



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

Adriano Rios Santana de Jesus

**INFLUÊNCIA DO ESTRESSE HÍDRICO NA GERMINAÇÃO DE
SEMENTES DE CINCO ESPÉCIES NATIVAS DAS CAATINGAS
UTILIZADAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

Petrolina-PE

2017

ADRIANO RIOS SANTANA DE JESUS

**INFLUÊNCIA DO ESTRESSE HÍDRICO NA GERMINAÇÃO DE
SEMENTES DE CINCO ESPÉCIES NATIVAS DAS CAATINGAS
UTILIZADAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Ciências Agrárias, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Renato Garcia Rodrigues

Petrolina-PE

2017

J58i

Jesus, Adriano Rios Santana de

Influência do estresse hídrico na germinação de sementes de cinco espécies nativas das Caatingas utilizadas para recuperação de áreas degradadas / Adriano Rios Santana de Jesus. – Petrolina, 2017.

53 f.; 29 cm

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Renato Garcia Rodrigues.

Referências.

1. Germinabilidade. 2. Restrição hídrica. 3. Sementes – Caatinga.
I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco

CDD 631. 521

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

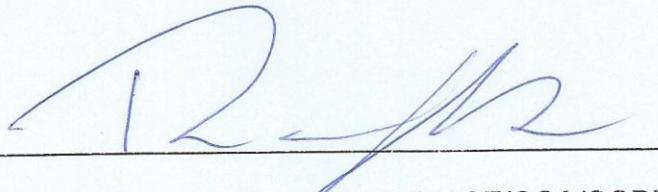
Adriano Rios Santana de Jesus

**INFLUÊNCIA DO ESTRESSE HÍDRICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
CINCO ESPÉCIES NATIVAS DAS CAATINGAS UTILIZADAS PARA
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

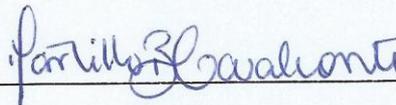
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Agrônômica pela
Universidade Federal do Vale do São
Francisco.

Aprovado em: 06 de novembro de 2017.

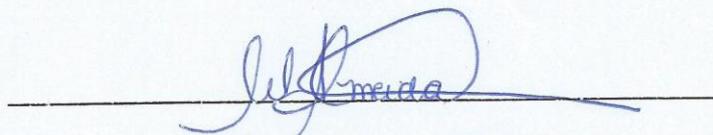
Banca Examinadora



(Dr. Renato Garcia Rodrigues, UNIVASF/CCA/CCBIO).



(Dra. Márkilla Zunete Beckmann Cavalcante, UNIVASF/CCA/CEAGRO).



(Dra. Marcelle Almeida da Silva, UNIVASF/CCA/CCBIO).

Dedico

A minha família, em especial a meus avós Francisco e Doralice, que são minha base, meu alicerce e que muito contribuíram para a formação do meu caráter.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por abençoar toda a minha trajetória ao longo desses anos, concedendo força e sabedoria para enfrentar as adversidades do dia-a-dia e por permitir a realização deste sonho.

A meus pais, Marcos e Eunice, que apesar das dificuldades sempre fizeram o possível para estarem presentes em minha vida. Reconheço cada esforço e o fato de não terem me criado não diminui o amor que sinto por vocês!

A meus avós, Francisco e Dora, grandes responsáveis por tudo que tenho e que sou. Pessoas que dedicaram suas vidas para me darem amor, carinho e educação, por muitas vezes se sacrificando para que nada me faltasse. A vocês eu devo essa conquista. Com certeza vocês foram minha motivação pra chegar até aqui. Obrigado por tudo! Amo vocês!

Agradeço as minhas irmãs, Aline, Alicy e Vitória, por todo amor, apoio e paciência ao longo dos últimos anos. Ter vocês ao meu lado me fortalece a cada dia. Agradeço também a meu cunhado, Caio César, irmão que a vida me deu. Obrigado por todo apoio e amizade! Amo todos vocês!

A meus padrinhos, Edmilson e Glória, que me acolheram em sua casa e me aceitaram como um filho. Obrigado pelo apoio incondicional que vocês me deram, me permitindo realizar um sonho que não era somente meu, mas principalmente o de meus avós, me ver formado. Graças a vocês eu consegui! Tenho vocês como exemplo de bondade, não medindo esforços para ajudar ao próximo. Amo vocês!

A todos os meus professores, desde o maternal até a universidade, por todos os conhecimentos que me foram passados, sendo determinantes para meu crescimento pessoal e também profissional.

Agradeço aos amigos que conquistei ao longo do curso e que pretendo levar para toda a vida, principalmente a Bruno, parceiro desde o princípio, Muriel, Margon, William, Luiz Felipe, Leonardo Chalegre, Pedro, Dennis, Líneker, Jamerson (“bora James”), Luzemário Jr., Alex e Wilson Escóssio. Obrigado pela amizade e companheirismo! Com certeza vocês tornaram essa caminhada mais suave e divertida. São muitas as histórias, das quais jamais esquecerei! Aproveito para agradecer a Joana Paula, por todas as sugestões em trabalhos, conversas e brincadeiras. Obrigado “chefinha”!

A Victória, que apesar de ter surgido em minha vida na reta final do curso, trouxe felicidade, carinho e companheirismo. Te agradeço por todo amor, paciência e confiança. Você me fez enxergar a vida com outros olhos. Te amo!

Aos colegas de curso, que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, obrigado!

Gostaria de fazer um agradecimento especial a Fábio Socolowski e a Daniela, meus pais científicos, por todas as orientações ao longo dessa jornada. Agradeço de coração por acreditarem no meu potencial e por todas as palavras de incentivo e carinho. O Fábio durante algumas conversas me fez enxergar o futuro profissional de maneira diferente, abrindo um horizonte à minha frente. Farei o meu melhor para corresponder às suas expectativas.

Agradeço a meu orientador, Prof^o Renato Garcia, por todo comprometimento e dedicação ao longo desses anos de iniciação científica. Seus conselhos, puxões de orelha e também elogios, contribuíram significativamente para meu crescimento intelectual durante a graduação. Apesar de todas as suas atribuições, que não são poucas, consegue dar atenção a seus alunos e desenvolve com excelência seu papel de orientador. Muito obrigado!

A Daniel Pifano, exemplo de humildade e ser humano. Sou grato por ter tido a oportunidade de ter sido seu aluno e orientando em alguns trabalhos. Uma excelente pessoa, de coração enorme, que além de professor se tornou um amigo.

Agradeço a toda equipe do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental – NEMA/UNIVASF, a administração, o pessoal do campo, os motoristas, ao pessoal da limpeza, aos analistas, principalmente Nazareth, Jullyana e Cris, e aos alunos estagiários. Todos de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço as professoras Márkilla e Marcelle, que aceitaram participar da banca examinadora deste momento único em minha vida, a defesa do TCC. Tenho certeza que suas contribuições irão enriquecer muito este trabalho. Desde já, muito obrigado!

A Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, por toda a estrutura e ensino de excelência, me tornando um profissional capacitado para o mercado de trabalho.

Por fim, agradeço a TODOS que direta ou indiretamente colaboraram para a realização e enriquecimento deste trabalho.

RESUMO

O uso indiscriminado dos recursos florestais e consequente perdas na biodiversidade das vegetações nativas têm aumentado a demanda pela propagação de espécies florestais nativas, fazendo-se necessários estudos a respeito do processo propagativo, em especial, a germinação. Desta forma, objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos do estresse hídrico simulado com soluções de Polietileno glicol (PEG 6000) com diferentes potenciais osmóticos na germinação de sementes de cinco espécies florestais nativas das Caatingas, utilizadas para recuperação de áreas degradadas. Foram estudadas as espécies *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz, *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir, *Myracrodruon urundeuva* Allemão, *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Pseudobombax marginatum* (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A. Robyns. As sementes destas espécies foram obtidas a partir de frutos maduros, coletados em áreas de Caatinga, dentro da área de influência do Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF. Após beneficiamento, as sementes foram inicialmente caracterizadas quanto ao peso de mil sementes e o grau de umidade. Os experimentos foram realizados em delineamento experimental inteiramente casualizado e para cada espécie foram testados cinco potenciais osmóticos (0,0; -0,1; -0,3; -0,6 e -0,9 MPa), sendo cada tratamento composto por 8 repetições de 25 sementes. As sementes foram colocadas para germinar em caixas do tipo gerbox, contendo uma folha de papel mata-borrão umedecida com água destilada (0,0 MPa) e soluções de PEG, em um volume equivalente a 3 vezes o peso do papel seco. Posteriormente, foram acondicionadas em câmara de germinação do tipo B.O.D., programadas com temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Avaliou-se o processo de germinação durante 30 dias e ao final foram obtidas a porcentagem de germinação (%G), o Índice de Velocidade (IVG) e o Tempo Médio de Germinação (TMG), além das Frequências Relativas de Germinação (Fr). Para *L. ferrea* e *P. stipulacea* os maiores valores de germinabilidade foram observados nos potenciais de 0,0 e -0,1 MPa, porém, os parâmetros IVG e TMG diferiram entre estes potenciais, sendo superiores em 0,0 MPa. Estas duas espécies apresentaram capacidade de germinar até o potencial de -0,6 MPa. Para *M. tenuiflora* a germinação também ocorreu até o potencial de -0,6 MPa, sendo que as sementes submetidas aos potenciais de 0,0 e -0,1 MPa demonstraram maior germinabilidade, maior IVG e menor TMG. Para *M. urundeuva* a testemunha (0,0 MPa) proporcionou maior porcentagem de sementes germinadas e maior rapidez no processo, reduzindo o TMG. *P. marginatum* apresentou elevada sensibilidade ao déficit hídrico, germinando até o potencial de -0,1 MPa, sendo os melhores resultados de %G, IVG e TMG expressos no potencial de 0,0 MPa. No potencial de -0,9 MPa a germinação foi nula para todas as espécies estudadas. As frequências de germinação mostraram que as espécies, exceto *P. marginatum*, apresentam germinação concentrada nos primeiros dias após semeadura, entretanto, em condição de estresse hídrico este processo tende a ser distribuído ao longo do tempo. Conclui-se que o processo germinativo das cinco espécies em estudo é significativamente influenciado pelo estresse hídrico, com prejuízos na germinabilidade, velocidade e tempo médio de germinação, conforme reduz-se o potencial osmótico da solução.

Palavras-chave: Germinabilidade. Potencial osmótico. Restrição hídrica. Polietileno glicol 6000.

ABSTRACT

The indiscriminate use of forest resources and consequent losses in the biodiversity of native vegetation have increased the demand for the propagation of native forest species, making necessary, studies regarding the processes that involve this propagation, especially the germination. In this way, the purpose of this work was to evaluate the effects of water stress, which was simulated with polyethylene glycol solutions (PEG 6000), with different osmotic potentials in seed germination of five forest species native of the Caatinga, used for the recovery of degraded areas. It was studied the following species *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz, *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir, *Myracrodruon urundeuva* Allemão, *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke and *Pseudobombax marginatum* (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A. Robyns. Seeds of these species were obtained from ripe fruits, collected in areas of Caatinga, within the area of influence of the São Francisco River Integration Project - PISF. After processing, the seeds were initially characterized as to the weight of one thousand seeds and the degree of humidity. The experiments were carried out in a completely randomized design, where five osmotic potentials (0.0, -0.1, -0.3, -0.6 and -0.9 MPa) were tested for each species, each treatment containing 8 replicates of 25 seeds. The seeds were placed to germinate in gerbox-type boxes containing a sheet of blotting paper moistened with distilled water (0.0 MPa) and PEG solutions in a volume equivalent to 3 times the dry paper weight. Afterwards, they were conditioned in a germination chamber (B.O.D. type), programmed with a constant temperature of 25°C and photoperiod of 12 hours. The germination process was evaluated during 30 days, where the percentage of germination (%G), Speed Index (IVG) and Mean Time of Germination (TMG), in addition to the Relative Germination Frequencies (Fr), were obtained. For *L. ferrea* and *P. stipulacea*, the highest values of germinability were observed in potentials of 0.0 and -0.1 MPa, but the parameters IVG and TMG differed among these potentials, being higher in 0.0 MPa. These two species showed germination capacity up to -0.6 MPa. For *M. tenuiflora*, the germination also occurred until the potential of -0.6 MPa, being that the seeds submitted to the potentials of 0.0 and -0.1 MPa demonstrated greater germinability, higher rate of speed, and smaller mean time of germination. For *M. urundeuva*, the control (0.0 MPa) provided a higher percentage of germinated seeds and faster process, reducing the mean time of germination. *P. marginatum* showed high sensitivity to water deficit, germinating up to the potential of -0.1 MPa, being the best results of %G, IVG and TMG expressed in the potential of 0.0 MPa. At the potential of -0.9 MPa the germination was null for all species studied. The germination frequencies showed that the species, except *P. marginatum*, present concentrated germination in the first days after sowing, however, in water stress condition this process tends to be distributed over time. Therefore, the germination process of the five species under study is significantly influenced by water stress, with losses in germinability, speed and average germination time, as the osmotic potential of the solution is reduced.

