas por ipês, a exemplo do ipê-branco *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith, ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex A. DC.) Mattos) e ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos), são indicadas para a recomposição vegetal de áreas degradadas e possuem grande valor madeireiro, medicinal e ornamental (Lorenzi, 2008).

Tabebuia roseoalba é uma espécie arbórea, decídua, heliófila e seletiva xerófila (Lorenzi, 2008). Quanto às características morfológicas, pode atingir até 25 m de altura,

com casca espessa, amarronzada (Gentry, 1992). Apresenta folhas compostas, com 3 folíolos, levemente pubescentes em ambas faces; folíolo central com 8 a 13 cm de comprimento e os menores com 6 a 11 cm (Lorenzi, 2008). Inflorescência terminal, com internós curtos, portando muitas flores. Flores com cálice castanho-esverdeado a amarelado, campanulado, 2 ou 3-labiado; corola branca ou rosada, com guias de néctar amarelas, mede 2,5 a 7 cm de comprimento e contém estames didínamos. Frutos tipo cápsula, loculicida, aproximadamente 24 cm de comprimento. Sementes aladas, dispersas pelo vento (Gentry, 1992).

Em relação a distribuição geográfica, *Tabebuia roseoalba* ocorre no Paraguai, Bolívia e Peru (Gentry, 1992). Também em quase todo Brasil, nas regiões do Norte (Pará, Tocantins), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe), Centro Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso) e Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) (Lohmann, 2010). Comumente encontra-se em áreas abertas do Cerrado e Caatinga, ocorrendo frequentemente em áreas com solos secos (Gentry, 1992). Trata-se de uma planta característica de afloramentos rochosos e calcários da Floresta Semidecídua, muito frequente nos terrenos cascalhentos das margens do Pantanal Mato-grossense e também ocorre esparsamente na Caatinga do nordeste brasileiro (Lorenzi, 2008). Segundo Lohmann (2010) a espécie pode ser encontrada dentro de áreas antrópicas, Caatinga, Cerrado (lato sensu) e do Bosque Estacional Decidual.

A madeira de *T. roseoalba* apresenta baixa densidade específica, portanto não pode ser reconhecida como madeira nobre, o que faz com que seja explorada como matéria-prima para produtos de baixo valor, como tacos, ripas e tábuas (Zuntini e Lohmann, 2018). Contudo, é uma madeira de ótima durabilidade em ambientes internos, macia e de superfície lustrosa, que pode ser usada na construção civil principalmente para acabamentos internos (Lorenzi, 2008). É muito utilizada no paisagismo e para a arborização de ruas e avenidas, por causa do florescimento exuberante, que pode ocorrer mais de uma vez por ano, a folhagem densa de cor verde azulada, e a forma piramidal da copa. Quando plantada cresce pouco, sendo ideal para arborização urbana, pois não interfere na fiação elétrica. A espécie também é

recomendada para reflorestamentos em terrenos secos e pedregosos (Lorenzi, 2008). *T. roseoalba* pode ser explorada para uso em sistemas agrossilvipastoris e para auxiliar na restauração de ecossistemas, pois mostrou-se como facilitadora em processos sucessionais (Zuntini e Lohmann, 2018).

T. roseoalba é uma espécie autoestéril, que depende da polinização cruzada para que ocorra a produção de sementes. Estudos sobre seu sistema reprodutivo, indicam ausência de poliembrião e autoincompatibilidade de ação tardia, mediada por mecanismos de rejeição pós-zigótica dos pistilos (Gandolphi e Bittencourt, 2010). Floresce nos meses de agosto-outubro e os frutos amadurecem a partir de outubro. A emergência ocorre em 8 e 18 dias e a germinação geralmente é superior a 40%. O desenvolvimento das mudas em viveiro e das plantas no campo é rápido (Lorenzi, 2008). No entanto, quando armazenadas em temperatura ambiente, mantém a viabilidade por cerca de seis meses (Mello e Eira, 1995). As sementes apresentam comportamento ortodoxo, conservando sua qualidade fisiológica quando armazenadas com baixo teor de água e suportaram baixa temperatura durante o armazenamento (Santos et al., 2005, Degan et al., 2001). Sendo assim, sementes com 9% de teor de água mantiveram o poder germinativo durante 24 meses quando armazenadas a -20 °C (Degan et al., 2001). A propagação via sementes, torna-se fácil, devido a grande quantidade de sementes produzidas anualmente. As sementes podem ser armazenadas em bancos de germoplasma e exigem tratamentos simples para sua conservação (Zuntini e Lohmann, 2018).

Handroanthus chrysotrichus (Mart. ex A. DC.) Mattos é conhecida popularmente como ipê-amarelo-cascudo, ou ipê-amarelo-paulista, dentre outros nomes vulgares (Lorenzi, 2008). Arbusto a árvore decídua, considerada como espécie secundária tardia, heliófila e tolerante a baixas temperaturas (Carvalho, 2003). Normalmente com altura de 4 a 10 m e tronco de 30 a 40 cm de diâmetro (Lorenzi, 2008); indivíduos maiores na idade adulta, podem chegar a 35 m de altura de 130 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo) (Carvalho, 2003). Tronco tortuoso, com seção cilíndrica e base normal, com fuste que mede até 10 m de comprimento; a casca tem espessura de até 10 mm, a superfície externa de casca é finamente fissurada, com

descamação em forma de pequenas placas retangulares, a casca externa é acinzentada e a interna é branca (Carvalho, 2003). As folhas de 5 a 10 cm de comprimento são coriáceas, ásperas e pubescentes em ambas faces (Lorenzi, 2008); são compostas 3 a 5 folioladas com pecíolo de 1,3 a 2,9 cm de comprimento (Costa et al., 2019). Apresenta inflorescência em panículas terminais, flores sésseis com corolas amarelas (Lorenzi, 2008). Corola de 2,8 a 6,5 cm por 0,5 a 2,1 cm, pubescente externamente, com tricomas simples; cálice de 0,5 a 1,9 cm por 0,3 a 0,8 cm, 5 dentados, dentes agudos, com tricomas persistentes. O fruto é uma cápsula loculicida, que se abre por duas fendas dorsais, liberando a coluna seminífera (Souza et al., 2005). Cápsula de 10,2 a 15,2 cm por 0,9 a 1,7 cm, superfície enferrujada e com margem inteira (Costa et al., 2019). As valvas da cápsula são densamente ferrugíneo-tomentosas com tricomas ramosos e glabrescentes com a idade (Carvalho, 2003). As sementes são pequenas e aladas, de 6 a 9 mm de comprimento e 1,7 a 3,5 mm de largura (Carvalho, 2003).

Handroanthus chrysotrichus é encontrada na Argentina e dentro do Brasil, onde apresenta ampla distribuição geográfica, ocorre no Nordeste (Bahia, Paraíba, Pernambuco), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul do país (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina), crescendo nas áreas de Caatinga, Cerrado (*lato sensu*), Floresta Ombrófila (= floresta pluvial), Restinga e sobre afloramentos rochosos (Lohmann, 2010).

A madeira de *Handroanthus chrysotrichus* é densa ($1,05 \text{ g/cm}^3$), bastante dura, flexível e resistente; utilizada na fabricação de cabos de ferramentas, na construção civil, para obras externas ou expostas, marcenaria, carpintaria, dormentes, esquadrias, forro, vigas, hidráulica, mourões, móveis, postes, tabuados e vigamentos; sua madeira também é recomendada para produção de carvão. A casca é utilizada na medicina popular como adstringente; da casca obtém-se um corante utilizado para tingir seda e algodão (Carvalho, 2003). É uma árvore muito útil para arborização urbana, por causa de seu pequeno porte e a beleza de suas flores (Lorenzi, 2008). Além disso, serve para a restauração de ambiente ripário em locais não sujeitos a inundação (Carvalho, 2003). *Handroanthus chrysotrichus* é considerada a flor nacional do Brasil, tanto em virtude de

sua floração acontecer em setembro, especialmente no dia 7 de setembro (Dia da Independência do Brasil), além que sua coloração (flores amarelas e folhas verdes) representa o pavilhão nacional (Acra et al., 2012).

Handroanthus chrysotrichus mostra auto-fertilidade dependente de polinização, poliploidia e poliembrião adventícia (Bittencourt e Moraes, 2010). Sua reprodução acontece por meio da polinização por geitonogamia (pólen proveniente de outras flores da mesma planta) ou polinização por xenogamia (pólen proveniente de flores de outros indivíduos), com baixa produtividade (Acra et al., 2012). Floresce nos meses de agosto-setembro e os frutos amadurecem a partir do final de setembro até meados de outubro. A emergência ocorre entre 8 a 14 dias, e a taxa de germinação das sementes recém colhidas é superior a 60%, as mudas e as plantas do ipê-amarelo são de crescimento rápido (Lorenzi, 2008). As flores de *H. chrysotrichus* são visitadas por várias espécies de insetos, predominando os das famílias Meliponidae, Vespidae e Apidae, nenhum deles especialista (Acra et al., 2012).

Handroanthus impetiginosus é classificada como espécie secundária tardia a clímax, tolerando sombra no estágio juvenil; heliófila, com características de planta decídua durante o inverno (Lorenzi, 2008), de grande longevidade (Longhi, 1995), porte arbóreo, alcançando alturas de 8 a 20 m (Lorenzi, 2008), fustes retos, de até 1 m de diâmetro, com casca cinzenta, sulcada e fissurada, desprendendo-se em escamas retangulares grossas (Carvalho, 2003). As folhas são compostas, 5 folioladas; os folíolos coriáceos, pubescentes em ambas faces, lanceolados, com margens inteiras, de 9 a 18 cm de comprimento e largura de 4 a 10 cm (Lorenzi, 2008). As flores são tubulosas, pentâmeras, hermafroditas, rosadas, de até 2,6 cm de diâmetro (Carvalho, 2003) e as inflorescências em panículas (Lorenzi, 2008). A espécie apresenta frutos do tipo cápsula de 10,9 a 32,3 cm por 1,0 a 1,3 cm de superfície glabra, verde a marrom escuro; e sementes de 0,5 a 1,7 cm por 0,2 a 0,4 cm (Costa et al., 2019). O início da deiscência espontânea e a mudança de coloração dos frutos são indicadores do ponto de colheita (Gemaque et al., 2002).

Handroanthus impetiginosus ocorre do nordeste do México até Argentina (Gentry, 1992). Tem ampla distribuição no Brasil, nas regiões Norte (Acre, Pará,

Rondônia, Tocantins), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe), Centro Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso) e Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e cresce nas áreas antrópicas, Carrasco, Cerrado (*lato sensu*), Floresta Estacional Decidua, Floresta Ombrófila (= floresta pluvial), Floresta Ombrófila Mista, Savana Amazônica e sobre afloramentos rochosos (Lohmann, 2010).

Handroanthus impetiginosus apresenta propriedades farmacológicas com ação anti-inflamatória, analgésica, antibiótica e antineoplásica (Gómez e Luiz, 2018). As infusões da entrecasca são usadas contra anemia e efeitos da quimioterapia. O cerne é usado como anticancerígeno. Infusões da casca são usadas contra sarna, úlceras sifilíticas e as folhas são usadas contra gonorreia (Carvalho, 2003). Como outras espécies do gênero, produz madeira pesada (920 a 1080 kg.m⁻³), dura e de coloração pardo-acastanhada (Carvalho, 2003), de grã direita ou reversa, e textura fina a média (Lorenzi, 2008). A madeira é considerada muito resistente ao apodrecimento e ao ataque de insetos (Lorenzi, 2008). É uma espécie melífera e suas flores servem como alimento de aracuas, jacutingas, papagaios e bugios (Salomão e Camillo, 2018). É a espécie de ipê-roxo mais cultivada na arborização urbana e no paisagismo nas cidades de sudeste e centro-oeste brasileiro (Lorenzi, 2008). Ótima para ser plantada em áreas de parques e canteiros centrais de avenidas, também pode ser utilizada em calçamentos, posto que suas raízes não danificam as calçadas (Camillo e Salomão, 2018). Além disso, também é recomendada para compor reflorestamentos com fins ecológicos (Lorenzi, 2008).

A espécie produz sementes com característica ortodoxa (Gemaque et al., 2005; Mello e Eira, 1995), portanto, baixos teores de água associados a baixas temperaturas de armazenamento favorecem a conservação das mesmas (Carvalho e Nakagawa, 2012). As sementes perdem a viabilidade rapidamente, quando são conservadas em temperatura ambiente (Maeda e Matthes, 1984; Mello e Eira, 1995; Gemaque et al., 2002). Borba Filho e Perez (2009) verificaram perda total de viabilidade de sementes de *Handroanthus impetiginosus* após 120 dias de armazenamento em condição de laboratório (21 a 31 °C e 40 a 78% de umidade relativa do ar). As sementes

apresentam comportamento ortodoxo; quando recém coletadas, na fase de dispersão, contem elevada quantidade de água, em geral teores acima de 50%, necessitando de secagem antes do armazenamento (Gemaque et al., 2005). Sementes com umidade em torno de 7%, podem ser armazenadas a -20 °C por período superior a 24 meses, sem perda de viabilidade (Mello e Eira, 1995). Santos et al. (2005) relataram que as sementes são indiferentes à luz, embora, Silva et al. (2004) observaram que a germinação máxima ocorreu na temperatura de 30 °C na presença de luz.

A espécie foi intensamente explorada nas regiões de ocorrência natural, restando poucas árvores isoladas, o que justifica a sua inclusão em trabalhos de restauração de ecossistemas florestais e de paisagismo (Gemaque et al., 2002). Segundo a Lista Vermelha do Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFLORA), *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) é classificada como espécie “quase ameaçada” uma das oito categorias de risco de extinção, nesta categoria são incluídas espécies que no momento não se qualificam como ameaçadas, mas estão perto ou suscetíveis de serem qualificadas em uma categoria de ameaça num futuro próximo.

2.2. Influência dos fatores abióticos na germinação de sementes

As espécies vegetais desenvolveram uma variedade de estratégias de dormência e germinação, permitindo adaptações ao seu ambiente. Os estudos sobre a ecofisiologia da germinação relacionam como as respostas germinativas das sementes são influenciadas por interferências de fatores bióticos (competição, alelopatia e ataque de patógenos) e abióticos como temperatura, água, luminosidade, salinidade, gases e pH (Hartmann et al., 2011; Perez e Fanti, 2015). O conhecimento das condições ótimas para germinação das sementes é de fundamental importância, visto que a germinação da semente está diretamente associada às características ecológicas das espécies (Henicka et al. 2006).

De maneira geral, para que a germinação ocorra, determinadas condições devem ser satisfeitas. As condições ambientais devem ser favoráveis quanto à água, temperatura, oxigênio e luz. Destas, a disponibilidade hídrica pode ser o fator mais

importante, pois a primeira etapa da germinação se processa com a aquisição de água pelas sementes (Popinigis, 1985; Hartmann et al., 2011). Segundo Marcos Filho (2015) a temperatura atua no processo germinativo regulando as reações metabólicas existentes, já que cada reação apresenta exigências térmicas próprias; também desempenha um papel-chave na regulação da embebição, neste caso regulando a velocidade com que a água transpassa o tegumento seminal e as membranas celulares. A temperatura afeta a porcentagem e o tempo de germinação (Perez e Fanti, 2015), sendo que temperaturas elevadas podem modificar a composição e a estrutura de membranas, levando ao extravasamento de íons, e também quando ocorrem elevações bruscas de temperatura, são sintetizadas as proteínas de choque térmico, que ajudam as células a tolerarem o estresse térmico. Embora, quando a desorganização do metabolismo é muito grande e os mecanismos de reparo e de síntese de macromoléculas são ineficientes, ocorre o declínio no desempenho das sementes (Taiz e Zeiger, 2013).

Para cada espécie existem temperaturas-limite, isto é, temperatura abaixo ou acima das quais a germinação não ocorre. A temperatura ótima resulta em elevada porcentagem de germinação, em curto período de tempo (Borghetti e Ferreira, 2004). Abaixo da temperatura ótima há redução da velocidade do processo, o que pode também levar a uma redução no total de germinação (Carvalho e Nakagawa, 2012). Sendo assim, a definição das temperaturas cardeais (temperatura mínima, ótima e máxima) servem para caracterizar a germinação e fornecer informações de interesse biológico e ecológico (Borghetti e Ferreira, 2004). Nesse sentido, a temperatura de 30 °C foi adequada para a germinação de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley (Oliveira et al., 2005); para *Tabebuia serratifolia* a faixa de temperatura 25-30 °C é considerada adequada para a germinação (Machado et al., 2002) ao passo que para *Tabebuia roseoalba*, Stockman et al. (2007) determinaram que 30 °C foi a temperatura mais favorável para o teste de germinação. Por outro lado, também existem respostas variadas de germinação, dependentes da magnitude da variação entre a temperatura alta e baixa, do tempo e do número de ciclos de exposição, entre outros (Zaidan e Barbero, 2004). Também há evidências que a

disponibilidade hídrica interage com a temperatura no controle da germinação, por exemplo, no trabalho de Nassif (2001) as sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. exibiram maior tolerância à seca em temperatura ótima (30 °C), comparativamente à temperaturas subótima (18 °C) e supraótimas (36 °C), em que a espécie apresentou maior sensibilidade.

2.3. Efeitos do estresse hídrico e salino nas plantas

Segundo Larcher (2006), o estresse pode ser descrito como uma alteração das condições ótimas de desenvolvimento do vegetal, de modo que podem surgir mudanças ou respostas em todo organismo ou somente em partes. Também pode ser entendido como uma resposta das plantas às diferentes situações, ou seja, é a flexibilidade de seu metabolismo que permite desenvolver respostas às mudanças ambientais (Shao et al., 2008). As diferentes respostas das plantas ao estresse dependem da espécie, do genótipo, da duração e da severidade, da idade e estágio de desenvolvimento, do órgão e tipo de célula e do comportamento subcelular. Dessa forma, as plantas podem se mostrar tolerantes ou resistentes, quando sobrevive às adversidades, ou suscetíveis, quando sofre redução em seu crescimento, podendo chegar à morte, dependendo da intensidade do estresse ao qual a planta é submetida (Cambraia, 2005).

Dentre os fatores do ambiente que influenciam a germinação, a água é um dos mais importantes. A diminuição do potencial hídrico do meio pode atrasar ou reduzir a taxa de germinação de muitas espécies vegetais, pois interfere na embebição e no alongamento celular do embrião. A embebição é um processo trifásico, sendo a fase I caracterizada pela rápida absorção de água, seguida por uma fase estacionária (fase II) e uma outra (fase III) caracterizada por um novo aumento no conteúdo de água, que coincide com o crescimento da radícula (Perez et al., 2001). Também, a absorção de água pelas sementes depende de uma série de fatores dentre os quais podem ser destacados, a espécie, a área de contato entre a semente e o substrato, a idade, temperatura e teor de água (Paiva, 2007).

A sensibilidade das sementes ao estresse hídrico pode ser influenciada pelos diferentes fatores ambientais, como luz, temperatura e teor de oxigênio (Perez et al., 2001). Potenciais hídricos externos, quando muito negativos, principalmente no início da embebição, influenciam a absorção de água pelas sementes, atrasando e diminuindo a germinação (Botelho e Perez, 2001). Desse modo, o déficit hídrico reduz a porcentagem e a velocidade de germinação das sementes, sendo que, para cada espécie, existe um potencial hídrico mínimo, abaixo do qual a germinação é suprimida, denominado de limite máximo de tolerância à seca (Hartmann et al., 2011). O comportamento das sementes das mais variadas espécies pode ser variável frente ao estresse hídrico, e os limites máximos de tolerância à seca são específicos para cada espécie, diferindo em relação aos valores extremos suportadas e as taxas de germinação exibidas nesse limite (Azerêdo et al., 2016; Perez e Fanti, 2015). Por exemplo, no trabalho de Santos et al. (2018), a germinação e o vigor das sementes de *Handroanthus impetiginosus* foram reduzidos a partir de -0,60 MPa em condições de estresse hídrico simulado com PEG 6000 e manitol, nas temperaturas de 25 e 30 °C. Já para Marques (2004) as sementes de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart.) Standl., apresentaram diminuição acentuada da porcentagem de germinação em potenciais osmóticos menores que -0,40 MPa em PEG 6000. Podemos citar também estudos conduzidos com *Piptademia moniliformis* Benth (Azerêdo et al., 2016) e *Apeiba tibourbou* (Guedes et al., 2013) que são algumas outras espécies florestais cuja germinação de sementes foi avaliada sob estresse hídrico simulado em laboratório. A tolerância e a capacidade de ajuste ao estresse hídrico determinam o sucesso em campo de uma espécie, e quanto mais amplo for esse limite, maior será a habilidade competitiva e mais ampla será a distribuição geográfica da espécie (Hartmann et al., 2011; Domènech e Vilà, 2008).

O estresse salino influencia significativamente a resposta germinativa, neste caso, a inibição do crescimento ocasionada pela salinidade se deve tanto ao efeito osmótico, ou seja, à seca fisiológica produzida, como ao efeito tóxico, resultante da concentração de íons no protoplasma (Henicka et al. 2006). Nesse sentido, plantas com baixa tolerância, nos vários estádios de seu desenvolvimento, incluindo a germinação,

são denominadas glicófilas e as tolerantes, halófilas (Góis et al., 2008). Geralmente, as espécies respondem de maneira semelhante ao estresse salino, sendo que, o aumento da salinidade do meio reduz, de forma proporcional, a porcentagem e a velocidade de germinação; e tanto halófitas como glicófitas, se diferenciam apenas em relação ao limite de tolerância ao sal (Henicka et al. 2006). A resistência à salinidade é descrita como a habilidade de evitar, através de uma regulação salina, que excessivas quantidades de sal, provenientes do substrato, alcancem o protoplasma e também, de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento na concentração salina (Ferreira et al., 2013).

2.4. Repetibilidade

Ao selecionar um genótipo, espera-se que o bom desempenho manifestado em certas características do indivíduo reflita o potencial do genótipo a ser utilizado. A veracidade desta expectativa poderá ser comprovada pelo coeficiente de repetibilidade da característica estudada (Cruz e Regazzi, 1994). Quando a herdabilidade de caracteres de interesse, não é conhecida, as estimativas de repetibilidade tornam-se importantes para programas de melhoramento, pois esse coeficiente expressa o valor máximo que a herdabilidade no sentido amplo pode atingir (Cruz et al., 2004).

O coeficiente de repetibilidade pode ser estimado quando a avaliação de um caráter é feita várias vezes em um mesmo indivíduo, no tempo e, ou no espaço (Cruz, 2006). A repetibilidade varia com a natureza do caráter, com as propriedades genéticas da população e com as condições do ambiente onde encontram-se os indivíduos (Cruz e Regazzi, 1994). O coeficiente de repetibilidade permite ao melhorista avaliar se a seleção baseada em alguma característica fenotípica será confiável, ou seja, se os genótipos selecionados manterão sua superioridade indefinidamente. Permite também determinar o número de medições necessárias em cada indivíduo, para que haja eficiência na seleção fenotípica entre os genótipos. Isso pode resultar na redução de custos e de mão-de-obra em programas de melhoramento genético (Cruz et al., 2004).

Altos valores de repetibilidade, indicam que pode-se prever o valor real do indivíduo com um número relativamente pequeno de medidas; quando a repetibilidade é baixa, o aumento do número de medidas (avaliações) poderá resultar num acréscimo do ganho de precisão (Cruz e Regazzi, 1994). Estudos de repetibilidade já foram aplicados no melhoramento de diversas culturas perenes, como cajazeira (Soares et al., 2008) araçazeiro e pitangueira (Danner et al., 2010), guaranazeiro (Nascimento Filho et al., 2009), pupunheira (Neto et al., 2002) e pessegueiro (Matias et al., 2015). Na literatura são raros os estudos de repetibilidade para caracteres de qualidade de sementes de espécies arbóreas nativas do Brasil, a exemplo de *Handroanthus impetiginosus*.

