



AMANDA CAROLINA MACHADO FURTADO

**CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE
ESPÉCIES FLORESTAIS POTENCIALMENTE INVASORAS E
NÃO INVASORAS**

**LAVRAS – MG
2019**

AMANDA CAROLINA MACHADO FURTADO

**CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ESPÉCIES FLORESTAIS
POTENCIALMENTE INVASORAS E NÃO INVASORAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Anderson Cleiton José
Orientador

Prof. Dr. José Márcio Rocha Faria
Coorientador

**LAVRAS – MG
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Furtado, Amanda Carolina Machado.

Caracterização fisiológica de sementes de espécies florestais potencialmente invasoras e não invasoras / Amanda Carolina Machado Furtado. - 2019.

62 p.

Orientador(a): Anderson Cleiton José.

Coorientador(a): José Márcio Rocha Faria.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Espécies invasoras. 2. Semente florestal. 3. Germinação. I. José, Anderson Cleiton. II. Faria, José Márcio Rocha. III. Título.

AMANDA CAROLINA MACHADO FURTADO

**CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ESPÉCIES FLORESTAIS
POTENCIALMENTE INVASORAS E NÃO INVASORAS
PHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SEEDS OF POTENTIALLY
INVASIVE AND NON-INVASIVE FOREST SPECIES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 26 de abril de 2019
Dr. Anderson Cleiton José - UFLA
Dr. Marco Aurélio Leite Fontes - UFLA
Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva - UNESP

Prof. Dr. Anderson Cleiton José
Orientador

Prof. Dr. José Márcio Rocha Faria
Coorientador

**LAVRAS – MG
2019**

Aos meus pais e à memória de meu avô, Abelardo José Furtado, que não mediram esforços para meu crescimento pessoal e minha formação acadêmica.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus que me permitiu sonhar e realizar esse grande desafio.

Aos meus pais, Sônia e Renato, meus maiores exemplos e minha fonte de coragem, humildade e perseverança.

Ao meu namorado, João Victor, que se fez presente a todo momento dessa etapa, sempre me apoiando e incentivando.

À minha família e meus amigos de Barbacena, em especial aqueles que dividiram comigo meu crescimento acadêmico, seja no colégio Imaculada ou no Instituto Federal.

Aos colegas do Laboratório de sementes florestais que compartilharam por diversas vezes alegrias, tristezas, preocupações, experimentos...Thayane, Rayana, João, Guilherme, Luís, Pauliana, Adênio, Ananda, Wilson ... vocês foram fundamentais nessa conquista!

Às meninas do apartamento, Isabela e Bruna, pela ótima convivência!

Ao colega de trabalho Cléber, pela ajuda no final dessa etapa e ao meu professor e amigo Ricardo Tayarol por todo apoio e amizade.

Ao meu orientador Anderson Cleiton José pela convivência, confiança, paciência e instrução durante esses dois anos.

Aos professores José Márcio e Gilvano por todo apoio e aprendizado concedido.

Às técnicas Olivia Tonetti e Ana Luísa por toda ajuda e ensinamentos passados.

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

Muito obrigada!

RESUMO

Os processos invasivos são responsáveis por modificações na composição e funcionamento de ecossistemas, acarretando inúmeros prejuízos em todo mundo. Todavia, estudos que evidenciam invasões de espécies arbóreas ainda são recentes e bastante escassos. Acredita-se que a plasticidade fenotípica, que é uma característica que proporciona uma maior tolerância a uma grande gama de condições, está vinculada ao perfil invasor das espécies. Assim, respostas diante de situações extremas podem trazer informações sobre a capacidade invasiva de espécies. Diante do exposto, o presente trabalho analisou a germinação de sementes de 10 espécies florestais, as quais foram divididas em dois grupos, onde cinco foram consideradas espécies potencialmente invasoras e cinco não invasoras, de acordo com a capacidade de regeneração na região de estudo. Foi realizada a análise germinativa em diferentes temperaturas (10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40° C), e em diferentes potenciais hídricos (0; -0,25; -0,5; -0,75 e -1,0 MPa). Pode-se concluir através da Análise de Componentes Principais (PCA) que não existem comportamentos distintos entre os grupos de espécies estudados (invasoras e não invasoras) durante a germinação.

Palavras-chave: Espécies invasoras. Germinação. Estresse hídrico. Semente florestal.

ABSTRACT

The invasive processes are responsible for changes in the composition and functioning of ecosystems, causing numerous damages worldwide. However, studies that evidence invasions of tree species are still recent and very scarce. It is believed that phenotypic plasticity, which is a feature that provides greater tolerance to a wide range of conditions, is linked to the invasive species profile. Thus, evidence of extreme situations may have information about invasive species capacity. Considering the above, the present work analyzed the seed germination of 10 forest species, which were divided into two groups, where five were considered as potentially invasive species and five non - invasive species, according to the regeneration capacity in the study region. The germinative analysis was performed at different temperatures (10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 ° C), and in different water potentials (0, -0.25, -0.5, -0.75 e - 1.0 MPa). It can be concluded from Principal Component Analysis (PCA) that there are no distinct behaviors among the groups of species studied (invasive and non-invasive) during germination.

Key-words: Invasive species. Germination. Hydrical stress. Forest seed.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE – INTRODUÇÃO GERAL.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1 Espécies invasoras	10
2.2 Invasões biológicas	12
2.3 Germinação de sementes	15
2.4 Estudos de sementes relacionados a EEI	17
2.5 Análise de componentes principais (PCA)	19
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
REFERÊNCIAS	20
SEGUNDA PARTE – ARTIGO	27
ARTIGO – CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ESPÉCIES FLORESTAIS POTENCIALMENTE INVASORAS E NÃO INVASORAS	27
1 INTRODUÇÃO.....	28
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
2.1 Local de estudo.....	29
2.2 Material biológico.....	29
2.3 Ensaio 1 – Germinação em diferentes temperaturas.....	30
2.4 Ensaio 2- Germinação em condições de restrição hídrica	31
2.5 Variáveis analisadas.....	31
2.6 Análises de dados.....	33
3 RESULTADOS	33
3.1 Germinação das sementes em diferentes temperaturas e potenciais osmóticos ...	34
3.2 Análise multivariada – PCA	38
4 DISCUSSÃO.....	39
4.1 Germinação das sementes em diferentes temperaturas e potenciais osmóticos ...	39
4.2 Análise multivariada – PCA	45
5 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS	48

PRIMEIRA PARTE – INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

A introdução de um indivíduo alóctone capaz de sobreviver e colonizar novos ecossistemas com diferentes condições dos seus locais de origem pode desencadear processos de invasão biológica (DILLON et al., 2018), de forma a comprometer a composição, a abundância e a estrutura das espécies nativas, bem como os serviços ecossistêmicos do habitat (RUSSEL; BLACKBURN, 2017). Estes processos são considerados a maior causa de extinção de espécies (RUSSEL; BLACKBURN, 2017).

As características genéticas e as próprias condições do ambiente (SILVA; BOUILLET; PAULA, 2016) são fatores que influenciam no potencial de invasão de uma espécie, de forma a refletir na adaptação da mesma no novo ecossistema. Entretanto, apesar da grande preocupação global em relação aos processos invasivos, poucos são os estudos que evidenciam a sua ocorrência em espécies arbóreas.

Por outro lado, o estudo comparativo das características de espécies invasoras e não invasoras cresceu consideravelmente dentro da ecologia de invasão de plantas (PYSEK; RICHARDSON, 2008) e vem sendo um grande desafio para os ecólogos. A análise comportamental de espécies pode auxiliar na determinação dos traços de espécies nativas mais vigorosas e plantas exóticas que apresentam maior perfil invasor (HULME; BERNARD-VERDIER, 2017; DILLON et al., 2018), permitindo assim identificar espécies potencialmente invasoras e espécies que não apresentam riscos de invasão em um ecossistema.

Diversos autores defendem que a capacidade de expressar diferentes fenótipos em diversos ambientes pode ser uma característica vinculada ao potencial invasor de espécies (MATESANZ; GIANOLI; VALLADARES, 2010). Assim, a resposta plástica das espécies poderia trazer informações relacionadas à capacidade de invasão de árvores.

A associação da plasticidade com o potencial invasor de espécies é um tópico importante a ser estudado no processo de invasão biológica (HULME, 2008), dado que uma maior tolerância das espécies invasoras a uma maior gama de condições, sugere seu rápido domínio e colonização de novas áreas sob detrimento de plantas nativas (LEJEUSNE et al., 2013). Todavia, ainda não existem reais evidências que comprovem uma maior plasticidade fenotípica de indivíduos potencialmente invasores em comparação aos não invasores.

Desta maneira, considerando os impactos e prejuízos causados em decorrência dos processos de invasão biológica, determinar características que possam definir o potencial invasor de espécies permitiria esclarecer e até mesmo prevenir tais invasões, de forma a auxiliar nas tomadas de decisão em relação ao manejo, conservação e restauração a serem executados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Espécies invasoras

As espécies invasoras são consideradas espécies alóctones que apresentam a capacidade de se reproduzirem e se adaptarem a novos ambientes, até mesmo naqueles com diferentes condições do seu local de origem, (DILLON et al., 2018), de forma a comprometer o funcionamento dos ecossistemas recém habitados (RUSSEL; BLACKBURN, 2018). Estas espécies são denominadas espécies exóticas invasoras (EEI) (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013) e possivelmente, apresentam maior plasticidade fenotípica quando comparadas com espécies nativas (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013; HIGGINS; RICHARDSON, 2014).

As EEI podem trazer grandes problemas para os ecossistemas invadidos (WILLIAMS; WARDLE, 2007; DURIGAN et al., 2013), uma vez que se estabelecem em novos territórios, proliferam-se, dispersam e persistem em detrimento de espécies próprias dos ecossistemas nativos, causando alterações nos processos ecossistêmicos (MACK et al., 2000; SAMPAIO; SCHMIDT, 2013), modificações na composição de espécies, e provocando a extinção de espécies nativas e ameaçadas (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013; MARQUES et al., 2014). Desta forma, ao se estabelecerem, podem se tornar competidoras, afetando os ecossistemas florestais, esgotando recursos, levando outras populações ao declínio (PRIMACK; RODRIGUES 2001; WILLIAMS; WARDLE, 2007).

No que diz respeito aos serviços ecossistêmicos, as alterações causadas pelas espécies invasoras, podem trazer perdas globais relacionadas à produção de produtos agrícolas e florestais, à pesca, ao acesso à água potável, à polinização, comprometer a estabilidade do clima do solo, e até mesmo atividades de recreação e turismo (PEJCHAR; MOONEY, 2009).

As espécies de plantas invasoras em sua maioria são espécies exóticas que possuem características que facilitam seu estabelecimento. Usualmente, são relacionadas à uma grande produção de pequenas sementes, com dispersão anemocórica, capazes de permanecerem no solo por amplos intervalos de tempo, possuem uma rápida proliferação (VALÉRY et al., 2008;

MARQUES et al., 2014), alta eficiência fotossintética e no uso dos nutrientes, maturação precoce, reprodução por sementes e por brotação, longos períodos de floração e frutificação, eficiência na dispersão de sementes, crescimento rápido, pioneirismo e adaptação a áreas degradadas, e produção de toxinas biológicas que impedem o crescimento de plantas de outras espécies nas imediações, fenômeno denominado alelopatia (ZILLER, 2001; MATOS; PIVELLO, 2009).

Características relacionadas ao genótipo das EEI, bem como a adaptação ao novo ecossistema também são grandes influenciadores no momento do estabelecimento dessas espécies (ERFMEIER; BRUELHEIDE, 2010).

Os ambientes recém ocupados por espécies invasoras não possuem predadores naturais que possam conter a reprodução das EEI, proporcionando maiores vantagens competitivas (ZILLER, 2001; VALÉRY et al., 2008). Por outro lado, estas espécies passam a se expor a novas condições bióticas e abióticas, tais como a ausência de polinizadores ou dispersores de sementes, fatores estes que podem restringir a sua propagação (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013). Entretanto, as próprias características das espécies já presentes (DILLON et al., 2018), o comportamento, a fisiologia e a anatomia das espécies invasoras, as interações bióticas, seja por mutualismo, predação ou por comensalismo (VALÉRY et al., 2008), a variação de estresse do ecossistema (DILLON et al., 2018), a pressão de propágulos (RICHARDSON, PYSEK, CARLTON 2011; SAMPAIO, SCHMIDT, 2013) e a frequência desse acontecimento (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013) também são fatores que irão influenciar na dominância de espécies invasoras.

Acredita-se também que as EEI apresentam uma maior tolerância a condições adversas do ambiente por possuírem maior diversidade genética e fenotípica, tornando-as assim, mais resistentes à novas circunstâncias (FORMAN, 2014). Paralelamente, para Richardson, Pysek e Carlton (2011) e Dillon et al (2018), a história de vida, isto é, a evolução de uma espécie e suas formas de reprodução serão os fatores que irão determinar a capacidade de um organismo se tornar invasor.

Estudos que relacionam condições de temperatura e níveis de impacto das espécies invasoras indicam que as perturbações ecológicas por parte das mesmas são mais significativas em ambientes que apresentam condições próximas à de temperatura ótima para reprodução e colonização desses indivíduos. Desta maneira, a determinação da faixa de temperatura ótima e demais possíveis condições que possam beneficiar a ocorrência de processos invasivos, de

preferência em escala local, poderá auxiliar na previsão e definições de manejo de áreas que se encontram em maiores riscos (IACARELLA et al., 2015).

Apesar dos grandes danos causados pelas EEI, de acordo com Guidini et al. (2014), presume-se que apenas cerca de 0,1% a 1% das espécies que são introduzidas em diferentes ambientes se tornam invasoras. Além do mais, também existem algumas espécies que ao serem introduzidas permanecem em estado de latência, isto é, mantêm-se apenas no local introduzido, sem se reproduzirem ou dispersarem (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013). Conforme esses mesmos autores, esse estágio (período entre a introdução e o início da dispersão espontânea da espécie para demais locais) pode persistir por anos ou décadas.

Ademais, espécies encontradas em diversos ecossistemas, capazes de se reproduzirem ao redor no mundo, não são necessariamente invasoras (VALÉRY et al., 2008). Neste contexto, também existem espécies nativas, que por algum desequilíbrio ecológico, crescem e se multiplicam de forma desordenada, passando a ter um comportamento invasor (MATOS; PIVELLO, 2009), por exemplo a espécie *Guadua tagoara*, nativa da Mata Atlântica e potencialmente invasora nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (FANTINE; GURIES, 2000).

2.2 Invasões biológicas

No momento em que a produção agrícola se iniciou, as espécies vegetais começaram a ser transportadas para fora das suas áreas de ocorrência natural via ações antrópicas (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013). De acordo com esses mesmos autores, com o início das grandes navegações, a proporção desses transportes se tornou global, passando a ser mais intensas a partir da revolução industrial, da revolução verde, e do atual processo de globalização. Junto com tais acontecimentos, deu-se início as invasões biológicas.

Define-se invasão biológica como sendo a introdução e adaptação de espécies que não são naturalmente parte de um ecossistema, e que se estabelecem e produzem alterações significativas na composição, estrutura e nos processos dos ecossistemas (VALÉRY et al., 2008; RUSSEL; BLACKBURN, 2017). Sendo assim, o processo de invasão biológica consiste na capacidade de reprodução, dispersão e colonização das EEI, possibilitando uma rápida proliferação, revelando uma dominância de uma espécie perante outra, que por sua vez, competem por recursos do mesmo ambiente, tais como nutrientes e o próprio habitat (VALÉRY et al., 2008). Desta forma, a introdução de uma espécie exótica pode desencadear processos de invasão biológica (RICHARDSON; PYSEK; CARLTON, 2011).

A introdução de EEI pode ser realizada através de processos naturais ou em decorrência das ações humanas, de forma a interagir com a biota e influenciar o ecossistema invadido de

diversas maneiras (RICHARSON, PYSEK; CARLTON, 2011; GUIDINI et al., 2014; RUSSEL; BLACKBURN, 2017). Na atualidade, transportes acidentais ocorrem facilmente de diferentes formas, seja através do fluxo de veículos terrestres, embarcações e até mesmo por meio de aeronaves (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013).

A invasão biológica tende a agravar-se na medida em que as EEI ocupam o espaço das nativas, levando à perda da biodiversidade, alterando os ciclos e as características originais dos ecossistemas (ZILLER, 2001). Após o estabelecimento do organismo invasor, este pode expandir-se para os habitats circunvizinhos, gerando uma acentuada perda biológica (PEGADO et al., 2006; SAMPAIO, SHIMIT, 2013). De acordo com Parker et al. (1999) as invasões geram impactos em diversos níveis, causando efeitos sobre a dinâmica das populações, sobre a comunidade e sobre os processos do ecossistema. Para Valéry (et al., 2008), quando as EEI passam a se tornar dominantes, pode-se considerar que o processo de invasão biológica ocorreu.

O processo de invasão biológica não está relacionada somente com a capacidade da planta invasora de se estabelecer, mas também à susceptibilidade do ecossistema a essa invasão, que é determinada por diversas características como clima, capacidade de competição das espécies nativas e nível de perturbação do ambiente (VALÈRY et al., 2008; DILLON et al., 2018).