Keywords: Germinability. Osmotic potential. Water restriction. Polyethylene glycol 6000.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1. A Caatinga.....	13
2.2. Caracterização das espécies em estudo.....	15
2.2.1. <i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz.....	15
2.2.2. <i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	16
2.2.3. <i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão.....	17
2.2.4. <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	18
2.2.5. <i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A.Robyns ...	19
2.3. A semente: desenvolvimento e germinação	20
2.3.1. Desenvolvimento da semente.....	20
2.3.2. O processo de germinação	21
2.3.3. Fatores que influenciam a germinação de sementes	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Local dos experimentos	25
3.2. Coleta, beneficiamento e armazenamento das sementes	25
3.3. Caracterização dos lotes.....	25
3.4. Tratamentos pré-germinativos para superação de dormência.....	26
3.5. Teste de germinação em diferentes potenciais osmóticos	27
3.6. Variáveis avaliadas.....	28
3.6.1. Germinabilidade	28
3.6.2. Índice de velocidade de germinação (IVG).....	28
3.6.3. Tempo médio de germinação (TMG)	29
3.6.4. Frequência relativa de germinação	29
3.7. Análise estatística	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1. Representação global dos resultados.....	31
4.2. <i>Libidibia ferrea</i>	31
4.3. <i>Mimosa tenuiflora</i>	35
4.4. <i>Myracrodruon urundeuva</i>	38
4.5. <i>Piptadenia stipulacea</i>	41
4.6. <i>Pseudobombax marginatum</i>	44
4.7. Efeitos do estresse hídrico.....	46
5. CONCLUSÕES	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1. INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga apesar de possuir uma extensa área territorial, aproximadamente 750.000 km², e ser um domínio fitogeográfico exclusivamente brasileiro, foi por um tempo colocado em segundo plano no âmbito das discussões sobre estudo e conservação deste bioma (SILVA et al., 2004). Porém, atualmente existem muitas ações de pesquisa com o objetivo de elucidar a riqueza do bioma e seu potencial econômico (SILVA, 2016).

Ao longo do tempo, vem se observando uma elevada pressão sobre os recursos florestais, em virtude, principalmente, das constantes perturbações causadas pelas atividades antrópicas, tanto através dos desmatamentos para fins agropecuários como para produção de bens de origem florestal (SENA; GARIGLIO, 2008).

Segundo Araújo Neto et al. (2003) e Pereira (2011), tem se intensificado o interesse na propagação de espécies florestais nativas, especialmente devido aos atuais problemas ambientais em função de derrubadas indiscriminadas para abertura de novas fronteiras agrícolas, comprometendo a biodiversidade e aumentando o número de espécies ameaçadas de extinção. No entanto, o conhecimento disponível sobre os atributos físicos e fisiológicos das sementes, assim como a produção de mudas da maioria das espécies nativas da Caatinga ainda é escasso.

Desta forma, há necessidade de se obter informações básicas sobre a germinação, cultivo e potencialidade das espécies nativas, visando sua utilização para os mais diversos fins, principalmente na recuperação de áreas degradadas e recomposição da paisagem (ARAÚJO NETO et al., 2003; PEREIRA, 2011).

O presente estudo tem sua importância reforçada com a surgimento de programas governamentais como o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG), o qual tem previsão de recuperar um mínimo de 12,5 milhões hectares nas próximas duas décadas. Paralelo ao PLANAVEG, está o Cadastro Ambiental Rural (CAR), o qual obriga a delimitação do perímetro dos imóveis rurais, e suas respectivas áreas de remanescentes de vegetação nativa, Áreas de Preservação Permanentes (APP) e de Reserva Legal (RL). Havendo divergências com os requisitos exigidos pelo CAR, os proprietários ou possuidores de imóvel rural deverão suspender as atividades na área de RL e iniciar a recomposição da mesma; recuperar as APPs; e optar pelas formas isoladas ou conjuntas, de regenerar, recompor ou compensar as áreas de Reserva Legal (BRASIL, 2014).

No Brasil, o reflorestamento de áreas perturbadas é realizado comumente através do plantio de mudas (BOTELHO; DAVIDE, 2002), sendo que a produção destas se constitui através da semente, principal meio de propagação das espécies vegetais (PEREIRA, 2011). Desse modo, o período de germinação e consequente estabelecimento das plântulas é importante para a sobrevivência das espécies florestais, principalmente nos locais onde a disponibilidade de água está limitada durante um período do ano (ROSA et al., 2005), condição que caracteriza o semiárido nordestino, tanto por razões climáticas quanto por condições do tipo de solo (SANTOS et al., 2011).

De acordo com Botelho e Davide (2002), outro método de reflorestamento é o processo de semeadura direta, sendo que a qualidade das sementes utilizadas, avaliadas pelo poder germinativo e vigor de cada lote, são fundamentais para garantir a germinação nas condições de campo. Sementes de baixo vigor não são capazes de germinar em condições adversas e muitas vezes quando germinam não originam plântulas vigorosas o suficiente para se estabelecer.

Sabe-se que, para que o processo de germinação ocorra, diversos fatores, sejam eles intrínsecos à semente ou ambientais, precisam estar em condições favoráveis, de acordo com exigências de cada espécie e do ambiente ao qual está inserida (NASSIF et al., 1998; CARDOSO, 2008)

Dentre os fatores ambientais, a água é o fator que mais exerce influência no processo de germinação (SILVA et al., 2014; ARAÚJO et al., 2006; CARDOSO, 2008). Assim, espécies que apresentam sementes capazes de germinar sob condições de estresse hídrico, possuem vantagens ecológicas em relação aquelas que são sensíveis à seca (ROSA et al., 2005).

Os estudos relacionados com a resposta germinativa de sementes à condição de estresses artificiais têm importância especial para a ecofisiologia e constituem-se em ferramentas que possibilitam a avaliação dos limites de tolerância de sobrevivência e adaptação destas espécies às condições de estresses naturais, como seca, calor e solos afetados por sais (GUEDES, 2013), sendo relevantes, sobretudo para recuperação de áreas nas quais ocorre esse tipo de limitação, como a Caatinga e o semiárido nordestino (SANTOS et al., 2011).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do estresse hídrico simulado com soluções de Polietileno glicol (PEG 6000) com diferentes potenciais osmóticos na germinação de sementes de cinco espécies florestais nativas das Caatingas, utilizadas para recuperação de áreas degradadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A Caatinga

A Caatinga, um dos maiores biomas brasileiros (MAIA, 2012), ocupa uma área de cerca de 750.000 Km² sob as latitudes subequatorial compreendidas entre 2°45' e 17°21' Latitude Sul e engloba partes dos territórios pertencentes aos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte de Minas Gerais. Sua área corresponde a 54% da região Nordeste e a 11% do território brasileiro (ALVES, 2008). É o único bioma exclusivamente brasileiro, isso significa que grande parte do patrimônio biológico dessa região não é encontrado em outro lugar do mundo (MAURY, 2002).

O nome Caatinga, na língua indígena, significa “mata branca” ou “floresta branca”, que certamente caracteriza bem o aspecto da vegetação na estação seca, quando as folhas caem e apenas os troncos brancos e brilhosos das árvores e arbustos permanecem na paisagem seca (PRADO, 2003; MAIA, 2012).

A região, conhecida como o “Polígono das Secas” (MAIA, 2012), se caracteriza por clima quente e seco, sendo que a pluviosidade situa-se entre a faixa de 250 e 900mm e a maior parte das chuvas se concentra em três a quatro meses do ano, acarretando um balanço hídrico negativo na maioria dos meses do ano e elevado índice de aridez (FIGUEREDO NETO, 2013). A deficiência de água durante uma grande parte do ano, causada pela combinação entre elevada evapotranspiração potencial (1500-2000 mm.ano⁻¹) e precipitações baixas (300-1000 mm.ano⁻¹), e a irregularidade temporal na distribuição das chuvas são os principais fatores que determinam a existência da Caatinga (QUEIROZ, 2009). As médias anuais e mensais de temperatura variam pouco na região, em torno de 26°C, mas diminui nas altitudes acima de 500 m das serras e chapadas (ALVES, 2008).

A Caatinga é constituída por plantas adaptadas a escassez de água e por uma diversidade de paisagens que mudam de forma ao longo do ano devido ao caráter sazonal das chuvas e a condição de semiaridez deste bioma, onde a maior parte das plantas perde suas folhas no período seco, tendo sua renovação logo no início das chuvas (PEREIRA, 2011). São reconhecidos 12 tipos diferentes de Caatingas, que chamam atenção especial pelos exemplos fascinantes de adaptações aos *habitats* semiáridos. Tal situação pode explicar, parcialmente, a grande diversidade de espécies vegetais, muitas das quais endêmicas ao bioma. Estima-se que pelo menos

932 espécies já foram registradas para a região, sendo 380 endêmicas (MAURY, 2002). Segundo Pereira (2011) são 1981 espécies vegetais registradas, sendo 318 espécies endêmicas.

Para Leal et al. (2003), a Caatinga é a região natural brasileira menos estudada e menos protegida entre as regiões naturais brasileiras, com grande parte do esforço científico estando concentrado em alguns poucos pontos em torno das principais cidades da região. Entretanto, nos dias atuais, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente - MMA, desde 2009 várias pesquisas e projetos vêm sendo executados com o objetivo de aumentar a conservação e o uso sustentável da Caatinga, ressaltando que o nível de conhecimento sobre o bioma, sua biodiversidade, espécies ameaçadas, áreas prioritárias, unidades de conservação e alternativas de manejo sustentável aumentou nos últimos anos, fruto de uma série de diagnósticos produzidos pelo MMA e parceiros (BRASIL, 2017a).

Atualmente, existem 169 Unidades de Conservação (UCs) que protegem cerca de 7,8% do bioma, de acordo com as informações do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – CNUC (BRASIL, 2017b). Estima-se que cerca de 46% da área total da Caatinga já tenha sido desmatada, segundo o relatório técnico 2010-2011 do Projeto de Monitoramento de Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite – PMDBBS (BRASIL, 2017c). Isso tem levado o bioma ao longo dos anos a um rápido processo de desertificação (PEREIRA, 2011).

Além do desmatamento, os principais fatores responsáveis pela desertificação deste bioma são: exploração irracional das espécies que possuem características madeireiras, as queimadas desordenadas, a exploração de lenha para carvão, a erosão e a salinização dos solos que impedem o desenvolvimento e estabelecimento de uma nova floresta, e a substituição da vegetação nativa por práticas agrícolas inapropriadas (MAURY, 2002; BRASILEIRO, 2009; PEREIRA, 2011).

Para que tenhamos melhores condições de vida é preciso trabalhar o ecossistema onde vivemos dentro de modelos ambientais sustentados. É necessário a adoção de políticas ambientais visando a recuperação dos ecossistemas degradados (LIMA, 2004).