3. Referências

Acra LA, Carvalho SM, Cervi AC (2012) Biologia da polinização e da reprodução de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC) matos (Bignoniaceae Juss.) **Estudos de Biologia** 34:45-49.

Azerêdo GA, Paula RC, Valeri SV (2016) Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. sob estresse hídrico. **Ciência Florestal** 26:193-202.

Bittencourt NSJr, Moraes CIG (2010) Self-fertility and polyembryony in South American yellow trumpet trees (*Handroanthus chrysotrichus* and *H. ochraceus*, Bignoniaceae): a histological study of postpollination events. **Plant Systematics and Evolution** 288:59-76.

Borba Filho AB, Perez SCJGA (2009) Armazenamento de sementes de ipê-branco e ipê-roxo em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Sementes** 31:259-269.

Borghetti F, Ferreira AG (2004) Interpretação dos resultados de germinação. In.: Borghetti F, Ferreira AG (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto alegre: Artmed, p. 209-222.

Botelho BA, Perez SCJGA (2001) Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de canafístula. **Scientia Agrícola** 58:43-49.

Brienza JJR, Pereira JF, Yared JAG, Mourão MJR, Golçalves DA, Galeão RR (2008) Recuperação de áreas degradadas com base em sistema de produção florestal energético madeireiro: indicadores de custos, produtividade e renda. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento** 4:197-219.

Cambraia, J (2005) Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: Nogueira RJMC, Araujo EL, Willadino LG, Cavalcante UMT (Ed.) **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, p. 95-104.

Camillo J, Salomão AN (2018) *Handroanthus impetiginosus* (Ipê-roxo). Ornamentais. In.: Fontes VR, Camillo J, Coradin L (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Centro-Oeste**. Brasília, DF: MMA, p.984-991. Série Biodiversidade, 44.

Carvalho PER (2003) Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: EMBRAPA, 1039p.

Carvalho NM, Nakagawa J (2012) Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 590p.

Chaves MM, Maroco JP, Pereira JS (2003) Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology** 30:239-264.

Costa S, Lohmann LG, Buril MT (2019) Flora of Pernambuco, Brazil: Tabebuia alliance and tribe Jacarandae (Bignoniaceae). **Biota Neotropica** 19:1-16.

Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PCS (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético, Viçosa: UFV, 480p.

Cruz CD, Regazzi AJ (1994) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 390p.

Cruz CD (2006) Programa Genes: biometria. Viçosa: UFV, 382p.

Danner MA, Raseira MCB, Sasso SAZ, Citadin I, Scariot S (2010) Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira. **Ciência Rural** 40:2086-2091.

Degan P, Aguiar IB, Sader R, Perecin D, Pinto LR (2001) Influência de métodos de secagem na conservação de sementes de ipê-branco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 5:492-496.

Domènech R, Vilà M (2008) Response of the invader *Cortaderia selloana* and two coexisting natives to competition and water stress. **Biology invasions** 10:903-912.

Ferreira EGBS, Matos VP, Sena LHM, Oliveira RG, Sales AGFA (2013) Processo germinativo e vigor de sementes de *Cedrela odorata* L. sob estresse salino. **Ciência Florestal** 23:99-105.

Ferreira MGM et al. (1977) Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Árvore** 1:121-134.

Gandolphi G, Bittencourt NSJr (2010) Sistema reprodutivo do Ipê-Branco – *Tabebuia roseo-alba* (Ridley) Sandwith, (Bignoniaceae). **Acta Botanica Brasilica** 24:840-851.

Gemaque RCR, Davide AC, Faria JMR (2002) Indicadores de maturidade fisiológica de sementes de Ipê-Roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). **Cerne** 8:84-91.

Gemaque RCR, Davide AC, Silva EAA, Faria JMR (2005) Efeito das secagens lenta e rápida em sementes de ipê-roxo *Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl. **Cerne** 11:329-335.

Gentry AH (1992) Bignoniaceae - Part II (Tribe Tecomeae). **Flora Neotropica** 25:1-370.

Gentry AH (1980) Bignoniaceae - Part I (Crecentieae and Tourrettieae). **Flora Neotropica** 25:1-130.

Góis VA, Torres SB, Pereira RA (2008) Germinação de sementes de maxixe submetidas a estresse salino. **Revista Caatinga** 21:64-67.

Gómez OC, Luiz JHH (2018) Endophytic fungi isolated from medicinal plants: future prospects of bioactive natural products from *Tabebuia*/*Handroanthus* endophytes. **Applied Microbiology and Biotechnology** 102:9105-9119.

Grisi FA, Alves JD, Castro EM de, Oliveira C de, Biagiotti G, Melo LA de (2008) Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'catuai' e 'siriema' submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia** 32:1730-1736.

Grose SO, Olmstead RG (2007) Taxonomic revisions in the polyphyletic Genus *Tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). **Systematic Botany** 32:660-670.

Guedes RS, Alves EU, Viana JE, Gonçalves EP, Lima CR, Santos SRN (2013) Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal** 23:45-53.

Hartmann HT, Kester DE, Davies JRFT, Geneve RL (2011) Plant propagation: principles and practices. New Jersey: Prentice Hall, 915p.

Henicka GSI, Braga LF, Pereira Sousa M, Carvalho MAC (2006) Germinação de sementes de *Apuleia leiocarpa* (VOGEL.) J. F. MACBR.: temperatura, fotoblastismo e estresse salino. **Revista de Ciências Agro-Ambientais** 4:37-46.

Larcher W (2006) Ecofisiologia vegetal. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 532p.

Lohmann LG (2010) **Bignoniaceae in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB112305>> Acesso em: 27 abr. 2020

Lohmann LG (2018) Check-list das Bignoniaceae do estado de Mato Grosso do Sul. **Iheringia, Série Botânica** 73:157-162.

Longhi RA (1995) Livro das árvores: árvores e arvoretas do Sul. Porto Alegre: L&PM, 176p.

Lorenzi, H (2008) Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 368p.

Machado CF, Oliveira JA, Davide AC, Guimarães RM (2002) Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **Cerne** 8:17-25.

Maeda JA, Matthes LAF (1984) Conservação de sementes de ipê. **Bragantia** 43:51-61.

Marcos Filho J (2015) Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: Abrates, 660p.

Marques MA, Rodrigues TJD, Valeri SV, Malheiros EB (2004) Germination of *Tabebuia chrysotricha* (Mart.) Standl. seeds dried in dry chamber, stored in different environments and submitted to seven levels of osmotic potential. **Científica** 32:127-133.

Martins SV (2012) Restauração ecológica de ecossistemas degradados. Visçosa: UFV, 293p.

Matias RGP, Bruckner CH, Silva DFP, Carneiro SCP, Silva SJO (2015) Repetibilidade de caracteres de fruto em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura** 37:1001-1008.

Mello CMC, Eira MTS (1995) Conservação de sementes de ipês (*Tabebuia* spp.). **Revista Árvore** 19:427-432.

Nascimento Filho FJ, Atroch AL, Cruz CD, Carneiro PCS (2009) Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 44:605-612.

Nassif SML (2001) **Aspectos da germinação e emergência de plântulas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (FABACEAE-MIMOSOIDEAE)**. 153 f. Tese (Doutorado) - UFSCar, São Carlos.

Neto JTF, Yokomizo G, Bianchett A (2002) Coeficientes de repetibilidade genética de caracteres em pupunheira. **Revista Brasileira de fruticultura** 24:731-733.

Nietsche S, Gonçalves VD, Pereira MCT, Santos, FA, Abreu SC, Mota, WF (2004) Tamanho da semente e substratos na germinação e crescimento inicial de mudas de cagaiteira. **Ciência e Agrotecnologia** 28:1321-1325.

Oliveira LM, Carvalho ML, Moreira S, Tanismare TA, Borges DI (2005) Temperatura e regime de luz na germinação de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley e *T. serratifolia* Vahl Nich. - Bignoniaceae. **Ciência e Agrotecnologia** 29:642-648.

Olmstead RG, Zjhra ML, Lohmann LG, Grose SO, Eckert AJ (2009) A molecular phylogeny and classification of Bignoniaceae. **American Journal of Botany** 96:1731-1743.

Paiva AS (2007) **Disponibilidade hídrica na germinação de sementes e no crescimento de plântulas de leguminosa forrageira *Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc. Cv. Java**. 85 f. Tese (Doutorado em agronomia) – Unesp, Jaboticabal.

Perez, SCJGA, Fanti SC, Casali CA (2001) Influência da luz na germinação de sementes de Canafístula submetidas ao estresse hídrico. **Bragantia** 60:155-166.

Perez SCJGA, Fanti SC (2015) Ecofisiologia da germinação de sementes. In: Piña-Rodrigues FCM, Figliolia MB, Silva A. **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, p. 259-275.

Piña-Rodrigues FCM, Figliolia MB, Grimaldi MC (2015). Ecologia de sementes: revisão de conceitos aplicados à produção e qualidade de sementes florestais. In: Piña-Rodrigues FCM, Figliolia MB, SILVA A. **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, p.102-125.

Popinigis F (1985). Fisiologia da semente. Brasília: AGIPLAN, 289p.

Reis GG, Reis MGF, Fontan ICI, Monte MA, Gomes NA, Oliveira CHR (2006) Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore** 30:921-931.

Roveri Neto A, Paula, R. C (2017) Variabilidade entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa* St. Hil para características de frutos e sementes. **Revista Ciência Agronômica** 48:318-327.

Salomão AN, Camillo J (2018) *Handroanthus impetiginosus* (Ipê-roxo). Medicinalis. In.: Fontes VR, Camillo J, Coradin L (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Centro-Oeste**. Brasília, DF: MMA, p.801-812. Série Biodiversidade, 44.

Santos DL, Sugahara VY, Takaki M (2005) Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl. e *Tabebuia roseo-alba* (Ridl) Sand – Bignoniaceae. **Ciência Florestal** 15:87-92.

Santos FS, Paula RC, Sabonaro DZ, Valadares J (2009) Biometria e qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) Standl. **Scientia Forestalis** 37:163-173.

Santos PCS, Benedito CP, Alves TRC, Paiva EP, Sousa EC, Freires ALA (2018) Water stress and temperature on germination and vigor of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 22: 349- 354.

Scalon SPQ, Mussury RM, Mello EVL, Kodama FM, Kissmann C (2011) Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal** 21:655-662.

Shao HB. et al. (2008) Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus – Biologies** 331:215-225.

Silva EAA, Davide AC, Faria JMR, Melo DLB, Abreu GB (2004) Germination studies on *Tabebuia impetiginosa* Mart. Seeds. **Cerne** 10:1-9.

Soares EB, Gomes RLF, Campelo JEG, Lopes ÂCA, Matos Filho CHA (2008) Repetibilidade e correlações entre caracteres morfo-agronômicos de cajazeira. **Ciência e Agrotecnologia** 32:1851-1857.

Soto-Gonzales JL, Valeri SV, Paula RC (2011) Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson. **Scientia Forestalis** 39:171-181.

Souza LA, Iwazaki MC, Moscheta IS (2005) Morphology of the Pericarp and Seed of *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl. (Bignoniaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology** 48: 407-418.

Stockman AL, Brancalion PHS, Novembre ADLC, Chamma HMCPM (2007) Sementes de ipê-branco (*Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sand. - Bignoniaceae): temperatura e substrato para o teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes** 29:139-143.

Taiz L, Zeiger E (2013) Fisiologia Vegetal. Porto Alegre: Artmed, 954p.

Zaidan LBP, Barbero CJ (2004) Quebra de dormência em sementes. In: Borghetti F, Ferreira AG (Ed.). Germinação: do básico ao aplicado. Porto alegre: Artmed, p. 135-146.

Zuntini AR, Lohmann LG (2018) *Tabebuia roseoalba* (Ipê-branco). Ornamentais. In.: Fontes VR, Camillo J, Coradin L (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Centro-Oeste**. Brasília, DF: MMA, p.1071-1077. Série Biodiversidade, 44.

CAPÍTULO 2 - Germinação de sementes de Bignoniáceas arbóreas sob estresse hídrico

RESUMO - A água e a temperatura influenciam na germinação de sementes e no desenvolvimento de plântulas. O conhecimento dos limites de tolerância frente a estes fatores pode gerar subsídios para melhorar as estratégias de multiplicação e conservação das espécies arbóreas nativas. Objetivou-se avaliar os efeitos do estresse hídrico associado com duas temperaturas, na germinação de sementes e desempenho de plântulas de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus*, para determinar os limites de tolerância à seca destas espécies. A germinação foi realizada em rolos de papel, umedecidos com soluções aquosas de polietilenoglicol (PEG 6000) nos potenciais osmóticos de 0 (água); -0,05; -0,10; -0,15; -0,20; -0,30; -0,40; -0,60; -0,80 e -1,00 MPa. Os testes de germinação foram conduzidos a 25 e 30 °C, sob fotoperíodo de 8 h. As análises estatísticas foram realizadas separadamente por espécie, segundo o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2 x 10 (duas temperaturas nas parcelas e dez potenciais hídricos nas subparcelas). Avaliou-se a porcentagem de germinação e de plântulas normais, comprimento de parte aérea e raiz, e os índices de velocidade e de sincronização da germinação. O estresse hídrico afeta negativamente a germinação e o desenvolvimento das plântulas das três espécies estudadas. A sensibilidade das espécies frente ao estresse hídrico, induzido por PEG 6000, aumenta com a elevação da temperatura. O limite de tolerância para a germinação das sementes de *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus* situa-se entre -0,80 e -1,00 MPa, enquanto para *H. impetiginosus* entre -0,60 e -0,80 MPa. *T. roseoalba* e *H. chrysotrichus* são mais tolerantes ao estresse hídrico comparativamente a *H. impetiginosus*.

Palavras-chave: *Handroanthus*, Potencial osmótico, *Tabebuia*, Temperatura

1.Introdução

Bignoniaceae Juss compreende 840 espécies e 82 gêneros (Lohmann, 2018). No Brasil, *Handroanthus* Mattos é representado por 27 espécies e *Tabebuia* Gomes ex DC por 15 espécies (Lohmann, 2015). As espécies arbóreas conhecidas popularmente como ipês, incluindo *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith (ipê-branco), *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos (ipê-amarelo) e *H. impetiginosus* (Mart. Ex DC.) Mattos (ipê-roxo) possuem valor ornamental, medicinal e madeireiro. Destacam-se pela exuberância durante o florescimento, sendo muito utilizadas na arborização urbana, além de serem recomendadas para reflorestamentos e recomposição de áreas degradadas (Lorenzi, 2008). Estas espécies produzem anualmente grande quantidade de sementes leves, aladas, disseminadas pelo vento, porém com poucas reservas e curto período de viabilidade em condições naturais (Mello e Eira, 1995).

Durante a germinação a disponibilidade hídrica é um dos fatores mais importantes, pois a primeira etapa da germinação se processa com a aquisição de água (Hartmann et al., 2011). A temperatura interfere na dinâmica da absorção de água, neste caso, regulando a velocidade com que a água transpassa o tegumento seminal e as membranas celulares, nos limites e velocidade das reações bioquímicas, além dos processos fisiológicos que determinam todo o processo germinativo (Marcos Filho, 2015). A absorção de água pelas sementes conduz a reidratação dos tecidos, a intensificação do processo respiratório e das demais vias metabólicas, resultando no desenvolvimento do eixo embrionário (Carvalho e Nakagawa, 2012).

A entrada de água para o interior das sementes dá-se exclusivamente por diferença de potencial hídrico existente entre o interior da semente e o seu meio exterior. Sob potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição, a absorção de água pelas sementes é prejudicada e o déficit hídrico reduz a porcentagem e a velocidade de germinação (Botelho e Perez, 2001), sendo que, para cada espécie, existe um potencial hídrico mínimo, abaixo do qual a germinação é suprimida sendo este denominado de limite máximo de tolerância à seca (Hartmann et al., 2011; Kappes et al., 2010).

A capacidade germinativa frente aos diversos fatores ambientais é um aspecto fundamental para a sobrevivência das espécies vegetais (Ceccon et al., 2006), uma vez que nesta fase do desenvolvimento, as espécies apresentam maior sensibilidade, resultando em maior mortalidade (Hartmann et al., 2011). Neste contexto, os efeitos das mudanças climáticas em curso, como aumento da escassez hídrica, ocorrência de extremos de temperatura, notadamente de temperatura mais elevadas, poderão comprometer a regeneração e perpetuação de algumas espécies em ambiente natural. Também é provável que a perda de espécies causada por mudanças climáticas não ocorra aleatoriamente, porque a possível extinção de espécies dependerá de sua vulnerabilidade às novas condições climáticas (García-Valdés et al., 2018)

Os estudos relacionados com a resposta germinativa de sementes sob condições de estresses artificiais, constituem-se em ferramentas que possibilitam a avaliação dos limites de tolerância, de sobrevivência e de adaptação das espécies às condições de estresses naturais (Guedes et al., 2013). O conhecimento dos limites de tolerância frente a fatores abióticos, como a disponibilidade hídrica e sua interação com a temperatura, poderá gerar subsídios para melhorar as estratégias de multiplicação e conservação das espécies nativas.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos do estresse hídrico associado com duas temperaturas consideradas ótimas, na germinação de sementes e desempenho de plântulas de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus*, para determinar os limites de tolerância à seca destas espécies, assumindo-se que, tanto a capacidade germinativa como o desenvolvimento de plântulas, podem ser usados como critérios de tolerância frente aos diversos fatores abióticos.

2. Material e Métodos

Foram utilizadas sementes de *T. roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus*, coletadas de árvores matrizes em Jaboticabal-SP, município localizado no Centro-Norte do estado de São Paulo, Brasil (21° 15' 22" S, 48° 18' 58" W, com altitude variando de 465 a 685 m). O clima da região é do tipo Cwa - subtropical, com

inverno seco, segundo a classificação de Köppen (Greggio et al., 2009). A região de Jaboticabal possui duas estações climáticas bem definidas: uma chuvosa com excesso de precipitação, compreendida de outubro a março, e outra seca, com marcado déficit hídrico, de abril a setembro (André e Garcia, 2014) sendo que as temperaturas médias mensais variam entre 18,8 e 24,3 °C (Garcia e André, 2015). Floresta latifoliada tropical e trechos de Cerrado constituíam originalmente a cobertura vegetal dominante desta região (Greggio et al., 2009).

Na segunda quinzena de setembro de 2017, foram coletados frutos maduros das três espécies, quando os mesmos encontravam-se em início de deiscência natural, apresentando as primeiras trincas/fendas, porém sem dispersão das sementes que, posteriormente, passaram por um processo de secagem natural, de 10 a 15 dias, de acordo com a espécie. As sementes foram extraídas e beneficiadas manualmente, acondicionadas em sacos de papel Kraft e armazenadas em sala climatizada (16,5 °C e 50% U.R.), até o início dos testes de germinação.

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas (Brasil, 2009), usando-se quatro repetições de 25 sementes. Antes da instalação dos testes de germinação, as sementes foram esterilizadas superficialmente com hipoclorito de sódio a 1% por 2 minutos, utilizando solução comercial com 2,5% de princípio ativo e lavadas, posteriormente, com água destilada por 30 segundos (Brasil, 2013).

Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com duas temperaturas nas parcelas e 10 potenciais hídricos nas subparcelas. Para submeter as sementes ao estresse hídrico foram utilizadas soluções aquosas de polietilenoglicol (PEG 6000), preparadas de acordo com Villela et al. (1991). Foram avaliados os potenciais de 0 (água destilada), -0,05, -0,10, -0,15, -0,20, -0,30, -0,40, -0,60, -0,80 e -1,00 MPa.

Para cada espécie, utilizou-se 100 sementes por tratamento, divididas em cinco repetições de 20 unidades, as quais foram distribuídas sobre duas folhas de papel-toalha, cobertas com uma terceira folha e organizadas em forma de rolo. O papel-toalha foi umedecido com água destilada (controle) ou com as soluções de PEG 6000, em

quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado (Brasil, 2009). Os rolos foram acondicionados em sacos de plástico transparentes, para reduzir as perdas de água por evaporação. Os testes de germinação foram conduzidos em germinadores tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.) regulados nas temperaturas de 25 e 30 °C, com fotoperíodo de oito horas, utilizando lâmpadas fluorescentes tipo luz do dia (4 x 20 W). As duas temperaturas foram escolhidas com base em testes preliminares e estão dentro da faixa considerada ótima para a germinação de sementes das espécies estudadas.

As contagens das sementes germinadas foram realizadas diariamente, após a instalação dos testes, por um período de 21 dias, quando os experimentos foram encerrados, considerando-se como germinadas as sementes com emissão da raiz primária de pelo menos 0,5 cm. Ao final do experimento foram determinadas a porcentagem de germinação – G (%) e de plântulas normais - PN (%) (correspondente a relação porcentual entre o número de sementes com protrusão da raiz primária ou de plântulas com as estruturas essenciais perfeitas, respectivamente, e o número de sementes colocadas para germinar). Avaliou-se, também, o comprimento da parte aérea (CPA, em cm) e da raiz (CR, em cm) das plântulas normais, determinados com régua graduada (mm), de acordo com Brasil (2009).

De posse dos valores diários do número de sementes germinadas obteve-se o índice de velocidade de germinação (IVG), obtido pela fórmula proposta por Maguire (1962) e o índice de sincronização ou incerteza (IS), expressa em bits (unidades de informação), conforme Labouriau (1983), de acordo com as expressões abaixo:

$$IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$$

Onde: IVG = índice de velocidade de germinação;

G1, G2,..., Gn = número de sementes germinadas computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem;

N1, N2,..., Nn = número de dias da sementeira da primeira, segunda e última contagem.

$$IS = -\sum_{i=1}^K f_i \cdot \log_2 (f_i) \text{ sendo } f_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^K n_i}$$

Onde fi: frequência relativa de germinação;

k: último dia da observação;

ni: número de sementes germinadas no dia i.

As análises estatísticas foram realizadas separadamente por espécie. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão ($p \leq 0,05$), utilizando-se modelos de regressão polinomial e um modelo logístico não linear (logística 1), conforme apresentado por Azerêdo et al. (2016):

$$y = a / (1 + e^{-k(x-xc)}) \text{ em que:}$$

y= valor da característica para um determinado valor de x (potencial hídrico);

a= valor máximo da característica y;

k= taxa relativa de crescimento (no caso presente de redução de y);

xc= valor de x (potencial hídrico) que proporciona uma redução no valor máximo da característica em 50%.