Características do ambiente, tais como a diversidade de espécies, heterogeneidade de espécies, disponibilidade de recursos, interações biológicas, nível de estresse ambiental das áreas (DAVIES, 2009), clima local (ERFMEIER; BRUELHEIDE, 2010), em especial a temperatura e a umidade do ar e do solo (SILVA; BOUILLET; PAULA, 2016), são condições que influenciam nos processos de invasão. Cada espécie se adapta melhor conforme o ambiente, até mesmo espécies que possuem potencial invasivo não são capazes de habitar e colonizar todos ambientes (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013).

A competição gerada pelas espécies invasoras causa inúmeros danos, afetando a distribuição, evolução e sucesso das nativas, diminuindo ainda a disponibilidade de recursos e, conseqüentemente, o crescimento e a sobrevivência das espécies locais (TOWNSEND et al., 2006; RUSSEL; BLACKBURN, 2017). Ademais, as EEI acarretam anualmente prejuízos bilionários para a economia mundial (PEJCHAR; MOONEY, 2009; HIGGINS; RICHARDSON, 2014).

A plasticidade fenotípica é considerada por muitos ecólogos uma qualidade fundamental na ocorrência de processos invasivos por parte das EEI (ZENNI et al., 2013) e consiste na capacidade de uma determinada espécie em expressar diferentes fenótipos em uma grande gama

de ambientes (HULME, 2008). Desta maneira, espécies que apresentam maior capacidade plástica, são capazes de evidenciar diferentes comportamentos em função das condições do ambiente.

Em uma meta-análise realizada por Davidson, Jennions e Nicotra (2011), constatou-se maior plasticidade das espécies exóticas invasoras, entretanto, para casos de disponibilidade limitada de recursos, pode-se perceber que espécies nativas (não invasoras) são capazes de responder igualmente, ou até mesmo de forma superior, do que as invasivas. Já outros estudos, observaram que a plasticidade fenotípica de ambos os grupos foi similar (GODOY; VALLADARES; CASTRO-DIÉZ, 2011; PALACIO-LÓPEZ; GIANOLI, 2011).

Diante dos impactos causados (perda da biodiversidade, danos aos serviços ecossistêmicos e aos ecossistemas) e da necessidade de tomadas de decisão que visam o manejo e o controle de espécies invasoras, diversos estudos relacionados estão sendo realizados (DURIGAN et al., 2013). Visto que, a compreensão do comportamento das EEI quando introduzidas em novos ambientes é de suma importância teórica e prática (HIGGINS; RICHARDSON, 2014), e entender a dinâmica dessas espécies perante diferentes condições ambientais pode ser uma ferramenta de auxílio no controle das mesmas (FORSMAN, 2014).

Para que se faça o controle e manejo eficaz das EEI, é necessário o desenvolvimento de estratégias (PIVELLO, 2006). Uma implantação legislativa mais rigorosa, serviços de quarentena eficientes (GARDENER et al., 2011), uso de abordagens científicas que informem quais espécies representam maiores riscos e o manejo a ser aplicado em cada situação (GARDENER et al., 2011; HUMES et al., 2013), são alternativas a serem utilizadas. Para Marchetti; Moyle e Levine (2004), a detecção de outras áreas invadidas pelas espécies é um meio eficaz de identificar se uma espécie exótica apresenta potencial de invasão na região de interesse.

O manejo precoce dessas espécies é a maneira mais acessível e menos onerosa de erradicação (WILLIAMS; WARDLE, 2007; GARDENER et al., 2011; DILLON et al., 2018). O manejo tardio das EEI pode desencadear perturbações irreversíveis nos ecossistemas (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013). Além disso, técnicas de erradicação dessas espécies devem ser efetuadas apenas no início do processo de invasão, em especial para áreas limitadas (GARDENER et al., 2011).

Na tentativa de categorizar as EEI, de forma a auxiliar em políticas públicas que buscam a prevenção e o controle das mesmas, listas oficiais de espécies invasoras foram desenvolvidas (DURIGAN et al., 2013), dado que a identificação precoce de espécies que trazem ameaças

pode ser uma grande estratégia de prevenção e controle de possíveis invasões biológicas futuras (WILLIAM; WARDLE, 2007).

Cada espécie possui características específicas (DILLON et al., 2018), podendo apresentar comportamentos diferenciados conforme a sua localização geográfica, podendo ser dominantes em determinadas regiões e em outras ocasionar mínimas ou até mesmo nenhuma perturbação (SIMBERLOFF; REJMÀNEK., 2011). Desta maneira, de forma regional, diferenciar espécies que apresentam maiores potenciais para afetar os ecossistemas, das que afetam limitadamente um ambiente, é um método de manejo eficaz (GARDENER et al., 2011; HULME et al., 2013). Em outras palavras, as espécies capazes de alterar a estrutura e a função dos ecossistemas, de modo a dominar o ambiente e suprimir espécies nativas de maneira rápida e acentuada, devem ser identificadas rapidamente e serem erradicadas (GAERTNER et al., 2014).

Medidas de precaução são fundamentais para evitar impactos e danos aos ecossistemas e aos processos ecossistêmicos (HUMES et al., 2013). Desta forma, estudos relacionados à biologia de invasão vêm tentando prever possíveis espécies invasoras (MARCHETTI; MOYLE; LEVINE, 2004). Entretanto, de acordo com Humes (et al., 2013), cerca de 80% dos estudos com espécies invasoras focam apenas em uma espécie, limitando informações sobre as relações destas com demais espécies, bem como suprimindo estudos relacionados à comportamentos de dominância entre espécies.

2.3 Germinação de sementes

As sementes possuem a função de reprodução, e quando comparadas com plantas adultas, possibilitam uma maior sobrevivência das espécies, já que facilitam a dispersão em razão do pequeno tamanho e possuem maior resistência às condições adversas do ambiente, como secas e temperaturas extremas (FENNER; THOMPSON, 2005). No geral, as plantas se desenvolvem a partir de sementes, através do primeiro estágio crucial na vida vegetal conhecido como germinação (DURR et al., 2014).

A germinação é um processo que sofre influências das condições internas e externas às sementes (CASAS et al., 2017), iniciando-se com a absorção de água pelas mesmas, em um processo totalmente físico que ocasiona modificações metabólicas, levando ao alongamento do eixo embrionário, normalmente a radícula (BEWLEY, 1997; CARVALHO; NAKAGAWA,

2000; BEWLEY et al., 2013). De acordo com Bewley et al. (2013), para que o processo de germinação ocorra, as sementes não devem estar dormentes e não deve existir nenhum impedimento físico para a entrada de água.

O processo germinativo pode ser dividido em três fases, onde, na primeira ocorre uma rápida embebição, em decorrência da acentuada diferença no potencial hídrico entre o substrato e a semente. Esta fase não depende de condições metabólicas da semente, e ocorre tanto em sementes viáveis, quanto em dormentes (com exceção de sementes com dormência física) (BEWLEY et al., 2013).

Na segunda fase, o crescimento do embrião é reduzido ou inexistente na maioria das espécies e a absorção de água ocorre de forma lenta, sendo considerada uma fase estacionária, devido ao balanço do potencial osmótico e o potencial de pressão. A última fase é caracterizada pelo aumento no conteúdo de água da semente e emissão da raiz primária. As sementes dormentes não alcançam a última fase, em razão da ausência do alongamento celular associado com a protrusão da radícula, que é a indicação visível que a germinação ocorreu (BEWLEY, 1997; BEWLEY et al., 2013).

A germinação pode ser influenciada pelas condições do ambiente em que a semente se encontra, tais como a umidade relativa do ar, concentração de oxigênio, temperatura e luz (LONG et al., 2015). Para Stanton-Geddes et al. (2012) e Durr et al. (2014), a temperatura e a umidade relativa do ar e do solo ideais são fatores-chave para a ocorrência do processo de germinação e posterior estabelecimento das plântulas. Todavia, estes fatores podem variar para cada espécie (SILVA; BOUILLET; PAULA, 2016).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), no processo germinativo, a temperatura pode influenciar na ocorrência das reações bioquímicas e na velocidade de absorção da água por parte da semente, de forma que sementes submetidas a temperaturas superiores àquela considerada ótima para a espécie irão apresentar um aumento considerável na velocidade de germinação, todavia este processo ocorrerá de forma desordenada e proporcionará um menor índice germinativo, e no caso de sementes expostas a temperaturas inferiores à ótima, a germinação irá reduzir e ocorrerá de forma desacelerada.

Não é possível padronizar uma temperatura ótima para todas espécies, já que cada uma responde de forma diferenciada a esse fator (MARCOS-FILHO, 2005). A identificação dessa faixa, na maioria das vezes, retrata os possíveis ambientes de ocorrência de cada espécie (MEDINA, 1977).

Com relação à temperatura de germinação, Carvalho e Nakagawa (2000) nomearam de temperaturas cardeais as temperaturas ótima, mínima e máxima de germinação. Esses autores

consideram que a temperatura ótima é aquela que proporciona maior porcentagem de germinação em menor intervalo de tempo, e a temperatura mínima e máxima são a menor e maior temperatura, respectivamente, em que não é possível mais encontrar germinação.

Outro fator, capaz de influenciar diretamente na porcentagem e velocidade de germinação das sementes, variando conforme cada espécie, é a disponibilidade hídrica (VILLELA; DONI FILHO; SIQUEIRA, 1991; BEWLEY et al., 2013; DURR et al., 2014). Todavia, algumas espécies vegetais apresentam a capacidade de germinar mesmo quando submetidas a condições de restrição hídrica, conferindo-lhes maiores chances de sobrevivência e adaptação em diferentes ambientes (ROSA et al., 2005).

Uma maneira de simular condições de estresse hídrico é através de soluções osmóticas, como o polietilenoglicol 6000 (PEG 6000). Acredita-se que o PEG quando em solução não penetra nas células, sendo, portanto, quimicamente inerte, não apresentando toxicidade para as sementes (VILLELA; DONI FILHO; SIQUEIRA., 1991; NETO et al., 2006). Por esses motivos pode ser utilizado para controlar a disponibilidade de água no processo germinativo.

O PEG é capaz de inibir o processo de embebição de água da semente, retardando a hidratação dos tecidos (ANTUNES et al., 2011; PELEGRINI et al., 2013). Entretanto, também reduz a difusão de oxigênio, em razão da sua viscosidade e alto peso molecular (ANTUNES et al., 2011).

2.4 Estudos de sementes relacionados a EEI

As condições de temperatura e disponibilidade hídrica são consideradas de suma importância no processo germinativo das sementes, afetando as taxas e a porcentagem final de germinação (DURR et al., 2014). Por esta razão, os estudos sobre a fisiologia de sementes de espécies invasoras no geral se baseiam na capacidade de germinação dessas sementes sob condições estressantes (ex: estresse hídrico, estresse salino, temperaturas extremas, etc).

Piper aduncum é um arbusto invasor em Xishuangbanna (província chinesa). Por esta razão, Wen et al. (2014) estudaram a influência da temperatura e do estresse hídrico na germinação das sementes dessa espécie e constataram tolerância intermediária à altas temperaturas, germinando entre 15 a 35°C, não ocorrendo germinação em potenciais osmóticos abaixo de -0,6 MPa. Os mesmos autores acreditam que o potencial intermediário invasor da

espécie pode ser explicado em razão dessa capacidade média de germinação diante de temperaturas extremas e restrições hídricas combinada com as condições ambientais locais.

Outro estudo também realizado por Wen (2015) na mesma região do experimento anterior, avaliou a germinação de *Tithonia diversifolia*, um girassol mexicano de caráter extremamente invasor no local de estudo. As sementes dessa espécie germinaram de 10 a 35°C, e no potencial de -0,6 MPa ainda apresentaram 20% de germinação, confirmando o alto perfil invasor dessa espécie, de acordo com o autor.

Em outros estudos, sementes de *Calotropis procera*, espécie invasora no norte da Austrália mostrou-se capaz de germinar em ampla faixa de temperatura (20 a 40°C) (MENGE; BELLAIRS; LAWES, 2016), já *Tamarix ramosissima*, espécie que ameaça a biodiversidade nativa em ambientes áridos e semi-áridos na Argentina, evidenciou baixa tolerância a condições de restrição hídrica, sendo o potencial de -0,4 MPa restritivo para a germinação das sementes dessa espécie (NATALE et al., 2010).

Cruz, Andrade e Alves (2016), ao avaliarem o efeito do estresse salino na qualidade fisiológica de sementes de *Cryptostegia madagascariensis*, observaram grande potencial de germinação dessa espécie invasora, característica capaz de aumentar o seu caráter invasor. Florentine et al. (2016) estudaram a germinação de *Nicotiana Glauca*, espécie altamente invasora, e constataram grande capacidade de germinação em diferentes regimes de temperatura e concentrações salinas e sob ampla faixa de níveis de pH. Todavia, mostrou ser bastante sensível a condições de estresse hídrico, com germinação totalmente inibida em valores menores que -0,4 MPa.

Uma característica que favorece grandes índices de germinação de EEI é a sua grande produção de sementes (GOERGEN; DAEHLER, 2001), o que foi confirmado por Ferreras e Galetto (2009) ao compararem a produção de sementes de uma espécie potencialmente invasora e a outra nativa (não invasora). A alta produção de sementes de EEI também foi afirmada nos estudos de Marchante, Freitas e Hoffmann (2010) e Marques et al. (2014) ao avaliarem o banco de sementes de *Acacia longifolia* e *Leucena leucocephala*, respectivamente.

Graebner, Callaway e Montesinos (2012) ao avaliarem o comportamento de espécies exóticas, constataram que dentre as estudadas, a única espécie que apresentava perfil invasor passou a apresentar evolutivamente maior tamanho das suas sementes sob condições de competição. Essa modificação evolutiva pode ser justificada em razão das sementes que

apresentam tamanhos maiores possuem maiores reservas de energia (WESTOBY et al., 1992 apud GRAEBNER; CALLAWAY; MONTESINOS, 2012).

Em um estudo realizado na Austrália, Murray e Phillips (2009) constataram que espécies invasoras investem mais significativamente em estruturas de dispersão das sementes. Esse investimento é uma estratégia na dinâmica populacional das espécies invasoras, possibilitando que as sementes alcancem maiores distâncias (PERGL et al., 2011). Outra estratégia das EEI é a formação de banco de sementes (FERRERAS; GALETTO, 2009), permitindo a permanência de sementes por grandes períodos no solo, de forma a esperar por adequadas condições para germinarem (BASKIN; BASKIN, 2014). Todavia, muitos estudos indicam que a presença dessas espécies potencialmente invasoras nos bancos de sementes é capaz de reduzir a riqueza e densidade de espécies nativas locais (GONÇALVES et al., 2011; GIORIA; JAROSIK; PYSEK, 2014; GOODEN; FRENCH, 2014; HAGER et al., 2014).

2.5 Análise de componentes principais (PCA)

Quando se trata de estudos relacionados à comunidade biológica, análises estatísticas univariadas não são tão precisas, já que desconsideram diversas características e variáveis envolvidas (MALUCHE-BARETTA, AMARANTE, FILHO, 2006). O uso de análises multivariadas pode proporcionar uma interpretação estatística mais adequada, de forma a estudar fatores biológicos estruturais, espaciais e temporais, abrangendo um maior número de dados bióticos e abióticos que interferem no ecossistema, e interligando amostras e variáveis (VALENTIN; 2000; CARVALHO et al., 2015).

A análise de componentes principais (PCA - em inglês *Principal Component Analysis*) é uma alternativa para a estatística de dados multivariados e vem sendo um dos métodos mais utilizados dentro da interpretação desse tipo de estudo (SOEIRO et al., 2010; MARCELO, POZEBON, FERRÃO; 2015). Através da matriz dos dados, a PCA possibilita a redução do número de variáveis (SOEIRO et al., 2010; MARCELO, POZEBON, FERRÃO; 2015) em razão da combinação linear dos dados iniciais (SOEIRO et al., 2010; BRO, SMILDE; 2014). Assim, as principais variáveis passam a se destacar, facilitando a interpretação dos dados e a posterior análise dos mesmos (MARCELO, POZEBON, FERRÃO; 2015). Através desta análise é possível obter gráficos bi ou tridimensionais que proporcionam uma maior

compreensão da distribuição das amostras ao longo dos eixos, bem como a relevância das variáveis (HAIR, TATHAN, ANDERSON; 2005).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi realizado com o objetivo de obter informações que possam contribuir para uma maior compreensão de espécies com comportamento invasor. Conforme discutido anteriormente, tais pesquisas podem colaborar na caracterização de espécies, de forma a prever o potencial invasor de espécies, através das respostas fisiológicas durante a germinação e características das sementes. Sobretudo, o presente trabalho é capaz de contribuir na elaboração de projetos que visam a prevenção e o manejo de espécies exóticas invasoras, bem como auxiliar na escolha apropriada de espécies. Dessa forma, avaliou-se a diferença comportamental de dois grupos de espécies: potencialmente invasoras e não invasoras.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, C.G.C., et al. Germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Catingueira) submetidas a deficiência hídrica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n.5, p. 1007-1015, 2011.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2nd ed. San Diego: Elsevier, 2014.
- BEWLEY, J. D. et al. **Seeds: physiology of development and germination**. 3. ed. Nova Iorque: Springer, 2013.
- BEWLEY, J. D. Seed Germination and Dormancy. **The Plant Cell**, Rockville, v. 9, p. 1055-1066, 1997.
- BOOTH, T. H. Using a global botanic gardens database to help assess the capabilities of rare eucalypt species to cope with climate change. **International Forestry Review**, Shropshire, v.17, n.3, p. 259-268, 2015.
- BRO, R.; SMILDE, A, K. Principal component analysis. **Analytical Methods**, Cambridge, v. 6, p. 2812–2831, 2014.
- CARVALHO, F. I. M. et al. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas de Belém a partir de parâmetros físico-químicos e níveis de elementos traço usando análise multivariada. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 7, n. 6, p. 2221-2241, 2015. Disponível em: <<http://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/view/1070/701>>. Acesso em: 28 de setembro de 2018.

- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000.
- CASAS et al. Global biogeography of seed dormancy is determined by seasonality and seed size: a case study in the legumes. **New Phytologist**, Hoboken, v. 214, p. 1527-1536, 2017.
- CRUZ, F. R. S.; ANDRADE, L. A.; ALVES, E. U. Estresse salino na qualidade fisiológica de sementes de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1189-1199, 2016.
- DAVIES, M.A. **Invasion Biology**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2009. 244p.
- DILLON, W. W. et al. Native and Invasive Woody Species Differentially Respond to Forest Edges and Forest Successional Age. **Forests**, Basel, v. 9, n. 381, p. 1-17, 2018.
- DURIGAN, G. et al. Control of Invasive Plants: Ecological and socioeconomic criteria for the decision making process. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 23-30, 2013.
- DURR, C. et al. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: Contribution to a seed trait database. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdã, v. 200, p. 222-232, 2014.
- ERFMEIER, A.; BRUELHEIDE, H. Invasibility or invasiveness? Effects of habitat, genotype, and their interaction on invasive *Rhododendron ponticum* populations. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 12, p. 657-676, 2010.
- FANTINI, A. C.; GURIES, R. P. *Guadua tagoara* (Taquaruçu): uma espécie invasiva da Mata Atlântica. In: VI Congresso Internacional sobre Florestas, 2000. **Anais...** Porto Seguro: Forest, 2000, p.136–138.
- FENNER, M., THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 250 p.
- FERRERAS, A. E. From seed production to seedling establishment: Important steps in an invasive process. **Acta Oecologica**, Amsterdã, v. 36, p. 2011-2018, 2009.
- FLORENTINE, S. K. et al. Influence of selected environmental factors on seed germination and seedling survival of the arid zone invasive species tobacco bush (*Nicotiana glauca* R. Graham). **The Rangeland Journal**, Wellington, v. 38, p. 417-425, 2016.
- FORSMAN, A. Effects of genotypic and phenotypic variation on establishment are important for conservation, invasion, and infection biology. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 111, n. 1, p. 302-307, 2014.
- FUNK, J. L. et al. Plant functional traits of dominant native and invasive species in Mediterranean-climate ecosystems. **Ecological Society of America**, Washington, v. 97, p. 75-83, 2016.
- GAERTNER, M. Invasive plants as drivers of regime shifts: identifying high-priority invaders that alter feedback relationships. **Diversity and Distributions**, Hoboken, v. 20, p. 733-744, 2014.
- GARDENER, M. R. et al. Plant invasions research in Latin America: fast track to a more focused agenda. **Plant Ecology & Diversity**, Oxon, v. 5, p. 225-232, 2011.

- GRAEBNER, R. C.; CALLAWAY, R. M.; MONTESINOS, D. Invasive species grows faster, competes better, and shows greater evolution toward increased seed size and growth than exotic non-invasive congeners. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 2013, p. 545-553, 2012.
- GIORIA, M.; JAROSIK, V.; PYSEK, P. Impact of invasions by alien plants on soil seed bank communities: emerging patterns. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 16, p. 132-142, 2014.
- GODOY, O.; VALLADARES, F.; CASTRO-DÍEZ, P. Multispecies comparison reveals that invasive and native plants differ in their traits but not in their plasticity. **Functional Ecology**, Hoboken, v. 25, p. 1248-1259, 2011.
- GOERGEN, E.; DAEHLER, C.C. Reproductive ecology of a native Hawaiian grass (*Heteropogon contortus*; Poaceae) versus its invasive alien competitor (*Pennisetum setaceum*; Poaceae). **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 162, p. 317-326, 2001.
- GONÇALVES, G. S. et al. Estudo do banco de sementes do solo em uma área de caatinga invadida por *Parkinsonia aculeata* L. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 428-436, 2011.
- GOODEN, B.; FRENCH, K. Impacts of alien grass invasion in coastal seed banks vary amongst native growth forms and dispersal strategies, **Biological Conservation**, Kidlington, v. 171, p. 114-126, 2014.
- GUIDINI et al. Invasão por espécies arbóreas exóticas em remanescentes florestais do planalto sul catarinense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 469-478, 2014.
- HAGER, H. A. et al. Escaped *Miscanthus sacchariflorus* reduces the richness and diversity of vegetation and the soil seed bank. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 17, p. 1933-1847, 2014.
- HAIR, J. F.; TATHAN, R. L.; ANDERSON, R. E. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HIGGINS, S.I.; RICHARDSON, D.M. Invasive plants have broader physiological niches. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 111, p. 10610–10614, 2014.
- HULME, P. E.; BERNARD-VERDIER, M. Comparing traits of native and alien plants: Can we do better? **Functional Ecology**, Hoboken, v. 32, p. 117–125, 2017.
- HULME, P.E. et al. Bias and error in understanding plant invasion impacts. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdã, v. 28, n. 4, p. 212–218, 2013.
- HULME, P.E. Phenotypic plasticity and plant invasions: is it all Jack? **Functional Ecology**, Hoboken, v. 22, p. 3-7, 2008.
- IACARELLA, J. et al. Ecological impacts of invasive alien species along temperature gradients: testing the role of environmental matching. **Ecological Applications**, Hoboken, v. 25, n. 3, 2015.
- JESCHKE, J. M. Defining the Impact of Non-Native Species. **Conservation Biology**, Hoboken, v. 28, p. 1188-1194, 2014.

LEJEUSNE, C. et al. Do invaders always perform better? Comparing the response of native and invasive shrimps to temperature and salinity gradients in southwest Spain. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Londres, v. 136, p. 102-111, 2013.

LONG, R. L. et al. The Ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. **Biological reviews**, Hoboken, v. 90, n.1, p. 31-59, 2015.

MACK, R. N. et al. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. **Issues in Ecology**, Washington, v. 10, n. 3, p. 689-710, 2000.

MALUCHE-BARETTA, C. R. D.; AMARANTE, C. V. T.; FILHO, O. K. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1531-1539, 2006.

MARCELO, M. C. A.; POZEBON, D.; FERRÃO, M. F. Análise Multivariada do Perfil das Concentrações de Elementos Presentes na Erva-mate (*Ilex paraguariensis*) Comercializada no MERCOSUL. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 7, n. 6, p. 2400-2421, 2015. Disponível em: <<http://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/view/1174/680>>. Acesso em: 30 de setembro de 2018.

MARCHANTE, H.; FREITAS, H.; HOFFMANN, J. H. Seed ecology of an invasive alien species, *Acacia Longifolia* (Fabaceae), in portuguese dune ecosystems. **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 97, p. 1780–1790. 2010.

MARCHETTI, M.P.; MOYLE, P.B.; LEVINE, R. Invasive species profiling: exploring the characteristics of exotic fishes across invasion stages in California. **Freshwater Biology**, Hoboken, v. 49, p. 646-661, 2004.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARQUES, A. R. et al. Germination characteristics and seedbank of the alien species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in Brazilian forest: ecological implications. **Weed Research Society**, Malden, v. 54, p. 576-583, 2014.

MATESANZ, S.; GIANOLI, E.; VALLADARES, F. **Global change and the evolution of phenotypic plasticity in plants**. In: Annals of the New York Academy of Sciences, 1206., 2010, Nova Iorque. *Anais...*Nova Iorque: New York Academy of Sciences, 2010, p. 35-55.

MATOS, D. M. S., PIVELLO, V. R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres: alguns casos brasileiros. **Ciência & Cultura**, São Paulo, v. 61, n. 1, p. 27-30, 2009.

MEDINA, E. **Introducción a la Ecofisiologia Vegetal**. Washington: Secretaria Geral da O.E.A., 1977. 97p.

MENGE, E. O.; BELLAIRS, S. M.; LAWES, M. J. Seed-germination responses of *Calotropis procera* (Asclepiadaceae) to temperature and water stress in northern Australia. **Australian Journal of Botany**, Wellington, v. 64, p. 441–450, 2016.

MURRAY, B. R.; PHILLIPS, M. L. Investment in seed dispersal structures is linked to invasiveness in exotic plant species of south-eastern Australia. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 12, p. 2265–2275, 2010.

NATALE, E. et al. Establishment of *Tamarix ramosissima* under different conditions of salinity and water availability: Implications for its management as an invasive species. **Journal of Arid Environments**, Londres, v. 74, p. 1399-1407, 2010.

NETO, N. B. M. et al. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 1, p.142-148, 2006.

PALACIO-LÓPEZ, K.; GIANOLI, E. Invasive plants do not display greater phenotypic plasticity than their native or non-invasive counterparts: a meta-analysis. **Oikos**, Hoboken, v. 120, p. 1393-1401, 2011.

PARKER, I. M. et al. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. **Biological Invasions**, Dordrecht, v.1, n. 1, p. 3-19, 1999.

PEGADO, C. M. A. et al. Efeitos da invasão biológica de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 20, n.4, p. 887-898, 2006.

PEJCHAR, L.; MOONEY, H. A. Invasive species, ecosystem services and human well-being. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdã, v. 24, n. 9, p. 497-504, 2009.

PELEGRINI, L. L., et al. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, Manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 511-519, 2013.

PERGL, J. et al. The role of long-distance seed dispersal in the local population dynamics of an invasive plant species. **Diversity and Distributions**, Hoboken v. 17, p. 725–738, 2011.

PIVELLO, V. R. **Manejo de fragmentos de cerrado visando a conservação da biodiversidade**. In: A. Scariot; J.C. Sousa-Silva; J.M. Felfili. (orgs.). *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 402-413, 2006.

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Planta, 2001.

PYSEK, P.; RICHARDSON, D. M. **Traits associated with invasiveness in alien plants: where do we stand?** In: NENTWIG, W. *Biological Invasions. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*. Berlin: Springer, 2008, cap. 7, p. 97-125.

RICHARDSON, D.M. et al. Tree invasions: patterns, processes, challenges and opportunities. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 16, p. 473-781, 2013.

RICHARDSON, D.M.; PYSEK, P.; CARLTON J.T. **A compendium of essential concepts and terminology in invasion ecology**. In: RICHARDSON, D. M (Editor). *Fifty Years of Invasion Ecology: the legacy of Charles Elton*. Chichester: Editora Wiley-Blackwell, 2011, cap. 30, p. 409-420.

ROSA, L.S. et al. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Bail (Timbó). **Revista Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 306-314, 2005.

RUSSEL, J. C.; BLACKBURN, T. M. Invasive Alien Species: denialism, disagreement, definitions, and dialogue. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdã, v. 32, p. 312-314, 2017.

SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. **Biodiversidade brasileira**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013.

SILVA, P. H. M.; BOUILLET, J.; PAULA, R. C. Assessing the invasive potential of commercial Eucalyptus species in Brazil: Germination and early establishment. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 376, p. 129-135, 2016.

SIMBERLOFF, D.; REJMÁNEK, M. **Encyclopedia of Biological Invasions**. Los Angeles: University of California Press, 2011.

SOEIRO, B. T. et al. Investigação da qualidade de farinhas enriquecidas utilizando Análise por Componentes Principais (PCA). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 618-624, 2010.

STANTON-GEDDES, J.; TIFFIN, P.; SHAW, R.G. Role of climate and competitors in limiting fitness across range edges of an annual plant. **Ecology**, Washington, v. 93, n. 7, p. 1604–1613, 2012.

TOWNSEND, C.R.; BEGON, M.; HARPER, J.L. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 592p, 2006.

VALENTIN, J.L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.117p.

VALÉRY, L. et al. In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 10, p. 1345-1351, 2008.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E. L. Tabela do potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

WEN, B. Effects of high temperature and water stress on seed germination of the invasive species mexican sunflower. **Plos One**, São Francisco, v. 10, p. 1-13, 2015.

WEN, B. et al. Seed germination of the invasive species *Piper aduncum* as influenced by high temperature and water stress. **Weed Research Society**, Malden, v. 55, p. 155–162, 2014.

WILLIAMS, M. C; WARDLE, G. M. *Pinus radiata* invasion in Australia: identifying key knowledge gaps and research directions. **Austral Ecology**, Hoboken, v. 32, p. 721-739, 2007.

ZENNI, R. D. Adaptive evolution and phenotypic plasticity during naturalization and spread of invasive species: implications for tree invasion biology. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 16, p. 635-644, 2010.

ZILLER, S.R. Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras. **Revista Ciência Hoje**, São Paulo, v. 30, n. 178, p.77-79, 2001.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

ARTIGO – CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ESPÉCIES FLORESTAIS POTENCIALMENTE INVASORAS E NÃO INVASORAS

Resumo: A entrada de indivíduos exóticos invasores é capaz de afetar os ecossistemas recém habitados, alterando os processos e a composição do ecossistema. Considerando que a análise comportamental de espécies pode ser uma alternativa na determinação de traços que indiquem características individuais de espécies invasoras e não invasoras, o presente trabalho foi realizado objetivando avaliar o comportamento germinativo e estabelecimento de plântulas de 9 espécies arbóreas, das quais 4 apresentam comportamento invasor e 5 não invasor. No primeiro experimento, foi avaliada a germinação das sementes em diferentes temperaturas (10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40° C) e no segundo, avaliou-se a capacidade de germinação das sementes submetidas à diferentes potenciais hídricos (0; -0,25; -0,5; -0,75 e -1,0 MPa em soluções de PEG 6000). Ambos experimentos foram montados em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições (temperatura) e cinco repetições (potencial hídrico). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas através do teste de Tukey ($P < 0,05$). Nos dados não-paramétricos empregou-se o teste de Kruskal-Wallis e as médias foram comparados via teste de Student-Newman-Keuls ($P < 0,05$). Avaliou-se também o t50 (velocidade de germinação), IVG (índice de velocidade de germinação) e U7525 (uniformidade de germinação). Para identificar um possível padrão de diferenciação entre os grupos estudados, uma lista de variáveis obtidas foi submetida a Análise de Componentes Principais e a análise por Modelos Lineares Generalizados Mistos. Conclui-se que não existem diferenças comportamentais capazes de distinguir os grupos de espécies invasoras e não invasoras durante a germinação.

Palavras-chave: Processos invasivos. Germinação. Plasticidade.

Abstract: The entry of exotic invading individuals is able to focus on newly created ecosystems, altering the processes and composition of the ecosystem. Considering that the behavioral analysis of species can be an alternative in the determination of traits that indicate individual characteristics of invasive and non invasive species, the present work was carried out to evaluate the germinative behavior and establishment of seedlings of 9 tree species, of which 4 shows behavior and 5 non-invasive. In the first experiment, seed germination was evaluated at different temperatures (10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 ° C) and the germination capacity of seeds submitted to different water potentials (0 ; -0.25; -0.5; -0.75 and -1.0 MPa in PEG 6000 solutions). Both experiments were set up in a completely randomized design, with four replicates (temperature) and five replicates (water potential). The results were submitted to analysis of variance and the averages were compared through the Tukey test ($P < 0.05$). In the non-parametric data, the Kruskal-Wallis test was used and the means were compared using the Student-Newman-Keuls test ($P < 0.05$). In the non-parametric data, the Kruskal-Wallis test was used and the means were compared using the Student-Newman-Keuls test ($P < 0.05$). It was also evaluated t50 (germination speed), IVG (germination speed index) and U7525 (germination uniformity). To identify a possible pattern of differentiation between the groups studied, a list of variables obtained was submitted to Principal Component Analysis and Analysis by Mixed Generalized Linear Models. It is concluded that there are no behavioral differences capable of distinguishing groups of invasive and non-invasive species during germination.

Key-words: Invasive processes. Germination. Plasticity.

1 INTRODUÇÃO

Espécies exóticas capazes de se reproduzirem e se adaptarem em novos ambientes, inclusive aqueles com diferentes condições do seu habitat natural, são consideradas potencialmente invasoras (BOOTH, 2015). A presença destas podem desencadear processos de invasão biológica (GUTIÉRREZ; JONES; SOUSA, 2013), resultando na alteração dos processos ecossistêmicos, ou afetando taxas de abundância ou atividade das espécies já presentes. Por estas razões, estes processos são considerados a principal causa de extinção de espécies (RUSSEL; BLACKBURN, 2017).

Diversas condições são capazes de influenciar nos processos de invasão biológica, dentre elas às próprias condições ambientais do local (DILLON et al., 2018), em especial a temperatura e a umidade do ar e do solo (SILVA; BOUILLET; PAULA, 2016). Cada espécie apresenta um comportamento de maneira individual, e até mesmo espécies invasoras não são hábeis de colonizarem todos os ambientes (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013).

A plasticidade fenotípica possibilita que as espécies evidenciem uma maior adaptação à uma ampla gama de condições ambientais (HULME, 2008), e muitos ecólogos associam esta característica com o potencial invasor de espécies exóticas invasoras (ZENNI et al., 2013). Desta maneira, a resposta positiva das espécies diante de condições extremas, como temperaturas altas e baixas, e situações de restrição hídrica, pode ser uma maneira de se analisar a plasticidade, bem como a capacidade de sobrevivência e o potencial invasor das espécies.