Pereira (2011) salienta que são necessários meios rápidos e eficazes para a reversão dos efeitos negativos causados pela ação do homem e aponta algumas medidas que podem permitir a recuperação da Caatinga, sendo estas: criação de

áreas protegidas (unidades de conservação), promoção de práticas conservacionistas de manejo das florestas e do solo, ações de reestruturação do ambiente afetado, produção de mudas nativas para o reflorestamento de áreas desmatadas para a recomposição da vegetação e a reintrodução da fauna nativa.

O conhecimento sobre a produção de mudas de espécies nativas da Caatinga ainda é incipiente e escasso e esse conhecimento é de fundamental importância para a recuperação de áreas degradadas no bioma (PEREIRA, 2011). De acordo com Lima (2004), o conhecimento dos requerimentos fisiológicos das espécies, principalmente os aspectos de germinação das sementes e resistência a seca, são importantes na fase de escolha de espécies para os projetos de recuperação de áreas degradadas.

2.2. Caracterização das espécies em estudo

As espécies a seguir foram escolhidas por apresentarem potencial uso na recuperação de áreas degradadas (BARBOSA, 2008; SOUZA; SOBRINHO, 2016), sendo que três destas espécies (*Libidibia ferrea*, *Mimosa tenuiflora* e *Pseudobombax marginatum*) serão empregadas em modelos a serem implantados na recuperação das áreas de influência das obras de transposição do Rio São Francisco (NEMA, 2016).

2.2.1. *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz

A *Libidibia ferrea* é uma espécie que pertence à família Fabaceae, possui origem nativa e é endêmica do Brasil (LEWIS, 2015). Popularmente é conhecida como jucá ou pau-ferro, possui árvores com altura variando de 5 a 15 m, copa arredondada bem aberta e ampla, casca cinza-escura, lisa e fina. Suas flores são amarelas, pequenas e seu fruto é do tipo vagem achatada, às vezes encurvada, com 6 a 8 cm de comprimento e 1,5 cm de largura, acastanhada, indeiscente e com polpa seca, envolvendo de 2 a 5 sementes de colocação marrom, lisas e duras. (LORENZI, 2002a; MAIA, 2012).

Esta espécie apresenta alta longevidade e cresce sob um amplo espectro de condições, porém, têm preferência por solos argilosos e profundos. É encontrada ao longo de margens de rios e riachos, em tabuleiros e pés de serra. Sua ocorrência foi registrada em todo o Nordeste brasileiro e nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (LORENZI, 2002a; MAIA, 2012; LEWIS, 2015).

A planta renova sua folhagem em outubro e novembro, florescendo na época chuvosa e na época de transição chuvosa-seca, em geral no final de novembro estendendo-se até janeiro. Os frutos amadurecem em julho-agosto. É facilmente propagada por sementes, brotação de tronco de raiz. Para a produção de mudas torna-se necessário a superação da dormência tegumentar das sementes, que consiste na escarificação mecânica destas antes da sementeira (LORENZI, 2002a; MAIA, 2012).

Apresenta multiplicidade de usos, sendo a madeira empregada na construção civil, obras externas e marcenaria em geral. Pode ser utilizada na arborização de ruas, avenidas, parques e jardins. Na medicina popular, a entrecasca e os frutos são utilizados como antidiabéticos, anticatarras e cicatrizantes. Por ser tolerante a áreas abertas, pode ser aproveitada para plantios em áreas degradadas de preservação permanente visando a recuperação da vegetação (LORENZI, 2002a; MAIA, 2012).

2.2.2. *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.

A *Mimosa tenuiflora* pertence à família Fabaceae, de origem nativa e não endêmica do Brasil (DUTRA; MORIM, 2015). Conhecida popularmente como jurema-preta, calumbi ou jurema, é uma árvore de porte pequeno, cerca de 4-7 m de altura, muito conhecida pelos espinhos que cobrem os seus ramos. Dotada de copa rala e irregular, possui flores de cor branca muito pequenas, dispostas em espigas isoladas. O fruto é uma vagem pequena, tardiamente deiscente, de 2,5 a 5 cm de comprimento, de casca muito fina e quebradiça quando maduro. Contém 4-6 sementes pequenas (3-4 mm), achatadas e de coloração castanho-claro (LORENZI, 2002b; MAIA, 2012; MAIA-SILVA, 2012).

Disseminada no Estado de Minas Gerais e em toda região Nordeste do Brasil, principalmente Ceará, Rio Grande do Norte, sul do Piauí e na Bahia. Ocorre também no México (LIMA, 1996; LORENZI, 2002b; MAIA, 2012; DUTRA; MORIM, 2015). Trata-se de uma planta decídua, heliófita, seletiva higrófila, pioneira, característica da Caatinga, onde é bastante comum, porém com dispersão descontínua e irregular ao longo de sua área de distribuição. Ocorre preferencialmente em formações secundárias de várzeas com bom teor de umidade, de solos profundos, alcalinos e de boa fertilidade, onde chega a crescer vigorosamente (LORENZI, 2002b; MAIA, 2012).

Perde uma parte da folhagem durante a estação seca, rebrotando logo com as primeiras chuvas. Floresce durante um longo período do ano, especialmente nos meses de setembro a janeiro. Os frutos amadurecem principalmente em fevereiro-abril (LORENZI, 2002b; MAIA, 2012). As flores suavemente perfumadas, fornecem recursos florais, pólen e néctar, para muitas espécies de abelhas, vespas, moscas e outros insetos. É uma espécie muito importante para a manutenção da biodiversidade e funcionamento do ecossistema (MAIA-SILVA, 2012).

A propagação desta espécie é dada por sementes e brotação do toco. As sementes precisam ser escarificadas para melhorar sua germinabilidade. O plantio é fácil, podendo ser semeada diretamente nas covas ou a lançar em áreas preparadas. O desenvolvimento da planta em campo é rápido (LORENZI, 2002b; MAIA, 2012).

Sua madeira é empregada para obras externas, pequenas construções, confecção de móveis rústicos e fornece excelente lenha e carvão de alto valor energético. O pó da casca é muito eficiente em tratamentos de queimaduras, tem efeito antimicrobiano e analgésico. Além disso, devido ao seu crescimento rápido e a sua capacidade de rebrota essa espécie é muito importante para a restauração de áreas degradadas (LORENZI, 2002b; MAIA, 2012; MAIA-SILVA, 2012).

2.2.3. *Myracrodruon urundeuva* Allemão

Myracrodruon urundeuva conhecida popularmente como aroeira-preta, aroeira-do-sertão, aroeira-do-campo ou urundeúva, é uma espécie da família Anacardiaceae, de origem nativa e não endêmica do Brasil. Apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo tanto em formações abertas e muito secas até em formações muito úmidas e fechadas, além do Pantanal. Sua ocorrência já foi registrada em todo o Nordeste brasileiro, em Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Tocantins, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Também é encontrada na Argentina, Paraguai e Bolívia (LORENZI, 2002a; PEREIRA, 2011; MAIA, 2012; SILVA-LUZ; PIRANI, 2015).

É uma árvore que atinge altura de 5 a 20 m na Caatinga e no Cerrado, e até 30 m na floresta pluvial. Planta com característica decídua, heliófita, seletiva xerófila, secundária tardia, típica de terrenos secos e rochosos. Apresenta inflorescências terminais, com flores de coloração amarelas ou verde-claro. O fruto é um aquênio com sépalas persistentes, medindo de 3-4 mm de diâmetro, de coloração verde-claro na

fase inicial do desenvolvimento, passando a marrom-escuro e superfície rugosa, quando seco. É praticamente impossível separar a semente do fruto (LORENZI, 2002a; MAIA, 2012), por essa razão, na produção de mudas, realiza-se a semeadura dos frutos, não havendo nenhum empecilho à germinação (PEREIRA, 2011).

Esta espécie perde as folhas por completo na estação seca e rebrota no período chuvoso. O florescimento varia de acordo com a região de ocorrência, acontecendo na região semiárida durante a época de transição chuvosa-seca, com a árvore totalmente desfolhada, seguida da frutificação na época de estiagem. A maturação completa dos frutos tem início no final do mês de setembro e se estende até outubro. Sua propagação é possível tanto via sementes quanto através de estacas (LORENZI, 2002a; MAIA, 2012).

Sua madeira, por apresentar elevada resistência mecânica e ser praticamente imputrescível, é excelente para utilização na construção civil como vigas, ripas, caibros e tacos para assoalho. A casca do caule, folhas e raízes possuem propriedades medicinais, sendo utilizadas contra inflamação de garganta, tratamento de gastrite, como regulador menstrual, contra as doenças respiratórias e do aparelho urinário e diarreias. A beleza de sua copa confere à planta potencial para ser empregada na arborização em geral. As flores, por sua vez, produzem néctar em abundância que atraem muitas espécies de abelhas nativas. Apresenta crescimento satisfatório quando produzidas em viveiro e tem grande resistência na fase de estabelecimento no campo, sendo indicado o plantio em áreas abertas na primeira fase do reflorestamento ou em programas de enriquecimento da vegetação (LORENZI, 2002a; PEREIRA, 2011; MAIA, 2012; MAIA-SILVA, 2012).

2.2.4. *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke

A *Piptadenia stipulacea* é uma espécie que pertence à família Fabaceae, de origem nativa e endêmica do Brasil (MORIM, 2015), distribuída apenas na Caatinga nordestina (QUEIROZ, 2009), do Piauí até a Bahia (MAIA, 2012). É popularmente conhecida como jurema-branca, jurema, carcará, cassaco, rasga-beiço ou saia-velha (MAIA, 2012). Trata-se de uma árvore pequena, de 2 a 6 m de altura com casca castanho-claro e com presença de acúleos vigorosos. Possui flores em espigas de 4-8 cm de comprimento, de cor alva. O fruto é do tipo vagem de cor castanho-pálido, com 8-12 cm de comprimento e superfície ondulada nas áreas onde ficam as

sementes. Contém de 2 a 12 sementes por vagem, sendo pequenas, ovais e de coloração marrom (QUEIROZ, 2009; MAIA, 2012).

Segundo Maia (2012) é uma planta pioneira que facilmente ocupa capoeiras e beira de estradas, sendo tolerante a elevados níveis de perturbação da vegetação. Possui capacidade de fixar nitrogênio no solo, através de simbiose com certas bactérias na sua raiz, apresentando papel importante para a recuperação de solos, tanto na restauração florestal quanto nos sistemas agroflorestais (FARIAS et al., 2013).

Suas folhas são perdidas na estação seca e a floração ocorre na estação chuvosa, seguida pela frutificação que se estende até a estação seca. Sua propagação é dada através das sementes (BARBOSA et al., 2003; MAIA, 2012).

A espécie apresenta diversas utilidades, sendo a madeira utilizada na marcenaria, construção civil, obtenção de estacas para cercas, lenha industrial e para fabricação de carvão. É indicada para recomposição florestal mista de áreas degradadas. Além disso, suas flores fornecem pólen e néctar para as abelhas. A casca do caule tem propriedades anti-inflamatórias, sendo empregada na medicina popular (ALBUQUERQUE; ANDRADE, 2002).

2.2.5. *Pseudobombax marginatum* (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A.Robyns

A *Pseudobombax marginatum* é uma espécie de origem nativa, pertencente à família Malvaceae. Está amplamente distribuída no território brasileiro, ocorrendo nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, Pará, Rondônia, Minas Gerais, Distrito Federal, Piauí, Ceará, Maranhão, Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas, Pernambuco, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro, sendo encontrada nos domínios de Caatinga, Cerrado e Pantanal. Entretanto, não endêmica do Brasil, ocorrendo também na Bolívia, Paraguai e Peru (LORENZI, 2002b; MAIA, 2012; DUARTE, 2015).