3. RESULTADOS

A interação temperatura x potencial hídrico foi significativa para porcentagem de germinação (G) em *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus*, porcentagem de plântulas normais (PN) em *T. roseoalba* e *H. impetiginosus*, índice de velocidade de germinação (IVG) nas três espécies, denotando resposta diferencial dessas características nas respectivas espécies frente à combinação de temperatura e potencial hídrico no processo germinativo. O potencial hídrico influenciou todas as características avaliadas, nas três espécies, de forma isolada ou em interação com a temperatura. Para o índice de sincronização da germinação (IS), observou-se efeito significativo isolado do potencial hídrico e da temperatura nas três espécies, fato semelhante foi observado para plântulas normais em *H. chrysotrichus*. Para porcentagem de germinação em *H. impetiginosus* houve efeito significativo apenas do potencial hídrico. O efeito da temperatura foi verificado sobre o índice de sincronização e plântulas normais nas três espécies; sobre a germinação em *T. roseoalba* e *H. chrysotrichus*, e sobre o IVG em *T. roseoalba* (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para porcentagem de germinação (G); porcentagem de plântulas normais (PN); índice de velocidade de germinação (IVG); índice de sincronização (IS); comprimento de parte aérea (CPA) e de raízes (CR) de plântulas; obtidos a partir de sementes de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus* submetidas a potenciais hídricos induzidos por polietilenoglicol (PEG 6000) nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Características	Valores de F			Média	CV ¹ (%)	CV ² (%)
	Temperatura(T)	Potenciais (P)	Interação (TxP)			
Tabebuia roseoalba						
G (%)	5,34+	83,64**	1,82+	80,00	17,35	13,14
PN (%)	21,39**	116,10**	2,24*	66,00	12,07	14,05
IVG	20,08**	78,90**	2,64**	5,00	29,98	20,07
IS (bits)	16,94*	7,47**	1,16 ^{ns}	1,18	37,59	39,68
CPA (cm)	7,06*	119,73**	2,21*	2,27	29,86	18,22
CR (cm)	0,66 ^{ns}	20,53**	2,68**	3,32	54,76	26,80
Handroanthus chrysotrichus						
G (%)	6,50+	77,53**	2,01*	75,00	17,08	13,84
PN (%)	22,85**	91,84**	1,33 ^{ns}	54,00	20,25	18,88
IVG	3,95 ^{ns}	126,73**	4,66**	2,33	40,83	16,25
IS (bits)	16,09*	7,88**	0,43 ^{ns}	1,45	24,07	31,30
CPA (cm)	10,72*	110,58**	4,04**	1,96	24,73	16,94
CR (cm)	2,10ns	16,93**	1,67 ^{ns}	2,60	24,08	33,10
Handroanthus impetiginosus						
G (%)	1,13 ^{ns}	45,13**	1,58 ^{ns}	25,00	43,75	35,35
PN (%)	5,81 ⁺	48,50**	1,80*	13,00	49,09	44,30
IVG	6,52 ^{ns}	45,82**	2,03*	0,59	33,14	37,69
IS(bits)	11,74*	50,45**	0,97 ^{ns}	1,17	21,07	31,69
CPA (cm)	42,19**	86,82**	2,56*	2,25	27,39	30,80
CR(cm)	23,25**	83,24**	2,30*	3,74	30,03	30,21

**, * e + = Significativo ao nível de probabilidade de 0,01, 0,05 e 0,10 pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo; CV¹ - coeficiente de variação dentro de parcelas; CV² - coeficiente de variação dentro das subparcelas.

O teor de água das sementes antes do início dos experimentos foi 8,3% para *Tabebuia roseoalba*, 9,8% para *Handroanthus chrysotrichus* e 6,8% para *H. impetiginosus*.

Para as três espécies, houve redução na porcentagem de germinação (Figura 1) e de plântulas normais (Figura 2), no índice de velocidade de germinação (Figura 3), nos comprimentos de parte aérea (Figura 5) e de raízes das plântulas (Figura 6) com o

aumento do déficit hídrico, independentemente da temperatura.

As sementes de *Tabebuia roseoalba* apresentaram boa germinação (acima de 70%), em ambas as temperaturas, até o potencial de -0,60 MPa (Figura 1A). A germinação das a sementes de *H. chrysotrichus* foi superior a 70% até o potencial -0,60 MPa a 25 °C (Figura 1B). Para ambas as espécies, a temperatura de 30 °C proporcionou menores valores de germinação em todos os potenciais hídricos.

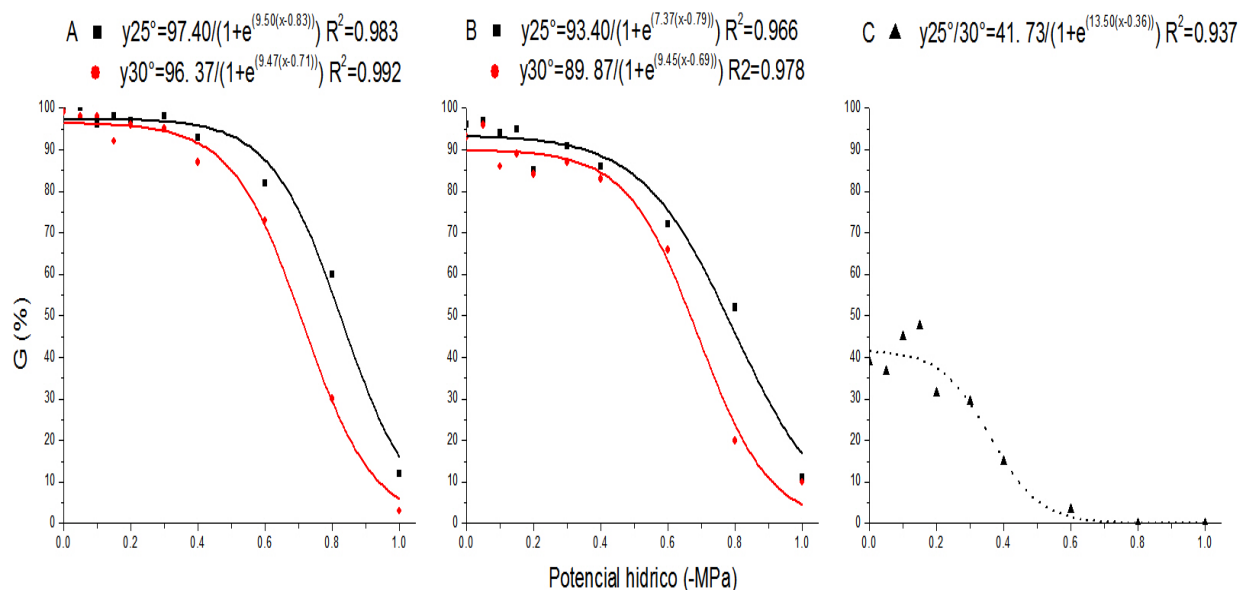


Figura 1. Porcentagem de germinação (G, %), obtidas a partir de sementes de *Tabebuia roseoalba* (A), *Handroanthus chrysotrichus* (B) e *H. impetiginosus* (C) submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Os potenciais hídricos responsáveis pela redução de 50% nos valores máximos de germinação, para as sementes de *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus* foram, respectivamente, de -0,83 e -0,79 MPa a 25 °C e -0,71 e -0,69 MPa a 30 °C, portanto, verifica-se a potencialização dos efeitos negativos do estresse hídrico na temperatura mais alta. Para *H. impetiginosus* (Figura 1C) a interação potencial hídrico x temperatura foi não significativa, mas houve efeito isolado do potencial hídrico. Em relação às outras duas espécies, *H. impetiginosus* apresentou baixas taxas de

germinação (menores de 50%) e menor tolerância ao estresse hídrico, sendo que a redução de 50% nos valores máximos da germinação ocorreu a -0,36 MPa, com redução drástica a -0,60 MPa.

Para *Tabebuia roseoalba* maiores porcentagens de plântulas normais (PN) (acima de 75%) ocorreram até o potencial osmótico de -0,30 MPa a 30 °C, e até -0,40 MPa a 25 °C (Figura 2A). Os potenciais hídricos responsáveis pela redução de 50% nos valores máximos de PN foram, respectivamente -0,69 MPa a 25 °C e -0,53 MPa a 30 °C, comprovando o efeito mais drástico do déficit hídrico associado à maior temperatura (30 °C).

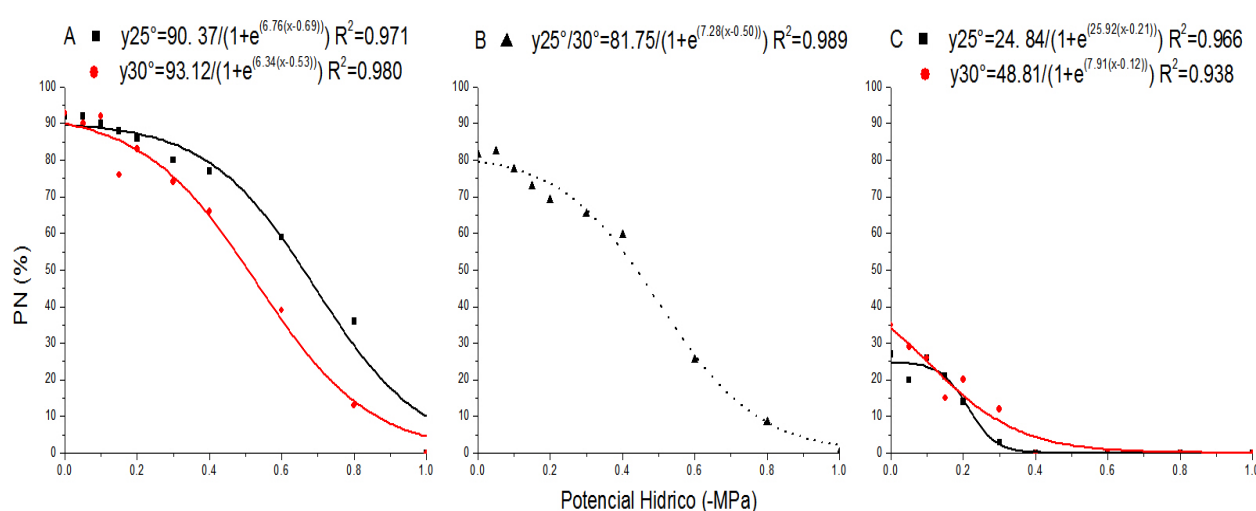


Figura 2. Porcentagem de plântulas normais (PN, %), obtidas a partir de sementes de *Tabebuia roseoalba* (A), *Handroanthus chrysotrichus* (B) e *H. impetiginosus* (C) submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.

A diferença entre as temperaturas foi mais evidente a partir de -0,15 MPa, sendo maior no potencial de -0,80 MPa, e igualando-se quando submetidas a -1,00 MPa; condição em que não houve formação de plântulas normais. Para *H. chrysotrichus*, em que não houve comportamento diferencial na formação de PN (Figuras 2B) frente aos potenciais osmóticos nas duas temperaturas, evidencia-se uma diminuição na formação das PN, principalmente a partir de -0,50 MPa, onde houve redução de 50% nessa característica em relação ao valor máximo verificado a 0 MPa; quando os potenciais se

tornaram mais negativos houve redução mais drástica na formação de PN, com inibição total no potencial de -1,00 MPa, indicando total sensibilidade das sementes a esse nível de estresse. Para *H. impetiginosus* a formação de plântulas normais (Figura 2C) foi baixa, mesmo no potencial 0 MPa, com 35% de plântulas normais a 30 °C e 27% a 25 °C. Os potenciais osmóticos que resultaram na redução de 50% nos valores máximos, foram de -0,21 MPa a 25 °C e -0,12 MPa a 30 °C, ou seja, a temperatura de 30 °C foi mais danosa para a formação de plântulas normais que a temperatura de 25 °C. Houve formação de plântulas normais até o potencial de -0,30 MPa, com pouquíssimas plântulas normais (menos de 15%), nas duas temperaturas, depois deste ponto verificou-se total sensibilidade das sementes frente ao estresse hídrico (Figura 2C). Foi notável a presença de plântulas anormais, principalmente com albinismo, plântulas sem a raiz principal e também com parte aérea deformada ou incompleta; isso explica a pouca quantidade de plântulas normais observada para *Handroanthus impetiginosus*.

As sementes de *Handroanthus impetiginosus*, apresentaram menor velocidade de germinação em comparação com *Tabebuia roseoalba* e *H. chrysotrichus* (Figura 3). As três espécies estudadas apresentaram comportamento semelhante para o índice de velocidade de germinação, frente às condições estudadas, em que houve decréscimo nessa característica com a redução do potencial hídrico, independentemente da temperatura. Todavia, o processo de germinação foi mais acelerado a 30 °C, porém com o aumento do déficit hídrico as diferenças no IVG entre as duas temperaturas diminuíram praticamente se igualando a partir de -0,60 MPa em *Tabebuia roseoalba* (Figura 3A), de -0,40 MPa em *Handroanthus chrysotrichus* (Figura 3B) e de -0,20 MPa em *Handroanthus impetiginosus* (Figura 3C); o que reforça a potencialização do efeito do déficit hídrico a 30 °C. Por outro lado, potenciais osmóticos próximos a -0,40 MPa, nas duas temperaturas, foram responsáveis pela redução de cerca de 50% nos valores máximos de IVG em *T. roseoalba* e *H. chrysotrichus* (Figuras 3A, 3B) e para *H. impetiginosus* isto ocorreu a -0,31 MPa na temperatura de 25 °C e a -0,13 MPa com 30 °C (Figura 3C), denotando que essa última espécie tem maior sensibilidade ao estresse hídrico que as outras duas espécies. Os valores de IVG atingiram valores

próximos a zero no potencial de -1,00 MPa pois, a partir deste ponto não ocorreu germinação.

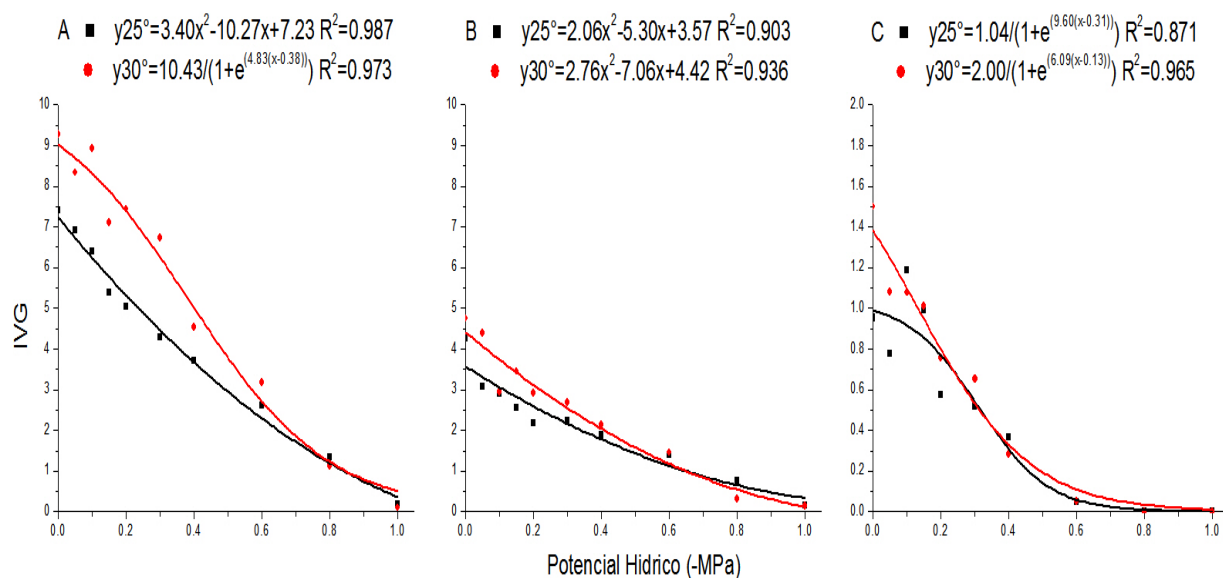


Figura 3. Índice de velocidade de germinação (IVG), obtidas a partir de sementes de *Tabebuia roseoalba* (A), *Handroanthus chrysotrichus* (B) e *H. impetiginosus* (C) submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.

O índice de sincronização (IS), ou entropia informacional, do processo germinativo aumentou para as sementes de *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus* até -0,60 MPa, indicando que a redução na disponibilidade hídrica no substrato alterou a sincronia da germinação das sementes, aumentando a entropia. A partir de -0,80 MPa houve forte redução nos valores médios do índice de sincronização (Figuras 4A e 4B), o que pode ser explicado pela menor quantidade de sementes germinadas em condições de estresse hídrico mais severo, onde apenas sementes de maior vigor dentro do lote conseguem germinar. Para *Handroanthus impetiginosus* o índice de sincronização da germinação apresentou os maiores valores nos potenciais que não prejudicaram a germinação (0; -0,05; -0,10; -0,15 e -0,20 MPa) e diminuiu 50% do seu valor máximo, a -0,43 MPa; ou seja, mantiveram sua germinação desuniforme até -0,30 MPa (Figura 4C), pois a partir desse ponto, sob potenciais hídricos mais

negativos, a germinação foi seriamente comprometida. Ao contrário do observado para *H. impetiginosus*, as sementes de *Tabebuia roseoalba* e *H. chrysotrichus*, mantiveram maior sincronia da germinação, sob as condições mais ideais para sua germinação, onde houve boa disponibilidade de água para a embebição (tratamento controle: 0 MPa, Figuras 4 A e 4B).

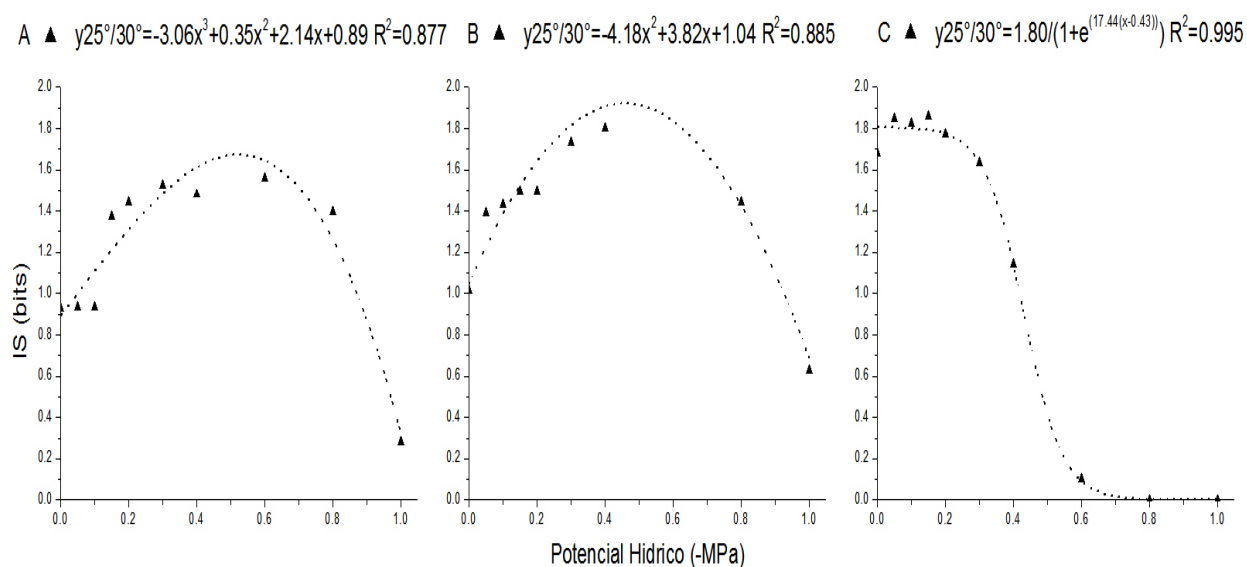


Figura 4. Índice de sincronização (IS, bits), obtido a partir de sementes de *Tabebuia roseoalba* (A), *Handroanthus chrysotrichus* (B) e *H. impetiginosus* (C) submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.

O comprimento da parte aérea (CPA) das plântulas das três espécies foi afetado diferencialmente pelos potenciais osmóticos e temperaturas. O estresse hídrico provocou a redução do comprimento da parte aérea, em ambas temperaturas. Similarmente, o CPA das plântulas das três espécies foi maior a 30 °C, desde o potencial 0 (controle) até -0,40 MPa (Figura 5). Para *Tabebuia roseoalba*, a partir do potencial -0,50 MPa, o CPA foi mais afetado a 30 °C (Figura 5A). As plântulas de *Handroanthus chrysotrichus* também apresentaram CPA menores, a partir de potenciais inferiores a -0,40 MPa com 30 °C, ou seja, sob estresse hídrico mais severo associado a temperatura mais elevada. Nesta espécie, o estresse hídrico provocou uma redução

de 50% do valor máximo do CPA, nos potenciais de -0,40 MPa a 30 °C e de -0,55 a 25 °C (Figura 5B).

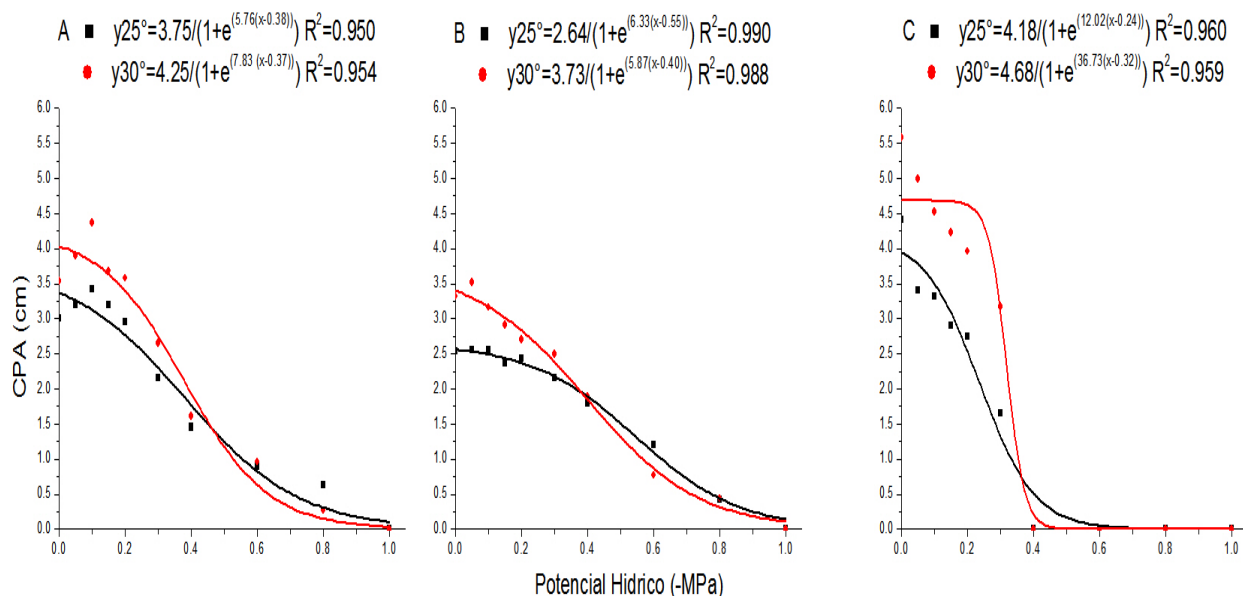


Figura 5. Comprimento da parte aérea (CPA, cm) de plântulas de *Tabebuia roseoalba* (A), *Handroanthus chrysotrichus* (B) e *H. impetiginosus* (C) obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Portanto, reforça-se o efeito mais danoso do déficit hídrico em temperaturas mais elevadas. Similarmente às outras espécies, a temperatura mais elevada, favoreceu o crescimento do CPA das plântulas de *Handroanthus impetiginosus* (Figura 5C) em potenciais hídricos menos severos, porém essa temperatura comprometeu totalmente o desenvolvimento da parte aérea das plântulas a partir de -0,40 MPa.