Diante do exposto, o presente trabalho foi realizado objetivando avaliar a resposta de sementes de espécies florestais separadas em dois grupos quanto ao potencial invasor (espécies potencialmente invasoras/ espécies não invasoras), submetidas à diferentes condições de temperaturas e potenciais hídricos durante a germinação, de forma a estudar se a capacidade de invasão está associada a características de sementes nas fases de germinação e formação de plântulas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Sementes Florestais (LSF) do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras – UFLA, no período de fevereiro a novembro de 2018.

2.2 Material biológico

Foram utilizadas sementes de dez espécies arbustivas e arbóreas, as quais foram separadas em dois grupos, aquelas com potencial invasor e as não invasoras de acordo com a capacidade de regeneração natural em áreas abertas na região de estudo (TABELA 1). A escolha das espécies foi realizada baseado em citações da literatura sobre o potencial invasor das espécies e por observações de campo (na região) sobre a ocorrência das plantas (DA COSTA; DURIGAN, 2010; BERTOLINI; DEBASTIANI; BRUN, 2014; MARQUES et al., 2014; DE EGEEA et al., 2016; SOUZA, ANDRADE, QUIRINO; 2016).

Tabela 1 – Lista das espécies utilizadas, família, nome popular, local de origem, procedências, método de superação da dormência física aplicado e tipo de polinização.

Espécie	Família	Nome popular	Local de Origem	Procedência	Método de superação
Espécies potencialmente invasoras					
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae	Angico-vermelho	Semiárido brasileiro	Lavras - MG	Corte*
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	Fabaceae	Leucena	México e América Central	Lavras - MG	Corte
<i>Sesbania virgata</i> (Cav.) PERS	Fabaceae	Sesbania / Feijãozinho	América do Sul	Macuco - MG	Lixa**
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	Solanaceae	Lobeira	Brasil	Lavras - MG	
Espécies não invasoras					
<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L.P. Queiroz	Fabaceae	Sibipiruna	Brasil	Lavras - MG	

<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	Papilionoideae	Sombreiro	Amazônia	Lavras-MG	Corte
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae	Copaíba	América do Sul	Lavras-MG	Corte
<i>Delonix regia</i> (Bojerex. Hook.) Raf.	Fabaceae	Flamboyant	Madagascar	Mariana - MG	Lixa
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fabaceae	Angico-amarelo	Brasil	Lavras - MG	Corte

*A superação da dormência física por esse método consistiu em realizar um corte na região oposta ao hilo da semente, com o auxílio de um alicate. **A superação da dormência física através desse método consistiu na escarificação do tegumento das sementes na região oposta ao hilo, usando uma lixa de madeira de granulação 120.

As sementes de *Anadenanthera colubrina*, *Peltophorum dubium* e *Sesbania virgata* foram obtidas de lotes disponíveis no estoque do Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Lavras, mantidos em câmara fria à 4°C em embalagem hermética. As demais espécies tiveram suas sementes coletadas durante os meses de abril a agosto de 2018. O beneficiamento foi feito seguindo as recomendações de Davide, Faria e Botelho (1995).

A pesquisa constituiu-se de dois ensaios. O primeiro buscou avaliar a germinação das sementes em diferentes temperaturas, e no segundo, avaliou-se a resposta das sementes quando submetidas à restrição hídrica em polietilenoglicol 6000 (PEG 6000).

2.3 Ensaio 1 – Germinação em diferentes temperaturas

Após a superação da dormência, quando necessário, as sementes foram colocadas para germinar em bandejas de polietileno, utilizando como substrato areia lavada e autoclavada, com exceção das sementes de *Solanum granulosoleprosum Dunal*. Para essas sementes utilizou-se como substrato ágar 1% em placas de Petri de 8 cm de diâmetro. Os recipientes foram vedados com plástico filme PVC, e mantidos em germinadores Mangelsdorf ou estufas tipo BOD, com luz constante. O experimento foi instalado em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), composto por sete tratamentos, representados pelas diferentes temperaturas (10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40° C), com quatro repetições de 25 sementes.

A contagem de germinação foi diária, utilizando-se como critério de germinação a protrusão da radícula (≥ 2 mm), sendo avaliada até o seu estabelecimento na maior parte das temperaturas testadas. Ao final dos testes foram contabilizadas as plântulas normais e anormais.

2.4 Ensaio 2- Germinação em condições de restrição hídrica

Da mesma forma que no ensaio anterior, após a superação da dormência, as sementes foram colocadas para germinar sobre papel, em caixas tipo Gerbox ou placas de Petri, utilizando soluções de PEG 6000, com diferentes potenciais hídricos (0; -0,25; -0,5; -0,75; -1,0 MPa) para umedecer o substrato na proporção de duas vezes e meia em volume o peso do papel, fazendo-se a troca do substrato e da solução a cada 3 ou 4 dias. O preparo das soluções foi realizado de acordo com recomendações de Sun et al. (2012).

Os recipientes foram vedados com filme PVC e mantidos a 25°C, em germinadores tipo Mangelsdorf sob luz constante, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por cinco tratamentos, representados pelos diferentes potenciais osmóticos (0; -0,25; -0,5; -0,75; -1,0 MPa), com cinco repetições de 20 sementes cada.

A contagem de germinação foi realizada diariamente, utilizando-se como critério de germinação a protrusão da radícula (≥ 2 mm), sendo avaliada até o seu estabelecimento na maior parte das temperaturas testadas. Ao final dos testes foram contabilizadas as plântulas normais e anormais.

2.5 Variáveis analisadas

Para a realização da Análise de Componentes Principais (PCA) com o objetivo de identificar o padrão de diferenciação das unidades amostrais (repetições dentro de espécies) e quais as variáveis mais correlacionadas com os possíveis grupos estudados (espécies potencialmente invasoras e espécies não invasoras), foram avaliadas em ambos os ensaios as seguintes variáveis:

- 1) Presença ou ausência de dormência nas sementes após a dispersão. Essa informação foi obtida em revisão de literatura.
- 2) Temperatura e potencial osmótico ótimo para germinação: definido como sendo aquele onde observou-se o máximo de germinação, com maior velocidade (analisado através do

T50 - número de dias necessários para que 50% da germinação máxima sejam alcançados e IVG— índice de velocidade de germinação determinado de acordo com a fórmula expressa por Maguire (1962)) e uniformidade de germinação, (analisado através do U7525 - número de dias entre 25% e 75% de germinação máxima).

- 3) T50 - Considerando-se as sementes embebidas na temperatura ótima e no potencial osmótico com maior porcentagem final de germinação.
- 4) Índice de velocidade de germinação (IVG) na temperatura ótima e no potencial osmótico com maior porcentagem final de germinação.
- 5) U7525 - Uniformidade de germinação na temperatura ótima e potencial osmótico com maior porcentagem final de germinação.
- 6) Temperatura máxima onde se observa germinação: definida como maior temperatura em que é possível encontrar germinação.
- 7) Temperatura mínima onde se observa germinação: definida como menor temperatura em que é possível encontrar germinação.
- 8) Potencial osmótico mínimo onde se observa germinação: definido como potencial mais negativo em que é possível encontrar germinação.
- 9) Temperatura máxima onde se observa plântulas normais: definida como maior temperatura em que é possível encontrar plântulas normais.
- 10) Temperatura mínima onde se observa plântulas normais: definida como menor temperatura em que é possível encontrar plântulas normais.
- 11) Potencial osmótico mínimo onde se observa plântulas normais: definido como potencial mais negativo em que é possível encontrar plântulas normais.
- 12) Tempo para a primeira germinação na temperatura ótima e potencial osmótico com maior porcentagem final de germinação (em dias).
- 13) Amplitude da temperatura de germinação (Atemp):

$$Atemp = Tmáx - Tmín$$

Atemp: amplitude da temperatura de germinação;

Tmáx: temperatura máxima em que houve germinação;

Tmín: temperatura mínima em que houve germinação.

- 14) Amplitude de 50 % da germinação em relação a temperatura: definido como a maior temperatura que alcançou 50% da germinação encontrada na temperatura considerada ótima. O mesmo foi definido para a menor temperatura.
- 15) Amplitude de 50% da germinação em relação ao potencial osmótico: definido como o potencial osmótico mais negativo que alcançou 50% da germinação encontrada no potencial

considerado ótimo (com maior porcentagem final de germinação). O mesmo foi definido para o potencial osmótico menos negativo.

2.6 Análises de dados

Os resultados de germinação para ambos tratamentos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Quando os dados não apresentaram homocedasticidade, realizou-se análise não-paramétrica dos dados, utilizando o teste de Kruskal-Wallis, e quando constatada diferença significativa a 5% de probabilidade, as médias foram comparados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) à 5 % de significância. As análises foram feitas utilizando o programa R Studio (2018).

De posse de todas as variáveis obtidas nas etapas anteriores, inicialmente foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) (JOLLIFFE; CADIMA, 2016) utilizando o programa Paleontological Statistics (PAST) 3.14. Os scores das unidades amostrais dos dois eixos mais explicativos foram considerados como sendo síntese do comportamento das espécies (Eixo 1 = 48.5 %; Eixo 2 = 13.3 %), para em seguida serem submetidas a uma análise por Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM), utilizando cada eixo como variável resposta, a capacidade de invasão como variável explicativa (categórica) e espécie como fator aleatório para evitar auto correlação por pseudoreplicação. Esta análise teve como objetivo avaliar a diferença entre os grupos (potencialmente invasoras e não invasoras) com relação ao comportamento geral das características de sementes. Em seguida, foi realizada a mesma comparação entre grupos, porém para cada uma das variáveis mensuradas ao longo do processo, com o objetivo de identificar diferenças ou convergências pontuais em etapas e processos específicos. A análise também foi realizada por GLMM, seguindo o mesmo molde descrito anteriormente. Com exceção da ocorrência da dormência, trabalhada na distribuição de resíduos binominal com função de ligação logit, todas as variáveis (síntese e isoladas) foram trabalhadas dentro da família de distribuição de resíduos *gaussian* com função de ligação *identity*, admitindo normalidade dos resíduos e homogeneidade da variância como pressupostos. Todas as análises foram realizadas no programa R Studio (2018).

3 RESULTADOS

3.1 Germinação das sementes em diferentes temperaturas e potenciais osmóticos

3.1.1 Espécies potencialmente invasoras

As sementes de *Anadenanthera colubrina* germinaram em todas as temperaturas testadas. Os maiores índices foram alcançados em 20, 25 e 35 °C, com 99, 93 e 93% de germinação respectivamente, os quais não diferiram entre si (Tabela 2). Nessa mesma ordem, essas temperaturas obtiveram 59, 77 e 58 % de plântulas normais (Tabela Suplementar 1).

Tabela 2 - Porcentagem final de germinação de sementes de espécies florestais submetidas a diferentes temperaturas.

Espécies potencialmente invasoras	Germinação (%)						
	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	8 e	78 cd	99 a	93 ab	87 bc	93 ab	71 d
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	0 c	72 ab	79 a	62 b	69 ab	60 b	1 c
<i>Sesbania virgata</i> (Cav.) PERS	0 c	82 b	99 a	100 a	100 a	100 a	86 b
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	0 c	0 c	9 bc	57 a	57 a	17 b	0 c
Espécies não invasoras							
<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L.P. Queiroz	0 c	24 b	73 a	74 a	81 a	0 c	0 c
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	0 d	37 c	78 a	74 a	81 a	62 b	27 c
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	0 b	0 b	3 b	77 a	70 a	13 b	0 b
<i>Delonix regia</i> (Bojerex. Hook.) Raf.	0 e	1 e	42 c	82 b	97 a	26 d	0 e
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	0 e	67 c	96 a	94 a	97 a	80 b	8 d

Médias seguidas da mesma letra na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (dados paramétricos) ou Student-Newman-Keuls (SNK) (dados não paramétricos) à 5% de probabilidade.

O mesmo ocorreu com os potenciais hídricos testados em sementes de *A. columbrina*, havendo germinação em toda a faixa de potencial osmótico testada. A germinação das sementes nos potenciais de 0, -0,25, -0,5 e -0,75 MPa, foram 88, 86, 79, 80%, respectivamente (Tabela 3). Ambos potenciais osmóticos apresentaram os índices de plântulas normais iguais estatisticamente, diferindo apenas do potencial -1 MPa (Tabela Suplementar 2).

Tabela 3 - Porcentagem final de germinação de sementes de espécies florestais submetidas a diferentes potenciais osmóticos.

	Germinação (%)
--	----------------

Espécies potencialmente invasoras	0 MPa	-0,25 MPa	-0,5 MPa	-0,75 MPa	-1 MPa
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	88 a	86 a	79 a	80 a	41 b
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	66 a	33 b	22 b	30 b	17 b
<i>Sesbania virgata</i> (Cav.) PERS	97 a	97 a	36 b	15 c	2 c
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	25 a	0 b	0 b	0 b	0 b
Espécies não invasoras					
<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L.P. Queiroz	85 a	86 a	37 b	8 c	0 d
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	84 a	74 ab	53 b	59 ab	9 c
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	81 a	62 ab	57 b	22 c	5 c
<i>Delonix regia</i> (Bojerex. Hook.) Raf.	84 a	0 b	0 b	0 b	0 b
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	91 a	93 a	59 b	26 c	0 d

Médias seguidas da mesma letra na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (dados paramétricos) ou Student-Newman-Keuls (SNK) (dados não paramétricos) à 5% de probabilidade.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) nos valores de porcentagem de germinação das sementes de *Leucaena leucocephala* nas temperaturas de 15, 20 e 30°C (72, 79 e 69%) (Tabela 2), apresentando 67, 73 e 64% de plântulas normais, respectivamente (Tabela Suplementar 1). No teste de diferentes potenciais osmóticos, verificou-se maior porcentagem de germinação no potencial de 0 MPa, atingindo 66% de germinação e 58% de plântulas normais. Nos menores potenciais osmóticos observou-se uma grande redução da germinação e do estabelecimento de plântulas normais (Tabela 3 e Tabela Suplementar 2).

Sementes de *Sesbânia virgata* apresentaram altos índices de germinação nas temperaturas testadas, com exceção da menor temperatura (10°C), na qual não houve germinação. As temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C foram estatisticamente iguais e apresentaram os maiores percentuais de germinação (99, 100, 100, 100% respectivamente) (Tabela 2). As três últimas temperaturas apresentaram valores de plântulas normais iguais na estatística (Tabela Suplementar 1).

Analisando-se o efeito do potencial osmótico em sementes de *S. virgata* verificou-se que os potenciais de 0 e -0,25MPa não diferiram estatisticamente, apresentando 97% de germinação e de plântulas normais. Entretanto, a partir do potencial -0,5MPa houve queda da germinação, podendo observar apenas 2% no potencial mais negativo (-1MPa) (Tabela 3 e Tabela Suplementar 2).

A máxima germinação encontrada nas sementes de *Solanum lycocarpum* foi de 57%, nas temperaturas constantes de 25 e 30 °C, não diferindo estatisticamente (Tabela 2). Ambas temperaturas também apresentaram porcentagens de plântula normal iguais conforme a estatística (Tabela Suplementar 1). Em relação aos testes em diferentes potenciais osmóticos, apenas houve germinação no potencial de 0 MPa, alcançando 25% de germinação (Tabela 3) e 23% de plântulas normais (Tabela Suplementar 2).

3.1.2 Espécies potencialmente não invasoras

As sementes de *Poincianella pluviosa* germinaram apenas entre as temperaturas de 15 a 30°C, não havendo diferença significativa do percentual de germinação e estabelecimento de plântulas nas temperaturas de 20, 25 e 30°C (73, 74, 81%). Na temperatura de 15°C, houve uma redução considerável da germinação e da formação de plântulas normais (Tabela 2 e Tabela Suplementar 1).

As sementes de *C. peltophoroides* apresentaram maior germinação e maior número de plântulas nos potenciais osmóticos de 0 e -0,25 MPa (85 e 86%), os quais foram considerados iguais estatisticamente. Com a redução do potencial osmótico houve diminuição significativa da germinação e do número de plântulas normis (Tabela 3 e Tabela Suplementar 2).

Encontrou-se maior porcentagem de germinação das sementes e de plântulas normais de *Clitoria fairchildiana* nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C (78, 74, 81%, respectivamente). Estatisticamente, os valores de germinação e de plântulas normais encontrados nessas temperaturas foram iguais, e se diferiram das demais (Tabela Suplementar 1). Houve redução significativa da germinação a partir de 15°C, não ocorrendo germinação aos 10°C, e apenas 27% aos 40°C (Tabela 2).

Foi observada germinação das sementes de *C. fairchildiana* em todos os potenciais testados. Todavia, os melhores índices foram encontrados nos potenciais de 0, -0,25 e - 0,75 MPa, que por sua vez, foram iguais estatisticamente (Tabela 3). Enquanto que as maiores porcentagens de formação de plântulas normais foram encontrados nos potenciais de 0 e -0,25 MPa (Tabela Suplementar 2).

Sementes de *Copaifera langsdorffii* obtiveram maiores índices de germinação a 25 e 30°C (77 e 70%), não diferindo entre si na estatística. Apenas observou-se plântulas normais

nessas temperaturas testadas (Tabela Suplementar 1). As demais temperaturas foram consideradas iguais estatisticamente entre si, e apresentaram baixa ou nenhuma germinação (Tabela 2).