Popularmente conhecida como embiratanha, imbiruçu, paineira-imiruçu ou sumaúma, é uma árvore que atinge de 6 a 14m de altura, dotada de copa alongada e rala. O caule apresenta casca característica, lisa com listras verdes longitudinais, ou rugosa, com “rugas” verdes ou de cor cinza, possibilitando sua identificação em qualquer época do ano. As flores são grandes (6,5-13 cm), brancas e geralmente solitárias. O fruto é uma capsula lenhosa, de 10 a 16 cm de comprimento, deiscente,

que se abre em 5-9 valvas, com muitas sementes pequenas, listradas marrom-escuras e envoltas de fibras esbranquiçadas, semelhante ao algodão (LORENZI, 2002b; MAIA, 2012).

Planta decídua, heliófita, seletiva higrófito e secundária. Ocorre preferencialmente em capoeiras e capoeirões de beira de rios e várzeas aluviais de solos ricos em matéria orgânica e com boa disponibilidade hídrica (LORENZI, 2002b). Perde as folhas na estação seca. Floresce durante um longo período do ano, de abril a setembro. Os frutos amadurecem na segunda metade da estação seca, entre junho e novembro. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, que são dispersas pela ação do vento (DU BOCAGE; SALES, 2002; LORENZI, 2002b; MAIA, 2012).

A espécie possui potencial uso madeireiro, indicada para confecção de caixotes, forros, brinquedos e calçados. Na medicina caseira, a casca do caule é usada para tratar inflamações das vias urinárias, problemas de coluna, nervosismo, bronquite e úlcera. Por apresentar casca peculiar e copa ornamental, pode ser cultivada para fins paisagísticos. Também pode ser empregada para enriquecer capoeiras e mata empobrecida e para a segunda fase da recomposição florestal de áreas degradadas. Em sistemas agroflorestais, pode ser usada na composição de quebra-vento e para faixas arbóreas entre plantações (LORENZI, 2002b; MAIA, 2012; PEREIRA JÚNIOR et al., 2014).

2.3. A semente: desenvolvimento e germinação

2.3.1. Desenvolvimento da semente

A semente representa um importante estágio no ciclo de vida das plantas superiores, contribuindo de maneira fundamental para a sobrevivência das espécies (CARDOSO, 2008), sendo responsável pela multiplicação de pelo menos 70% das espécies vegetais descritas pelo homem, logo, é considerada o mais importante insumo agrícola (MARCOS FILHO, 2005). Em geral, quando maduras, são constituídas basicamente por três estruturas: o embrião, o endosperma e o tegumento ou testa (CARDOSO, 2008).

As sementes, em sua grande maioria, têm seu desenvolvimento dividido em três fases. A primeira fase, também conhecida como histodiferenciação ou embriogênese, é caracterizada pelo crescimento inicial, marcada por um intenso

processo de divisão e diferenciação celular, formando os tecidos que irão constituir o embrião e o endosperma. Nessa fase, ocorre aumento rápido no peso fresco da semente e no conteúdo de água. Em seguida, há uma fase intermediária de maturação na qual a semente aumenta de tamanho em consequência, principalmente, à expansão das células e à deposição de reservas nos tecidos de armazenamento (cotilédones e endosperma), notadamente proteínas, lipídios e/ou carboidratos (CASTRO et al, 2004a; CARDOSO, 2008).

O desenvolvimento é então finalizado com uma fase pré-programada da secagem de maturação ou dessecação. Nesta última fase, há o maior acúmulo de matéria seca nos tecidos da semente, representando o ponto de maturidade fisiológica. Ao final da fase de maturação, ocorre a desidratação e a ruptura das conexões da semente com a planta mãe, determinando o estágio ótimo para a colheita e beneficiamento, bem como para a dispersão (CASTRO et al, 2004a; CARDOSO, 2008).

2.3.2. O processo de germinação

A germinação consiste em uma sequência de eventos metabólicos que resultam na retomada do crescimento do embrião, dando origem a uma plântula com as estruturas essenciais para o seu desenvolvimento em uma planta normal e vigorosa (MARCOS FILHO, 2005; OSUNA et al., 2006). Segundo Silva et al. (2014), em testes de laboratório, a germinação se caracteriza pela emergência e o desenvolvimento da plântula a um estágio onde o aspecto de suas estruturas essenciais indica se a mesma é ou não capaz de se desenvolver posteriormente em uma planta normal, sob condições favoráveis de campo.

Para definir a germinação existem vários critérios. De acordo com o critério fisiológico, a germinação é completa quando uma parte do embrião, geralmente a radícula, penetra e transpassa os tecidos que o envolvem. Já o critério agrônomo ou tecnológico, adotam a curvatura gravitrópica da radícula ou a emergência da plântula através da superfície do solo como critério de germinação (CARDOSO, 2008).

A germinação das sementes ocorre basicamente em três etapas principais: embebição, processo bioquímico preparatório e emergência propriamente dita. A captação de água representa o passo inicial no processo de germinação, sendo fundamental para o reinício de atividades metabólicas das sementes após a

maturidade. Entretanto, para que a embebição ocorra é necessário que os tecidos que envolvem o embrião sejam permeáveis à água (MARCOS FILHO, 2005; CARDOSO, 2008; SILVA et al., 2014).

O processo de absorção de água pelas sementes segue um padrão trifásico, quando em plena disponibilidade de água. Na fase I há uma rápida transferência de água do substrato para a semente, em razão das diferenças entre o potencial hídrico dos tecidos da semente e o substrato. É um processo puramente físico, que independe do metabolismo da semente, podendo ocorrer sob condições anaeróbicas, em baixas temperaturas, em sementes viáveis, dormentes, tecidos vivos ou não. Esta entrada de água provoca o aumento do volume do embrião e dos tecidos de reserva, causando a ruptura do tegumento e facilitando, dessa forma, a protusão da radícula (CASTRO et al, 2004b; MARCOS FILHO, 2005; CARDOSO, 2008; SILVA et al., 2014).

A fase II, denominada fase estacionária, caracteriza-se pela redução drástica da velocidade de hidratação e da intensidade de respiração, sendo ativados os processos metabólicos requeridos para o crescimento do embrião. Por fim, a fase III, evidenciada pela protusão radicular, que, em termos fisiológicos, marca o final da germinação propriamente dita, bem como, a retomada da absorção de água. Vale salientar que esta última etapa somente ocorre em sementes viáveis e não dormentes (CASTRO et al, 2004b; MARCOS FILHO, 2005; CARDOSO, 2008; SILVA et al., 2014).

2.3.3. Fatores que influenciam a germinação de sementes

A germinação, por sua vez, sofre influência de fatores externos e internos, que podem atuar isoladamente ou em conjunto (SILVA et al., 2014).

Segundo Marcos Filho (2005), a velocidade, a porcentagem e a uniformidade de germinação são influenciadas por fatores inerentes a semente (intrínsecos), fatores do ambiente (externos) e por práticas de manejo durante e após a colheita.

Quanto aos fatores intrínsecos, destacam-se a vitalidade, viabilidade e longevidade das sementes, bem como seu grau de maturidade, sanidade e a presença de algum mecanismo de dormência, que impede que a semente germine mesmo quando submetidas a condições favoráveis. Em relação aos fatores externos, os principais são a disponibilidade de água, a temperatura, o oxigênio e a luz (MARCOS FILHO, 2005; CARDOSO, 2008; SILVA et al., 2014).

De acordo com Araújo et al. (2006), a água é o fator que mais exerce influência no processo de germinação, visto que, a partir da sua absorção diversas atividades metabólicas do eixo embrionário são desencadeadas, retomando seu crescimento. Além disso, a entrada de água na semente provoca o rompimento do tegumento, facilitando a emergência do eixo radicular ou outra qualquer estrutura do interior da mesma.

A captação de quantidade considerável de água é imprescindível para o reinício de atividades metabólicas da semente após a maturidade. A deficiência hídrica normalmente é considerada o fator limitante da germinação de sementes não dormentes, afetando a porcentagem, a velocidade e a uniformidade de germinação (MARCOS FILHO, 2005; SILVA et al., 2014).

Tanto o excesso de água quanto a deficiência hídrica podem afetar a germinação, promovendo ou inibindo a germinação das sementes. A falta de água ocasiona desidratação das sementes, como também reduz a expansão e o alongamento celular, inviabilizando a sequência de eventos no processo germinativo. Em contrapartida, o excesso de umidade pode provocar decréscimo na germinação, por impedir a penetração do oxigênio (CARDOSO, 2008; SOUZA et al., 2013; SILVA et al., 2014).

De acordo com Cardoso (2008), a temperatura atua tanto na indução e quebra da dormência, quanto no crescimento embrionário. Em sementes não dormentes, a germinação ocorre de acordo com as temperaturas cardeais, que envolve as temperaturas máxima, mínima e ótima, na qual a germinação é favorecida. As temperaturas cardeais, são, por sua vez, parâmetros fisiológicos característicos de cada espécie ou população. Ainda segundo este autor, os principais efeitos da temperatura na germinação estão relacionados, com a transformação da estrutura de proteínas, principalmente enzimas, alterando sua capacidade de catálise; assim como na regulação da expressão gênica, ativando ou reprimindo genes específicos.

Quanto a luminosidade, há uma grande variação na resposta das sementes. Sua influência pode ser observada tanto na indução ou superação de dormência, quanto na germinação propriamente dita. A percepção da luz pela semente é dada através de um pigmento proteico denominado fitocromo, presente no citoplasma de células do eixo embrionário, que absorve a luz vermelha - V (660 nm) e vermelho extremo - VE (730 nm). As radiações na faixa do vermelho promovem a germinação

enquanto na faixa do vermelho extremo ocorre a inibição do processo germinativo. Isso acontece em virtude da transformação do fitocromo na forma ativa (F_{ve}) para a forma inativa (F_v), causado pelos comprimentos de onda ricos em VE (MARCOS FILHO, 2005; CARDOSO, 2008; SILVA et al, 2014;).

De modo geral, as sementes podem ser classificadas quanto a sua resposta germinativa à presença de luz da seguinte maneira: fotoblásticas positivas, beneficiadas pela luz; fotoblásticas negativas, quando a luz prejudica a germinação; e afotoblásticas ou neutras, cuja germinação é indiferente à luz (MARCOS FILHO, 2005; CARDOSO, 2008).

Outro fator de fundamental importância para a germinação é o oxigênio, porém, não se constitui em fator limitante ao processo, uma vez que a maioria das espécies exigem concentrações inferiores a 10% para germinar (ARAÚJO et al. 2006).

Para Nassif et al. (1998), conhecer como os fatores ambientais influenciam a germinação das sementes é de extrema importância. Assim, eles poderão ser controlados e manipulados de forma a otimizar a porcentagem, velocidade e uniformidade de germinação, resultando na produção de mudas mais vigorosas para plantio e minimização dos gastos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local dos experimentos

Os experimentos foram realizados entre julho de 2016 e setembro de 2017 no Laboratório de Ecologia do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental – NEMA em parceria com o Laboratório de Sementes do Colegiado de Engenharia Agrônômica, ambos situados no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco – CCA/UNIVASF, localizado em Petrolina – PE.

3.2. Coleta, beneficiamento e armazenamento das sementes

As sementes das espécies estudadas foram coletadas em áreas de Caatinga, dentro da área de influência do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF. As sementes foram obtidas a partir de frutos maduros, coletados manualmente em árvores matrizes ou regiões próximas, devidamente georreferenciadas e cadastradas no banco de dados do NEMA/PISF.

As sementes de *Libidibia ferrea* foram coletadas em julho de 2017, no município de Brejo Santo-CE (38°59'25"W e 07°30'46"S). As sementes de *Mimosa tenuiflora* e *Piptadenia stipulacea* foram coletadas em julho de 2015 nas cidades de Barro-CE (38°42'15"W e 07°05'48"S) e Salgueiro-PE (39°07'05"W e 07°54'47"S), respectivamente. As sementes de *Pseudobombax marginatum* e *Myracrodruon urundeuva* foram coletadas em setembro de 2015, em Cabrobó-PE (39°15'53"W e 08°11'24"S) e Serrita-PE (39°27'04"W e 7°57'04"S), respectivamente.