O comprimento da raiz (CR) das plântulas de *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus impetiginosus* foi afetado diferencialmente pelos potenciais osmóticos e temperaturas (Figuras 6A e 6C). Para as plântulas de *Tabebuia roseoalba* observa-se que a 25 °C o CR se manteve praticamente inalterado até -0,80 MPa. Embora maior CR tenha sido observado até -0,60 MPa a 30 °C, e no potencial -0,80 MPa houve redução drástica do CR (Figura 6A). Para *H. chrysotrichus* (Figura 6B) a interação potencial

hídrico x temperatura foi não significativa, mas houve efeito isolado do potencial hídrico, onde pode-se observar que o CR manteve-se constante até -0,40 MPa, com redução drástica a -0,80 MPa, sendo que a redução de 50% nos valores máximos de CR ocorreu a -0,74 MPa. As plântulas de *H. impetiginosus*, apresentaram maiores CR com 30 °C. Nas duas temperaturas, o CR foi constante até -0,30 MPa onde apresentou uma redução de 50% do seu valor máximo (Figura 6C).

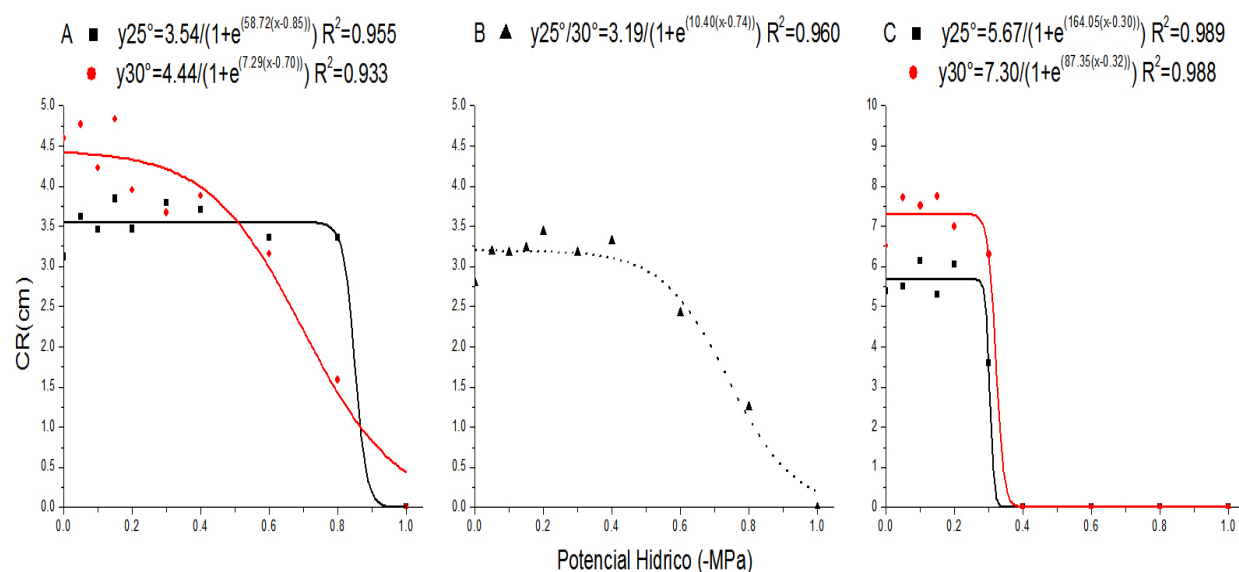


Figura 6. Comprimento de raízes (CR, cm) de plântulas de *Tabebuia roseoalba* (A), *Handroanthus chrysotrichus* (B) e *H. impetiginosus* (C) obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.

4. Discussão

Neste trabalho, o estresse hídrico afetou negativamente a germinação e o desenvolvimento das plântulas de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus*, e também alterou a sincronia da germinação das sementes. Em geral, quando o potencial hídrico da solução é inferior ao das células do embrião, ocorre a

redução da velocidade e porcentagem de germinação e da formação de plântulas, pois a deficiência hídrica afeta o alongamento celular e a síntese de parede (Carvalho e Nakagawa, 2012).

As sementes das três espécies foram mais sensíveis ao estresse hídrico quando esse foi associado à temperatura mais elevada (30 °C), de forma que à medida em que o estresse hídrico tornou-se mais severo, com 30 °C o limite de tolerância foi menor do que o observado a 25 °C. Portanto, a combinação de estresse hídrico com temperaturas mais elevadas, provoca uma redução mais drástica na germinação de sementes e desempenho de plântulas, mesmo considerando-se que as temperaturas estudadas estão dentro da faixa considerada ótima para a maioria das espécies arbóreas tropicais (Brancalion et al., 2010). Por exemplo, a faixa de temperatura de 20 a 30 °C foi ótima para germinação das sementes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl e *Tabebuia roseoalba* (Santos et al., 2005).

Comparando os limites de tolerância à seca, *Handroanthus impetiginosus* comporta-se como mais sensível ao estresse hídrico. O limite de tolerância para a germinação das sementes de *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus* sob estresse hídrico situou-se entre -0,80 e -1,00 MPa, enquanto para *H. impetiginosus* entre -0,60 e -0,80 MPa. Ressalta-se que a germinação das sementes de *H. impetiginosus* foi totalmente inibida no potencial -0,80 MPa. Para *T. roseoalba* e *H. chrysotrichus* não houve formação de plântulas normais a -1,00 MPa, embora tenha sido observada pequena porcentagem de germinação considerando-se a protrusão da raiz primária.

Os limites de tolerância de -0,80 e -1,00 MPa, observados para *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus*, coincidem com os observados em *Anadenanthera colubrina* (Vell.) (Fabaceae) (Duarte et al., 2018). Certas espécies florestais, são mais sensíveis ao estresse hídrico, como exemplo, *Chorisia glaziovii* (Bombacaceae) cuja germinação foi totalmente inibida no potencial -0,30 MPa de PEG 6000 (Silva et al., 2016). Outras, como *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert (Fabaceae), são bastante resistentes ao estresse hídrico simulado com PEG 6000, com limite de tolerância entre -1,4 e -1,6 MPa (Botelho; Perez, 2001). No trabalho de Avrella

et al. (2017), a germinação de *Mimosa scabrella* Benth tornou-se nula no potencial de -0,60 MPa de PEG 6000 e, segundo os autores, trata-se de uma espécie promissora para cultivo em solos com estresse hídrico, pois a germinação e a formação de plântulas ocorreram de forma satisfatória nos potenciais osmóticos que estes solos apresentam.

Embora os limites de tolerância sejam específicos para cada espécie, existem diferenças ao se comparar os resultados aqui obtidos com os obtidos em outros trabalhos, a exemplo de Marques (2004) com *Handroanthus chrysotrichus* e Santos et al. (2018) com *Handroanthus impetiginosus*. É provável que a variabilidade genética (diferentes matrizes amostradas), as procedências dessas matrizes (indivíduos adaptados a diferentes condições climáticas) e também causas ambientais diversas, possam alterar a qualidade fisiológica dos lotes de sementes, o que explicaria as diferenças intraespecíficas observadas quanto à tolerância ao estresse hídrico.

Os índices de velocidade de germinação foram maiores a 30 °C, nas três espécies. Guedes et al. (2013) encontraram o mesmo comportamento em sementes de *Apeiba tibourbou*, uma espécie florestal pertencente à família Tiliaceae. Os autores atribuíram isto, possivelmente, à embebição mais rápida e, conseqüentemente, à aceleração das reações metabólicas que ocorreram durante o processo de germinação na temperatura mais elevada (30 °C). Contudo, o aumento da temperatura intensificou os efeitos do estresse hídrico induzidos por PEG 6000, para o IVG das três espécies, corroborando o resultado observado por Santos et al. (2018).

Considerando-se os valores de porcentagem de germinação e de plântulas normais das três espécies, percebe-se que o estresse hídrico foi mais danoso para a formação de plântulas normais que para a germinação das sementes. Ressalta-se, também, que o IVG foi obtido a partir das sementes que emitiram raiz primária e não com base em PN, e que em potenciais mais negativos, não ocorreu o desenvolvimento subsequente do sistema radicular, favorecendo a deterioração das sementes e impedindo a formação de plântulas normais.

Nesta pesquisa, independentemente da espécie e da temperatura, o estresse hídrico também afetou a sincronia da germinação das sementes. A falta de

sincronização foi observada para *Amphilophium crucigerum* (Bignoniaceae), em que a maior entropia do processo germinativo faz com que a germinação seja distribuída ao longo do tempo, permitindo que as sementes encontrem, em algum momento condições mais adequadas para a sobrevivência das plântulas em ecossistemas que apresentem mudanças periódicas das condições ambientais (Ribeiro et al., 2017). Ao contrário, IS menores indicam que o sistema está mais ordenado, proporcionando maiores valores de porcentagem e velocidade de germinação o que ocorre na temperatura ótima de germinação (Santos et al., 2005).

Para que a germinação ocorra, as sementes devem atingir um teor de água mínimo, que é variável entre as espécies, e que demora mais para ser atingido quando o potencial hídrico do substrato é mais baixo (Guedes et al., 2013). As espécies de germinação muito rápida têm, em geral, sementes pequenas, com poucas reservas e possuem tegumentos finos e macios que absorvem a água rapidamente (Parsons, 2012). *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus* apresentaram maior sincronia e velocidade de germinação, principalmente sob condições ótimas, portanto, apresentam características que facilitam a dispersão e o rápido estabelecimento de plântulas, pois suas sementes possuem pequena quantidade de reserva o que implica em curto período de viabilidade (Santos et al., 2005).

Comparativamente, *Handroanthus impetiginosus* apresentou germinação mais demorada e desorganizada no tempo, inclusive na ausência de estresse hídrico. Provavelmente esse comportamento contribui para diminuir ou evitar o risco de mortalidade de plântulas, imposto no caso de germinação muito rápida e sincronizada, principalmente nas regiões que apresentam secas sazonais. Para esta espécie, Martins et al. (2015) encontraram que a germinação demorada assim como a forte inibição osmótica, contribuem para o atraso da emergência das sementes no solo e, portanto, constituem mecanismos para evitar o estresse, sendo esta uma estratégia conservada durante a evolução, e que garante valor adaptativo em um ambiente onde a precipitação é menos previsível. Além disso, a capacidade de formação de raízes adventícias a partir do hipocótilo após desidratação, e o restabelecimento da tolerância pós-germinação (induzida após tratamento osmótico de sementes germinadas com

radículas de até 3 mm de comprimento) formam mecanismos adicionais de adaptação às condições de secas sazonais que ocorrem em biomas como o Cerrado e a Caatinga, onde *H. impetiginosus* habita, o que favorece a sobrevivência das plântulas sob pressão seletiva (Vieira et al., 2010).

Com base nos resultados desta pesquisa, as sementes de *Handroanthus impetiginosus* apresentam germinação mais demorada e desorganizada no tempo, ao mesmo tempo em que suas sementes necessitam de maiores níveis de hidratação para ativar a germinação; em comparação, as sementes de *Tabebuia roseoalba* e *H. chrysotrichus* germinam de forma mais rápida e sincronizada, e possuem maior tolerância às condições de baixa disponibilidade hídrica. Embora, condições climáticas distintas possam favorecer a ocorrência de diferentes estratégias para tolerância e sobrevivência de sementes e plântulas (Martins et al., 2015), é de fundamental importância entender como os fatores ambientais, a exemplo da disponibilidade hídrica, afetam a germinação das sementes e, assim, compreender melhor o comportamento ecológico das espécies em ambiente natural (Antunes et al., 2011). Dessa forma, esta pesquisa contribui para a compreensão das estratégias de regeneração das espécies estudadas e como essas poderão ser afetadas pelas variações de temperatura e disponibilidade hídrica, que são informações importantes para o gerenciamento das práticas para restauração de florestas tropicais.

5. Conclusões

O estresse hídrico prejudica a germinação de sementes, o desenvolvimento de plântulas e afeta a sincronia do processo germinativo das sementes de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus*, nas temperaturas de 25 °C e 30 °C. Contudo, a porcentagem de sementes germinadas reduz em maior proporção, quando a deficiência de água se associa com temperaturas mais elevadas, demonstrando que a sensibilidade das espécies frente ao estresse hídrico aumenta com a elevação da temperatura.

O limite de tolerância para *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus* situa entre -0,80 e -1,00 MPa, enquanto para *H. impetiginosus* entre -0,60 e -0,80 MPa. *T. roseoalba* e *H. chrysotrichus* são mais tolerantes ao estresse hídrico que *H. impetiginosus*.

6. Referências

André RGB, Garcia A (2014) Variabilidade temporal da precipitação em Jaboticabal – SP. **Nucleus** 11:397-402.

Antunes CGC, Pelacani CR, Ribeiro RC, Souza JV, Souza CLM, Castro RD (2011) Germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Catingueira) submetidas a de ciência hídrica. **Revista Árvore** 35:1007-1015.

Avrella ED, Baratto B, Lucchese JR, Navroski MC, Fior CS (2017) Estresse hídrico e salinidade na germinação de sementes de *Mimosa scabrella* Benth. **Revista Espacios** 38:24-34.

Azerêdo GA, Paula RC, Valeri SV (2016) Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. sob estresse hídrico. **Ciência Florestal** 26:193-202.

Botelho BA, Perez SCJGA (2001) Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de canafístula. **Scientia Agrícola** 58:43-49.

Brançalion PHS, Novembre ADDLC, Rodrigues RR (2010) Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista brasileira de sementes** 32:15-21.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009) Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS, 399p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2013) Instruções para análise de sementes de espécies florestais, Brasília: MAPA, 98p.

Carvalho NM, Nakagawa J (2012) **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed.: Jaboticabal: FUNEP, 590p.

Ceccon E, Huante P, Rincón E (2006) Abiotic Factors Influencing Tropical Dry Forests Regeneration. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 49:305-312.

Duarte MM, Kratz D, Carvalho RLL, Nogueira AC (2018) Influência do estresse hídrico na germinação de sementes e formação de plântulas de angico branco. **Advances in Forestry Science** 5:375-379.

Garcia A, André RGB (2015) Variabilidade temporal da temperatura do ar em Jaboticabal – SP. **Nucleus** 12:181-188.

García-Valdés R, Bugmann H, Morin X (2018) Climate change-driven extinctions of tree species affect forest functioning more than random extinctions. **Diversity and Distributions** 24:906-918.

Greggio TC, Pissarra TCT, Rodrigues FM (2009) Avaliação dos fragmentos florestais do município de Jaboticabal-SP. **Revista Árvore** 33:117-124.

Guedes RS, Alves EU, Viana JE, Gonçalves EP, Lima CR, Santos SRN (2013) Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal** 23:45-53.

Hartmann HT, Kester DE, Davies JRFT, Geneve RL (2011) Plant propagation: principles and practices. New Jersey: Prentice Hall, 915p.

Kappes C, Andrade JAC, Haga KI, Ferreira JP, Arf MV (2010) Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia Agraria** 11:125-134.

Labouriau LG (1983) A germinação de sementes. Washington: OEA, 174p.

Lohmann LG (2010) **Bignoniaceae in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB112305>> Acesso em: 27 abr. 2020

Lohmann LG (2018) Check-list das Bignoniaceae do estado de Mato Grosso do Sul. **Iheringia, Série Botânica** 73:157-162.

Lorenzi, H (2008) Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 368p.

Maguire JD (1962) Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science** 2:176-177.

Marcos Filho J (2015) Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: Abrates, 660p.

Marques MA, Rodrigues TJD, Valeri SV, Malheiros EB (2004) Germination of *Tabebuia chrysotricha* (Mart.) Standl. seeds dried in dry chamber, stored in different environments and submitted to seven levels of osmotic potential. **Científica** 32:127-133.

Martins JR, Edvaldo AAS, Alvarenga AA, Rodrigues AC, Ribeiro DE, Toorop PE (2015) Seedling survival of *Handroanthus impetiginosus* (Mart ex DC) Mattos in a semi-arid environment through modified germination speed and post-germination desiccation tolerance. **Brazilian Journal of Biology** 75:812-820.

Mello CMC, Eira MTS (1995) Conservação de sementes de ipês (*Tabebuia* spp.). **Revista Árvore** 19:427-432.

Parsons RF (2012) Incidence and ecology of very fast germination. **Seed Science Research** 22:161-167.

Ribeiro JWF, Pereira KCL, Oliveira AKM (2017) Germinação de sementes de *Amphilophium crucigerum* (L.) L.G. Lohmann (Bignoniaceae) em diferentes temperaturas. **Natureza online** 16:062-068.

Santos DL, Sugahara VY, Takaki M (2005) Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl. e *Tabebuia roseo-alba* (Ridl) Sand – Bignoniaceae. **Ciência Florestal** 15:87-92.

Santos PCS, Benedito CP, Alves TRC, Paiva EP, Sousa EC, Freires ALA (2018) Water stress and temperature on germination and vigor of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 22:349-354.

Silva MLM, Alves EU, Bruno RLA, Santos-Moura SS, Neto APS (2016) Germinação de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze submetidas ao estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Ciência Florestal** 26:999-1007.

Vieira CV, Silva EAA, Alvarenga AA, Castro EM, Toorop PE (2010) Stress-associated factors increase after desiccation of germinated seeds of *Tabebuia impetiginosa* Mart. **Plant Growth Regulation** 62:257-263.

Villela FA, Doni Filho L, Sequeira EL (1991) Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 26:1957-1968

CAPÍTULO 3 - Germinação de sementes de Bignoniáceas arbóreas sob estresse salino

RESUMO - Os estudos sobre como os diferentes estresses abióticos influenciam a germinação de sementes têm importância especial na ecofisiologia das espécies, pois permite avaliar os limites de tolerância e a capacidade de adaptação das mesmas. Neste trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos do estresse salino, associado com duas temperaturas, na germinação de sementes e desempenho de plântulas de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus*, para determinar os limites de tolerância à salinidade dessas espécies. Para simular diferentes potenciais osmóticos e submeter as sementes ao estresse salino, foram usadas soluções aquosas de NaCl, nos potenciais de 0 (água); -0,05; -0,10; -0,15; -0,20; -0,30; -0,40 e -0,60; MPa. Os testes de germinação foram conduzidos a 25 e 30 °C, sob fotoperíodo de 8 h. As análises estatísticas foram realizadas separadamente por espécie, segundo o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2 x 8 (duas temperaturas nas parcelas e oito potenciais osmóticos nas subparcelas). Avaliou-se a porcentagem de germinação e de plântulas normais, comprimento de parte aérea e raiz e os índices de velocidade e de sincronização da germinação. O estresse salino afetou negativamente a germinação e o desenvolvimento das plântulas e, também, alterou a sincronia da germinação das sementes. As espécies respondem de forma diferenciada frente às condições de salinidade e temperaturas. O limite máximo de tolerância ao estresse por NaCl, para a germinação de sementes, se situa entre -0,40 e -0,50 MPa para *T. roseoalba* e *H. chrysotrichus*, enquanto para *H. impetiginosus* se situa entre -0,30 e -0,40 MPa. Dessa forma, *T. roseoalba* e *H. chrysotrichus* são mais tolerantes ao estresse salino comparativamente a *H. impetiginosus*.

Palavras-chave: *Handroanthus*, Potencial osmótico, *Tabebuia*, Germinação

1. Introdução

Os recursos florestais têm sofrido grande pressão, tendo como principal consequência o aumento do número de espécies florestais que estão na lista de plantas ameaçadas de extinção (Oliveira et al., 2012). A adoção de práticas conservacionistas ou de recuperação de áreas degradadas, esbarram na falta de informações a respeito das espécies tropicais nativas (Carpi et al., 1996). Para utilizar uma espécie em reflorestamento, é necessário conhecer os aspectos de sua biologia e/ou ecologia (Perez et al., 2001). Os estudos sobre como os diferentes estresses abióticos influenciam a germinação de sementes, têm importância especial na ecofisiologia das espécies, pois permite avaliar os limites de tolerância e a capacidade de adaptação das mesmas (Larcher, 2006) e, desse modo, tornam-se fundamentais para a utilização e exploração de forma racional das espécies florestais (Perez et al., 2001).

Tabebuia roseoalba (Ridl.) Sandwith (ipê-branco), *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. Ex DC.) Mattos (ipê-amarelo) e *H. impetiginosus* (Mart. Ex DC.) Mattos (ipê-roxo) são espécies da Aliança *Tabebuia* – clado monofilético da família Bignoniaceae. Essas espécies possuem uma ampla distribuição dentro do Brasil, ocupando áreas com diferentes condições edafoclimáticas (Costa et al., 2019; Lohmann, 2010). Apesar da maioria das espécies de *Handroanthus* produzirem anualmente grande quantidade de sementes, muitas delas apresentam problemas de germinação e conservação em seus habitats naturais (Apóstolo et al., 2016). As sementes do gênero *Tabebuia* sofrem forte variação na qualidade durante o armazenamento, o que representa dificuldades no estabelecimento de técnicas de cultivo para reflorestamento de áreas degradadas, além de limitar sua dispersão natural (Martins et al., 2009). Em geral, em temperatura ambiente as sementes de ipês conservam a viabilidade por no máximo 6 meses (Zuntini e Lohmann, 2018).

Disponibilidade hídrica, temperatura, oxigênio e salinidade são fatores externos que afetam severamente o desempenho germinativo das sementes (Ferreira et al., 2013). Aumentos na concentração de sais no meio germinativo causam o efeito osmótico por meio da redução do potencial hídrico, podendo elevar a concentração de

ions no embrião a níveis tóxicos, caracterizando o efeito tóxico (Perez e Fanti, 2015). Para a determinação da tolerância das plantas à presença de sais, analisa-se a porcentagem de germinação em substratos salinos, sendo essa, uma das formas de estudo mais difundida (Lima e Torres, 2009). A redução do poder germinativo sob potenciais salinos diversos, comparado ao tratamento controle, serve como um indicador do índice de tolerância da espécie (Harter et al., 2014). Considera-se que a capacidade de germinar indica, também, a tolerância das plantas às condições de salinidade, em estádios subsequentes do desenvolvimento (Taiz e Zeiger, 2013).

As informações sobre os efeitos das condições salinas na sobrevivência de espécies florestais da família Bignoniaceae são imprescindíveis e, ainda, escassas principalmente para os ipês. Neste contexto, objetivou-se avaliar os efeitos do estresse salino, associado com duas temperaturas, na germinação de sementes e desempenho de plântulas de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus*, para determinar os limites de tolerância à salinidade destas espécies.

2. Material e Métodos

Foram utilizadas sementes de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus*, coletadas de árvores matrizes em Jaboticabal-SP, município localizado no Centro-Norte do estado de São Paulo, Brasil (21° 15' 22" S, 48° 18' 58" W, com altitude variando de 465 a 685 m). Em setembro de 2019, foram coletados frutos maduros, no início de sua deiscência, apresentando as primeiras trincas/fendas, porém sem dispersão das sementes que, posteriormente, passaram por um processo de secagem natural. As sementes foram extraídas manualmente, acondicionadas em sacos de papel Kraft e armazenadas em sala climatizada (16,5 °C e 50% U.R.).

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas (Brasil, 2013), usando-se quatro repetições de 25 sementes. Antes da instalação dos testes de germinação, as sementes foram esterilizadas superficialmente com hipoclorito de sódio a 1% por 2 minutos, utilizando solução comercial com 2,5% de

princípio ativo e, posteriormente, lavadas em água destilada por 30 segundos (Brasil, 2013).

Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com duas temperaturas nas parcelas e 8 potenciais osmóticos nas subparcelas. Para simular diferentes potenciais osmóticos e submeter as sementes ao estresse salino, foram usadas soluções aquosas de NaCl, preparadas de acordo com a fórmula de Van'tHoff, citada por Braga et al. (1999). Foram avaliados os potenciais de 0 (água destilada), -0,05, -0,10, -0,15, -0,20, -0,30, -0,40 e -0,60 MPa. Para cada espécie, utilizou-se 100 sementes por tratamento, divididas em cinco repetições de 20 unidades.