Houve germinação em todos os potenciais hídricos testados nas sementes de *C. langsdorffii*. Nos potenciais de 0 e -0,25 MPa verificou-se maior germinação (81 e 62%), entretanto, com a redução do potencial osmótico houve redução na capacidade de germinação das sementes dessa espécie, sendo que a -1,0 MPa foi observado somente 5% de germinação (Tabela 3). O potencial de 0 MPa apresentou maior porcentagem de plântulas normais (79%), diferindo estatisticamente dos demais (Tabela Suplementar 2).

A temperatura que apresentou maior porcentagem de formação de plântulas normais e germinação nos testes com *Delonix regia*, foi a de 30°C (97%), diferindo estatisticamente das demais (Tabela Suplementar 1). Em sequência, a temperatura de 25°C apresentou 82% de germinação, havendo um decréscimo acentuado na germinação aos 20°C (42%) (Tabela 2).

As sementes dessa espécie germinaram e evidenciaram plântulas normais apenas no potencial de 0 MPa (Tabela 3 e Tabela Suplementar 2).

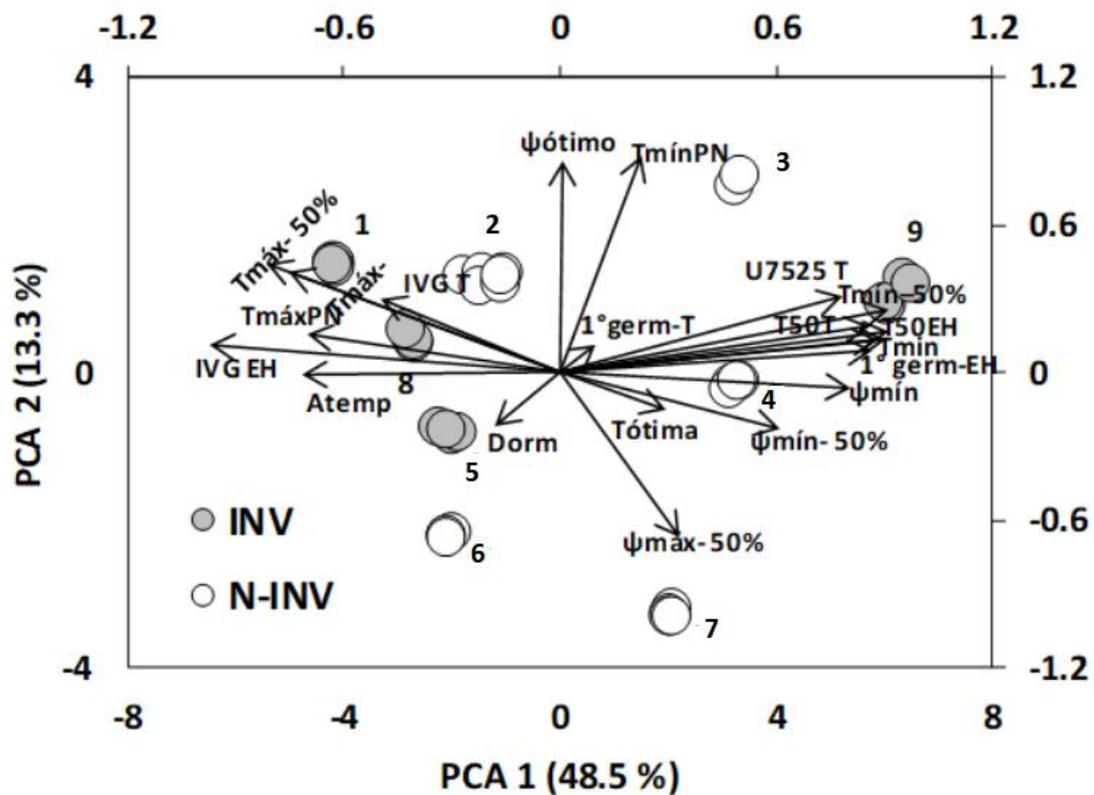
Sementes de *Peltophorum dubium* apenas não germinaram na temperatura de 10 °C. O teste de germinação sob diferentes temperaturas mostrou diferenças significativas, apresentando maior germinação nas temperaturas de 20, 25 e 30°C, com 96, 94 e 97% de germinação, respectivamente (Tabela 2). Essas mesmas temperaturas evidenciaram maiores índices de formação de plântulas (Tabela Suplementar 1). Na análise do efeito do potencial osmótico, as sementes apresentaram maior porcentual de plântulas normais e germinação nos potenciais de 0 e -0,25 MPa (91 e 93%), ambos iguais estatisticamente. Entretanto, verificou-se redução significativa da germinação com a redução do potencial osmótico durante a germinação, em especial após o potencial de -0,5 MPa (Tabela 3).

Não houve padronização do comportamento de espécies consideradas potencialmente invasoras e espécies não invasoras. Pode-se observar grande plasticidade diante de condições de diferentes gradientes de temperatura nas espécies *Anadenanthera colubrina*, *Leucaena leucocephala*, *Sesbania virgata*, *Clitoria fairchildiana* e *Peltophorum dubium*. Em relação a condições de restrição hídrica observou-se maiores tolerâncias nessas mesmas espécies, além da *Copaifera langsdorffii*. As demais espécies evidenciaram comportamentos limitados diante de tais condições do ambiente.

3.2 Análise multivariada – PCA

A ordenação produzida pela PCA foi caracterizada pela não separação das espécies em função da capacidade de invasão, uma vez que as espécies que compõem os dois grupos foram distribuídas ao longo dos dois eixos (Figura 1). Este resultado foi confirmado pela análise de significância dos eixos em função da capacidade de invasão, constatando que não existem diferenças significativas entre os dois grupos para nenhum dos dois eixos da PCA (Tabela Suplementar 3).

Figura 1 - Análise de Componentes Principais (PCA) para as repetições dentro de espécies nos grupos de espécies potencialmente invasoras (INV) e potencialmente não invasoras (N-INV) utilizando características de sementes.



Nota: Dorm: dormência nas sementes após a dispersão; Tótima: Temperatura ótima; T50 T: Velocidade de germinação (t50) na temperatura ótima; IVG T: Média do IVG na temperatura ótima; U7525 T: Média da uniformidade de germinação na temperatura ótima; ψ ótimo: Potencial ótimo; T50 EH: Velocidade de germinação (t50) no potencial ótimo; IVG EH: Média do IVG no potencial ótimo; U7525 EH: Média da uniformidade de germinação no potencial ótimo; $T_{máx}$: Temperatura máxima com germinação; $T_{mín}$: Temperatura mínima com germinação; $\psi_{mín}$: Potencial mínimo com germinação; $T_{máx-PN}$: Temperatura máxima com formação de plântula normal; $T_{mín-PN}$: Temperatura mínima com formação de plântula normal; $\psi_{mín-PN}$: Potencial mais negativo com formação de plântula normal; $1^\circ germ-T$: Tempo para primeira germinação nas diferentes temperaturas testadas; $1^\circ germ-EH$: Tempo para primeira germinação nos diferentes potenciais osmóticos testados; Atemp: Amplitude de germinação nas diferentes temperaturas; $T_{máx-50\%}$: Temperatura máxima que germinou 50% da

temperatura ótima; $T_{mín-50\%}$: Temperatura mínima que germinou 50% da temperatura ótima; $\psi_{máx-50\%}$: Potencial hídrico máximo (menos negativo) que germinou 50% do potencial ótimo; $\psi_{mín-50\%}$: Potencial hídrico mínimo (mais negativo) que germinou 50% do potencial ótimo. 1: *Anadenanthera colubrina*; 2: *Clitoria fairchildiana*; 3: *Copaifera langsdorffii*; 4: *Delonix regia*; 5: *Leucaena leucocephala*; 6: *Peltophorum dubium*; 7: *Poincianella pluviosa*; 8: *Sesbania virgata*; 9: *Solanum lycocarpum*.

Assim, considerando o comportamento geral das espécies para todas as variáveis utilizadas (Tabela Suplementar 4), não existem diferenças significativas entre as consideradas potencialmente invasoras e não invasoras com relação às características de semente durante a germinação. Este resultado também foi confirmado com as análises para cada variável, em que também não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para cada variável pontual (Tabela Suplementar 3), o que reforça a afirmação de que a capacidade de invasão não está associada a características de sementes nas fases de germinação e formação de plântulas.

As espécies *Anadenanthera colubrina*, *Clitoria fairchildiana* e *Sesbania virgata* apresentaram comportamentos semelhantes em relação as variáveis $T_{máx}$: Temperatura máxima com germinação; $T_{máx-50\%}$: Temperatura máxima que germinou 50% da temperatura ótima; IVG T: Média do IVG na temperatura ótima. *Leucaena leucocephala* e *Peltophorum dubium* se aproximaram ao longo dos eixos em razão da associação das espécies com a variável Dorm: dormência nas sementes após a dispersão. Já as demais espécies ficaram distribuídas de maneira isolada nos dois eixos da PCA estudados.

4 DISCUSSÃO

4.1 Germinação das sementes em diferentes temperaturas e potenciais osmóticos

4.1.1 Espécies potencialmente invasoras

Trabalhos realizados com sementes de *Anadenanthera colubrina* confirmam sua ampla faixa térmica de germinação. Foi constatada germinação das sementes dessa espécie entre 15 a 40°C, alcançando índices germinativos que variam entre 53 a 95%, sendo que mesmo sob altas temperaturas (40°C), a germinação ainda é alta (FIGLIOLIA; AGUIAR; SILVA, 2009; NOGUEIRA et al., 2014; PAIM; AVRELLA; FIOR, 2016).

Santos et al. (2016) e Rego et al. (2016) ao testarem a restrição hídrica em sementes de *Anadenanthera colubrina*, observaram menores porcentagens de germinação com o aumento da negatividade no potencial osmótico, sendo nula no potencial de -1,2 MPa. Semelhantemente, Duarte et al. (2018), constataram que os potenciais mais negativos promoveram uma redução significativa da germinação, do índice de velocidade de germinação e do tempo médio de germinação dessa espécie, repetindo o que aconteceu no presente estudo. Todavia, sementes de *A. colubrina* foram capazes de germinar mesmo no potencial mais negativo avaliado (-1,2 MPa), apresentando 16% de germinação (DUARTE et al., 2018), condição esta que restringe a germinação da maioria das espécies. Essa resposta indica uma alta capacidade germinativa das sementes de angico vermelho, mesmo em ambientes de baixa disponibilidade hídrica (DUARTE et al., 2018).

Os altos índices germinativos dessa espécie encontrados no presente trabalho podem ser explicados em razão da presença de um pleurograma em suas sementes (NOGUEIRA et al., 2014), que consiste em uma região do tegumento que permite a entrada de água de maneira facilitada (MELO-PINNA; NEIVA; BARBOSA, 1999). Além disso, a rápida germinação (DORNELES; RANAL; SANTANA, 2013; NOGUEIRA et al., 2014), já após o segundo dia de semeadura (NOGUEIRA et al., 2014), e a rápida emergência, facilitam a sua sobrevivência e disseminação em ambientes extremos (DORNELES; RANAL; SANTANA, 2013), características que evidenciam maiores vantagens competitivas por parte dessa espécie.

Em função dessas características, essa espécie é indicada para projetos de restauração de mata ciliar e recuperação de áreas degradadas (DORNELES; RANAL; SANTANA, 2013).

Em trabalhos avaliando a germinação de *Leucaena leucocephala* nas faixas de temperatura entre 20 a 35°C, encontraram índices de germinação variando entre 70 a 98% (ÁQUILA; NETO, 1988; TELES et al., 2000; OLIVEIRA, 2008; MARIANO et al., 2016; KOOBONYE; MAULE; MOGOTSI, 2018). Entretanto, verificou-se germinação entre 60 a 79% nas sementes dessa espécie, provavelmente devido a baixa qualidade do lote usado.

Apesar de sementes de *L. leucocephala* apresentarem alta germinação, a redução do potencial afeta negativamente a taxa de germinação das suas sementes (CAVALCANT; PEREZ, 1995; MECHERGUI et al., 2018). Todavia, ainda assim estima-se uma alta tolerância ao estresse hídrico por parte das sementes de leucena (entre -1,5 a -1,6 MPa) (CAVALCANTE; PEREZ, 1995).

Os altos índices de germinação normalmente encontrados, bem como o potencial invasor da leucena podem ser justificados em razão da alta produção de sementes viáveis (VEIGA; SIMÃO NETO, 1992).

Silva et al. (2010), obtiveram 95% de germinação ao testarem a germinação de *Sesbania virgata* a 25°C. Em casa de vegetação com temperatura variando de 18 a 36°C, Sousa et al. (2015) obtiveram 89,1% de germinação de sementes de sesbânia cultivadas no substrato palha de arroz e solo. Não foram encontrados estudos relacionados à estresse hídrico com sementes de sesbânia, todavia, foi possível encontrar germinação em todos potenciais testados.

Os resultados encontrados, bem como as altas porcentagens encontradas por Silva et al. (2010) e Sousa et al. (2015), comprovam a alta plasticidade e potencial invasivo da sesbânia. A *S. virgata* é considerada uma espécie pioneira, capaz de germinar em ambientes alagados, arenosos ou argilosos (BRAGGIO et al., 2002) com grande potencial para ser utilizada na recuperação de áreas degradadas (CHAVES et al., 2003).

Apesar da espécie *Solanum lycocarpum* apresentar comportamento potencialmente invasor na região de estudo características, a germinação encontrada no presente estudo foi baixa, dentro da faixa de 20 e 35°C, com índices variando de 9 a 57%. Experimentos realizados por Castellani, Aguiar e De Paula (2009), Pinto et al. (2007) e Gonzaga et al. (2009) mostraram que a germinação desta espécie pode ser influenciada especialmente pela alternância de temperaturas, e também pelo fotoperíodo, fatores estes que se assemelham com o que ocorre na natureza.

As sementes de *S. lycocarpum* apenas germinaram no potencial de 0MPa. Contrariando os resultados encontrados neste teste, as espécies do cerrado, como *S. lycocarpum*, de um modo geral são tipicamente resistentes a condições de restrição hídrica, respondendo de forma positiva e mostrando alta capacidade de germinação diante dessas condições (FERRI, 1980), por possuírem mecanismos morfológicos que permitem tais adaptações (FRANCO, 2000).

4.1.2 Espécies potencialmente não invasoras

No estudo com a espécie *Poincianella pluviosa*, Ferraz-Grande e Takaki (2006), encontraram germinação apenas na faixa de 15 a 30°C, com temperatura ótima de 25°C, entretanto, no presente estudo, a maior velocidade e porcentagem final de germinação foi obtida na temperatura de 30°C. Também foi verificado por Ferraz-Grande e Takaki (2006) que a

germinação das sementes dessa espécie é afetada pela redução do potencial osmótico, com efeitos inibitórios a partir de -0,2 MPa, contrapondo os resultados obtidos nesse estudo, no qual a germinação foi drasticamente afetada a partir do potencial de -0,5 MPa. Estes fatores explicitam um limite térmico e hídrico para a germinação das sementes dessa espécie.

Silva e Cesarino (2014) observaram grande tolerância térmica na germinação das sementes de *Clitoria fairchildiana*, encontrando germinação, mesmo que baixa, em temperaturas extremas (10 e 40°C), com índices germinativos de 2,8 e 34,8%, respectivamente. De maneira diferente, no presente estudo a germinação foi observada somente a partir de 15°C, todavia, verificou-se germinação das sementes dessa espécie na temperatura de 40°C.

A germinação das sementes de *C. fairchildiana* em ampla faixa de temperatura e em todos os potenciais testados na presente pesquisa pode ser justificada em razão da sua plasticidade e também pelo fato do excesso de água ser um fator limitante no processo germinativo dessa espécie (SILVA; CARVALHO, 2008), tanto que observou-se formação de raiz primária até mesmo no potencial de -1 MPa. Além disso, o sombreiro é considerado uma espécie rústica e de rápido crescimento, o que permite seu uso em projetos de recuperação (PORTELA; SILVA; PIÑA-RODRIGUES, 2001). Entretanto, apesar dessas características, a *C. fairchildiana* não apresenta potencial invasor no local de estudo.

Sementes de *Copaifera langsdorffii* germinaram em uma faixa de temperatura entre 20 a 35°C, com a germinação variando entre 3 e 77%, sendo a temperatura de 25°C considerada a ótima. Outros estudos encontraram menores índices de germinação para essa temperatura: 63,8% (SILVA et al., 2016) e 56% (SIDIÃO et al., 2018). Em relação aos testes de estresse hídrico, foi observada grande capacidade de germinação em condições de restrição hídrica, o que também foi constatado por Rodrigues et al. (2017).

O comportamento das sementes de *C. langsdorffii* no presente trabalho evidenciou uma limitação a temperaturas extremas, contudo, apontou alta tolerância em ambientes de baixa disponibilidade hídrica. De acordo com Rodrigues et al. (2017), essa espécie apresenta grande plasticidade, que por sua vez, permite sua ocorrência no bioma Cerrado, bem como em ambientes que proporcionam estresse hídrico sazonal, de forma a possibilitar alta capacidade de reidratação rápida e desempenho fotoquímico (RODRIGUES et al., 2017). Essa plasticidade fenotípica proporciona maiores chances de sobrevivência, sobretudo em regiões que possuem condições ambientais extremas (BARROS et al., 2012), o que explica a ocorrência e ampla distribuição geográfica da espécie *Copaifera langsdorffii* (DE MELO JÚNIOR; BONA;

CECCANTINI, 2012), apesar dos resultados limitados de germinação em diferentes temperaturas.