Os frutos foram conduzidos para o NEMA onde foram beneficiados manualmente, afim de se obter as sementes para estudo. Após beneficiamento, as sementes foram caracterizadas (peso de mil sementes e o grau de umidade) e, posteriormente, armazenadas em ambiente refrigerado até o início dos experimentos. Por se tratar de sementes ortodoxas, estas possuem capacidade de se manter viáveis após dessecação até um grau de umidade em torno de 5% e podem ser armazenadas sob baixas temperaturas por um longo período de tempo (CARVALHO et al., 2006).

3.3. Caracterização dos lotes

Os lotes das sementes estudadas foram caracterizados quanto ao peso de mil sementes (PMS) e ao grau de umidade (Tabela 1), seguindo as metodologias propostas pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Para determinar o PMS, contou-se ao acaso oito repetições de 100 sementes por lote. Em seguida, foi realizada a pesagem de cada repetição em balança analítica com precisão de 0,001g. O peso médio (\bar{x}) obtido das repetições de 100 sementes para cada lote, foram aplicadas na seguinte equação, obtendo assim, o PMS.

$$\text{PMS} = \frac{\bar{x}}{100} \times 1000$$

O teste para verificar o grau de umidade das sementes consistiu na separação de quatro amostras de 25 sementes por lote. Estas foram inicialmente pesadas, obtendo-se o peso úmido das sementes (P) e colocadas para secar em estufa de circulação de ar a 105°C, por um período de 24 horas. Na sequência, as sementes foram novamente pesadas para se obter o peso seco (p). Os recipientes utilizados neste processo também foram pesados (t). A porcentagem de umidade foi calculada, aplicando-se a seguinte equação:

$$\% \text{ de Umidade } (U) = \frac{100 (P - p)}{P - t}$$

Tabela 1 - Caracterização dos lotes estudados quanto ao peso de mil sementes (PMS) e o grau de umidade.

Espécies	PMS (g)	Grau de umidade (%)
<i>Libidibia ferrea</i>	141,99	10,46
<i>Mimosa tenuiflora</i>	8,88	6,05
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	15,96	7,57
<i>Piptadenia stipulacea</i>	35,51	7,96
<i>Pseudobombax marginatum</i>	107,40	11,81

3.4. Tratamentos pré-germinativos para superação de dormência

Algumas das espécies estudadas, dentre elas a *Libidibia ferrea*, *Mimosa tenuiflora*, *Myracrodruon urundeuva* e *Piptadenia stipulaceae* apresentam dormência em suas sementes, em geral, causada pela impermeabilidade do tegumento a entrada de água. Para superar esta dormência foram realizados os seguintes tratamentos pré-germinativos:

- ***Libidibia ferrea***: imersão em ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 98% durante 20 minutos. Em seguida, as sementes foram lavadas em água corrente para retirada do resíduo do ácido (CREPALDI et al., 1998);
- ***Mimosa tenuiflora***: desponse na região oposta ao hilo das sementes, com auxílio de alicate de corte (BENEDITO, 2012);
- ***Myracrodruon urundeuva***: imersão em solução de detergente (5 gotas de detergente / 100 ml de água) por um período de 5 minutos, seguindo-se com enxágue em água corrente até completa remoção do detergente (BRASIL, 2013).
- ***Piptadenia stipulacea***: imersão em água quente a 80°C durante 2 minutos (BRASIL, 2013).

Para todas as espécies, as sementes foram esterilizadas com solução de hipoclorito de sódio a 2,5% durante 5 minutos, antes da realização dos testes de germinação.

3.5. Teste de germinação em diferentes potenciais osmóticos

Para realizar os testes de germinação foram amostradas apenas as sementes visualmente intactas, ou seja, sem danos físicos aparentes.

A avaliação dos efeitos do estresse hídrico na germinação das sementes foi realizada utilizando-se soluções do produto comercial Polietileno glicol (PEG 6000), com potenciais osmóticos de -0,1 MPa, -0,3 MPa, -0,6 MPa e -0,9 MPa. Estas soluções foram preparadas seguindo a metodologia de Vilella et al. (1991). Conforme este autor, o polietileno glicol é quimicamente inerte e não apresenta toxicidade sobre as sementes.

Para cada espécie foram utilizados cinco tratamentos, a testemunha (0,0 MPa) e quatro potenciais osmóticos, compostos por 8 repetições de 25 sementes, selecionadas aleatoriamente, totalizando 200 sementes por tratamento. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC).

As sementes foram colocadas para germinar em caixas de acrílico do tipo gerbox, sobre uma folha de papel mata-borrão umedecida com água destilada (testemunha) e com as respectivas soluções de PEG, em um volume equivalente a 3 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009). Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em câmara de germinação do tipo BOD (Biochemical Oxygen

Demand) programadas com temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas.

Em geral, a cada 3 dias foi realizada a troca do papel mata-borrão e reposição da água destilada e das soluções de PEG, a fim de manter a umidade adequada à germinação das sementes e os potenciais osmóticos em níveis constantes.

A germinação foi avaliada diariamente durante 30 dias, realizando a contagem e retirada das sementes consideradas germinadas (adotando-se como critério quando a protrusão radicular alcançasse no mínimo 2 mm).

3.6. Variáveis avaliadas

As variáveis a seguir foram avaliadas a fim de se verificar os efeitos dos diferentes potenciais osmóticos adotados sobre o processo germinativo das sementes, levando-se em consideração que o aumento na concentração de solutos, em específico o PEG 6000, reduzem a disponibilidade hídrica e tendem a diminuir a porcentagem de germinação e a velocidade com que o processo ocorre, refletindo em aumento no tempo médio de germinação conforme os potenciais das soluções tornam-se mais negativos.

3.6.1. Germinabilidade

Este parâmetro é dado em porcentagem e representa o número de sementes germinadas em relação ao número de sementes dispostas a germinar, sendo obtida a partir da seguinte equação:

$$G = (N/A) \times 100$$

Onde:

G = porcentagem de germinação; N = número de sementes germinadas; e A = número total de sementes colocadas para germinar.

3.6.2. Índice de velocidade de germinação (IVG)

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado através do somatório do número de sementes germinadas (G1, G2, G3, ... ,Gn) a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos (N1, N2, N3, ... , Nn) entre a semeadura e a germinação, conforme a seguinte equação de Maguire (1962).

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \frac{G3}{N3} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

3.6.3. Tempo médio de germinação (TMG)

O tempo médio de germinação (TMG) foi calculado através da equação proposta por Laboriau (1983).

$$TMG = \frac{\sum_{i=1}^n n_i t_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

Onde:

TMG = tempo médio de germinação (dias); n_i = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem; e t_i = tempo médio decorrido entre o início da germinação e a i -ésima contagem.

3.6.4. Frequência relativa de germinação

Através das frequências, é possível observar o comportamento das sementes em processo de germinação ao longo do tempo, verificando se as sementes germinam até atingirem um valor máximo e depois declinam, ou se a germinação atinge o máximo, declina e volta a crescer (SANTANA; RANAL, 2004). É calculada a partir da seguinte equação:

$$Fr = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \times 100$$

Onde:

Fr = frequência relativa de germinação (%); n_i = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem; e k = último dia de observação.

3.7. Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a teste de normalidade pelo método de Kolmogorov-Smirnov. Os dados que atenderam ao pressuposto da normalidade e igualdade de variância foram interpretados por meio de análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para os dados que não apresentaram distribuição normal, adotou-se estratégias de transformação de dados, porém, sem sucesso. Nestes casos, optou-se

pelos testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney, conforme Santana e Ranal (2004).

As análises foram realizadas utilizando os *softwares* Assistat 7.7 e BioEstat 5.3, com índice de significância de 5%. Os gráficos foram elaborados através no *software* SigmaPlot 14.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Representação global dos resultados

De modo geral, a análise dos dados mostrou que os potenciais osmóticos utilizados para simular o estresse hídrico, influenciaram significativamente o processo germinativo das sementes de todas as espécies avaliadas neste estudo (Tabela 2), causando prejuízos na germinabilidade, no índice de velocidade e no tempo médio de germinação, bem como alterando a distribuição da germinação no decorrer do tempo, à medida que o potencial osmótico do meio se tornou mais negativo.

Tabela 2 - Resultados das médias de porcentagem de germinação, índice de velocidade (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) para as cinco espécies estudadas, submetidas a diferentes potenciais osmóticos. As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey ou Mann-Whitney, ambos a 5% de probabilidade.

Variável avaliada	<i>Libidibia ferrea</i>	<i>Mimosa tenuiflora</i>	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	<i>Piptadenia stipulacea</i>	<i>Pseudobombax marginatum</i>	Potencial osmótico (MPa)
Germinação (%)	95 a	97 a	84 a	89 a	83 a	0,0
	88 a	96 a	75 b	89 a	18 b	-0,1
	69 b	84 b	11 c	80 b	-	-0,3
	19 c	14 c	-	23 c	-	-0,6
	-	-	-	-	-	-0,9
IVG	5,84 a	12,06 a	10,18 a	7,95 a	4,14 a	0,0
	3,39 b	11,59 a	7,61 b	5,98 b	0,42 b	-0,1
	2,03 c	5,20 b	0,62 c	3,91 c	-	-0,3
	0,41 d	0,37 c	-	0,55 d	-	-0,6
	-	-	-	-	-	-0,9
TMG (dias)	4,26 a	2,03 a	2,17 a	3,20 a	6,78 a	0,0
	6,68 b	2,15 a	2,73 b	4,21 b	10,88 b	-0,1
	8,73 c	5,76 b	5,21 c	5,87 c	-	-0,3
	12,48 d	11,70 c	-	13,64 d	-	-0,6
	-	-	-	-	-	-0,9

Estes resultados serão analisados de forma separada para cada espécie, na sequência a seguir.

4.2. *Libidibia ferrea*

Para *Libidibia ferrea*, as maiores médias de germinabilidade foram observadas com a testemunha (0,0 MPa) e no potencial osmótico de -0,1 MPa, com valores de 95

e 88%, respectivamente, não havendo diferença significativa entre os dois tratamentos (Figura 1). A partir do segundo nível de estresse (-0,3 MPa), observa-se uma redução significativa na porcentagem de sementes germinadas. Esse efeito foi intensificado com a redução do potencial para -0,6 MPa, obtendo-se apenas 19% de germinação. Desta forma, este é o limite de estresse tolerado pela espécie para as condições nas quais o experimento foi desenvolvido. No potencial de -0,9 MPa a germinação foi completamente inibida.

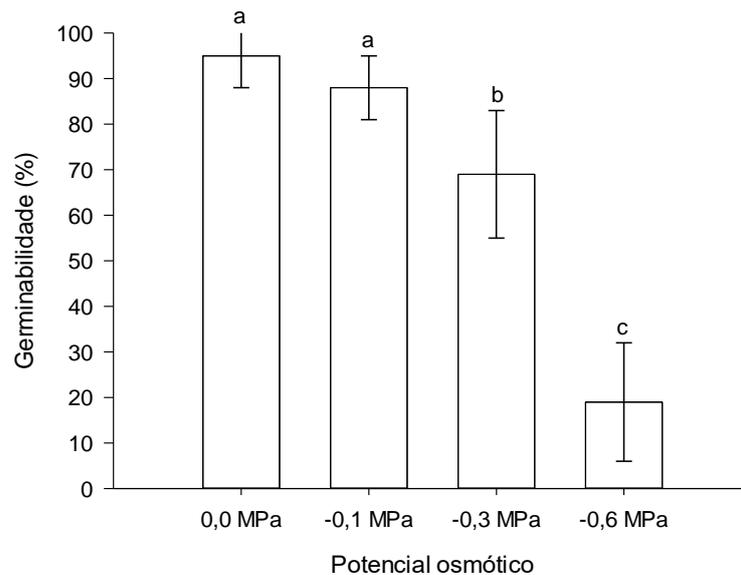


Figura 1 - Valores médios de germinação das sementes de *Libidibia ferrea* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

Quanto ao índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de *L. ferrea* (Figura 2), nota-se que o tratamento em que as sementes não foram submetidas ao estresse (0,0 MPa) proporcionou maior IVG, igual a 5,84. Sob condição de estresse hídrico, verificou-se uma redução acentuada neste índice de aproximadamente 42, 65 e 93% em relação a testemunha, conforme o potencial osmótico da solução foi diminuindo.