As sementes de *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus* foram distribuídas sobre rolos de papel-toalha acondicionados em sacos de plástico transparentes, para reduzir as perdas de água por evaporação. As sementes *H. impetiginosus* foram submetidas à germinação em caixas de plástico transparente, de 11 x 11 x 3,5 cm, com tampa, sobre duas folhas papel mata-borrão. Os papeis dos três experimentos foram umedecidos com água destilada (controle) ou com as soluções salinas, em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado (Brasil, 2009).

Todos os testes de germinação foram conduzidos em germinadores tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.) regulados nas temperaturas de 25 e 30 °C, com fotoperíodo de oito horas, utilizando lâmpadas fluorescentes tipo luz do dia (4 x 20 W). As duas temperaturas foram escolhidas com base em testes preliminares e estão dentro da faixa considerada ótima para a germinação de sementes das espécies estudadas.

As contagens das sementes germinadas, ou seja, com protrusão da raiz primária de pelo menos 0,5 cm, foram realizadas diariamente, por um período de 15 dias, quando as taxas de germinação foram estabilizadas e os experimentos foram encerrados. Ao final do experimento foram determinados a porcentagem de germinação - G (%) e de plântulas normais - PN (%) (correspondente a relação porcentual entre o número de sementes com protrusão da raiz primária ou de plântulas com as estruturas essenciais perfeitas, respectivamente, e o número de sementes colocadas para

germinar). Avaliou-se, também, o comprimento da parte aérea (CPA, em cm) e da raiz (CR, em cm) das plântulas normais, determinados com régua graduada (mm), de acordo com Brasil (2009).

De posse dos valores diários do número de sementes germinadas obteve-se o índice de velocidade de germinação (IVG), obtido pela fórmula proposta por Maguire (1962) e o índice de sincronização ou incerteza (IS), expressa em bits (unidades de informação), conforme Labouriau (1983).

As análises estatísticas foram realizadas separadamente por espécie. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão ($p \leq 0,05$), utilizando-se modelos de regressão polinomial e um modelo logístico não linear (logística 1), conforme apresentado por Azerêdo et al. (2016):

$$y = a / (1 + e^{-k(x-x_c)}) \text{ em que :}$$

y = valor da característica para um determinado valor de x (potencial hídrico);

a = valor máximo da característica y ;

k = taxa relativa de crescimento (no caso presente de redução de y);

x_c = valor de x (potencial hídrico) que proporciona uma redução no valor máximo da característica em 50%.

3. Resultados

A interação temperatura x potencial osmótico foi significativa para porcentagem de germinação (G) em *Tabebuia roseoalba*, porcentagem de plântulas normais (PN) em *Handroanthus chrysotrichus*, índice de velocidade de germinação (IVG) em *T. roseoalba* e *H. chrysotrichus*, índice de sincronização da germinação (IS) em *T. roseoalba*, comprimento de parte aérea (CPA) em *H. chrysotrichus* e *H. impetiginosus* e para comprimento de raiz (CR) nas três espécies, denotando resposta diferencial dessas características nas respectivas espécies frente à combinação de temperatura e potencial osmótico no processo germinativo (Tabela 1). O potencial osmótico influenciou todas as características avaliadas, nas três espécies, de forma isolada ou em interação com a temperatura. Para porcentagem de plântulas normais em *T.*

roseoalba, porcentagem e índice de velocidade de germinação em *H. impetiginosus* observou-se efeito significativo isolado do potencial osmótico e da temperatura, fato semelhante foi observado para o índice de sincronização da germinação em *H. chrysotrichus* e *H. impetiginosus*. Para o comprimento da parte aérea em *T. roseoalba*, germinação em *H. chrysotrichus* e plântulas normais em *H. impetiginosus* houve efeito significativo apenas do potencial osmótico.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para porcentagem de germinação (G) e de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG), índice de sincronização (IS), comprimento da parte aérea (CPA) e de raízes (CR) de plântulas, obtidos a partir de sementes de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus* submetidas a potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Características	Valores de F			Média	CV ¹ (%)	CV ² (%)
	Temperatura (T)	Potenciais (P)	Interação (TxP)			
<i>Tabebuia roseoalba</i>						
G (%)	4,15 ⁺	341,41**	6,48**	71,00	7,95	20,24
PN (%)	3,64 ⁺	317,41**	1,62 ^{ns}	52,00	16,23	12,74
IVG	1,41 ^{ns}	231,97**	3,89**	4,11	23,26	11,79
IS (bits)	0,87 ^{ns}	101,80**	2,53*	1,90	22,47	14,13
CPA (cm)	0,26 ^{ns}	729,41**	0,95 ^{ns}	1,93	8,53	8,75
CR (cm)	10,42**	344,80**	5,78**	2,81	28,66	11,91
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>						
G (%)	0,96 ^{ns}	34,10**	0,76 ^{ns}	53,00	18,47	21,63
PN (%)	0,32 ^{ns}	55,01**	2,92**	36,00	24,82	25,25
IVG	13,12*	43,54**	2,80**	1,78	18,64	23,84
IS (bits)	5,99 ⁺	115,23**	1,79 ^{ns}	2,01	6,97	12,10
CPA (cm)	77,69**	190,86**	5,25**	1,19	9,23	13,40
CR (cm)	11,48*	71,32**	3,13**	1,07	17,16	21,20
<i>Handroanthus impetiginosus</i>						
G (%)	30,42**	41,35**	1,14 ^{ns}	43,00	19,95	26,66
PN (%)	1,15 ^{ns}	60,09**	1,55 ^{ns}	24,00	39,08	34,09
IVG	11,74*	53,85**	0,81 ^{ns}	1,07	19,78	25,66
IS(bits)	35,40**	85,58**	1,74 ^{ns}	2,03	10,03	15,61
CPA (cm)	67,03**	208,94**	7,89**	1,84	12,99	16,82
CR(cm)	4,10 ^{ns}	110,74**	4,41**	2,64	16,13	19,39

**, * e + = Significativo ao nível de probabilidade de 0,01, 0,05 e 0,10 pelo teste F, respectivamente; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade; CV¹ - coeficiente de variação nas parcelas; CV² - coeficiente de variação nas subparcelas.

O teor de água das sementes das três espécies, antes do início dos experimentos foi 4,3% para *Tabebuia roseoalba*, 10,3% para *Handroanthus chrysotrichus* e 5,8% para *H. impetiginosus*.

Para as três espécies, houve redução na porcentagem de germinação (Figura 1), porcentagem de plântulas normais (Figura 2), índice de velocidade de germinação (Figura 3), comprimento de parte aérea (Figura 5) e comprimento da raiz das plântulas (Figura 6) com o aumento do estresse salino, independentemente da temperatura.

Para *Tabebuia roseoalba* maiores porcentagens de germinação (G) (acima de 80%) ocorreram até o potencial osmótico de -0,30 MPa a 25 °C, e até -0,20 MPa a 30 °C (Figura 1A). Ressalta-se, que a temperatura de 25 °C proporcionou valores superiores de germinação, sob todos os potenciais osmóticos estudados. Os potenciais responsáveis pela redução de 50% nos valores máximos de germinação foram, respectivamente -0,40 MPa a 25 °C e -0,36 MPa a 30 °C (Figura 1A).

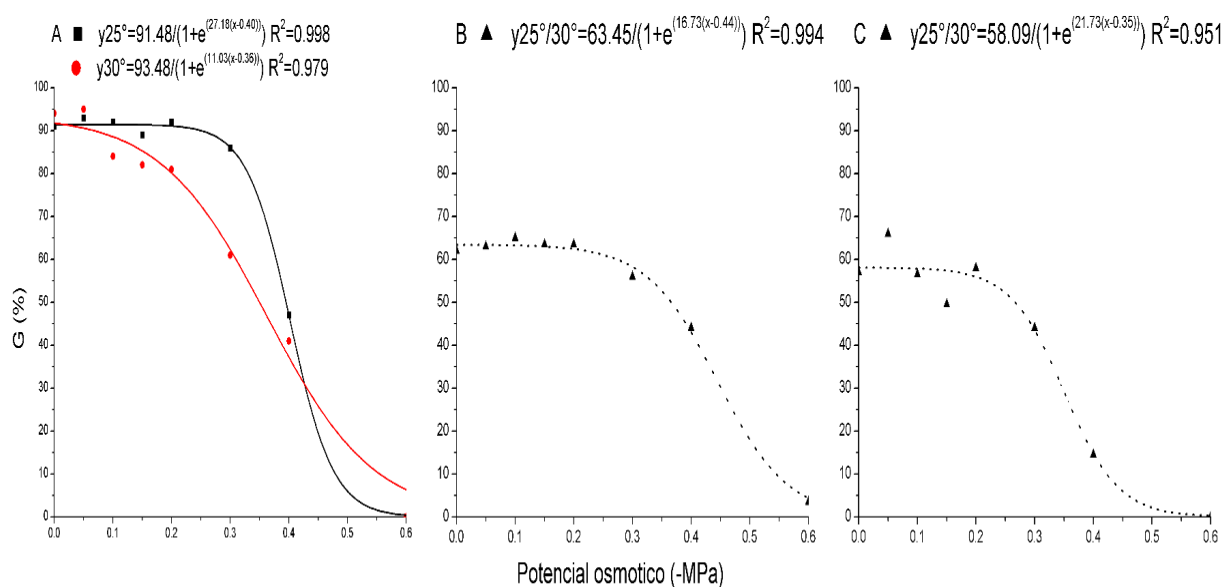


Figura 1. Porcentagem de germinação (G, %), obtidas a partir de sementes de *Tabebuia roseoalba* (A), *Handroanthus chrysotrichus* (B) e *H. impetiginosus* (C) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Por conseguinte, o efeito do estresse salino foi mais drástico quando associado a maior temperatura (30 °C). *H. impetiginosus* e *H. chrysotrichus* apresentaram germinação máxima inferior a 70%. Para germinação de *Handroanthus chrysotrichus* apenas o efeito isolado do potencial osmótico foi significativo (Tabela 1). A germinação das sementes se manteve em torno de 60-65% desde o controle até -0,20 MPa. Essa porcentagem foi afetada no potencial -0,45 MPa, onde apresentou uma redução no valor máximo em 50%. Nos potenciais osmóticos mais negativos (-0,60 MPa), o estresse salino mais severo prejudicou quase totalmente a germinação das sementes (Figura 1B). Para *H. impetiginosus* houve efeito significativo dos fatores isolados de potencial hídrico e temperatura (Tabela 1) sendo a porcentagem de germinação maior a 25 °C; a germinação das sementes desta espécie ocorreu até -0,40 MPa. Os valores de germinação se mantiveram relativamente constantes, de 0 (controle) a -0,20 MPa, já no potencial osmótico -0,35 MPa, diminuiu 50% do valor máximo (Figura 1C).

Para *Tabebuia roseoalba* houve efeito isolado dos potenciais osmóticos e temperaturas na formação de plântulas normais (PN) (Tabela 1). A 25 °C houve maior porcentagem de plântulas normais; e ocorreu diminuição na formação das PN, principalmente a partir de -0,24 MPa, em que houve redução de 50% nessa característica em relação ao valor máximo verificado a 0 MPa (controle); quando os potenciais se tornaram mais negativos houve redução mais drástica na formação de PN, com inibição total no potencial de -0,40 MPa (Figuras 2B), indicando total sensibilidade das sementes a esse nível de estresse salino. Para as sementes de *Handroanthus chrysotrichus* a temperatura de 30 °C favoreceu ligeiramente a formação de plântulas normais nos potenciais extremos (mais e menos negativos), com comportamento semelhante nas duas temperaturas nos potenciais intermediários (Figura 2B). A porcentagem de plântulas normais foi reduzida em 50%, em relação ao controle, nos potenciais osmóticos de -0,31 MPa a 25 °C e de -0,29 MPa a 30 °C. Não houve formação de PN a -0,60 MPa, embora nesta condição algumas sementes tenham emitido raiz primária (Figuras 1B e 2B).

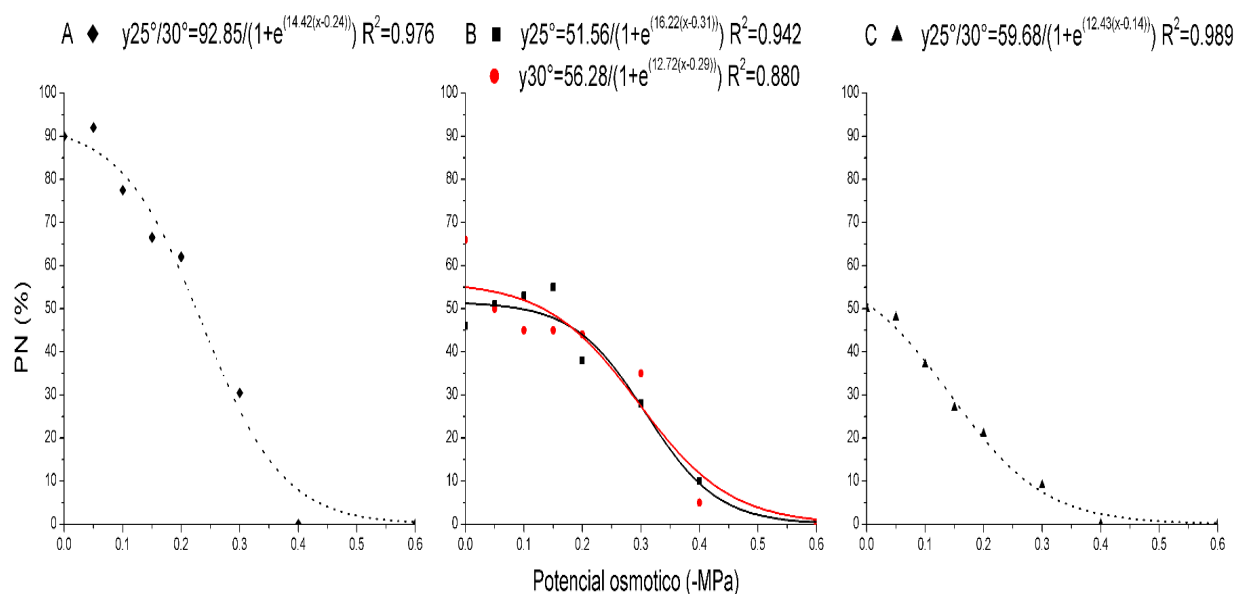


Figura 2. Porcentagem de plântulas normais (PN, %), obtidas a partir de sementes de *Tabebuia roseoalba* (A), *Handroanthus chrysotrichus* (B) e *H. impetiginosus* (C) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Portanto, o estresse salino prejudicou primeiro a formação de plântulas normais, e somente em potenciais mais negativos houve a inibição da germinação. Para *Handroanthus impetiginosus* houve efeito isolado apenas do potencial osmótico sobre a formação de plântulas normais (Tabela 1). A formação de plântulas normais ocorreu até -0,30 MPa, sendo que a redução de 50% na porcentagem máxima de PN, ocorreu a -0,15 MPa. Observou-se que a formação de plântulas normais foi comprometida já a partir de -0,05 MPa, demonstrando-se sensível frente a baixos potenciais osmóticos. Portanto, para *H. impetiginosus*, pequenas quantidades de NaCl comprometem a formação de plântulas normais (Figura 2C).

As sementes de *Tabebuia roseoalba*, apresentaram maior índice de velocidade de germinação em comparação com *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus* (Figura 3). Para *Tabebuia roseoalba* observou-se decréscimo do IVG com a redução do potencial osmótico, em ambas temperaturas. Os maiores valores de IVG ocorreram no potencial 0 MPa a 30 °C, com desempenho ligeiramente superior nesta temperatura até -0,15 MPa. Potenciais osmóticos de -0,23 MPa a 30 °C e de 0,31 MPa a 25 °C foram

responsáveis pela redução de cerca de 50% nos valores máximos de IVG (Figura 3A), demonstrando que a sensibilidade das sementes frente ao estresse salino foi maior a 30 °C. Os valores de IVG atingiram valores próximos a zero no potencial de -0,60 MPa, em ambas temperaturas e, a partir deste ponto não ocorreu germinação (Figura 3A).

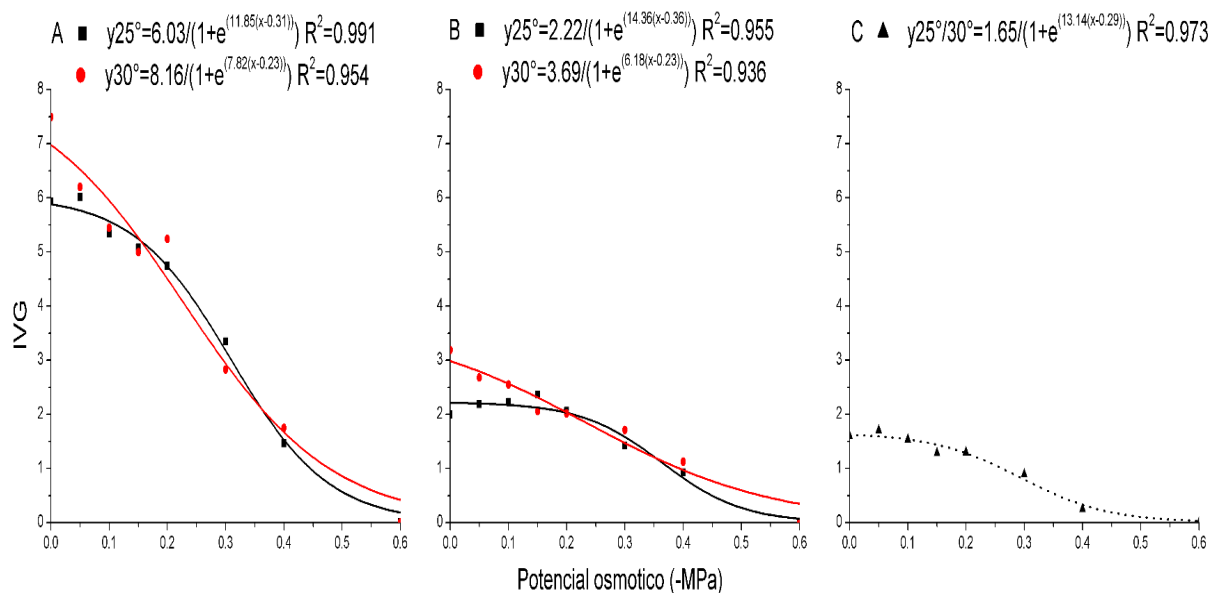


Figura 3. Índice de velocidade de germinação (IVG), obtidos a partir de sementes de *Tabebuia roseoalba* (A), *Handroanthus chrysotrichus* (B) e *H. impetiginosus* (C) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Para *Handroanthus chrysotrichus*, houve decréscimo do IVG com a redução do potencial osmótico, independentemente da temperatura, mas a velocidade de germinação foi ligeiramente superior com 30 °C, igualando-se entre as temperaturas no potencial -0,20 MPa (Figura 3B), a partir desse potencial o estresse salino afetou o IVG das sementes igualmente em ambas temperaturas. Os potenciais responsáveis pela redução de 50% nos valores máximos de IVG foram, respectivamente -0,36 MPa a 25 °C e -0,23 MPa a 30 °C (Figura 3B), comprovando o efeito mais drástico do estresse salino associado a maior temperatura. A velocidade de germinação (IVG) das sementes de *Handroanthus impetiginosus* foi afetada de forma isolada pelos potenciais osmóticos e temperaturas (Tabela 1), com superioridade a 25 °C. A espécie apresentou IVG de

1,70 a 0 MPa, sendo esse valor reduzido pela metade no potencial -0,29 MPa. Nos potenciais osmóticos mais negativos, a quantidade de sementes germinada foi muito pequena e a velocidade de germinação reduziu significativamente (Figura 3C).

Independentemente da temperatura, os valores de índice de sincronização (IS), ou entropia informacional, do processo germinativo das sementes de *Tabebuia roseoalba* aumentaram com a redução do potencial osmótico, até próximo a -0,30 MPa (Figuras 4A), posto que, a presença de NaCl, no substrato alterou a sincronia da germinação das sementes, aumentando a entropia. Todavia, a maior temperatura (30 °C), provocou incrementos maiores do índice de sincronização, desde potenciais osmóticos de -0,05 até -0,30 MPa. A partir de -0,30 MPa a 30 °C e de -0,40 MPa a 25 °C, houve redução drástica nos valores médios do índice de sincronização (Figuras 4A), que pode ser explicado pela menor quantidade de sementes germinadas. Isso evidencia que o incremento de temperatura, reduziu a tolerância das sementes frente a condições de estresse salino.

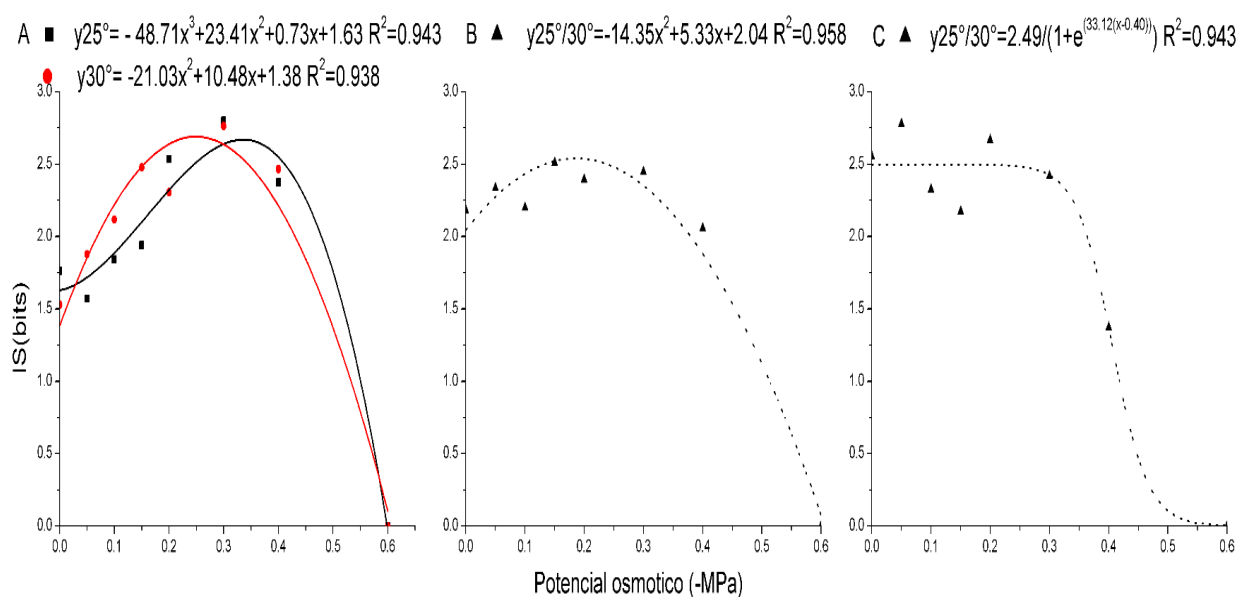


Figura 4. Índice de sincronização (IS, bits), obtido a partir de sementes de *Tabebuia roseoalba* (A), *Handroanthus chrysotrichus* (B) e *H. impetiginosus* (C) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Para *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus*, foram observados efeitos isolados das temperaturas e dos potenciais osmóticos sobre o índice de sincronização da germinação (Tabela 1). Os maiores valores de índice de sincronização foram observados a 25 °C, em ambas espécies. Para as sementes de *Handroanthus chrysotrichus*, os valores médios de entropia do processo germinativo aumentaram a partir de -0,05 MPa (Figura 4B), pois a presença de NaCl na solução de embebição das sementes tornou a germinação mais demorada e desorganizada no tempo, e ficou mais evidente à medida em que os potenciais osmóticos foram decrescendo. A partir dos potenciais -0,30 e -0,40 MPa, o IS decresceu (Figura 4B) pois o estresse salino prejudica as taxas de germinação. Para *H. impetiginosus*, independentemente da temperatura, a entropia da germinação das sementes foi pouca alterada entre 0 (controle) e -0,30 MPa. A partir deste ponto, entre -0,30 e -0,40 MPa, houve redução drástica do índice de sincronização (Figura 4C), que foi provocada pela menor quantidade de sementes germinadas sob estresse salino mais severo. Por outro lado, destaca-se que, sob diferentes potenciais osmóticos, a germinação das sementes desta espécie, apresentou uma redução de 50% nos valores máximos a -0,35 MPa (Figura 1C). Por conseguinte, o IS atingiu valores mais baixos no potencial -0,40 MPa (Figura 4C), devido ao processo germinativo ter sido ativado poucas vezes, e de forma retardada. Provavelmente, nesse nível de estresse salino, só algumas sementes de melhor qualidade fisiológica emitiram a raiz primária.