Desta forma, apesar de não ser considerada uma espécie invasora, a copaíba apresenta grande capacidade de germinar em diferentes ambientes, mesmo com a presença da dormência física em suas sementes, e deste modo, é indicada em projetos de recuperação de áreas degradadas (SIDIÃO et al., 2018).

Pode-se observar que sementes de *Delonix regia* praticamente germinam na faixa térmica de 20 a 35°C, com germinação entre 26 e 97%. Todavia, não existem outros trabalhos que avaliam a germinação dessa espécie em amplos gradientes de temperatura, e sim apenas estudos testando a germinação dessas sementes nas temperaturas de 25, 30 e 35°C. Dos trabalhos analisados sob estas temperaturas, encontrou-se uma oscilação de 40 a 76% germinação (LUCENA et al., 2006; DA MATA ATAÍDE et al., 2013; CÂMARA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2017).

Ainda não foram realizados trabalhos testando o efeito do potencial osmótico utilizando PEG durante a germinação nas sementes de *D. regia*, entretanto, Nogueira et al. (2012), constataram que a salinidade afeta negativamente a emergência e a velocidade de emergência dessa espécie, de forma que quanto mais salino, menor índice de emergência.

Tal comportamento, em ambos trabalhos, mostram a sensibilidade dessa espécie diante de condições adversa.

No presente trabalho a temperatura ótima para a germinação de sementes de *Peltophorum dubium* foi 30 °C, confirmando o trabalho de Perez, Fanti e Casali (1998), no qual propõem que a temperatura ótima para a germinação das sementes dessa espécie situa-se entre 27 e 30°C.

Ao testar o estresse hídrico em sementes de *P. dubium*, Perez, Fanti e Casali (2001) obtiveram expressivo decréscimo e atraso na germinação a partir do potencial de -0,6 MPa, o que se assemelha ao encontrado, visto que o potencial de -0,5 MPa afetou de forma acentuada e negativa a germinação dessa espécie.

Essa espécie foi considerada como não potencialmente invasora neste estudo, todavia, observou-se considerável plasticidade durante o processo germinativo das suas sementes. *P. dubium*, segundo Carvalho (2003), tem como características a rusticidade e rápido crescimento

da espécie, sendo recomendada para uso em projetos que visam a recuperação ou revegetação de áreas.

A tolerância das sementes a baixos potenciais osmóticos durante a germinação também podem ser associados à característica euritérmica da espécie *P. dubium*, ou seja, uma espécie que tolera grandes variações térmicas (PEREIRA et al., 2013), assim como outra Fabaceae também estudada no presente trabalho, a *L. leucocephala* (CAVALCANTE; PEREZ, 1995). Em sua maioria, espécies que apresentam grande distribuição geográfica, conseguem sobreviver e dispersar sob uma ampla gama de condições (PEREIRA et al., 2013).

Observou-se influência das condições de temperatura testadas na germinação de todas espécies estudadas, o que é confirmado por Carvalho e Nakagawa (2000), que afirmam que a porcentagem final, a velocidade e uniformidade de germinação são alterados em função da temperatura, devido a influência causada por este fator sob os processos químicos e metabólicos que ocorrem no processo germinativo.

Em baixas temperaturas, é possível que a absorção de água e reidratação dos tecidos da semente ocorra, todavia, o crescimento do eixo embrionário pode ser comprometido, de modo a afetar a germinação (NOGUEIRA et al., 2014). Da mesma forma, em altas temperaturas o embrião também pode não se desenvolver, e em alguns casos pode ocorrer a indução da dormência secundária (BEWLEY; BLACK, 1994), ou então, tais temperaturas podem desencadear alterações nas funções celulares como a perda da estabilidade de membranas, ou até mesmo comprometer a capacidade funcional de manter as funções vitais (LARCHER, 2004).

Na maior parte dos casos, a germinação, bem como a velocidade germinativa são afetadas em ambientes de estresse hídrico. A redução do potencial osmótico do meio germinativo pode retardar ou até mesmo inibir totalmente a germinação de algumas espécies (ÁVILA et al., 2007). Assim, sob baixa disponibilidade hídrica, um maior tempo para a finalização do processo germinativo é requerido (DUARTE et al., 2018), para que as sementes possam ajustar seu potencial osmótico interno em relação ao meio (BLISS et al., 1986).

Além disso, quando as sementes são submetidas a condições de restrição hídrica, pode ocorrer a redução da expansão celular, provocando a diminuição do crescimento das plântulas (BEWLEY; BLACK, 1994; ÁVILA et al., 2007). Além de que diversas proteínas passam a ter sua hidratação comprometida, desacelerando, conseqüentemente, a velocidade de germinação, e até mesmo, em casos extremos, impedindo o processo germinativo (MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

Em sua maioria, pesquisas relacionadas a espécies florestais, indicam uma tendência de decréscimo na germinação quanto mais negativo o potencial osmótico (DUARTE et al., 2018). Contudo, Bewley e Black (1994) defendem que a tolerância, bem como a sensibilidade ao déficit hídrico é uma característica intrínseca da semente, e desta maneira, também irá variar de acordo com cada espécie, sugerindo que tais comportamentos não podem ser generalizados em função do potencial invasor de um indivíduo, sendo esse nativo ou exótico.

O estudo de espécies que são capazes de germinar em condições de extremas temperaturas possibilita o uso das mesmas em locais que evidenciam tais condições sazonalmente. Da mesma maneira, a pesquisa de espécies que germinam em baixos potenciais osmóticos, permite a recomendação de uso das mesmas em locais que dispõem de reduzida disponibilidade hídrica e solos salinos (REGO et al., 2011), visto que as espécies capazes de germinarem mesmo sob condições adversas, apresentam vantagens ecológicas em comparação com aquelas que não são tolerantes a estes ambientes (BEWLEY; BLACK, 1994). Por outro lado, a introdução de espécies exóticas invasoras altamente tolerantes a tais condições, poderia desencadear processos invasivos DURIGAN et al., 2013; MARQUES et al., 2014; DILLON et al., 2018).

4.2 Análise multivariada – PCA

Apesar das características relacionadas a germinação serem determinantes no processo de invasão de plantas invasoras, como a tolerância a condições adversas, a taxa e velocidade germinativa (LEIBLEIN-WILD; KAVIANI; TACKENBERG, 2013), os resultados encontrados na presente pesquisa sugerem que não existem diferenças comportamentais entre os grupos de espécies estudados com relação ao potencial invasivo. Dessa forma, sabendo-se que a análise de traços de forma multivariada pode não evidenciar a existência de diferenças a nível individual (HULME; BERNARD-VERDIER, 2017), foi realizada a análise estatística separadamente de cada variável, e novamente, não foram encontradas diferenças significativas entre as espécies pesquisadas.

A ausência de características distintas entre espécies invasoras e não invasoras, possivelmente pode ser justificada em razão do estágio de vida da planta que foi estudado (germinação), visto que dentro dos processos de invasão, o potencial invasivo das espécies é menos acentuado nas fases iniciais (BLACKBURN et al., 2011), especialmente no caso de espécies arbóreas que necessitam de maior tempo para se desenvolverem. Ademais, as sementes são consideradas um dos órgãos da planta mais sensíveis (RUIZ DE CLAVIJO, 2002) e os

primeiros estágios de vida da planta apresentam os maiores índices de mortalidade (STILL, 1996).

Acredita-se que as espécies que possuem alto índice e rápida germinação apresentam maiores vantagens competitivas do que outras (LEIBLEIN-WILD; KAVIANI; TACKENBERG, 2013), mesmo esta fase sendo considerada um período frágil no ciclo de vida das plantas (DONOHUE et al., 2010).

Entretanto, a resposta plástica das espécies diante das condições ambientais (ex: comportamento das espécies diante das barreiras geográficas, barreiras físicas, interações bióticas e pressão de propágulo) (BLACKBURN et al., 2011) e o estudo das características intrínsecas, isto é, dos atributos bióticos das plantas invasoras (ex: taxa de crescimento, tipo de reprodução, forma de vida, origem biogeográfica) não são suficientemente capazes de estipular de maneira adequada a capacidade de invasão. Contudo, o conhecimento do histórico de processos invasivos (ex: tempo mínimo de permanência de uma espécie invasora em novas áreas) podem ser mais eficazes na determinação do potencial invasor de espécies (CASTRO et al., 2005).

Assim, é necessário determinado período para que uma espécie realmente evidencie características invasivas (MACK et al., 2000, HULME; BERNARD-VERDIER, 2017), até mesmo para que ocorra a propagação deste novo organismo, permitindo a chegada de novos propágulos na área (KOLAR; LODGE, 2001, HULME; BERNARD-VERDIER, 2017). Dessa forma, quanto maior o período desde a introdução da espécie invasora, maiores as chances de sucesso do processo de invasão, visto que desta maneira, é possível que ocorra acúmulos de propágulos, dispersão e estabelecimento de novos indivíduos exóticos na área (CASTRO et al., 2005; RICHARDSON; PYSEK, 2006).

As interações bióticas (BLACKBURN et al., 2011, SAMPAIO; SCHMIDT, 2013), a própria capacidade de reprodução de cada espécie (BLACKBURN et al., 2011) e sua linhagem vegetal afetam as adaptações genotípicas prévias e a capacidade plástica diante das novas condições do ambiente (REICH et al., 2003).

Desta maneira, as diferenças funcionais entre grupos de plantas consideradas invasoras e não invasoras não devem ser consideradas fixas (DILLON et al., 2018), uma vez que são influenciadas conforme o contexto do habitat, isto é, de acordo com a interação das características (traços) e o ambiente (LEFFLER et al., 2014; FUNK et al., 2016; DILLON et al., 2018).

A hipótese de que a plasticidade fenotípica influencia diretamente na capacidade das espécies exóticas invasoras em se adaptar a novos ambientes, é baseada na própria eficiência

das espécies em sobreviver, colonizar e invadir uma área com poucos indivíduos da mesma espécie e com baixa diversidade genética (DAVIDSON; JENNIONS; NICOTRA, 2011), de maneira que a plasticidade fenotípica atua principalmente nas fases iniciais das plantas, quando é necessária para proporcionar tolerância e sobrevivência as novas condições, auxiliando na colonização e estabelecimento das espécies exóticas invasoras, enquanto que a diferenciação genética adaptativa irá contribuir nos estádios posteriores, colaborando para a disseminação das mesmas (PALACIO-LÓPEZ; GIANOLI, 2011; ZENNI et al., 2013).

Por esta razão muitos trabalhos defendem que uma maior plasticidade contribui para maiores chances de sobrevivência a uma maior gama de condições ambientais (BAKER, 1974; HULME, 2008; LEIBLEIN-WILD; KAVIANI; TACKENBERG, 2013), e possivelmente para a ocorrência de processos de invasões biológicas (GHALAMBOR et al., 2007; ZENNI et al., 2013).

Griffith et al. (2014) compararam populações locais e exóticas de *Bromus tectorum*, e obtiveram resultados que sugerem que indivíduos exóticos possuem maior plasticidade em relação à rapidez na emergência de plântulas sob altas temperaturas e uma maior tolerância ao congelamento. Entretanto, características associadas ao crescimento (biomassa, alocação, comprimento de folha e fotossíntese), foram iguais em ambas as populações. Assim, tais respostas sugerem que a plasticidade pode variar conforme as características estudadas. Os resultados encontrados por Hou et al. (2014) também sugerem que espécies exóticas potencialmente invasoras respondem melhor em condições de altas temperaturas, todavia, em seu trabalho os indivíduos nativos mostraram maior tolerância a baixas temperaturas.

As inúmeras abordagens metodológicas utilizadas pelos ecólogos, em sua maioria são determinadas pela facilidade de medição ou disponibilidade de informações em banco de dados (HULME; BERNARD-VERDIER, 2017), e grande parte dos estudos, apenas avaliam um pequeno grupo de características influenciadas pelas modificações do ambiente (HULME, 2008).

Considerando que a maioria dos estudos associados a invasões biológicas, se iniciam ou então apenas analisam a fase após o processo invasivo (PALACIO-LÓPEZ; GIANOLI, 2011), informações relacionadas a características invasivas durante o período germinativo praticamente não foram encontradas. Contudo, ainda são necessários muitos estudos para ser possível a determinação generalizada de características desses dois grupos (HULME; BERNARD-VERDIER, 2017), bem como estudos que tragam soluções que permitam um controle eficaz e sustentável de espécies invasoras (RICHARDSON et al., 2013), em especial que envolvam o processo como um todo, desde a germinação, formação de plântulas e

estabelecimento das plantas, bem como, a perturbação do ecossistema e suas possíveis interações bióticas (RICHARDSON; PYSEK, 2006).

5 CONCLUSÃO

Os resultados encontrados evidenciam que não existem diferenças comportamentais entre espécies potencialmente invasoras e não invasoras durante a germinação.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. M. et al. Germinação e vigor de sementes de *Clitoria fairchildiana* Howard (Fabaceae) em função da coloração do tegumento e temperaturas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 216-223, 2013.
- ÁQUILA, M. E. A.; NETO, A. G. F. Influência de processos de escarificação na germinação e crescimento inicial de *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. **Revista brasileira de sementes**, Londrina, v. 10, n. 1, p. 78-85, 1988.
- ÁVILA, M. R. et al. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de sementes**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 98-106, 2007.
- BAKER, H. G. **The evolution of weeds**. Annual Review of Ecology and Systematics, Standford, v. 5, p. 1-24, 1974.
- BARROS, F.V. et al. Phenotypic plasticity to light of two congeneric trees from contrasting habitats: Brazilian Atlantic Forest versus cerrado (savanna). **Plant Biology**, Hoboken, v. 14, p. 208-215, 2012.
- BERTOLINI, I. C.; DEBASTIANI, A. B.; BRUN, E. J. Caracterização silvicultural da canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 2, p. 67-76, 2014.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. Nova Iorque: Plenum Press, 1994.
- BLACKNURN, T. M. et al. A proposed unified framework for biological invasions. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdã, v. 26, n. 7, 2011.
- BLISS, R.D.; et PLATT-ALIOLA, K. A.; THOMSIN, W. The inhibitory effect of NaCl on barley germination. **Plant Cell and Environment**, Hoboken, v. 9, p. 727-733, 1986.
- BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. **Germinação de sementes**. In: AGUIAR, I.B.; PIÑARODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, p. 83-136,1993.
- BOOTH, T. H. Using a global botanic gardens database to help assess the capabilities of rare eucalypt species to cope with climate change. **International Forestry Review**, Shropshire, v.17, n.3, p. 259-268, 2015.

- BRAGGIO, M.M. et al. Atividades farmacológicas das folhas da *Sesbania virgata* (CAV.) PERS. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 4, p. 49-53, 2002.
- CÂMARA, F. M. M. et al. Métodos alternativos na superação de dormência em sementes de flamboyant. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 76-83, 2015.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 1040 p.
- CASTELLANI, E. D.; AGUIAR, V. B. de.; DE PAULA, R. C. Bases para a padronização do teste de germinação em três espécies de *Solanum L.* **Revista brasileira de sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 77-85, 2009.
- CASTRO, S. A. et al. Minimum residence time, biogeographical origin, and life cycle as determinants of the geographical extent of naturalized plants in continental Chile. **Diversity and Distributions**, Hoboken, v. 11, p. 183-191, 2005.
- CAVALCANTE, A.M.B.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos da temperatura sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 17, n. 1, p. 1-8, 1995.
- CHAVES, L. L.B. et al. Efeitos da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada na produção de mudas de sesbânia em substrato constituído de resíduos agroindustriais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 443-449, 2003.
- DA COSTA, J. N. M. N.; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): Invasora ou ruderal? **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p. 825-833, 2010.
- DA MATA ATAÍDE, G. et al. Superação da dormência das sementes de *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1145-1152, 2013.
- DAVIDE, A.C.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. **Propagação de espécies florestais**. Companhia Energética de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.
- DAVIDSON, A. M.; JENNIONS, M.; NICOTRA, A. B. Do invasive species show higher phenotypic plasticity than native species and, if so, is it adaptive? A meta-analysis. **Ecology Letters**, Hoboken, v. 14, p. 419-431, 2011.
- DE EGEA, J. et al. Checklist for the crop weeds of Paraguay. **Phytokeys**, Sofia, v. 73, p. 13-92, 2016.
- DE MELO JÚNIOR, J. C. F.; BONA, C.; CECCANTINI, G. Anatomia foliar de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae): interpretações ecológicas em diferentes condições edáficas de Cerrado. **Biotemas**, Florianópolis, v. 25, p. 29-36, 2012.
- DILLON, W. W. et al. Native and Invasive Woody Species Differentially Respond to Forest Edges and Forest Successional Age. **Forests**, Basel, v. 9, n. 8, p. 381-398, 2018.