O tempo médio de germinação (TMG) também foi significativamente afetado com a redução do potencial osmótico da solução. Analisando a Figura 3, é possível observar que quanto maior a restrição hídrica, maior é o tempo médio necessário para as sementes germinarem, atingindo aproximadamente 12 dias para o potencial osmótico de -0,6 MPa.

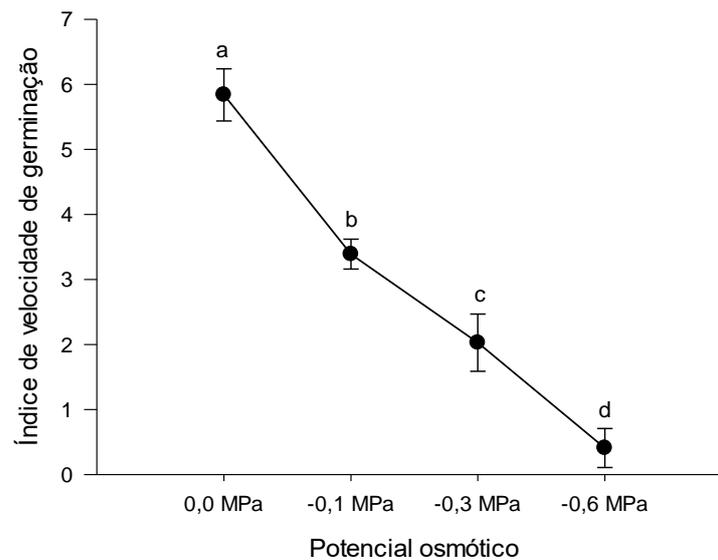


Figura 2 - Valores médios de índice de velocidade de germinação das sementes de *Libidibia ferrea* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

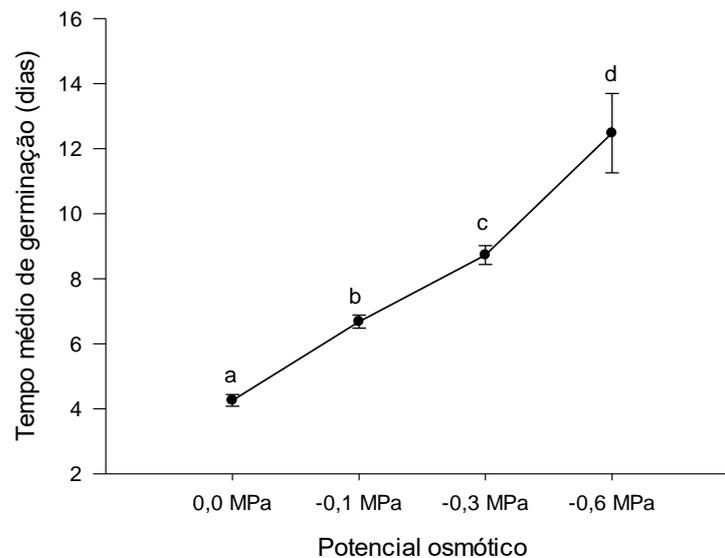


Figura 3 - Tempo médio de germinação das sementes de *Libidibia ferrea* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

Na Figura 4, verifica-se a frequência relativa de germinação, bem como seu padrão de distribuição ao longo do tempo de acordo com os potenciais osmóticos analisados. Nota-se que até o potencial de -0,3 MPa o padrão de distribuição dos polígonos apresentou caráter unimodal, onde a germinação atinge seu valor máximo e depois declina. Entretanto, no potencial mais negativo (-0,6 MPa) o caráter de distribuição passou a ser polimodal, conferindo aumento na distribuição da germinação ao longo do tempo.

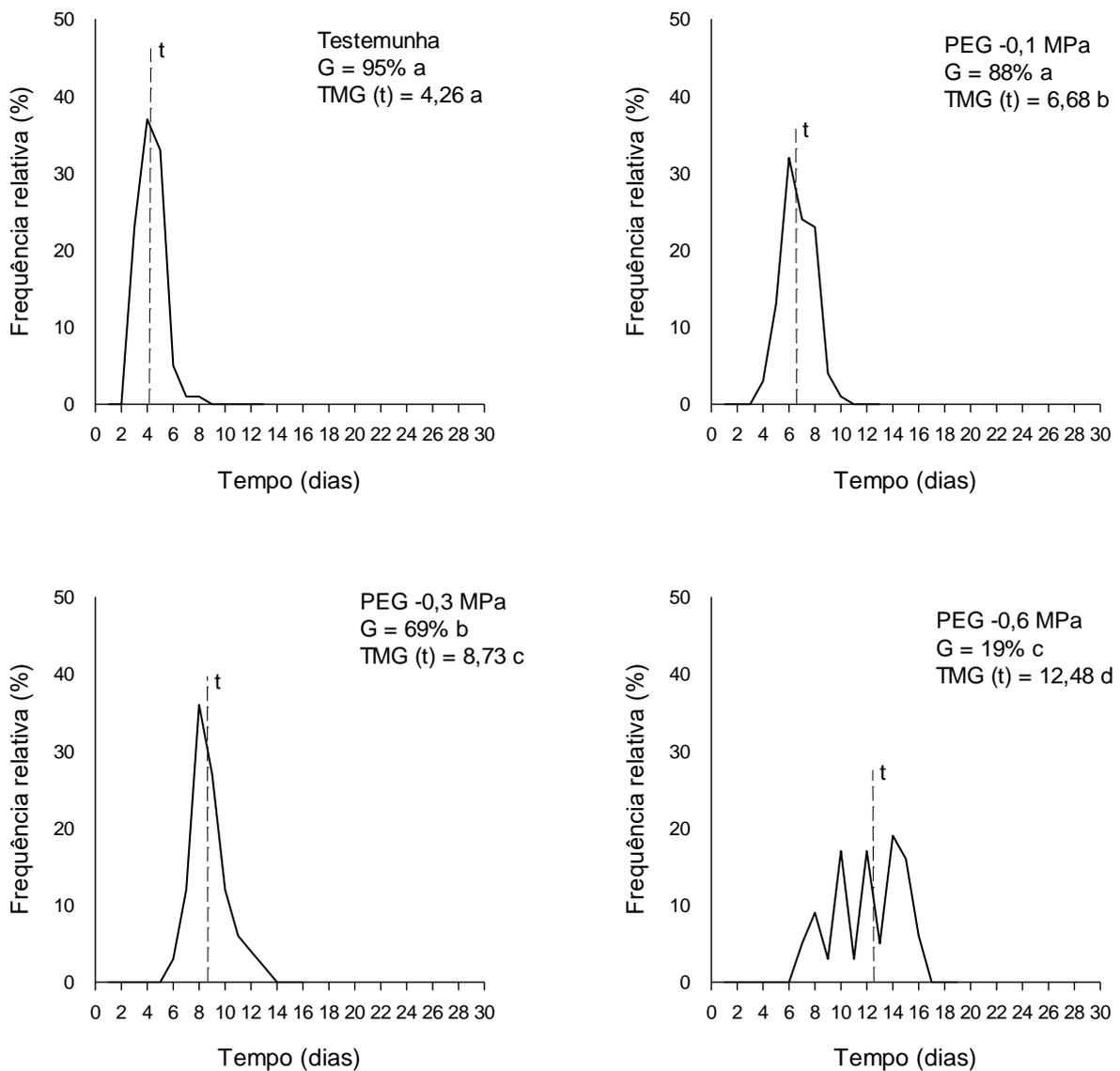


Figura 4 - Frequências relativas de germinação das sementes de *Libidibia ferrea* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. G = porcentagem de germinação; t = tempo médio de germinação (TMG).

Ainda analisando a Figura 4, é possível observar o início do processo germinativo a partir dos dias 2 (0,0 MPa), 3 (-0,1 MPa), 5 (-0,3 MPa) e 6 (-0,6 MPa), refletindo em aumento no TMG conforme o potencial osmótico é reduzido.

A *Libidibia ferrea* exibiu maior tolerância ao estresse hídrico se comparada com outra espécie do gênero, *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (FERRAZ-GRANDE; TAKAKI, 2006), que apresentou porcentagem de germinação abaixo de 40% nos potenciais osmóticos de -0,2 MPa e -0,3 MPa, e inferior a 20% em -0,4 MPa. A *L. ferrea* neste estudo manteve a germinabilidade acima de 65% até o potencial de -0,3 MPa.

4.3. *Mimosa tenuiflora*

Para *Mimosa tenuiflora* observa-se que o tratamento sem estresse hídrico (0,0 MPa) e o tratamento com potencial de -0,1 MPa proporcionaram as maiores taxas de germinação, 97 e 96%, respectivamente, seguido do potencial -0,3MPa com 84% de sementes germinadas, havendo diferença significativa entre este e os dois primeiros tratamentos (Figura 5). No potencial de -0,6 MPa a germinabilidade foi significativamente comprometida, reduzindo a 14%, relevando o limite de tolerância dessa espécie ao estresse hídrico. Em -0,9 MPa, cuja restrição hídrica se mostrou severa, não se observou germinação das sementes.

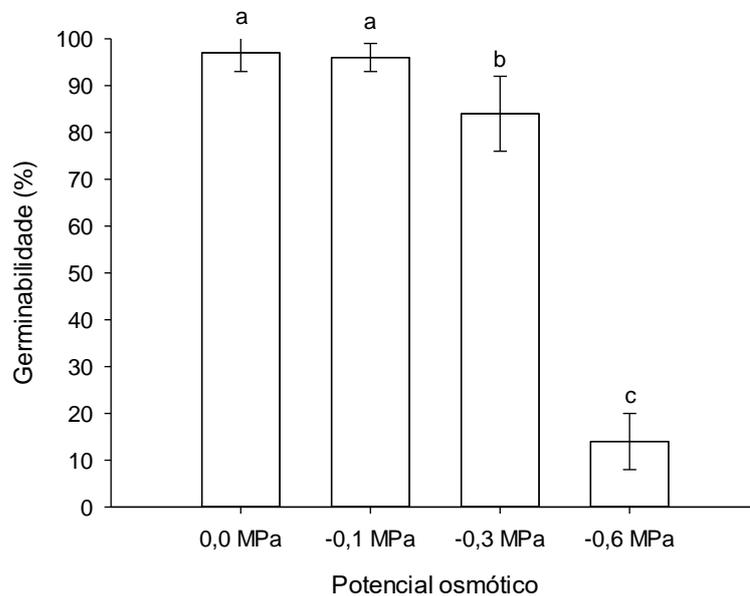


Figura 5 - Valores médios de germinação das sementes de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

Com relação ao IVG os maiores índices foram observados nos tratamentos testemunha e -0,1 MPa, atingindo valores de 12,06 e 11,59, respectivamente. A redução na disponibilidade de água para as sementes, diminuíram significativamente o IVG para os potenciais de -0,3 MPa e -0,6MPa (Figura 6). De maneira inversa, verifica-se que para o TMG os dois primeiros tratamentos proporcionaram os menores valores, conseqüentemente uma germinação mais rápida no decorrer do tempo (Figura 7). Para os potenciais mais negativos, o TMG foi elevado, alcançando cerca de 12 dias em -0,6 MPa.