O estresse salino afetou, de forma isolada, o desenvolvimento da parte aérea das plântulas de *Tabebuia roseoalba* (Tabela 1; Figura 5). Essa espécie demonstrou maior sensibilidade quanto ao CPA frente ao estresse salino, em comparação às outras características, como por exemplo a formação de raízes (Figuras 5A e 6A), ao ponto que se observou redução de 50% do valor máximo do CPA, nos potenciais de -0,18 MPa (Figura 5A). Por outro lado, para *Handroanthus chrysotrichus* o comprimento da parte aérea foi ligeiramente superior na maior temperatura, talvez causado pelo aumento de metabolismo nessa condição, embora, a formação de plântulas normais tenha ocorrido até -0,40 MPa, sendo que nesse potencial não houve diferença entre temperaturas (Figura 5B). Para *H. impetiginosus* o estresse salino provocou a redução

de CPA, em ambas temperaturas, porém a 30 °C o comprimento da parte aérea foi superior que a 25 °C; sendo essa diferença observada desde o controle até -0,40 MPa (Figura 5C).

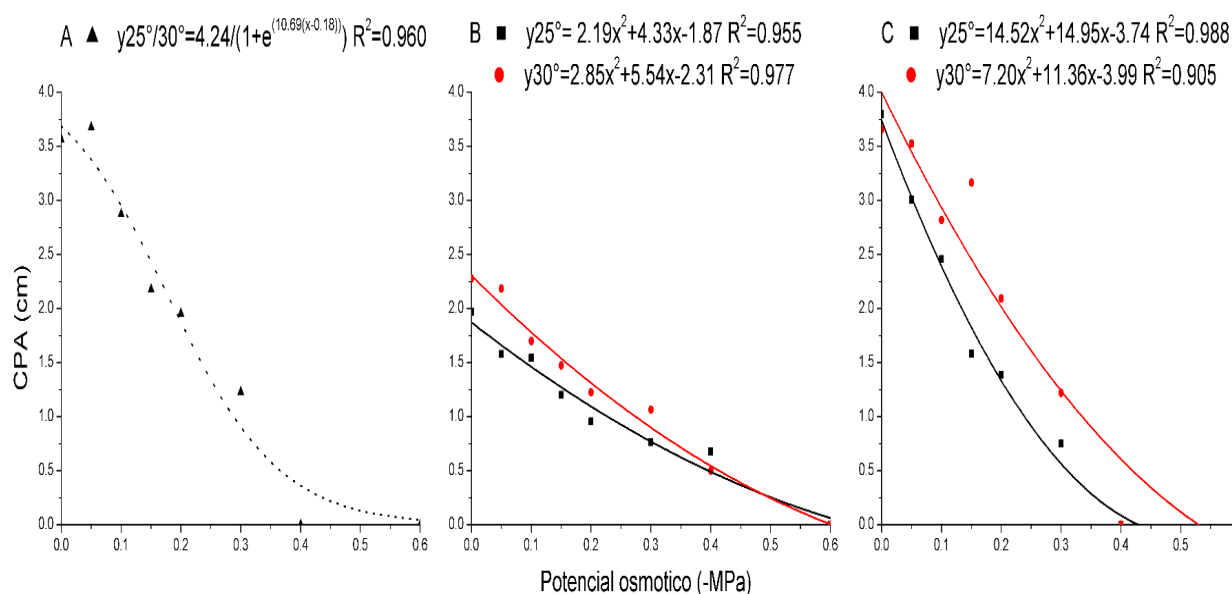


Figura 5. Comprimento da parte aérea (CPA, cm) de plântulas de *Tabebuia roseoalba* (A), *Handroanthus chrysotrichus* (B) e *H. impetiginosus* (C) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

O comprimento de raiz (CR) das plântulas das três espécies foi afetado diferencialmente pelos potenciais osmóticos e temperaturas (Tabela 1). Observou-se maior desenvolvimento da raiz a 30 °C, nas plântulas de *Tabebuia roseoalba* independentemente do potencial osmótico (Figura 6A), mas com redução nessa característica em potenciais mais negativos. Essa diferença entre as temperaturas foi mais evidente no potencial -0,30 MPa, ou seja, sob condições mais severas de estresse salino. Portanto, observou-se uma tendência de aumento no comprimento de raízes associada com a elevação de temperatura e sob condições mais severas de estresse salino. O comprimento de raízes em plântulas de *Handroanthus chrysotrichus* foi maior a 30 °C, desde o potencial 0 (controle) até -0,20 MPa. Contudo, a combinação de estresse salino mais severo e temperatura mais elevada, causou maior restrição ao

desenvolvimento da raiz das plântulas desta espécie, posto que o comprimento de raízes entre -0,20 e -0,40 MPa a 30 °C, foi ligeiramente inferior ao observado a 25 °C. Para as plântulas de *Handroanthus impetiginosus* observou-se grande diferença no comprimento de raízes nas condições estudadas. A 25 °C, o comprimento de raízes manteve-se pouco alterado desde o controle (0 MPa) até -0,20 MPa, sendo que a -0,30 MPa onde houve redução de 50% em relação ao valor máximo de CR apresentado no controle. De forma diferente, a 30 °C houve aumento no comprimento de raízes até -0,20 MPa, embora, no potencial de 0,30 MPa, o efeito do estresse salino foi mais danoso, ao ponto de diminuir a divisão celular e prejudicar a formação de raiz, sendo isso evidenciado nas duas temperaturas.

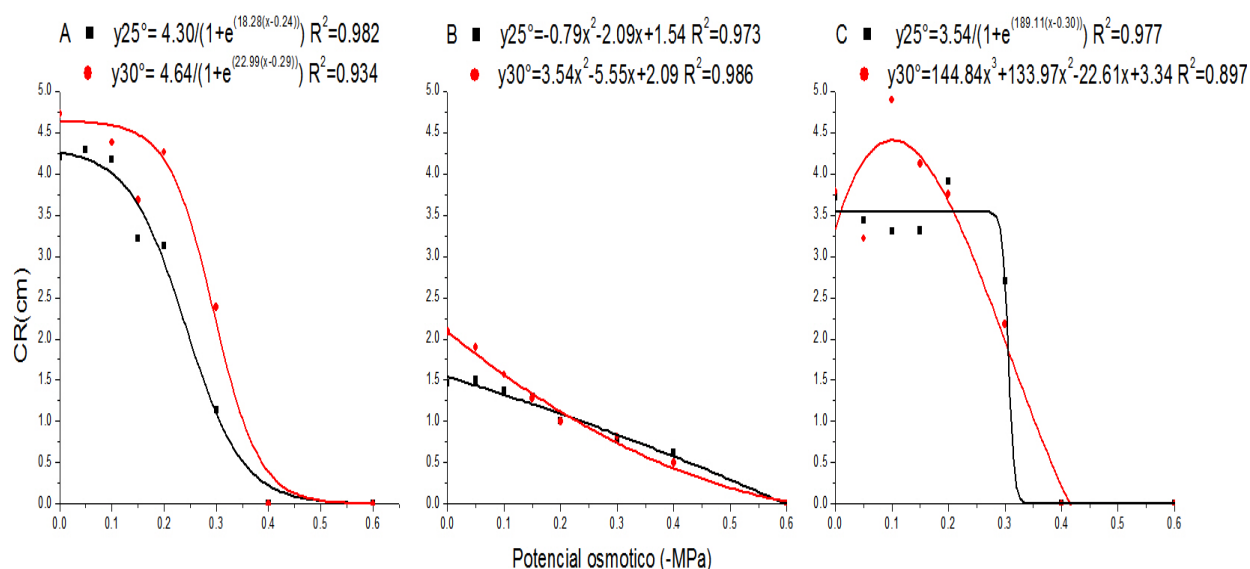


Figura 6. Comprimento de raiz (CR, cm), obtidas a partir de sementes de *Tabebuia roseoalba* (A), *Handroanthus chrysotrichus* (B) e *H. impetiginosus* (C) submetidas a diferentes potenciais osmótico induzidos por NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

4. Discussão

O estresse salino afetou negativamente a germinação, o desenvolvimento das plântulas e, também, alterou a sincronia da germinação das sementes de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus*.

Considerando as características analisadas neste trabalho, as espécies respondem de forma diferenciada, frente às condições de salinidade. A sensibilidade das sementes ao estresse salino foi maior a 30 °C sendo o efeito mais drástico do estresse salino associado a maior temperatura, evidenciado durante a germinação das sementes e formação das plântulas de *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus*. De forma diferente, para *Handroanthus impetiginosus*, a combinação de estresse com a maior temperatura, foi mais danosa para o desenvolvimento de plântulas. Dessa maneira, a tolerância de sementes de uma determinada espécie à salinidade não pode ser diretamente ligada somente ao nível de salinidade no seu *habitat*, mas a todas as condições ambientais no período de germinação, como temperatura e disponibilidade de água, que variam sazonalmente (Masetto et al., 2014).

As três espécies estudadas evidenciam redução na porcentagem de sementes germinadas e de plântulas normais quando aumentada a concentração de sal, indicando que o NaCl reduz a viabilidade e o vigor das sementes. O limite máximo de tolerância ao estresse por NaCl para a germinação das sementes, se situa entre -0,40 e -0,50 MPa para *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus*. *H. impetiginosus* é menos tolerante, comparativamente às outras duas espécies, com limite máximo entre -0,30 e -0,40 MPa. Todavia, essas espécies podem ser consideradas como moderadamente tolerantes frente ao estresse salino de NaCl. Como a resposta ao estresse induzido por sais é dependente do agente osmótico, é interessante que a avaliação da tolerância dessas espécies às condições de salinidade, seja ampliada, estudando seu comportamento germinativo usando outros sais como agente osmótico, dado que, sementes resistentes possuem a vantagem ecológica de estabelecer suas plântulas em áreas onde as mais sensíveis não conseguem (Bewley e Black, 1994).

Por outro, o estresse salino prejudicou primeiro a formação de plântulas normais, e somente em potenciais mais negativos houve a inibição da germinação. Para *T. roseoalba*, a 0 MPa houve 90% de plântulas normais, que foi reduzido a 45% a -0,25 MPa; nesse potencial osmótico a germinação ainda se manteve acima de 70%, em ambas temperaturas (Figura 1A e 2A). Resultados similares foram encontrados nas três espécies. Para que as sementes germinem é necessário que existam condições favoráveis de oxigênio, temperatura e disponibilidade de água (Carvalho e Nakagawa, 2012). A redução observada, na porcentagem de germinação e de plântulas normais, deve-se à inibição do crescimento do eixo embrionário, posto que as sementes são especialmente vulneráveis aos efeitos da salinidade. O elevado teor de sais, especialmente de cloreto de sódio (NaCl), pode inibir a germinação, além de ocasionar prejuízos às demais fases do processo germinativo e de estabelecimento de plântulas (Harter et al., 2014). Quando existe aumento da concentração de sais no meio, há uma diminuição do potencial osmótico e, conseqüentemente, um abaixamento do potencial hídrico, podendo afetar a cinética de absorção de água pelas sementes (efeito osmótico), como também elevar a níveis tóxicos a concentração de íons no embrião (Lima e Torres, 2009). Frente a condições de estresse por sais, inicialmente ocorre a diminuição na absorção de água, seguidamente são também afetados os processos de divisão e alongamento celular, assim como a mobilização das reservas indispensáveis para o sucesso germinativo (Furtado et al., 2007), causando, rapidamente, redução na taxa de crescimento, além de mudanças no metabolismo semelhantes às causadas pelo estresse hídrico (Masetto et al., 2014). A água é o fator iniciante da germinação e está envolvida direta e indiretamente em todas as demais etapas do metabolismo germinativo. A absorção de quantidade suficiente de água é fundamental, contribuindo para amolecer o tegumento, intensificar a velocidade respiratória, favorecer as trocas gasosas, induzir a síntese e atividade de enzimas e hormônios, além de regular a digestão, translocação e assimilação de reservas indispensáveis para o desenvolvimento subsequente (Marcos Filho, 2015)

O índice de velocidade de germinação também foi reduzido em função do aumento na concentração salina, uma vez que a salinidade, ao reduzir o potencial

osmótico do meio, prolongou o tempo necessário para absorção de água pelas sementes, e conseqüentemente, também o período de protrusão da raiz primária. Frente às condições estudadas, as sementes de *Tabebuia roseoalba*, apresentaram maior velocidade de germinação em comparação com *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus*. Para as três espécies, verificou-se que velocidade de germinação foi afetada anteriormente à germinação das sementes. Para *Handroanthus chrysotrichus*, os potenciais responsáveis pela redução de 50% nos valores máximos de IVG foram, respectivamente -0,36 MPa a 25 °C e -0,23 MPa a 30 °C (Figura 3B), ao passo que a germinação apresentou redução de 50% somente a -0,45 MPa. De forma semelhante, isso também foi observado para *T. roseoalba* (Figura 1A e 3A) e *H. impetiginosus* (Figura 1C e 3C). Resultados semelhantes ao desta pesquisa foram obtidos por Andréo-Souza et al. (2010) com sementes de *Jatropha curcas* (pinhão-manso). Em geral, o incremento do estresse ambiental leva a um retardo na germinação, afetando posteriormente a porcentagem de germinação das sementes (Perez et al., 2001).

Para *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus*, a presença de NaCl na solução de embebição das sementes alterou a sincronia da germinação das sementes e tornou a germinação mais demorada e desorganizada no tempo, sendo isso mais evidente à medida em que os potenciais osmóticos foram decrescendo, até prejudicar as taxas de germinação. Para ambas as espécies, os valores médios de entropia do processo germinativo aumentaram a partir de -0,05 MPa até 0,30 MPa (Figura 4A e 4B). A redução na porcentagem de germinação e o atraso no início do processo germinativo com o aumento do estresse salino podem estar relacionados com a seca fisiológica ocasionada (Fanti e Perez, 2004). Em condições naturais, a deficiência hídrica pode atuar de forma positiva no estabelecimento das espécies, pois provoca um atraso considerável no tempo de germinação das sementes. Dessa forma, a germinação é distribuída no tempo, aumentando a probabilidade para que as plântulas encontrem condições ambientais adequadas ao estabelecimento e desenvolvimento (Bewley e Black, 1994). De forma diferente a essas duas espécies, para *H. impetiginosus* a sincronia da germinação das sementes foi pouca alterada entre 0 (controle) e -0,30 MPa (Figura 4C).

Verificou-se que à medida em que se elevou a salinidade do substrato, houve diminuição no comprimento de raiz e parte aérea de plântulas. Para *Handroanthus chrysotrichus*, a combinação de estresse salino mais severo e temperatura mais elevada, causou maior restrição ao desenvolvimento da raiz. Para *Tabebuia roseoalba* e *H. impetiginosus*, os efeitos negativos para o comprimento da parte aérea foram mais drásticos quando comparados aos do comprimento da raiz. De fato, a exposição das plântulas a valores crescentes de salinidade contribui para menores taxas de crescimento (Taiz e Zeiger, 2013).

Para plântulas de *Tabebuia roseoalba*, o comprimento de raízes foi pouco alterado até -0,20 MPa a 30 °C e observou-se uma tendência de aumento no comprimento de raízes associada com a elevação de temperatura e sob condições mais severas de estresse salino (Figura 6A). Para as plântulas de *Handroanthus impetiginosus* observou-se grande diferença no comprimento de raízes, sendo que na temperatura de 25 °C o comprimento de raízes manteve-se pouco alterado desde o controle (0 MPa) até -0,20 MPa. *H. impetiginosus* obteve melhor reação frente à situação de estresse, passando a investir as reservas da semente no crescimento da raiz primária, no intuito de ampliar a região de absorção de água, posto que, quando as condições de estresse salino foram associadas com a maior temperatura, houve aumento no comprimento de raízes até -0,20 MPa (Figura 6C). Isso indica que as raízes destas espécies (*Tabebuia roseoalba* e *H. impetiginosus*) mantiveram seu desenvolvimento, ao passo que houve maior redução no comprimento da parte aérea das plântulas sob as mesmas condições. Em estudos com sementes de *Zea mays* L., a diminuição do potencial osmótico com soluções de KCl e NaCl, provocou decréscimos no comprimento de parte aérea e acréscimos no comprimento da raiz primária (Conus et al., 2009). Considerando que a salinidade pode inibir o crescimento celular e a expansão foliar, tanto por meio da redução na extensibilidade da parede celular quanto na pressão de turgescência (Pacheco et al., 2007), as raízes de algumas espécies, parecem suportar melhor a salinidade que a parte aérea, fenômeno que pode estar associado ao ajustamento osmótico mais rápido e à perda de turgor mais lenta das raízes, quando comparadas com a parte aérea (Conus et al., 2009).

Os resultados permitem confirmar que a parte aérea de plântulas (CPA) de *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus impetiginosus* apresentam elevada sensibilidade a substratos contendo NaCl. Em geral, sais mais solúveis são mais nocivos e podem causar efeitos tóxicos ou mais limitantes, uma vez que as sementes ao absorverem a água, também absorvem íons que, conforme as concentrações, podem causar toxidez e ocasionar distúrbios fisiológicos (Lima et al., 2001). A alta salinidade também retarda o metabolismo e o transporte de reservas do embrião (Bewley e Black, 1994). As plântulas de *H. impetiginosus* e *T. roseoalba* foram afetadas a partir de potenciais de - 0,05 e -0,10 MPa de NaCl, respectivamente (Figura 5A, 5C; 6A e 6C). Em outro trabalho com sementes de *H. impetiginosus*, Santos et al. (2018) evidenciaram redução na parte aérea das plântulas a partir de potenciais de -0,20 MPa de PEG e de -0,60 MPa de manitol. Para *H. impetiginosus* observou-se que a formação de plântulas normais foi comprometida entre -0,05 e 0,10 MPa, demonstrando-se sensível frente a baixos potenciais osmóticos (Figura 2C). As soluções salinizadas são reportadas como tendo efeito inibidor superior ao das soluções osmóticas não tóxicas de potencial equivalente (Lima e Torres, 2009).

5. Conclusões

O estresse salino afeta negativamente a germinação, o desenvolvimento das plântulas e, também, altera a sincronia da germinação das sementes de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus*.

Considerando as características analisadas neste trabalho, as espécies respondem de forma diferenciada frente às condições de salinidade. O limite máximo de tolerância ao estresse por NaCl, para a germinação das sementes, se situa entre -0,40 e -0,50 MPa para *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus*, enquanto *H. impetiginosus* mostra-se menos tolerante, com limite máximo entre -0,30 e -0,40 MPa.

A sensibilidade das sementes frente ao estresse salino é maior a 30 °C, comparativamente a 25 °C. O efeito mais drástico do estresse salino associado a maior temperatura, foi evidenciado durante a germinação das sementes e formação das

plântulas de *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus*. De forma diferente, para *Handroanthus impetiginosus*, a combinação de estresse com a maior temperatura, foi mais danosa para o desenvolvimento de plântulas

6. Referências

Andréo-Souza Y, Pereira AL, Silva FFS, Riebeiro-Reis RC, Evangelista MRV, Castro RD, Dantas BF (2010) Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão- manso. **Revista Brasileira de Sementes** 32: 083-092.

Apóstolo NM, Larraburu EE, Gil MN, Zapater MA, Llorente BE (2016) In vitro and ex vitro germination of three *Handroanthus* species (Bignoniaceae). **Bonplandia** 25:5-15.

Azerêdo GA, Paula RC, Valeri SV (2016) Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. sob estresse hídrico. **Ciência Florestal** 26:193-202.

Bewley JD, Black M (1994) Seeds - Physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 275p.

Braga LF, Sousa MP, Braga JF, Sá ME (1999). Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes** 21:95-102.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009) Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS, 399p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2013) Instruções para análise de sementes de espécies florestais, Brasília: MAPA, 98p.

Carpi S.MF, Barbedo C J, Marcos Filho J (1996) Condicionamento osmótico de sementes de *Cedrela fissilis* Vell. **Revista Brasileira de Sementes**, 18: 271-275.

Carvalho NM, Nakagawa J (2012) **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed.: Jaboticabal: FUNEP, 590p.

Conus LA, Cardoso PC, Venturoso LR, Scalon SPQ (2009) Germinação de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais. **Revista Brasileira de Sementes** 31:67-74.

Costa S, Lohmann LG, Buril MT (2019) Flora of Pernambuco, Brazil: Tabebuia alliance and tribe Jacarandae (Bignoniaceae). **Biota Neotropica** 19:1-16.

Furtado RF, Mano ARO, Alves CR, Freitas SM, Filho SM (2007) Efeito da salinidade na germinação de sementes de algodão. **Revista Ciência Agronômica** 38:224-227.

Fanti SC, Perez, SCJGA (2004) Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 39: 903-909.

Ferreira EGBS, Matos VP, Sena LHM, Oliveira RG, Sales AGFA (2013) Processo germinativo e vigor de sementes de *Cedrela odorata* L. sob estresse salino. **Ciência Florestal** 23:99-105.

Harter LSH, Harter FS, Deuner D, Meneghello GE, Villela FA (2014) Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira** 32:80-85.

Labouriau LG (1983) A germinação de sementes. Washington: OEA, 174p.

Larcher W (2006) Ecofisiologia vegetal. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 532p.

Lima KL, Cavalcante LF, Feitosa Filho JC (2001) Efeitos de fontes e níveis de salinidade da água de irrigação sobre a germinação e o crescimento da pinheira. **Engenharia Agrícola** 21:135-144.

Lima BG, Torres SB (2009) Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Revista Caatinga** 22:93-99.

Lohmann LG (2010) **Bignoniaceae in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB112305>> Acesso em: 27 abr. 2020

Maguire JD (1962) Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science** 2:176-177.

Marcos Filho J (2015) Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: Abrates, 660p.

Martins L, Lago AA, Andrade ACS (2009) Armazenamento de sementes de Ipê-branco: teor de água e temperatura do ambiente. **Bragantia** 68:775–780.

Masetto TE, Scalón SPQ, Rezende RKS, Oba GC, Gambatti M, Patrício VS (2014) Germinação de sementes de *Dimorphandra mollis* Benth.: efeito de salinidade e condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Biociências** 12:127-131.

Oliveira SSC, Neto JCA, Cruz SJS, Ferreira VM (2012) Caracterização morfológica de sementes e plântulas e germinação de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan. **Ciência florestal** 22:643-653.

Pacheco MV, Goulart LS, Ralph FA Mattei VL, Matos VP (2007) Germinação de sementes de *Apeiba tibourbou* AUBL. submetidas ao estresse salino. **Cerne** 13:41-46.