- DONOHUE, K. et al. Germination, Postgermination Adaptation, and Species Ecological Ranges. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Standford, v. 41, p. 293-319, 2010.
- DORNELES, M. C.; RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. Germinação de sementes e emergência de plântulas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb.) Altschut, Fabaceae, estabelecida em fragmentos florestais do Cerrado, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 291-304, 2013.
- DOS SANTOS, C. A. et al. Germinação de sementes de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 87, p.219-224, 2016.
- DOS SANTOS, D. M. et al. Composition, species richness, and density of the germinable seed bank over 4 years in young and mature forests in Brazilian semiarid regions. **Journal of Arid Environments**, Londres, v. 129, p. 93-101, 2016.
- DUARTE, M. M. et al. Influência do estresse hídrico na germinação de sementes e formação de plântulas de angico branco. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 5, n. 3, p. 375-379, 2018.
- DURIGAN, G. et al. Control of Invasive Plants: Ecological and socioeconomic criteria for the decision making process. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 23-30, 2013.
- FERRAZ-GRANDE, F. G.; TAKAKI, M. Efeito da luz, temperatura e estresse de água na germinação de sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Bentr. (Caesalpinoideae). **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 37-42, 2006.
- FERRI, M. G. Breve Histórico das mais Importantes linhas de Pesquisa no Cerrado. In: Cerrado: Uso e Manejo (MARCHETTI, D.; MACHADO, A. D), 1980. Anais do **V Simpósio Sobre o Cerrado**. Brasília: Editerra, 1980, p. 27-35.
- FIGLIOLIA, M. B.; AGUIAR, I. B. de.; SILVA, A. da. Germinação de sementes de três espécies arbóreas brasileiras. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 107-115, 2009.
- FRANCO, A.C. **Water and light use strategies by cerrado wood plants**. In: Tópicos atuais em botânica. EMBRAPA/CPAC, Brasília, 2000, p. 292-298.
- FUNK, J. L. et al. Plant functional traits of dominant native and invasive species in Mediterranean-climate ecosystems. **Ecological Society of America**, Washington, v. 97, p. 75-83, 2016.
- GHALAMBOR, C. K. et al. Adaptive versus non-adaptive phenotypic plasticity and the potential for contemporary adaptation in new environments. **Functional Ecology**, Hoboken, v. 21, p. 394-407, 2007.
- GONZAGA, A. P. D. et al. Germinação de sementes e estabelecimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* St. Hill submetidas a escarificação mecânica, química e térmica. **Heringeriana**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 53-65, 2009.
- GRIFFITH, A. B. et al. Variation in phenotypic plasticity for native and invasive populations of *Bromus tectorum*. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 16, p. 2627-2638, 2014.

- GUTIÉRREZ, J. L.; JONES, C. G.; SOUSA, R. Toward an integrated ecosystem perspective of invasive species impacts. **Acta Oecologia**, Amsterdã, v. 54, p. 131-138, 2013.
- HOU, Q. et al. Effects of extreme temperature on seedling establishment of nonnative invasive plants. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 16, p. 2049-2061, 2014.
- HULME, P. E.; BERNARD-VERDIER, M. Comparing traits of native and alien plants: Can we do better? **Functional Ecology**, Hoboken, v. 32, p. 117–125, 2017.
- HULME, P.E. Phenotypic plasticity and plant invasions: is it all Jack? **Functional Ecology**, Hoboken, v. 22, p. 3-7, 2008.
- JOLLIFFE, I. T.; CADIMA, J. Principal component analysis: a review and recent developments. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, Londres, v. 374, n. 2065, p. 1-16, 2016.
- KOLAR, C.S.; LODGE, D.M. Progress in invasions biology: predicting invaders. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdã, v. 16, p. 199– 204, 2001.
- KOOBONYE, M.; MAULE, B. V.; MOGOTSI, K. Escarificação mecânica e tratamentos com água quente aumentam a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.). **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 30, n. 1, 2018.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004.
- LEFFLER, A. J. et al. A new perspective on trait differences between native and invasive exotic plants. **Ecology**, Hoboken, v. 95, n. 2, p. 298-305, 2014.
- LEIBLEIN-WILD, M. C.; KAVIANI, R.; TACKENBERG, O. Germination and seedling frost tolerance differ between the native and invasive range in common ragweed. **Oecologia**, Nova Iorque, v. 174, p. 739-750, 2013.
- LUCENA, A. M. A. de. et al. Emprego de substratos irrigados com água de abastecimento e residuária na propagação do flamboyant. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão, v. 6, n. 1, 2006.
- MACK, R. N. et al. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. **Issues in Ecology**, Washington, v. 10, n. 3, p. 689-710, 2000.
- MARIANO, L. G. et al. Análise de superação de dormência de sementes de *Leucaena leucocephala* e desenvolvimento inicial de plântulas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 398–404, 2016.
- MARQUES, A. R. et al. Germination characteristics and seedbank of the alien species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in Brazilian forest: ecological implications. **Weed Research Society**, Malden, v. 54, p. 576-583, 2014.
- MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. Oxford: Pergamon Press, 1989. 270p.
- MECHERGUI, R. Adaptive behavior of pastoral species to salt and osmotic stress (Case of *Acacia salicina* and *Leucaena leucocephala*) in Tunisia. **Journal of New Sciences**, Bizerte, v. 52, n. 2, p. 3488-3499, 2018.

- MELO-PINNA, G. F. A.; NEIVA, M. S. M.; BARBOSA D. C. A. Estrutura do tegumento seminal de quatro espécies de Leguminosae (Caesalpinioideae), ocorrentes numa área de caatinga (PE-Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, p. 375-379, 1999.
- NOGUEIRA, F. C. B. et al. Seed germination and seedling development of *Anadenanthera colubrina* in response to weight and temperature conditions. **Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2014.
- NOGUEIRA, N. W. et al. Efeito da salinidade na emergência e crescimento inicial de plântulas de flamboyant. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 466-472, 2012.
- OLIVEIRA, A. B. de. Germinação de sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit.), var. K-72. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristovão, v. 8, n. 2, 2008.
- OLIVEIRA, K. J. B. de. et al. Quebra de dormência de sementes de *Delonix regia* (Fabaceae). **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 3, p. 709-716, 2017.
- PAIM, L. P.; AVRELLA, E. D.; FIOR, C. S. Germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan em diferentes temperaturas. **Revista da Jornada de Pós-graduação e Pesquisa**, Bagé, 2016.
- PALACIO-LÓPEZ, K.; GIANOLI, E. Invasive plants do not display greater phenotypic plasticity than their native or non-invasive counterparts: a meta-analysis. **Oikos**, Hoboken, v. 120, p. 1393-1401, 2011.
- PEREIRA, S. R. Influência da temperatura na germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. **Informativo Abrates**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 52-55, 2013.
- PEREZ, S. C. J. A., MORAES, J. A. P. V. Influência do estresse hídrico e do pH no processo germinativo da algarobeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, p.981-988, 1991.
- PEREZ, S. C. J. G. A.; FANTI, S. C.; CASALI, C. A. Influência da luz na germinação de sementes de canafístula submetidas ao estresse hídrico. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 155-166, 2001.
- PEREZ, S. C. J. G. A.; FANTI, S. C.; CASALI, C. A. Temperature limits and thermal stress on seed germination of *Peltophorum dubium* (Spreng) Taubert. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 20, n. 1, p. 134-142, 1998.
- PINTO, L. V. A. et al. Mechanism and control of *Solanum lycocarpum* seed germination. **Annals of Botany**, Oxford, v. 100, p. 1175-1187, 2007.
- PORTELA, R. C. Q.; SILVA, I. L.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M. Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. em diferentes condições de sombreamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 163-170, 2001.
- R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: setembro e outubro de 2018.
- REGO, S. S. et al. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Palmas, v. 2, n. 4, p. 37-42, 2011.

- REICH, P. B. et al. The Evolution of plant functional variation: traits, spectra and strategies. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 164, p. 143-164, 2003.
- RICHARDSON, D.M. et al. Tree invasions: patterns, processes, challenges and opportunities. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 16, p. 473-781, 2013.
- RICHARDSON, D.M.; PYSEK, P. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. **Progress in Physical Geography**, Londres, v. 30, n. 3, p. 409-431, 2006.
- RODRIGUES, A. L. et al. Water déficit ensures the photochemical efficiency of *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 2, p. 1-10, 2017.
- RUIZ DE CLAVIJO, E. Role of Within-individual Variation in Capitulum Size and Achene Mass in the Adaptation of the Annual *Centaurea eriophora* to Varying Water Supply in a Mediterranean Environment. **Annals of Botany**, Oxford, v. 90, p. 279-286, 2002.
- SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013.
- SIDIÃO, W. B. **Superação de dormência em sementes de copaíba submetidas a escarificação mecânica**. In: VI Jornada de pesquisa da pós-graduação em produção vegetal, 15., 2018, Ipameri. *Anais... Ipameri*: UEG, 2018. Disponível em: <<http://www.anais.ueg.br/index.php/seciag/article/view/11198/8555>>. Acesso em: 1 out. 2018.
- SILVA, B. M. S.; CARVALHO, N. M. de. Efeitos do estresse hídrico sobre o desempenho germinativo da semente de faveira (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard. – Fabaceae) de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 55-65, 2008.
- SILVA, B. M. S.; CESARINO, F. Germinação de sementes e emergência de plântulas de faveira (*Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. - Fabaceae). **Biota Amazônica**, Macapá, v. 4, n. 2, p. 9-14, 2014.
- SILVA, C. A. et al. Effects of pre-germination treatments on *Copaifera langsdorffii* seeds. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v.11, n. 40, p. 4027-4030, 2016.
- SILVA, P. E. de. M. et al. Treatments to break dormancy in *Sesbania virgata* (Cav.) Pers seeds. **Idesia**, Arica, v. 29, n. 2, 2010.
- SILVA, P. H. M.; BOUILLET, J.; PAULA, R. C. Assessing the invasive potential of commercial Eucalyptus species in Brazil: Germination and early establishment. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 376, p. 129-135, 2016.
- SOUSA, L. B. et al. Cultivo de *Sesbania virgata* (Cav. Pers) em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 58, n. 3, p. 240-247, 2015.
- SOUZA, V. C.; ANDRADE, L. A.; QUIRINO, Z. G. M. Floral biology of *Sesbania virgata*: an invasive species in the Agreste of Paraíba, northeastern Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 4, p. 871-878, 2016.

STILL, M. J. Rates of mortality and growth in three groups of dipterocarp seedlings in Sabah, Malaysia. In: **The Ecology of Tropical Forest seedlings**. Paris: Parthenon Publishing Group, 1996. p. 315-331.

SUN, W.Q. **Methods for the study of water relations under desiccation stress**. Black, M.; Pritchard, H.W. (ed.). Desiccation and survival in plants: drying without dying. Wallingford, CABI Publishing, 2002.

TELES, M. M. et al. Métodos para Quebra da Dormp. 871-878, ência em Sementes de Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, 2000.

VEIGA, J.B., SIMÃO NETO, M. 1992. **Leucena na alimentação animal**: recomendações básicas. Belém, PA: EMBRAPA Amazônia Oriental, 1992. 4p. (EMBRAPA - CPATU. Recomendações básicas, 019).

ZENNI, R. D. Adaptive evolution and phenotypic plasticity during naturalization and spread of invasive species: implications for tree invasion biology. **Biological Invasions**, Dordrechtv, v. 16, p. 635-644, 2010.

ANEXOS

Tabela Suplementar 1 - Porcentagem final de plântulas normais, anormais, sementes mortas e duras de espécies florestais submetidas a diferentes temperaturas.

Espécies	Temperatura (°C)	Plântula normal	Plântula anormal	Sementes Mortas	Sementes Duras
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	10	0 b	8 c	0 c	92 a
	15	0 b	78 a	1 c	21 b
	20	59 a	40 bc	1 c	0 d
	25	77 a	16 bc	5 bc	2 d
	30	80 a	7 c	1 c	12 c
	35	58 a	35 bc	7 b	0 d
	40	23 b	50 b	24 a	0 d
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	10	0 b	0a	16 d	84 a
	15	67 a	5a	14 d	14 b
	20	73 a	6a	21 cd	0 c
	25	54 a	8a	38 bc	0 c
	30	64 a	5a	31 bcd	0 c
	35	55 a	5a	40 b	0 c
	40	0 b	1a	99 a	0 c
<i>Sesbania virgata</i> (Cav.) PERS	10	0 b	0 e	0 b	100 a
	15	0 b	82 b	0 b	18 b
	20	1 b	98 a	0 b	1 c
	25	68 a	32 cd	0 b	0 c
	30	58 a	42 cd	0 b	0 c
	35	52 a	48 c	0 b	0 c
	40	60 a	26 d	12 a	2 c
	10	0 c	0a	0 c	100 a
	15	0 c	0a	0 c	100 a

<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	20	8 bc	1a	0 c	91 a
	25	54 a	3a	0 c	43 c
	30	55 a	2a	4 c	39 c
	35	15 b	2a	10 b	73 b
	40	0 c	0a	64 a	36 c
<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L.P. Queiroz	10	0 c	0a	5 c	95 a
	15	24 b	0a	12 c	64 b
	20	72 a	1a	18 c	9 c
	25	71 a	3a	15 c	11 c
	30	78 a	4a	10 c	8 c
	35	0 c	0a	100 a	0 c
	40	0 c	1a	83 b	16 c
<i>Clitoria fairchildiana</i> R. A. Howard	10	0 c	0 b	39 b	61 a
	15	0 c	37 a	26 bcd	37 b
	20	73 a	7 b	18 d	2 c
	25	73 a	1 b	26 bcd	0 c
	30	80 a	1 b	19 cd	0 c
	35	55 b	7 b	38 bc	0 c
	40	0 c	27 a	63 a	10 bc
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	10	0 b	0 c	12 c	88 a
	15	0 b	0 c	21 c	79 a
	20	0 b	3 bc	7 c	90 a
	25	60 a	19 a	18 c	3 b
	30	64 a	6 bc	30 c	0 b
	35	0 b	13 ab	72 b	15 b
	40	0 b	0 c	100 a	0 b
<i>Delonix regia</i> (Bojerex. Hook.) Raf.	10	0 b	0 b	0 c	100 a
	15	0 b	1 b	1 c	98 a
	20	28 c	18 a	6 c	48 b
	25	82 b	0 b	11 c	7 c
	30	96 a	1 b	3 c	0 c
	35	0 b	23 a	77 b	0 c
	40	0 b	0 b	100 a	0 c
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	10	0 d	0 c	0 c	100 a
	15	77 b	10 b	13 b	0 c
	20	93 a	3 bc	4 c	0 c
	25	88 a	6 bc	6 c	0 c
	30	96 a	1 c	3 c	0 c
	35	69 c	17 a	14 b	0 c
	40	5 d	4 bc	82 a	9 b

Médias da mesma espécie seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (dados paramétricos) ou Student-Newman-Keuls (SNK) (dados não paramétricos) à 5% de probabilidade.

Tabela Suplementar 2 - Porcentagem final de plântulas normais, anormais, sementes mortas e duras de espécies florestais submetidas a diferentes potenciais osmóticos.

Espécies	Potencial Osmótico (MPa)	Plântula normal	Plântula anormal	Sementes Mortas	Sementes Duras
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	0	78 a	9a	13 a	0 b
	-0,25	80 a	10a	8a	2 b
	-0,5	62 a	17 a	11a	10 b
	-0,75	58 a	22 a	11a	9 b
	-1	2 b	40 a	13a	45 a
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	0	58 a	8a	27 a	7a
	-0,25	4 b	29 a	36 a	31 a
	-0,5	5 b	17 a	37 a	41 a
	-0,75	10 b	20 a	43 a	27 a
	-1	2 b	15 a	40 a	43 a
<i>Sesbania virgata</i> (Cav.) PERS	0	97 a	0 b	0 b	3 b
	-0,25	97 a	0 b	0 b	3 b
	-0,5	58 b	18 a	11 b	13 b
	-0,75	29 c	29 a	13 b	29 a
	-1	10 c	23 a	35 a	32 a
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	0	23 a	2a	0a	75 b
	-0,25	0 b	0a	0a	100 a
	-0,5	0 b	0a	0a	100 a
	-0,75	0 b	0a	0a	100 a
	-1	0 b	0a	0a	100 a
<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L.P. Queiroz	0	81 a	4a	15 bc	0b
	-0,25	86 a	1a	5c	8b
	-0,5	29 b	8a	18 bc	45 a
	-0,75	6c	2a	28 b	64 a
	-1	0c	0a	56 a	44 a
<i>Clitoria fairchildiana</i> R. A. Howard	0	75 a	9a	13 a	3 b
	-0,25	58 ab	18 a	19 a	5 b
	-0,5	36 bc	19 a	26 a	19 b
	-0,75	27 c	36 a	26 a	11 b
	-1	1 d	15 a	26 a	58 a
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	0	79 a	2 c	19 a	0 e
	-0,25	52 b	10 bc	22 a	16 d
	-0,5	22 c	35 a	14 a	29 c
	-0,75	0 d	22 ab	27 a	51 b
	-1	0 d	5 c	29 a	66 a
<i>Delonix regia</i> (Bojerex. Hook.) Raf.	0	85 a	0a	15 c	0 c
	-0,25	0 b	0a	64 a	36 b
	-0,5	0 b	0a	42 b	58 a
	-0,75	0 b	0a	38 b	62 a
	-1	0 b	0a	38 b	62 a
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	0	83 a	8ab	9c	0d
	-0,25	77 a	16 a	5c	2d
	-0,5	51 b	8 ab	24 b	17 c

	-0,75	21 c	6 ab	40 a	33 b
	-1	0 d	0 b	40 a	60 a

Médias da mesma espécie seguidas da mesma letra na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (dados paramétricos) ou Student-Newman-Keuls (SNK) (dados não paramétricos) à 5% de probabilidade.