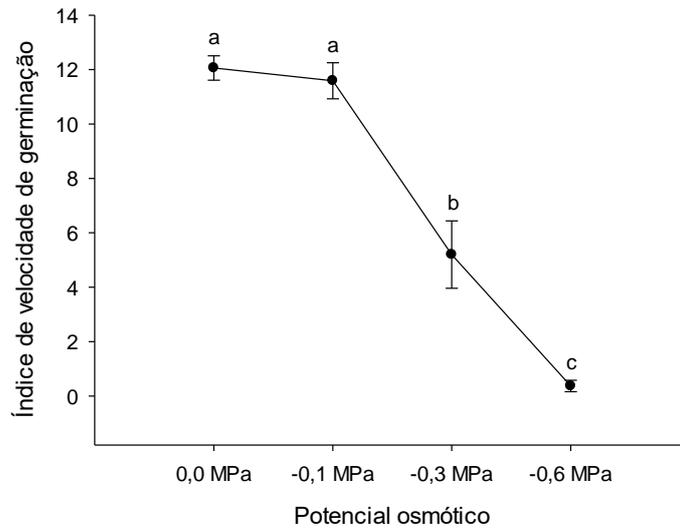


Figura 6 - Valores médios de índice de velocidade de germinação das sementes de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

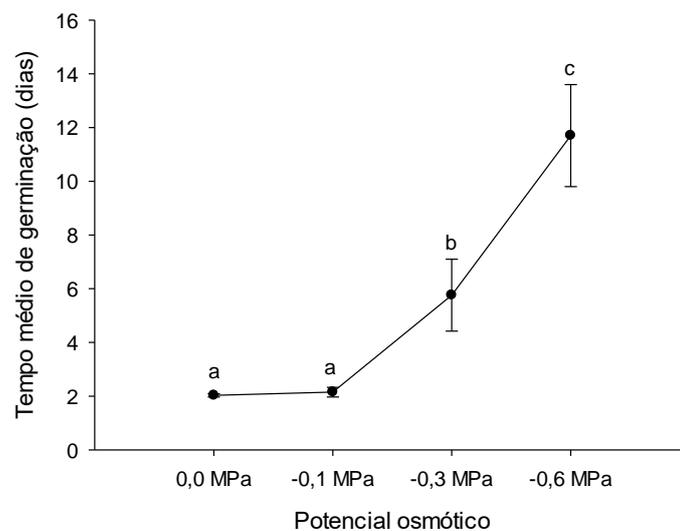


Figura 7 - Tempo médio de germinação das sementes de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

Com base nas frequências relativas de germinação (Figura 8), pode-se verificar o padrão unimodal da distribuição da germinação nos tratamentos com potenciais de 0,0 MPa e -0,1 MPa, onde quase a totalidade das sementes germinaram entre o 2º e 3º dia após a semeadura. Para os tratamentos com -0,3 MPa e -0,6 MPa este comportamento é diferente, assumindo caráter de distribuição polimodal, distribuindo a germinação ao longo do tempo, ocorrendo intervalos em que há uma ausência de

germinação, seguida da retomada do processo. Para esta espécie, os potenciais osmóticos mais negativos prologaram a germinação em aproximadamente 17 dias.

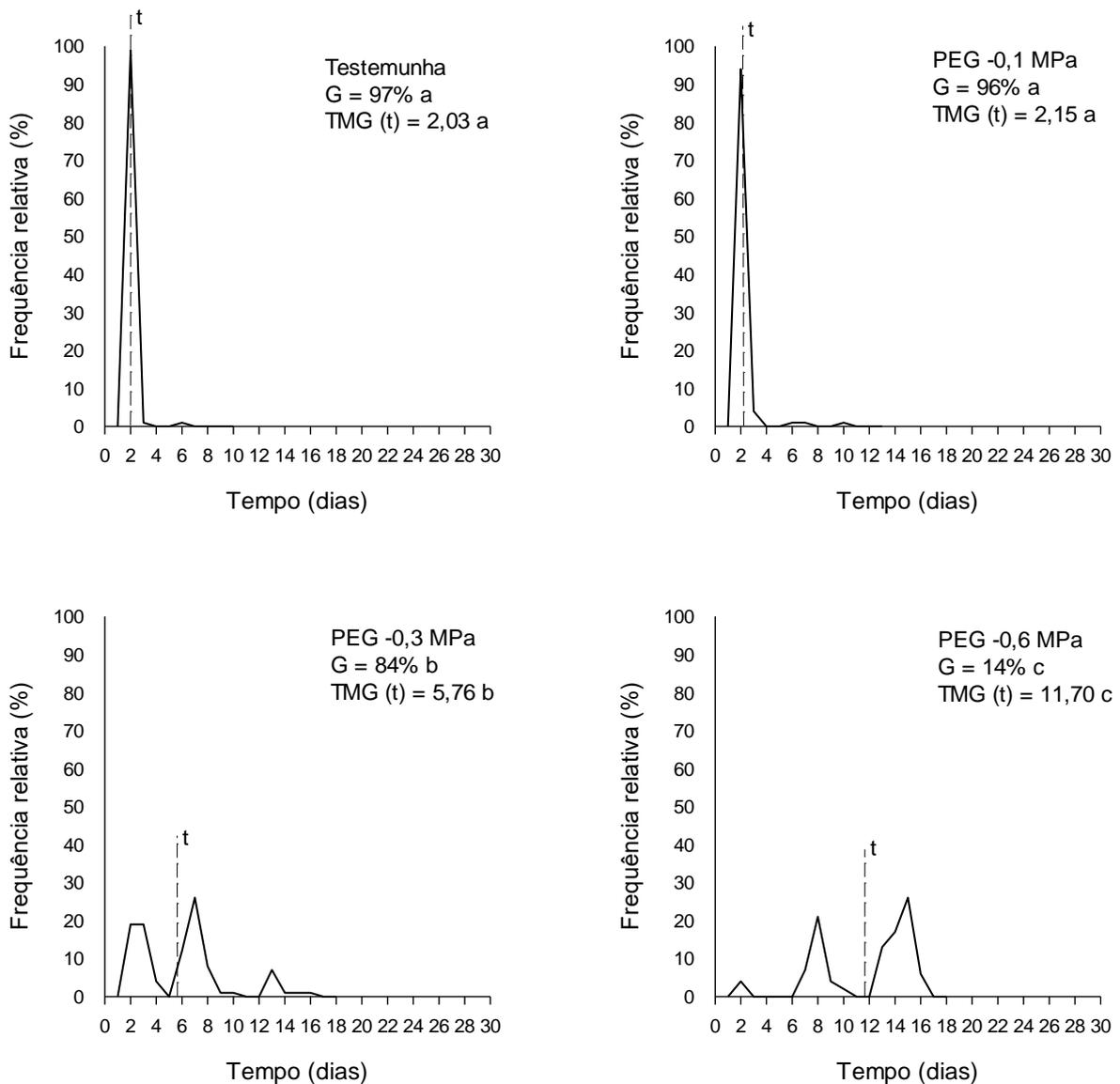


Figura 8 - Frequências relativas de germinação das sementes de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. G = porcentagem de germinação; t = tempo médio de germinação (TMG).

Bakke et al. (2006), ao avaliar os efeitos do estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Mimosa tenuiflora* utilizando soluções de PEG 6000 e NaCl, verificaram uma redução na porcentagem e velocidade de germinação, porém, registraram a ocorrência de protusão radicular em potenciais osmóticos de até -1,2 MPa, atingindo 53% de germinação. Estes resultados diferem, em partes, do presente trabalho, onde somente foi observada germinação até o potencial de -0,6 MPa. Essa diferença pode ser em virtude de outros fatores que influenciam o processo

germinativo das sementes, como a temperatura (30°C) e o método para superação da dormência adotado pelos autores (imersão em água quente a 85°C por 30 segundos, seguida de água corrente por 1 minuto), que diferiram deste estudo.

4.4. *Myracrodruon urundeuva*

O processo germinativo das sementes de *Myracrodruon urundeuva* foram significativamente influenciados pelas soluções de PEG 6000. Através da Figura 9 é possível observar uma sensibilidade dessa espécie frente ao estresse hídrico. A maior porcentagem de germinação foi verificada no tratamento controle (0,0 MPa), sendo igual a 84%. Este parâmetro decresceu à medida que o potencial osmótico da solução se tornou mais negativo, alcançando a menor germinabilidade em -0,3 MPa, correspondendo a 11% de germinação, sendo o limite de tolerância ao déficit hídrico para esta espécie, nas condições do presente estudo. A partir de -0,6 MPa verificou-se a nulidade da germinação, não se observando a protrusão radicular nas sementes.

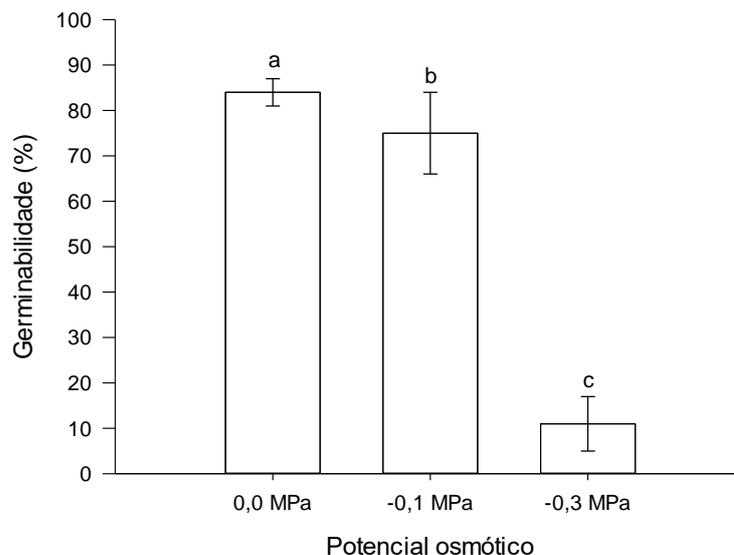


Figura 8 - Valores médios de germinação das sementes de *Myracrodruon urundeuva* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

Verificou-se que o IVG e o TMG em condições de estresse foram significativamente comprometidos (Figuras 10 e 11). Os valores máximos foram atribuídos ao tratamento controle (0,0 MPa), iguais a 10,18 e 2,17, respectivamente, com diferença significativa em relação aos demais tratamentos. No potencial de -0,3 MPa houve uma redução acentuada do IVG (0,62), refletindo em aumento no tempo médio necessário para que a germinação das sementes ocorra (5,21).