Perez, SCJGA, Fanti SC, Casali CA (2001) Influência da luz na germinação de sementes de *Canafístula* submetidas ao estresse hídrico. **Bragantia** 60:155-166.

Perez SCJGA, Fanti SC (2015) Ecofisiologia da germinação de sementes. In.: Piña-Rodrigues FCM, Figliolia MB, Silva A. **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, p. 259-275.

Santos PCS, Benedito CP, Alves TRC, Paiva EP, Sousa EC, Freires ALA (2018) Water stress and temperature on germination and vigor of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 22:349- 354.

Taiz L, Zeiger E (2013) Fisiologia Vegetal. Artmed. Porto Alegre, Brasil. 954 pp.

Zuntini AR, Lohmann LG (2018) *Tabebuia roseoalba* - Ipê branco. Ornamentais. In.: Fontes VR, Camillo J, Coradin L (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Centro-Oeste**. Brasília, DF: MMA, p. 1071-1077. Série Biodiversidade, 44.

CAPITULO 4 - Repetibilidade e número de anos necessários para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de matrizes de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos

RESUMO - O coeficiente de repetibilidade permite avaliar se a seleção baseada em alguma característica fenotípica será confiável e, também, determinar o número de medições necessárias em cada indivíduo, para que haja eficiência na seleção fenotípica. O objetivo desse trabalho foi estimar a repetibilidade, no tempo, e o número de medições necessárias para predizer o valor real de caracteres da qualidade fisiológica de sementes de matrizes de *Handroanthus impetiginosus*. Foram utilizadas sementes de polinização aberta de 15 árvores matrizes de *H. impetiginosus*, obtidas dos ciclos reprodutivos dos anos de 2014, 2017 e 2019. Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, em cada ano, foram conduzidos testes de germinação e de condutividade elétrica. Avaliou-se a porcentagem de germinação (G) e de plântulas normais (PN), comprimento de plântulas (CP), a velocidade de germinação (IVG) e condutividade elétrica na solução de embebição das sementes (CE). Para análise conjunta dos dados relativos aos três anos de colheita, considerou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas no tempo, onde as 15 árvores matrizes representaram as parcelas e os três anos de colheita representaram as subparcelas. Foram estimados o coeficiente de repetibilidade (r), o número de medições necessárias (n_0) para uma predição adequada e o coeficiente de determinação (R^2) para o número de medições realizadas. Para o caráter comprimento de plântulas, os três anos de avaliações foram suficientes para predições com confiabilidade de 80%. As características G, PN e IVG apresentam baixos coeficientes de repetibilidade ($r < 0,50$), indicando irregularidade destes caracteres de um ano para outro. As baixas estimativas dos coeficientes de repetibilidade sugerem que são necessários mais de três anos de observação para uma avaliação confiável dos caracteres de qualidade fisiológica de sementes em matrizes de polinização aberta de *Handroanthus impetiginosus*.

Palavras-chave: Germinação, ipê-roxo, Condutividade Elétrica, árvores matrizes.

1. Introdução

Handroanthus impetiginosus (Mart. Ex DC) Mattos, popularmente conhecida como ipê-roxo, pau d'arco-roxo, ipê-roxo-de-bola, entre outros, é uma espécie arbórea pertencente à família Bignoniaceae (Lorenzi, 2008). Essa espécie apresenta grande interesse ornamental, devido à exuberância de suas flores e, além de apresentarem madeira de boa qualidade, é muito procurada como medicinal (Gemaque et al., 2002). Ocorre nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Pantanal e Caatinga (Lohmann, 2010) e apresenta distribuição descontínua em toda sua área de distribuição (Lorenzi, 2008). Planta decídua durante o inverno, heliófila (Lorenzi, 2008), classificada como secundária tardia ou clímax exigente de luz (Carvalho, 2003). Trata-se de uma espécie alógama com sistema de polinização por abelhas, que apresenta auto-incompatibilidade de ação tardia, definida como um mecanismo de auto-esterilidade controlado geneticamente que evita o estabelecimento de sementes formadas por autofecundação. Os óvulos de pistilos autopolinizados em *H. impetiginosus* são fertilizados antes da abscisão do pistilo, mas não ocorre o início da embriogênese, evidenciando um possível mecanismo de auto-incompatibilidade pós-zigótico (Bittencourt, 2017).

No cerrado, *Handroanthus impetiginosus* floresce nos meses de maio-setembro, com picos em julho e agosto; geralmente os indivíduos apresentam dois ou mais picos de floração por período; os frutos amadurecem a partir de meados de setembro até outubro, o desenvolvimento dos frutos é rápido, amadurecendo aproximadamente após de 60 dias da queda das flores (Salomão e Camilo, 2018). Os indivíduos iniciam a fase reprodutiva por volta dos cinco anos de idade (Carvalho, 2003). A colheita das sementes de *H. impetiginosus* deve ser realizada no início do processo de deiscência dos frutos e dispersão das sementes (Guemaque et al., 2002). Um quilograma de sementes contém aproximadamente 8.950 unidades que, geralmente, apresenta boa germinação e emergência entre 10 e 12 dias (Lorenzi, 2008). Em condições controladas a germinação das sementes pode atingir em torno de 70-80 %, como constatado nos

estudos de germinação de Maeda e Matthes (1984), Silva et al. (2004) e Oliveira et al. (2005).

Espécies florestais comumente apresentam irregularidade na produção de sementes, os padrões anuais, subanuais, supra-anuais e os intermitentes são frequentemente observados (Sousa et al., 2015). Cada etapa do desenvolvimento das plantas possui fatores que influenciam na produção de sementes e diversos fatores podem influenciar essas fases fenológicas, determinando a sua quantidade e qualidade (Ribeiro-Oliveira e Ranal, 2015). Por exemplo, em alguns anos o florescimento pode ser abundante, enquanto que nos outros dois ou três anos subseqüentes, pode ser menor (Medeiros e Nogueira, 2006).

Para as espécies perenes, são necessárias grandes áreas para a instalação de experimentos com delineamentos estatísticos adequados. Isso dificulta a estimativa de parâmetros genéticos, como a herdabilidade, mas não impede a estimativa do coeficiente de repetibilidade de caracteres de interesse ao melhoramento (Danner et al., 2010). Comumente se realizam medições repetidas num mesmo grupo de indivíduos de espécies perenes, principalmente em coleções ou bancos de germoplasma, implantados sem delineamento estatístico (Matias et al., 2015).

O coeficiente de repetibilidade pode ser estimado quando a avaliação de um caráter é feita várias vezes em um mesmo indivíduo, no tempo e, ou no espaço. O conceito estatístico de repetibilidade refere-se à correlação entre as medidas de um mesmo indivíduo. Esse coeficiente permite ao melhorista avaliar se a seleção baseada em alguma característica fenotípica será confiável, ou seja, se os genótipos selecionados manterão sua superioridade indefinidamente. Permite também determinar o número de medições necessárias em cada indivíduo, para que haja eficiência na seleção fenotípica entre os genótipos. Isso pode resultar na redução de custos e de mão-de-obra em programas de melhoramento genético (Cruz et al., 2004).

Estudos de repetibilidade já foram aplicados ao melhoramento de diversas culturas perenes, como cajazeira (Soares et al., 2008) araçazeiro e pitangueira (Danner et al., 2010), guaranazeiro (Nascimento Filho et al., 2009), pupunheira (Neto et al., 2002) e pessegueiro (Matias et al., 2015). Contudo, não foram encontrados relatos de

estimativas de repetibilidade no tempo para caracteres de qualidade fisiológica de sementes de *Handroanthus impetiginosus*. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estimar a repetibilidade, no tempo, e o número de medições necessárias para prever o valor real de caracteres da qualidade fisiológica de sementes de *Handroanthus impetiginosus*.

2. Material e Métodos

Foram usadas sementes de polinização aberta, obtidas a partir da colheita de frutos, diretamente de 15 árvores matrizes de *Handroanthus impetiginosus*, no mês de setembro dos ciclos reprodutivos dos anos de 2014, 2017 e 2019. As matrizes estão localizadas no Câmpus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista (FCAV-UNESP) e na área urbana da cidade de Jaboticabal, São Paulo, Brasil (21° 15' 22" S, 48° 18' 58" W, com altitude variando de 465 a 685 m). A distribuição das árvores na área de estudo encontra-se na Figura 1.

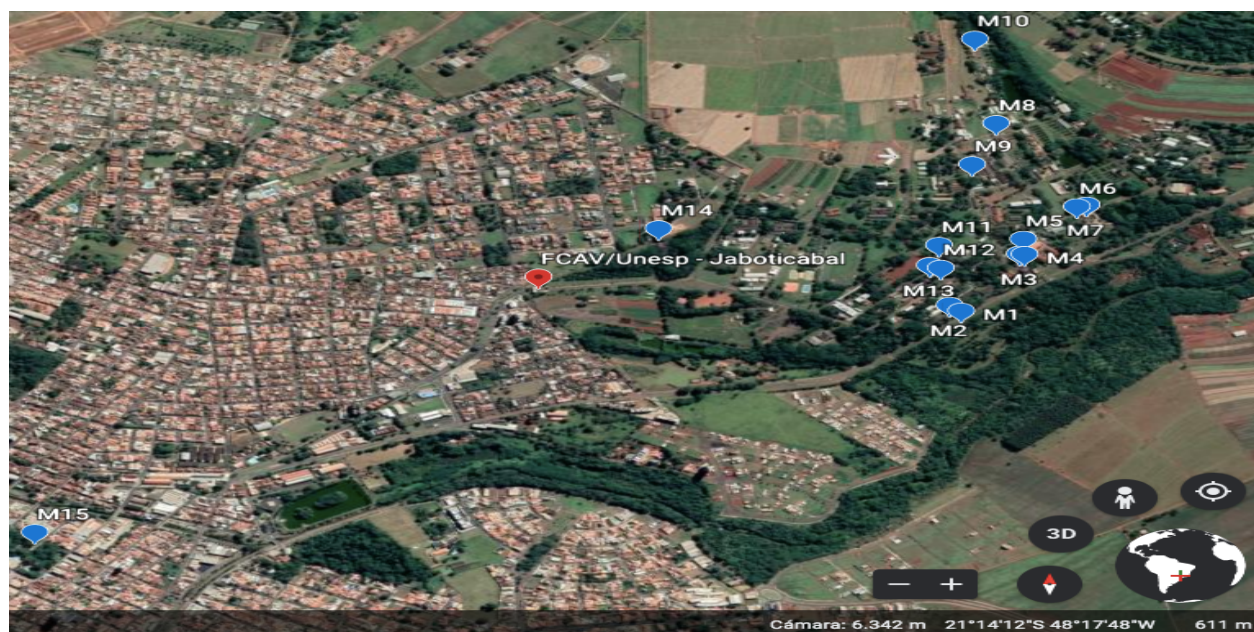


Figura 1. Distribuição das árvores matrizes no Câmpus da Unesp (Matrizes 1-14) e na área urbana (Matriz 15) de Jaboticabal-SP

Apesar de se recomendar uma distância mínima de 100 m entre as matrizes, visando diminuir a possibilidade de seleção de indivíduos aparentados (Sebbenn, 2002), foi respeitada uma distância de cerca de 30 m, por se tratar, em muitos casos, de indivíduos implantados.

Os frutos foram coletados no início de sua deiscência, acondicionados em sacos de plástico, e transportados para o Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da FCAV-UNESP, onde passaram por um processo de secagem natural. As sementes foram extraídas manualmente dos frutos, acondicionadas em sacos de papel Kraft e armazenadas em sala climatizada (16,5 °C e 50% U.R.), por cerca de três meses, até a realização dos testes iniciais. Sendo assim, todos os experimentos de laboratório foram realizados no mesmo ano de cada colheita das sementes. Durante todas as etapas, as sementes foram mantidas individualmente nos sacos, devidamente identificadas e separadas por árvore matriz.

Para análise conjunta dos dados relativos aos três anos de colheita, considerou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas no tempo, em que as 15 árvores matrizes representaram as parcelas e os três anos de colheita representaram as subparcelas. Foram utilizadas cinco repetições de 20 sementes para cada um dos testes.

Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, em cada ano, foram conduzidos testes de germinação e de condutividade elétrica, conforme descrito a seguir.

Os testes de germinação foram conduzidos em germinadores tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.) regulados nas temperaturas de 25 °C, com fotoperíodo de oito horas, utilizando lâmpadas fluorescentes tipo luz do dia (4 x 20 W). Sementes de cada árvore matriz foram submetidas à germinação em caixas de plástico transparente, de 11 x 11 x 3,5 cm, com tampa, sobre duas folhas papel mata-borrão, umedecidas com água em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado conforme a recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

As avaliações do número de sementes germinadas foram realizadas diariamente, tendo como critério de germinação a emissão de raiz primária com comprimento maior

ou igual a 0,5 cm. Ao final dos testes, que tiveram duração de 21 dias, foram determinados a porcentagem de germinação – G (%) e de plântulas normais - PN (%) (correspondente a relação porcentual entre o número de sementes com protrusão da raiz primária ou de plântulas com as estruturas essenciais perfeitas, respectivamente, e o número de sementes colocadas para germinar) e o comprimento de plântula (CP, em cm), determinado com régua graduada (mm), de acordo com Brasil (2009). De posse dos valores diários do número de sementes com protrusão da raiz primária obteve-se o índice de velocidade de germinação (IVG), obtido pela fórmula proposta por Maguire (1962).

Os testes de Condutividade Elétrica foram conduzidos a 25 °C, usando-se cinco repetições de 20 sementes por árvore matriz, embebidas em 75 mL de água deionizada ($\leq 2,5 \mu S cm^{-1}$ de condutividade) por 48 h (baseados em testes preliminares, em que foram avaliados períodos de embebição de 24, 48, 72, 96 e 120 h). A condutividade elétrica da solução foi determinada com o uso de um condutivímetro de bancada, com constante 1,0. As repetições foram previamente pesadas em balança analítica (0,0001 g) e os resultados da leitura de condutividade elétrica foram divididos pelos respectivos valores de massa fresca (g) das sementes, expressando-se os valores em $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$ de sementes.

De posse dos dados obtidos, procedeu-se à análise de variância e de repetibilidade, usando-se o programa Genes (Cruz, 2013). Foram estimados o coeficiente de repetibilidade (r), o número de medições necessárias (η_0) para uma predição adequada e o coeficiente de determinação (R^2) para o número de medições realizadas. Para isso, seguiu-se a metodologia descrita em Cruz (2006), utilizando quatro diferentes métodos: 1) análise de variância (ANOVA); 2) análise dos componentes principais com base na matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas; 3) análise dos componentes principais com base na matriz de correlações e 4) análise estrutural com base na matriz de correlações. Adicionalmente, obteve-se as estimativas do coeficiente de herdabilidade a nível de média, conforme Cruz (2006).

3. Resultados

A interação matrizes x anos de colheita foi significativa para todos os caracteres estudados, denotando comportamento diferencial das matrizes, em relação aos anos de colheita, para esses caracteres. De forma isolada, não houve influência dos anos de colheita, indicando que as médias dos caracteres, no conjunto das matrizes, foram pouco alteradas nos três anos, com exceção da condutividade elétrica (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de “F” da análise de variância, coeficientes de variação (CV, %), Herdabilidade (H, %) e médias para porcentagem de germinação (G, %) e de plântulas normais (PN, %), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântulas (CP, cm) e condutividade elétrica de (CE, $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) obtidos a partir de sementes colhidas de 15 árvores matrizes de *Handroanthus impetiginosus* nos anos de 2014, 2017 e 2019.

Fonte de variação	G	PN	IVG	CP	CE
Matrizes (M)	2,04*	1,92 ^{ns}	2,26*	3,03**	3,25**
Anos de colheita(A)	1,90 ^{ns}	6,54 ^{ns}	0,39 ^{ns}	3,12 ^{ns}	8,94**
Interação (M x A)	10,52**	6,43**	9,18**	1,85*	13,22**
CV ¹ (%)	12,09	29,39	19,95	12,52	12,20
CV ² (%)	23,64	54,14	72,00	30,83	14,88
CV ³ (%)	18,69	31,05	22,83	13,85	14,89
Herdabilidade (média) (%)	53,36	51,72	58,31	76,46	70,83
Média	61,77	39,42	1,90	7,29	194,61

**, * = Significativo ao nível de probabilidade de 0,01 e 0,05 pelo teste F, respectivamente; ^{ns} = não significativo; CV¹ - coeficiente de variação para parcelas; CV² - coeficiente de variação para subparcelas; CV³ - coeficiente de variação da interação M x A.

Também, observou-se, com exceção da porcentagem de plântulas normais (PN), diferenças significativas entre as árvores matrizes estudadas, evidenciando que o componente de variância genético é significativo, fato esse relevante para futuros programas de melhoramento genético desta espécie. As estimativas de herdabilidade foram altas ($h^2 > 0,40$) para todas as características (Tabela 1). Disto resulta que, apesar do comportamento diferenciado das matrizes ao longo dos anos, é possível praticar

seleção visando a melhoria na qualidade fisiológica das sementes de *Handroanthus impetiginosus*. Os valores dos coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) dos caracteres da qualidade fisiológica de sementes e o número de anos (η_0) necessários para predizer o valor real das árvores matrizes com 80, 85, 90 e 95% de acurácia encontram-se nas Tabelas 2 a 6.

Para a porcentagem de germinação (G , %), os coeficientes de repetibilidade variaram de 0,25 a 0,38 (Tabela 2). Diante disto, e fixando $R^2 = 80\%$ seriam necessárias entre 7 e 12 avaliações (anos) para se obter essa confiabilidade, dependendo do método de estimação do coeficiente de repetibilidade. Isso indica que, os três anos de colheita de sementes não foram suficientes para inferir com confiança sobre a porcentagem de germinação das sementes das 15 árvores matrizes de *H. impetiginosus*.

Tabela 2. Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) e número de anos necessários (η_0), da variável porcentagem de germinação (G , %), avaliados por quatro métodos.

Método	r	R^2 (%)	η_0			
			80	85	90	95
ANOVA	0,25	50,63	11,70	16,58	26,33	55,58
CP – covariância	0,31	56,91	9,08	12,87	20,44	43,15
CP – correlação	0,38	65,04	6,45	9,14	14,51	30,63
AE – correlação	0,29	54,52	10,01	14,18	22,52	47,54

CP: Componentes Principais. AE: Análise Estrutural.

Para a porcentagem de plântulas normais (PN , %), as estimativas do coeficiente de repetibilidade também foram baixas, assim como os coeficientes de determinação, podendo-se deduzir que apenas 3 anos não são suficientes para a avaliação desse caráter. Portanto, e considerando-se o melhor cenário, deve-se aumentar o número de avaliações (anos de colheita), em que pelo método dos componentes principais a partir da matriz de covariância, pelo menos 5 anos devem ser avaliados para ter se 80% de confiabilidade nos resultados, sendo necessários 7 e 11 anos de avaliação para ter 85 e 90% de confiança, respectivamente, por esse método (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) e número de anos necessários (η_0), da variável porcentagem de plântulas normais (PN, %), avaliados por quatro métodos.

Método	r	R^2 (%)	η_0			
			80	85	90	95
ANOVA	0,26	50,93	11,56	16,38	26,01	54,92
CP – covariância	0,46	72,21	4,62	6,54	10,39	21,94
CP – correlação	0,32	58,44	8,54	12,09	19,21	40,54
AE – correlação	0,23	46,90	13,58	19,24	30,56	64,52

CP: Componentes Principais. AE: Análise Estrutural.

O índice de velocidade de germinação (IVG) apresentou coeficientes de repetibilidade baixos (menores de 0,5) e apresentou as maiores estimativas com os métodos de análise dos componentes principais ($r=0,40$ e $R^2=66,89\%$) e análise estrutural ($r=0,35$ e $R^2=61,96\%$), ambos a partir da matriz de correlações; sendo necessários de 6 e 8 anos, para ter 80% de predição do valor real, de acordo com esses métodos, respectivamente (Tabela 4)

Tabela 4. Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) e número de anos necessários (η_0), do índice de velocidade de germinação (IVG), avaliados por quatro métodos.

Método	r	R^2 (%)	η_0			
			80	85	90	95
ANOVA	0,31	57,21	8,97	12,71	20,19	42,62
CP – covariância	0,32	59,00	8,34	11,81	18,76	39,60
CP – correlação	0,40	66,89	5,94	8,41	13,36	28,21
AE – correlação	0,35	61,96	7,36	10,43	16,57	34,99

CP: Componentes Principais. AE: Análise Estrutural.

Os coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) para o comprimento de plântulas (CP, cm) foram maiores em relação aos demais caracteres. Assim, obteve-se $r=0,57$ e $R^2=80,19\%$, considerando o método de componentes principais baseado na matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas. Considerando esse método, 3 e 5 medições (anos) são suficientes para se ter uma acurácia de 80 e 85%,

respectivamente (Tabela 5). Para as demais situações de métodos de estimação e caracteres avaliados, as estimativas dos coeficientes de repetibilidade foram baixas, assim como do coeficiente de determinação, de forma que em nenhuma dessas situações obteve-se 80% de acurácia considerando-se os três anos de observação.

Tabela 5. Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) e número de anos necessários (η_0), do comprimento de plântulas (CP, cm), avaliados por quatro métodos.

Método	r	R^2 (%)	η_0			
			80	85	90	95
ANOVA	0,49	73,88	4,24	6,01	9,55	20,15
CP – covariância	0,57	80,19	2,97	4,20	6,67	14,08
CP – correlação	0,52	76,72	3,64	5,16	8,20	17,30
AE – correlação	0,52	76,42	3,70	5,25	8,33	17,59

CP: Componentes Principais. AE: Análise Estrutural.

Com base nos métodos utilizados, para condutividade elétrica, os coeficientes de repetibilidade (r) variaram de 0,44 a 0,50 e de determinação (R^2) de 70,09 a 74,79%. Observou-se que 5 avaliações são suficientes para alcançar 80% de confiabilidade, considerando-se o método de componentes principais pela matriz de covariância; pelos demais métodos de estimativa do coeficiente de repetibilidade, seriam necessários 5 ou 6 anos de avaliação (Tabela 6) para se obter a mesma acurácia de predição.

Tabela 6. Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) e número de anos necessários (η_0), da condutividade elétrica de massa (CE, $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$), avaliados por quatro métodos.

Método	R	R^2 (%)	η_0			
			80	85	90	95
ANOVA	0,44	70,09	5,12	7,25	11,52	24,32
CP – covariância	0,50	74,79	4,77	6,76	10,74	22,68
CP – correlação	0,46	71,54	4,05	5,73	9,10	19,22
AE – correlação	0,45	71,22	4,85	6,87	10,91	23,03

CP: Componentes Principais. AE: Análise Estrutural.

4. Discussão

Os baixos valores das estimativas do coeficiente de repetibilidade, além de indicarem a necessidade de maior número de avaliações (anos) para se ter confiabilidade adequada, sugerem que o conjunto de caracteres estudados nas 15 árvores matrizes apresentam grande variação ao longo dos anos.

Todas as características apresentaram coeficientes de repetibilidade considerados baixos ($r < 0,60$), podendo-se deduzir que a avaliação em 3 anos, não foi suficiente para inferir com confiança o valor dos cinco caracteres relacionados com a qualidade fisiológica das sementes nas matrizes amostradas, com exceção do comprimento de plântulas, em que a avaliação nos 3 anos possibilitou alcançar 80% de confiabilidade nos resultados.