Tabela Suplementar 3 - Coeficientes dos modelos e seus respectivos valores de significância segundo o GLMM para cada uma das variáveis de sementes utilizadas nas comparações entre invasoras e não invasoras.

Variável	B0	B1	p-value B0	p-value B1
PCA 1	0.541	-1.217	0.737	0.616
PCA 2	-4.57	1.028	0.591	0.426
Dorm	-0.794	-0.231	0.114	0.740
Tótima	0.355	-0.671	0.465	0.363
ψ ótimo	0.423	0.001	0.001	0.412
Tmáx- 50%	-0.384	0.994	0.388	0.156
Tmín – 50%	0.238	-0.676	0.601	0.334
ψ máx- 50%	0.063	0.188	0.695	0.471
ψ mín- 50%	-0.384	0.732	0.463	0.356
IVG T	-0.325	0.877	0.467	0.210
T50 T	-0.030	-0.252	0.938	0.669
U7525 T	-0.189	0.412	0.704	0.583
IVG EH	-0.182	0.599	0.690	0.392
T50 EH	-0.160	0.147	0.739	0.838
U7525 EH	-0.171	0.317	0.728	0.668
Tmáx	-0.208	0.648	0.664	0.378
Tmín	0.122	-0.471	0.791	0.502
ψ mín	0.055	-0.124	0.810	0.718
Tmáx – PN	-0.362	0.966	0.393	0.150
Tmín– PN	-0.122	0.078	0.782	0.905
ψ mín – PN	-0.014	-0.122	0.979	0.873
Atemp	-0.438	0.688	0.995	0.995
1° germ - T	0.072	-0.527	0.808	0.255
1° germ - EH	-0.1675	0.1508	0.729	0.835

Nota: Dorm: dormência nas sementes após a dispersão; Tótima: Temperatura ótima; T50 T: Velocidade de germinação (t50) na temperatura ótima; IVG T: Média do IVG na temperatura ótima; U7525 T: Média da uniformidade de germinação na temperatura ótima; ψ ótimo: Potencial ótimo; T50 EH: Velocidade de germinação (t50) no potencial ótimo; IVG EH: Média do IVG no potencial ótimo; U7525 EH: Média da uniformidade de germinação no potencial ótimo; Tmáx: Temperatura máxima com germinação; Tmín: Temperatura mínima com germinação; ψ mín: Potencial mínimo com germinação; Tmáx – PN: Temperatura máxima com formação de plântula normal; Tmín– PN: Temperatura mínima com formação de plântula normal; ψ mín – PN: Potencial mais negativo com formação de plântula normal; 1° germ – T: Tempo para primeira germinação nas diferentes temperaturas testadas; 1° germ – EH: Tempo para primeira germinação nos diferentes potenciais osmóticos testados; Atemp: Amplitude de germinação nas diferentes temperaturas; Tmáx- 50%: Temperatura máxima que germinou 50% da temperatura ótima; Tmín– 50%: Temperatura mínima que germinou 50% da temperatura ótima; ψ máx- 50%: Potencial hídrico máximo (menos negativo) que germinou 50% do potencial ótimo; ψ mín- 50%: Potencial hídrico mínimo (mais negativo) que germinou 50% do potencial ótimo.

Tabela Suplementar 4 – Variáveis analisadas na Análise dos Componentes Principais (PCA) e seus respectivos valores e scores (continua).

Espécies potencialmente invasoras	Perfil invasor	Dorm	Tótima	t50 T	IVG T	U7525 T	ψ ótimo	t50 EH	IVG EH	U7525 EH	Tmáx	Tmín	ψ mín
<i>A. colubrina</i> 1	1	0	20	2,8	8,1	0,6	0	1,9	9,3	0,2	40	10	-1
<i>A. colubrina</i> 2	1	0	20	2,4	8	0,9	0	1,8	8,9	0,2	40	10	-1
<i>A. colubrina</i> 3	1	0	20	2,7	7,5	0,3	0	1,9	8,6	0,2	40	10	-1
<i>A. colubrina</i> 4	1	0	20	2,5	7,9	0,5	0	1,4	9	0,2	40	10	-1
<i>L. leucocephala</i> 1	1	1	20	2,8	5	0,5	0	1,9	5,8	0,2	40	15	-1
<i>L. leucocephala</i> 2	1	1	20	2,9	6,7	0,3	0	1,8	7,3	0,2	40	15	-1
<i>L. leucocephala</i> 3	1	1	20	2,9	5,2	0,5	0	2,0	5,4	0,7	40	15	-1
<i>L. leucocephala</i> 4	1	1	20	2,9	6,3	0,5	0	1,9	6,3	0,2	40	15	-1
<i>S. virgata</i> 1	1	1	35	1	17	0,1	0	2,7	6,5	0,2	40	15	-1
<i>S. virgata</i> 2	1	1	35	1	16	0,1	0	2,7	6,2	0,2	40	15	-1
<i>S. virgata</i> 3	1	1	35	1	17	0,1	0	2,8	6,1	0,2	40	15	-1
<i>S. virgata</i> 4	1	1	35	1	20,5	0,1	0	2,7	6,5	0,3	40	15	-1
<i>S. lycocarpum</i> 1	1	1	30	7,4	1,9	6,4	0	17,9	0,3	5,9	35	20	0
<i>S. lycocarpum</i> 2	1	1	30	6,7	2,9	6,8	0	18,6	0,3	9,4	35	20	0
<i>S. lycocarpum</i> 3	1	1	30	6,3	2	5,2	0	18,4	0,2	7,9	35	20	0
<i>S. lycocarpum</i> 4	1	1	30	7,7	3	7,1	0	23,8	0,2	6,8	35	20	0

Nota: Dorm: dormência nas sementes após a dispersão; Tótima: Temperatura ótima; T50 T: Velocidade de germinação (t50) na temperatura ótima; IVG T: Média do IVG na temperatura ótima; U7525 T: Média da uniformidade de germinação na temperatura ótima; ψ ótimo: Potencial ótimo; T50 EH: Velocidade de germinação (t50) no potencial ótimo; IVG EH: Média do IVG no potencial ótimo; U7525 EH: Média da uniformidade de germinação no potencial ótimo; Tmáx: Temperatura máxima com germinação; Tmín: Temperatura mínima com germinação; ψ mín: Potencial mínimo com germinação.

Tabela Suplementar 4 – Variáveis analisadas na Análise dos Componentes Principais (PCA) e seus respectivos valores e scores (continua).

Espécies potencialmente invasoras	Tmáx PN	Tmín PN	ψ mín PN	1° germ T	1° germ EH	Atemp	Tmáx 50%	Tmín 50%	ψ máx 50%	ψ min 50%	pc1	pc2
<i>A. colubrina</i> 1	40	20	-1	3	1	30	40	15	-0,25	-0,5	-40.675	17.462
<i>A. colubrina</i> 2	40	20	-1	3	1	30	40	15	-0,25	-0,5	-40.331	17.456

<i>A. colubrina</i> 3	40	20	-1	3	1	30	40	15	-0,25	-0,5	-40.241	16.721
<i>A. colubrina</i> 4	40	20	-1	3	1	30	40	15	-0,25	-0,5	-40.964	16.984
<i>L. leucocephala</i> 1	35	15	-1	3	2	20	35	15	0	-0,25	-19.704	-0.9804
<i>L. leucocephala</i> 2	35	15	-1	3	2	20	35	15	0	-0,25	-22.113	-0.9027
<i>L. leucocephala</i> 3	35	15	-1	3	2	20	35	15	0	-0,25	-18.656	-0.9373
<i>L. leucocephala</i> 4	35	15	-1	3	2	20	35	15	0	-0,25	-20.564	-0.9182
<i>S. virgata</i> 1	40	20	-1	1	3	20	40	15	0	-0,25	-27.477	0.2392
<i>S. virgata</i> 2	40	20	-1	1	3	20	40	15	0	-0,25	-26.773	0.1970
<i>S. virgata</i> 3	40	20	-1	1	3	20	40	15	0	-0,25	-26.977	0.2292
<i>S. virgata</i> 4	40	20	-1	1	3	20	40	15	0	-0,25	-28.375	0.3644
<i>S. lycocarpum</i> 1	35	20	0	1	12	15	30	25	0	0	59.252	1.075
<i>S. lycocarpum</i> 2	35	20	0	1	12	15	30	25	0	0	62.497	14.423
<i>S. lycocarpum</i> 3	35	20	0	1	12	15	30	25	0	0	58.827	10.861
<i>S. lycocarpum</i> 4	35	20	0	1	12	15	30	25	0	0	64.077	13.837

Nota: T_{máx} – PN: Temperatura máxima com formação de plântula normal; T_{mín}– PN: Temperatura mínima com formação de plântula normal; ψ _{mín} – PN: Potencial mais negativo com formação de plântula normal; 1° germ – T: Tempo para primeira germinação nas diferentes temperaturas testadas; 1° germ – EH: Tempo para primeira germinação nos diferentes potenciais osmóticos testados; Atemp: Amplitude de germinação nas diferentes temperaturas; T_{máx}- 50%: Temperatura máxima que germinou 50% da temperatura ótima; T_{mín}- 50%: Temperatura mínima que germinou 50% da temperatura ótima; ψ _{máx}- 50%: Potencial hídrico máximo (menos negativo) que germinou 50% do potencial ótimo; ψ _{mín}- 50%: Potencial hídrico mínimo (mais negativo) que germinou 50% do potencial ótimo; pc1: valor dos scores das unidades amostrais no eixo 1; pc2: valor dos scores das unidades amostrais no eixo 2.

Tabela Suplementar 4 – Variáveis analisadas na Análise dos Componentes Principais (PCA) e seus respectivos valores e scores (continua).

<i>Espécies não invasoras</i>	Perfil invasor	Dorm	Tótima	t50 T	IVG T	U7525 T	ψ ótimo	t50 EH	IVG EH	U7525 EH	T _{máx}	T _{mín}	ψ _{mín}
<i>P. pluviosa</i> 1	0	0	30	4,9	3,6	1,6	-0,25	7,0	2,5	1,4	30	15	-0,75
<i>P. pluviosa</i> 2	0	0	30	4,9	4,2	1,2	-0,25	8,2	2,2	0,6	30	15	-0,75
<i>P. pluviosa</i> 3	0	0	30	4,7	3,9	1,4	-0,25	7,3	2,1	0,5	30	15	-0,75
<i>P. pluviosa</i> 4	0	0	30	4,8	3,7	0,8	-0,25	8,0	2,1	1,1	30	15	-0,75
<i>C. fairchildiana</i> 1	0	0	30	1,7	8,7	0,7	0	2,8	5,9	1,5	40	15	-1
<i>C. fairchildiana</i> 2	0	0	30	2,8	6,5	1,5	0	2,8	4,9	1,4	40	15	-1

<i>C. fairchildiana</i> 3	0	0	30	2,5	7,2	1,6	0	3,4	5,4	2,7	40	15	-1
<i>C. fairchildiana</i> 4	0	0	30	2,4	7,1	1,1	0	3,2	5,5	3	40	15	-1
<i>C. langsdorffii</i> 1	0	1	25	8,8	2,1	1,3	0	12,8	1,1	2,1	35	20	-1
<i>C. langsdorffii</i> 2	0	1	25	9	1,6	1,3	0	12,8	1,3	3,3	35	20	-1
<i>C. langsdorffii</i> 3	0	1	25	9,6	1,6	2,6	0	12,1	1,2	1,4	35	20	-1
<i>C. langsdorffii</i> 4	0	1	25	9,4	2,4	2,8	0	12,2	1,4	2,7	35	20	-1
<i>D. regia</i> 1	0	1	30	5,4	4,2	1,3	0	6,7	2,7	0,7	35	20	0
<i>D. regia</i> 2	0	1	30	5,2	4,2	0,7	0	8,1	1,9	1,8	35	20	0
<i>D. regia</i> 3	0	1	30	5,4	4,2	0,6	0	6,7	2,5	0,8	35	20	0
<i>D. regia</i> 4	0	1	30	5,2	4,1	0,6	0	7,4	2,2	2	35	20	0
<i>P. dubium</i> 1	0	1	30	1,8	0,7	0,2	-0,25	2,8	5,3	0,5	40	15	-0,75
<i>P. dubium</i> 2	0	1	30	1,9	0,5	0,2	-0,25	2,8	5,4	1,1	40	15	-0,75
<i>P. dubium</i> 3	0	1	30	1,6	0,3	0,6	-0,25	3,0	5,6	0,3	40	15	-0,75
<i>P. dubium</i> 4	0	1	30	1,8	0,1	0,2	-0,25	2,9	5,7	0,3	40	15	-0,75

Nota: Dorm: dormência nas sementes após a dispersão; Tótima: Temperatura ótima; T50 T: Velocidade de germinação (t50) na temperatura ótima; IVG T: Média do IVG na temperatura ótima; U7525 T: Média da uniformidade de germinação na temperatura ótima; ψ ótimo: Potencial ótimo; T50 EH: Velocidade de germinação (t50) no potencial ótimo; IVG EH: Média do IVG no potencial ótimo; U7525 EH: Média da uniformidade de germinação no potencial ótimo; Tmáx: Temperatura máxima com germinação; Tmín: Temperatura mínima com germinação; ψ mín: Potencial mínimo com germinação.

Tabela Suplementar 4 – Variáveis analisadas na Análise dos Componentes Principais (PCA) e seus respectivos valores e scores (conclusão).

<i>Espécies não invasoras</i>	Tmáx PN	Tmín PN	ψ mín PN	1° germ T	1° germ EH	Atemp	Tmáx 50%	Tmín 50%	ψ máx 50%	ψ mín 50%	pc1	pc2
<i>P. pluviosa</i> 1	30	15	-0,75	3	4	15	25	20	0	-0,25	19.312	-28.736
<i>P. pluviosa</i> 2	30	15	-0,75	3	4	15	25	20	0	-0,25	18.805	-29.551
<i>P. pluviosa</i> 3	30	15	-0,75	3	4	15	25	20	0	-0,25	1.847	-29.773
<i>P. pluviosa</i> 4	30	15	-0,75	3	4	15	25	20	0	-0,25	18.893	-29.791
<i>C. fairchildiana</i> 1	35	20	-1	2	2	15	35	20	-0,25	-0,75	-16.776	15.145
<i>C. fairchildiana</i> 2	35	20	-1	2	2	15	35	20	-0,25	-0,75	-12.836	1.537
<i>C. fairchildiana</i> 3	35	20	-1	2	2	15	35	20	-0,25	-0,75	-1.226	17.023
<i>C. fairchildiana</i> 4	35	20	-1	2	2	15	35	20	-0,25	-0,75	-12.856	16.656

<i>C. langsdorffii</i> 1	30	25	-0,5	7	8	15	30	25	-0,25	-0,5	-17.864	12.665
<i>C. langsdorffii</i> 2	30	25	-0,5	7	8	15	30	25	-0,25	-0,5	-13.923	1.289
<i>C. langsdorffii</i> 3	30	25	-0,5	7	8	15	30	25	-0,25	-0,5	33.471	23.154
<i>C. langsdorffii</i> 4	30	25	-0,5	7	8	15	30	25	-0,25	-0,5	34.392	24.725
<i>D. regia</i> 1	30	20	0	3	5	15	30	25	0	0	32.785	-0.5302
<i>D. regia</i> 2	30	20	0	3	5	15	30	25	0	0	34.477	-0.5053
<i>D. regia</i> 3	30	20	0	3	5	15	30	25	0	0	32.215	-0.6086
<i>D. regia</i> 4	30	20	0	3	5	15	30	25	0	0	33.978	-0.5068
<i>P. dubium</i> 1	40	15	-1	2	4	25	35	15	0	-0,5	-20.547	-22.552
<i>P. dubium</i> 2	40	15	-1	2	4	25	35	15	0	-0,5	-19.999	-21.982
<i>P. dubium</i> 3	40	15	-1	2	4	25	35	15	0	-0,5	-20.583	-22.376
<i>P. dubium</i> 4	40	15	-1	2	4	25	35	15	0	-0,5	-20.955	-22.764

Nota: T_{máx} – PN: Temperatura máxima com formação de plântula normal; T_{mín}– PN: Temperatura mínima com formação de plântula normal; $\psi_{mín}$ – PN: Potencial mais negativo com formação de plântula normal; 1° germ – T: Tempo para primeira germinação nas diferentes temperaturas testadas; 1° germ – EH: Tempo para primeira germinação nos diferentes potenciais osmóticos testados; Atemp: Amplitude de germinação nas diferentes temperaturas; T_{máx}- 50%: Temperatura máxima que germinou 50% da temperatura ótima; T_{mín}- 50%: Temperatura mínima que germinou 50% da temperatura ótima; $\psi_{máx}$ - 50%: Potencial hídrico máximo (menos negativo) que germinou 50% do potencial ótimo; $\psi_{mín}$ - 50%: Potencial hídrico mínimo (mais negativo) que germinou 50% do potencial ótimo; pc1: valor dos scores das unidades amostrais no eixo 1; pc2: valor dos scores das unidades amostrais no eixo 2.