Pelos resultados obtidos e visando-se reduzir custos e aumentar a eficiência da seleção de matrizes, com base nos caracteres de qualidade fisiológica de sementes avaliados, recomenda-se que a seleção das matrizes de *Handroanthus impetiginosus* ocorra a partir da avaliação do comprimento de plântulas e da condutividade elétrica, por serem esses os caracteres que apresentaram as maiores estimativas dos coeficientes de repetibilidade e, por consequência, de determinação ou acurácia do valor verdadeiro.

Ao considerarmos as estimativas de herdabilidade obtidas para porcentagem de germinação ($h^2 = 0,53$), plântulas normais ($h^2 = 0,52$) e índice de velocidade de germinação ($h^2 = 0,58$), depreende-se a natureza quantitativa desses caracteres e em função disto, a influência do ambiente na manifestação dos mesmos, explicando a necessidade de um maior número de observações (anos). Assim, para esses três caracteres, deve-se realizar maior número de avaliações, em comparação ao comprimento de plântulas ($h^2 = 0,76$) e a condutividade elétrica de massa ($h^2 = 0,71$). Portanto, a porcentagem de germinação e de plântulas normais e o índice de velocidade de germinação, considerando-se as estimativas obtidas dos coeficientes de repetibilidade (r) e determinação (R^2) e herdabilidade (h^2), são menos eficientes para a indicar o valor real das características da qualidade fisiológica das sementes.

Valores baixos de repetibilidade entre anos podem indicar que os genes responsáveis que influenciam determinado caráter não estejam expressando todos os anos. Caso não ocorra a expressão diferencial de genes, os processos fisiológicos e ambientais poderão contribuir, provocando alterações na expressão do caráter (Falconer, 1987). A periodicidade na produção de sementes de espécies florestais é predominantemente bienal (Medeiros e Nogueira, 2006), também a sazonalidade pode ocorrer a nível entre, dentro populações e dentro de uma mesma planta (Lacerda et al. 2008). As variações meteorológicas, especialmente nos períodos de floração e frutificação, podem afetar fortemente a produção de sementes. A polinização de *H. impetiginosus* é feita por abelhas - mamangavas, irapuã - (Lorenzi, 2008) e as condições climáticas afetam as atividades de todas as espécies de abelhas. Por exemplo, as abelhas não são ativas em dias chuvosos, enquanto as flores se encontram molhadas; e a velocidade do vento acima de 8 km/h também reduz sensivelmente sua atividade (Medeiros e Nogueira, 2006). A conexão dos indivíduos, por meio do pólen são aspectos importantes do sistema de reprodução e também determinantes da quantidade de variância das progênes de polinização aberta (Dyer e Sork, 2001). O isolamento entre indivíduos doadores de pólen pode resultar no aumento dos doadores locais (Dyer e Sork, 2001) e, como resultado, progênes de polinização aberta sofrem o incremento do parentesco e a redução no tamanho efetivo de suas progênes. As consequências do tamanho efetivo pequeno são a mudança aleatória das frequências alélicas (deriva genética) e o aumento da endogamia na próxima geração (Sousa et al., 2015). Adicionalmente, a produção e a qualidade das sementes podem ser afetadas por pragas e doenças (Medeiros e Nogueira, 2006).

Considerando-se essas situações, onde muitos fatores influenciam a produção de sementes de cada árvore matriz, a contribuição do ambiente temporário para a manifestação fenotípica posso ser alta. Assim, o ganho que seria obtido adotando-se maior número de avaliações pode ser neutralizado pelo aumento da variância devida ao ambiente temporário (Cruz, 2006).

Por outro lado, o método da análise de variância (ANOVA), modelo de um fator, para estimativa do coeficiente de repetibilidade, considera o efeito de ambientes fora da

variação residual (Cruz, 2006), por conseguinte, os efeitos do ambiente temporário ficam confundidos com a variação dentro de genótipos (Cruz e Regazzi, 1994). Esse método é muito influenciado por quaisquer mudanças regulares, como efeitos bienais, e irregulares, por exemplo, causados por variações climáticas ou mesmo sistemáticas ocorridos nos períodos de avaliação. Isto aumenta a variabilidade entre as observações e reduzem as estimativas de repetibilidade (Abeywardena, 1972). O coeficiente de repetibilidade pode ser mais eficientemente estimado pelo método dos componentes principais, naquelas situações em que os genótipos avaliados apresentam comportamento cíclico em relação ao caráter estudado (Cruz e Regazzi, 1994). A metodologia dos componentes principais indicou sempre maiores valores de repetibilidade, em relação ao método da ANOVA. No caso em que haja bienalidade na produção de sementes de *Handroanthus impetiginosus*, fato comum na produção de sementes de muitas espécies arbóreas, o método dos componentes principais passa a ser o mais recomendado, posto que, a estimação do coeficiente de repetibilidade, pelo método da ANOVA estaria subestimada.

Outro fator que pode estar ocorrendo é que as variâncias entre medidas dos genótipos não sejam as mesmas (na mesma magnitude/proporção) nos diferentes anos. Neste caso, o método da análise estrutural parece ser o mais indicado, pois nesse método, o estimador do coeficiente de repetibilidade é a média aritmética das correlações fenotípicas entre genótipos considerando-se cada par de medições (Cruz, 2006).

5. Conclusões

As baixas estimativas dos coeficientes de repetibilidade sugerem que são necessários mais de três anos de observação para uma avaliação confiável dos caracteres de qualidade fisiológica de sementes em matrizes de polinização aberta de *Handroanthus impetiginosus*, não obstante os valores altos de herdabilidade dos caracteres avaliados.

6. Referências

- Abeywardena V (1972) An application of principal component analysis in genetics. **Journal of Genetics** 61:27-51.
- Bittencourt NSJr (2017) Evidence for post-zygotic self-incompatibility in *Handroanthus impetiginosus* (Bignoniaceae). **Plant Reproduction** 30:69-79.
- Borba Filho AB, Perez SCJGA (2009) Armazenamento de sementes de ipê-branco e ipê-roxo em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Sementes** 31:259-269.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009) Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS, 399p.
- Carvalho PER (2003) Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: EMBRAPA, 1039p.
- Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PCS (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético, Viçosa: UFV, 480p.
- Cruz CD, Regazzi AJ (1994) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 390p.
- Cruz CD (2006) Programa Genes: biometria. Viçosa: UFV, 382p.
- Cruz CD (2013) GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy** 35:271-276.
- Danner MA, Raseira MCB, Sasso SAZ, Citadin I, Scariot S (2010) Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira. **Ciência Rural** 40:2086- 2091.
- Dyer RJ, Sork LJ (2001) Pollen pool heterogeneity in shortleaf pine, *Pinus schinata* Mill. **Molecular Ecology** 10:859-866.
- Falconer DS (1987) Introdução à genética quantitativa. Viçosa: UFV, 279p.
- Gemaque RCR, Davide AC, Faria JMR (2002) Indicadores de maturidade fisiológica de sementes de Ipê-Roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). **Cerne** 8:84-91.
- Lacerda AEB, Kanashiro M, Sebbenn AM (2008) Effects of reduced impact logging on genetic diversity and spatial genetic structure of a *Hymenaea courbaril* population in the Brazilian Amazon Forest. **Forest Ecology and Management** 255:1034-1043.

Lohmann LG (2010) **Bignoniaceae in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB112305>> Acesso em: 27 abr. 2020

Lorenzi, H (2008) *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum, 368p.

Maeda JA, Matthes LAF (1984) Conservação de sementes de ipê. **Bragantia** 43:51-61.

Maguire JD (1962) Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science** 2: 176-177.

Matias RGP, Bruckner CH, Silva DFP, Carneiro SCP, Silva SJO (2015) Repetibilidade de caracteres de fruto em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura** 37:1001-1008.

Medeiros ACS, Nogueira AC (2006) Planejamento da coleta de sementes florestais nativas. (Embrapa florestas. Circular Técnica, 126) Colombo: Embrapa florestas 9p.

Nascimento Filho FJ, Atroch AL, Cruz CD, Carneiro PCS (2009) Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 44:605-612.

Neto JTF, Yokomizo G, Bianchett A (2002) Coeficientes de repetibilidade genética de caracteres em pupunheira. **Revista Brasileira de fruticultura** 24:731-733.

Oliveira LM, Carvalho ML, Moreira S, Tanismare TA, Borges DI (2005) Temperatura e regime de luz na germinação de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley e *T. serratifolia* Vahl Nich. - Bignoniaceae. **Ciência e Agrotecnologia** 29: 642-648.

Ribeiro-Oliveira JP, Ranal MA (2015) O caminhar da ciência em sementes florestais brasileiras: retrospectiva histórica e políticas do setor. In.: Piña- Rodrigues FCM, Figliolia MB, Silva A. **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, p. 25-44.

Salomão AN, Camillo J (2018) *Handroanthus impetiginosus* (Ipê-roxo). Medicinalis. In.: Fontes VR, Camillo J, Coradin L (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Centro-Oeste**. Brasília, DF: MMA, p.801-812. Série Biodiversidade, 44.

Sebbenn AM (2002) Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. **Revista do Instituto Florestal**, 14: 115-132.

Silva EAA, Davide AC, Faria JMR, Melo DLB, Abreu GB (2004) Germination studies on *Tabebuia impetiginosa* Mart. Seeds. **Cerne** 10:1-9.

Soares EB, Gomes RLF, Campelo JEG, Lopes ÂCA, Matos Filho CHA (2008) Repetibilidade e correlações entre caracteres morfo-agronômicos de cajazeira. **Ciência e Agrotecnologia** 32:1851-1857.

Sousa VA et al. (2015) Fluxogênico e estrutura genética espacial intrapopulacional e suas implicações para a coleta de sementes de espécies arbóreas tropicais. In.: Piña-Rodrigues FCM, Figliolia MB, Silva A. **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, p. 259-275.

CAPITULO 5 - Considerações finais

Neste trabalho foi estudada a germinação de sementes de três espécies arbóreas da família Bignoniaceae Juss.: *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith (ipê-branco), *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos (ipê-amarelo) e *H. impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos (ipê-roxo).

As terras áridas brasileiras são caracterizadas por invernos secos que são sucedidos por uma primavera úmida. No entanto, a precipitação no início da estação chuvosa pode ser irregular, e as chuvas iniciais são às vezes seguidas de um curto período de seca, antes que novas chuvas sustentem o crescimento (Viera et al., 2010). A germinação de sementes no campo normalmente ocorre no início da estação chuvosa, embora a ocorrência de chuvas precoces seguida de um período seco impõe um risco de morte de plântulas por dessecação (Martins et al., 2015). A sobrevivência de praticamente todas as plantas durante a estação seca é um resultado inesperado, pois a mortalidade durante essa estação é um fator limitante importante para a regeneração de árvores florestais sazonais (Viera et al., 2008).

A região de Jaboticabal possui duas estações climáticas bem definidas: uma chuvosa com excesso de precipitação, compreendida de outubro a março, e outra seca, com marcado déficit hídrico, de abril a setembro (André e Garcia, 2014). Analisando os dados mensais de temperatura média do ar e de precipitação pluviométrica, de Jaboticabal- SP, para um período de 43 anos (1971 a 2013), Garcia e André (2015) mostraram que existe uma tendência de acréscimo do índice de aridez e uma diminuição do índice de umidade, além do que, o déficit hídrico vem aumentando com o decorrer dos anos, mesmo com o aumento das precipitações. Isso poderia prejudicar a germinação, assim como as probabilidades de estabelecimento e sobrevivência das mudas e, por conseguinte, comprometer a regeneração e perpetuação das espécies em ambiente natural, além de diminuir a produtividade das florestas que ainda persistem dentro desta microrregião.

O desmatamento é uma das principais causas das mudanças climáticas, e de forma recíproca, as mudanças climáticas podem impactar a qualidade das florestas

levando ao desmatamento e à degradação (Khaine e Woo, 2015). Aumentos na frequência, duração e/ou severidade da seca e do estresse térmico associados às mudanças climáticas podem alterar a composição, estrutura e biogeografia das florestas em muitas regiões (Allen et al. 2010). As temperaturas mais quentes futuras, não apenas aumentarão as taxas de mortalidade das árvores, mas também resultarão em eventos mais frequentes de extinção da vegetação por meio de uma exacerbação do estresse metabólico associado à seca (Adams et al., 2009).

As florestas úmidas tropicais têm uma tendência maior a resistir à escassez de água em comparação com as florestas secas tropicais (Khaine e Woo, 2015). Contudo, muitos exemplos recentes de seca e mortalidade de árvores relacionadas ao calor em todo o mundo sugerem que nenhum tipo de floresta ou zona climática é invulnerável à mudança climática antropogênica, mesmo em ambientes que normalmente não são considerados limitados pela água (Allen et al., 2010). Embora, é provável que a perda de espécies causada por mudanças climáticas não ocorra aleatoriamente, porque a possível extinção de espécies dependerá de sua vulnerabilidade às novas condições climáticas (García-Valdés et al., 2018).

Estudando a mortalidade de espécies por falta de água nas florestas tropicais secas, verificou-se que as árvores de pequeno diâmetro foram severamente afetadas (Suresh et al. 2010). Em florestas temperadas, a taxa de mortalidade de mudas de *Aextoxicon punctatum* foi significativamente afetada pela redução da precipitação e aumento da temperatura (Parada e Lusk, 2011). De fato, as mudas são mais suscetíveis aos impactos das mudanças climáticas; a falta de água, por exemplo, pode ser considerada uma das maiores limitações para o estabelecimento das mudas (Khaine e Woo, 2015). A presença de sais como o cloreto de sódio (NaCl), pode inibir a germinação, além de ocasionar prejuízos às demais fases do processo germinativo e de estabelecimento de plântulas (Harter et al., 2014). Neste contexto, os eventos de estresse, como déficit hídrico e temperaturas elevadas, podem limitar a capacidade de regeneração das espécies arbóreas, principalmente por causa da maior sensibilidade das mudas às mudanças climáticas (Khaine e Woo, 2015).

Neste trabalho, durante a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus chrysotrichus* e *H. impetiginosus* os efeitos do estresse hídrico e do estresse salino resultaram mais drásticos, quando associados a maior temperatura (30 °C). Para *Pinus edulis*, constatou-se que temperaturas mais altas induzidas experimentalmente (4 °C) aceleraram muito a mortalidade causada pela seca, evidenciando um alto grau de sensibilidade das árvores à elevação da temperatura (Adams et al., 2009).

Neste trabalho, os estresses hídrico e salino ocasionaram uma redução mais drástica na formação de plântulas normais; ou seja, as espécies apresentam maior sensibilidade na etapa do desenvolvimento das plântulas, que durante a germinação das sementes, propriamente dita. O estresse salino prejudica totalmente a germinação de *T. roseoalba* e *H. chrysotrichus* nos potenciais inferiores a -0,60 MPa e para *H. impetiginosus* ocorreu a partir de -0,50 MPa. Para o estresse hídrico simulado com PEG 6000, a germinação das sementes de *H. impetiginosus* foi totalmente inibida no potencial -0,80 MPa. Para *T. roseoalba* e *H. chrysotrichus* não houve formação de plântulas normais a -1,00 MPa, embora tenha sido observada pequena porcentagem de sementes com protrusão da raiz primária. Conforme os resultados, conclui-se que o estresse salino acarreta maior redução da germinação e o vigor das plântulas na fase inicial.

A velocidade de germinação tem um papel fundamental para a adaptação das espécies, pois constitui um mecanismo para evitar o estresse hídrico (Martins et al., 2015). A germinação rápida está associada aos ambientes com elevados níveis de estresses abióticos, onde as espécies apresentam dimorfismo na velocidade de germinação: todas as sementes germinam num período muito curto de umedecimento ou persistem no banco de sementes de longa duração no solo, onde pequenas quantidades de chuva causam a germinação de pequenas frações de sementes (Partson, 2012). As sementes de *T. roseoalba* e *H. chrysotrichus* apresentam características morfológicas que favorecem a germinação muito rápida e sincronizada, e um curto período de viabilidade em condições naturais, por isso, não persistem no banco de sementes do solo.

Espécies arbóreas das florestas secas do Brasil, apresentam níveis variáveis de dormência, desde espécies de germinação rápida, como *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, a espécies que germinaram após chuvas constantes como *Handroanthus impetiginosus* (Viera et al., 2008). As sementes de *H. impetiginosus* apresentam menor velocidade de germinação em comparação com *Tabebuia roseoalba* e *H. chrysotrichus*. Nos experimentos de estresse hídrico e salino, nos tratamentos controle (0,00 MPa), as sementes de *H. impetiginosus* apresentaram valores de IVG menores que 2. Também, a média do IVG, para as 15 árvores matrizes de *H. impetiginosus*, nos três anos de avaliação, foi de 1,90. Talvez isso esteja relacionado a maturação irregular de suas sementes. *Handroanthus impetiginosus* se caracteriza por apresentar sementes mais pesadas (1.000 sementes = 68,4 g), enquanto *H. chrysotrichus* apresenta sementes mais leves (1.000 sementes = 10,3 g) (Maeda e Matthes, 1984), assim como *T. roseoalba* (1.000 sementes = 14, 08 g) (Lorenzi, 2008).

Tabebuia roseoalba evidencia maior velocidade de germinação em comparação as outras espécies estudadas. A dispersão tardia (logo no início das primeiras chuvas) aumentou a germinação e a sobrevivência das plântulas de espécies com germinação rápida. Plantar espécies com germinação rápida somente quando a chuva é constante parece ser uma estratégia positiva para aumentar o estabelecimento das plântulas (Viera et al., 2008). Ao contrário das espécies de germinação rápida, *H. impetiginosus*, apresentou maior percentual de germinação quando disperso na estação seca (Viera et al., 2008). Conforme Viera et al. (2010), o potencial da matriz do solo *in situ* possivelmente impõe o estresse osmótico necessário para induzir a tolerância à dessecação nas sementes germinadas de *Handroanthus impetiginosus*, onde a lenta perda de água pode permitir alterações no sistema de proteção, resultando em tolerância à desidratação subsequente.

Fenômenos como adaptação local, variabilidade intraespecífica e plasticidade fenotípica são responsáveis das respostas heterogêneas das espécies (Garzón et al., 2011). A adaptação local implica variação genética entre populações e pode ser uma consequência da evolução da espécie sob condições isoladas ou diferenças nas pressões de seleção (Savolainen et al., 2007). Cada população fixou alelos diferentes

durante a evolução, portanto, responde de maneira diferente às mudanças no ambiente (Garzón et al., 2011). Conforme foi constatado, existem diferenças quanto à tolerância ao estresse hídrico ao se comparar os resultados desta pesquisa e os obtidos por Marques (2004) com *Handroanthus chrysotrichus* e Santos et al. (2018) com *Handroanthus impetiginosus* (não foram encontrados trabalhos de estresse salino destas espécies para poder comparar com nossos resultados). É provável que a variabilidade genética (diferentes matrizes amostradas), a procedências dessas matrizes (indivíduos adaptados a diferentes condições climáticas) e também causas ambientais diversas, possam alterar a qualidade fisiológica dos lotes de sementes, o que explicaria as diferenças intraespecíficas. Sendo assim, a resposta das populações localmente adaptadas às tensões ambientais difere da resposta média da espécie, e essa diferença pode futuramente promover ou piorar a sobrevivência de uma espécie sob mudanças globais (Garzón et al., 2011).

Em todos os testes de germinação das sementes de *Handroanthus impetiginosus*, os coeficientes de variação das variáveis %G, %PN, e IVG foram elevados, indicando que existe muita variabilidade entre as amostras. Além disso, todas as características da qualidade fisiológica de sementes apresentaram coeficientes de repetibilidade considerados baixos ($r < 0,60$), indicando que apresentam grande variação ao longo dos anos, apesar de estimativas altas de herdabilidade ($H^2 > 0,40$). Vale destacar que a repetibilidade variou em função da característica avaliada e do método de estimação.

Com base nessas observações é importante considerar que as variáveis relacionadas à qualidade fisiológica das sementes, sofrem grande influencia do ambiente. Maeda e Matthes (1984) relataram que é difícil determinar a época exata da frutificação das árvores, posto que isso depende muito das condições climáticas, do solo e sobretudo do vigor de cada indivíduo; além da maturação desuniforme das sementes inclusive dentro da mesma árvore. Por conseguinte, diversos fatores afetam a qualidade dos lotes das sementes, alterando desta forma os resultados nos experimentos. Para os testes de germinação que determinam os limites de tolerância das sementes às temperaturas, condições de déficit hídrico ou salinidade, as sementes

utilizadas para constituir uma amostra por espécie devem estar perfeitamente homogeneizadas e colhidas de grande número de indivíduos.

Referências

Adams HD et al. (2009) Temperature sensitivity of drought-induced tree mortality portends increased regional die-off under global-change-type drought. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 106:7063-7066.

Allen CD et al. (2010) A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. **Forest Ecology and Management** 259:660- 684.

André RGB, Garcia A (2014) Variabilidade temporal da precipitação em Jaboticabal – SP. **Nucleus** 11:397-402.

Garcia A, André RGB (2015) Variabilidade temporal da temperatura do ar em Jaboticabal – SP. **Nucleus**,12:181-188.

García-Valdés R, Bugmann H, Morin X (2018) Climate change-driven extinctions of tree species affect forest functioning more than random extinctions. **Diversity and Distributions** 24:906-918.

Garzón MB, Alía R, Robson MT, Zavala MA (2011) Intra-specific variability and plasticity influence potential tree species distributions under climate change. **Global Ecology and Biogeography** 20:766-778.

Harter LSH, Harter FS, Deuner D, Meneghello GE, Villela FA (2014) Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira** 32:80-85.

Khaine I, Woo SY (2015) An overview of interrelationship between climate change and forests. **Forest Science and Technology** 11:11-18.

Lorenzi, H (2008) Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 368p.

Maeda JA, Matthes LAF (1984) Conservação de sementes de ipê. **Bragantia** 43:51-61

Marques MA, Rodrigues TJD, Valeri SV, Malheiros EB (2004) Germination of *Tabebuia chrysotricha* (Mart.) Standl. seeds dried in dry chamber, stored in different environments and submitted to seven levels of osmotic potential. **Científica** 32:127-133.

Martins JR, Edvaldo AAS, Alvarenga AA, Rodrigues AC, Ribeiro DE, Toorop PE (2015) Seedling survival of *Handroanthus impetiginosus* (Mart ex DC) Mattos in a semi-arid environment through modified germination speed and post-germination desiccation tolerance. **Brazilian Journal of Biology** 75:812-820.

Parada T, Lusk CH (2011). Pattern of tree seedling mortality in a temperate-mediterranean transition zone forest in Chile. **Gayana Botánica** 68:236-243.

Parsons RF (2012) Incidence and ecology of very fast germination. **Seed Science Research** 22:161-167.

Savolainen O, Pyhäjärvi T, Knürr T (2007) Gene flow and local adaptation in trees. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** 38:595-619.

Santos PCS, Benedito CP, Alves TRC, Paiva EP, Sousa EC, Freires ALA (2018) Water stress and temperature on germination and vigor of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 22: 349-354.

Suresh HS, Dattaraja HS, Sukumar R (2010) Relationship between annual rainfall and tree mortality in a tropical dry forests: Results of a 19-years study at Mudumalai, southern India. **Forest Ecology and Management** 259:762-76.

Vieira DLM, Lima VV, Sevilha AC, Scariot A (2008) Consequences of dry-season seed dispersal on seedling establishment of dry forest trees: Should we store seeds until the rains? **Forest Ecology and Management** 256: 471-481.

Vieira CV, Silva EAA, Alvarenga AA, Castro EM, Toorop PE (2010) Stress-associated factors increase after desiccation of germinated seeds of *Tabebuia impetiginosa* Mart. **Plant Growth Regulation** 62:257-263.