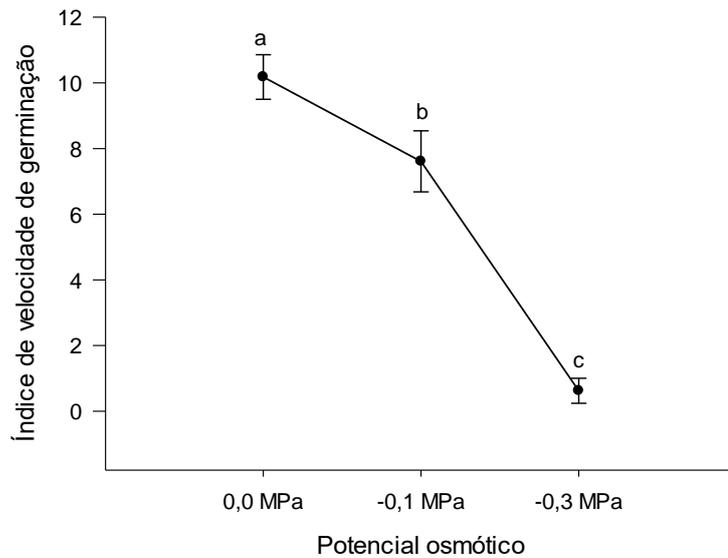


Figura 9 - Valores médios de índice de velocidade de germinação das sementes de *Myracrodruon urundeuva* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

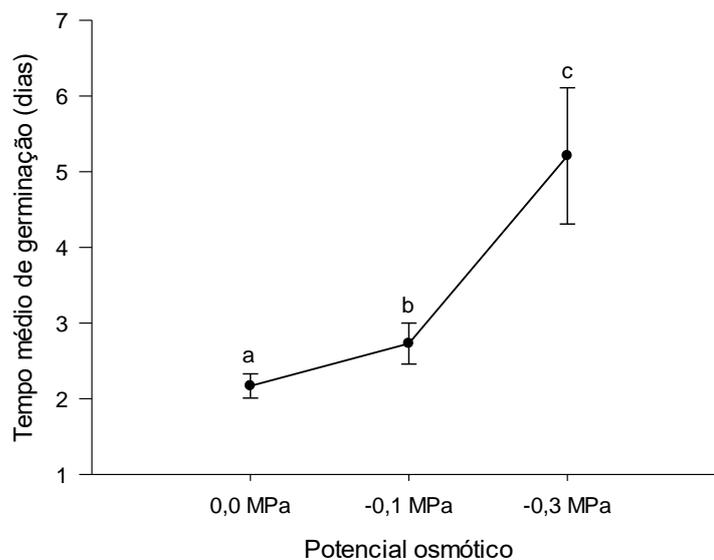


Figura 10 - Tempo médio de germinação das sementes de *Myracrodruon urundeuva* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

Para a frequência relativa de germinação (Figura 12) observa-se que para os potenciais 0,0 MPa e -0,1MPa a germinação teve início no 2º dia após semeadura, sendo também o dia com maior frequência relativa de sementes germinadas, com um pico de 84 e 55%, respectivamente, havendo diferença significativa entre os dois tratamentos. Para o potencial -0,3 MPa, o pico de germinação ocorreu no 6º dia (39%), evidenciando uma maior distribuição da germinação ao longo do tempo.

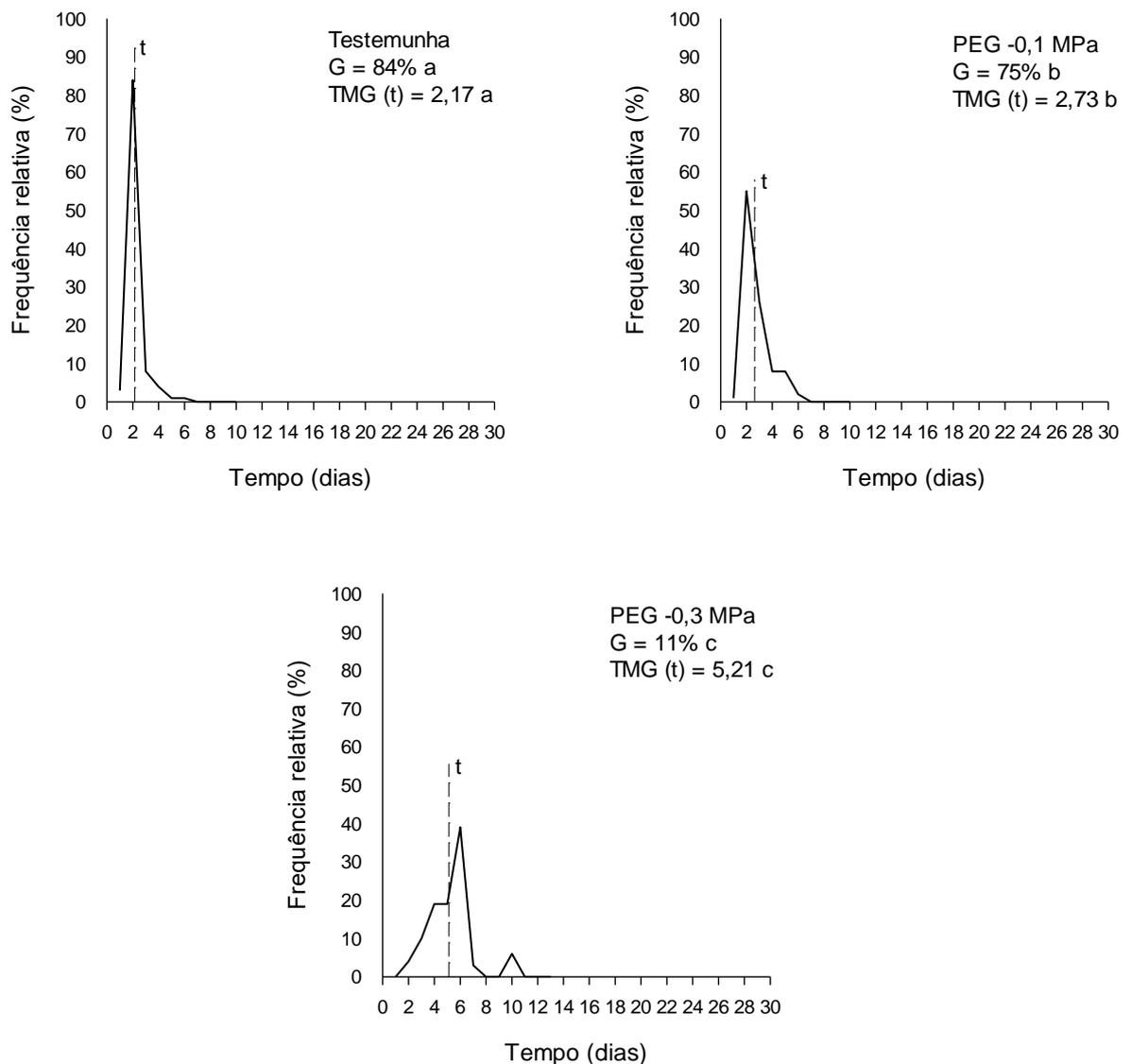


Figura 11 - Frequências relativas de germinação das sementes de *Myracrodruon urundeuva* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. G = porcentagem de germinação; t = tempo médio de germinação (TMG).

Estudos realizados por Oliveira (2015) mostram que a germinação das sementes de *M. urundeuva* ocorreu de forma mais rápida quando submetidas ao tratamento sem restrição hídrica (0,0 MPa), corroborando com os resultados do presente trabalho. Este mesmo autor, avaliando a tolerância de diferentes lotes de sementes de *M. urundeuva* à estresses abióticos, constatou diferenças nos lotes quanto aos níveis de tolerância ao estresse hídrico, de acordo com os locais de coleta, variando de 0,0 a -0,6 MPa para lotes coletados na Caatinga e Pantanal; e de 0,0 a -0,2 MPa para lotes coletado no Cerrado. Para o lote de *M. urundeuva* avaliado no presente estudo, coletado em área de Caatinga, o limite de tolerância foi de -0,3 MPa,

com perdas significativas ao processo germinativo. Estes resultados evidenciam uma variabilidade da espécie em resposta ao estresse, possivelmente em função de variações ecogeográficas.

4.5. *Piptadenia stipulacea*

Para *Piptadenia stipulacea* os efeitos da restrição hídrica também foram significativos, alterando os parâmetros de germinação analisados. Em relação à germinabilidade (Figura 13), não houve diferenças entre os tratamentos com potenciais de 0,0 MPa e -0,1MPa, ambos com 89% de germinação. Porém, entre os potenciais de -0,3 MPa (80%) e -0,6 MPa (23%) observou-se diferença com declínio acentuado da germinação. Neste estudo, o limite de tolerância ao estresse hídrico para *P. stipulacea* situou-se no terceiro nível de estresse (-0,6 MPa). No potencial osmótico de -0,9 MPa o processo germinativo apresentou valores nulos.

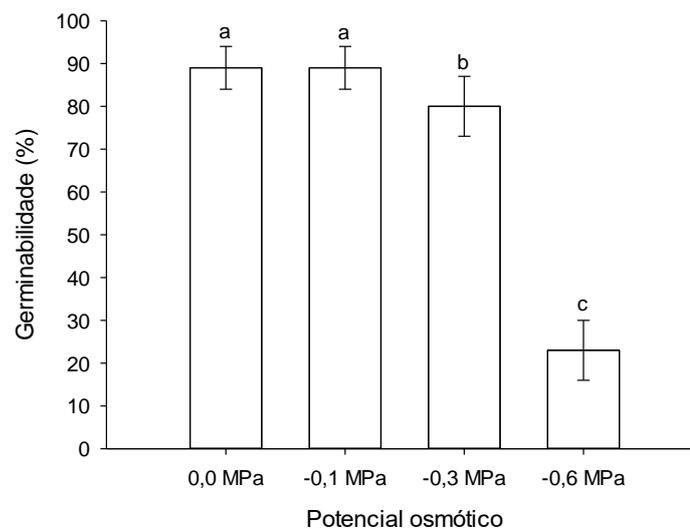


Figura 12 - Valores médios de germinação das sementes de *Piptadenia stipulacea* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

Apesar da germinação não ter apresentado diferença entre os potenciais 0,0 MPa e -0,1 MPa, tanto o IVG quanto o TMG foram diferentes entre os dois tratamentos (Figuras 14 e 15). A redução na velocidade de germinação foi gradativa entre os potenciais 0,0 MPa e -0,3MPa, acentuando-se no potencial mais negativo, -0,6 MPa.

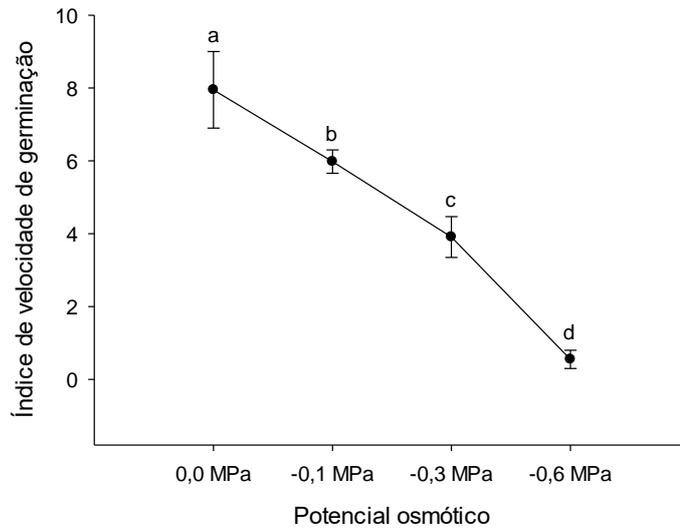


Figura 13 - Valores médios de índice de velocidade de germinação das sementes de *Piptadenia stipulacea* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

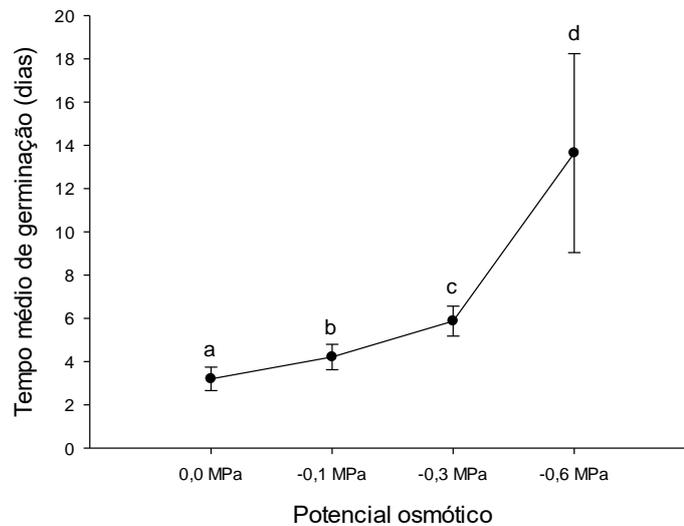


Figura 14 - Tempo médio de germinação das sementes de *Piptadenia stipulacea* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

As frequências relativas (Figura 16) mostram um padrão de distribuição unicaudal dos polígonos, onde há uma concentração da germinação logo nos primeiros dias após a semeadura (2^o ao 6^o) até o potencial osmótico de -0,3 MPa. Com o aumento do déficit hídrico (-0,6MPa), o estresse ocasiona uma maior distribuição da germinação no decorrer do tempo, prolongando-se até o 28^o dia após semeadura.

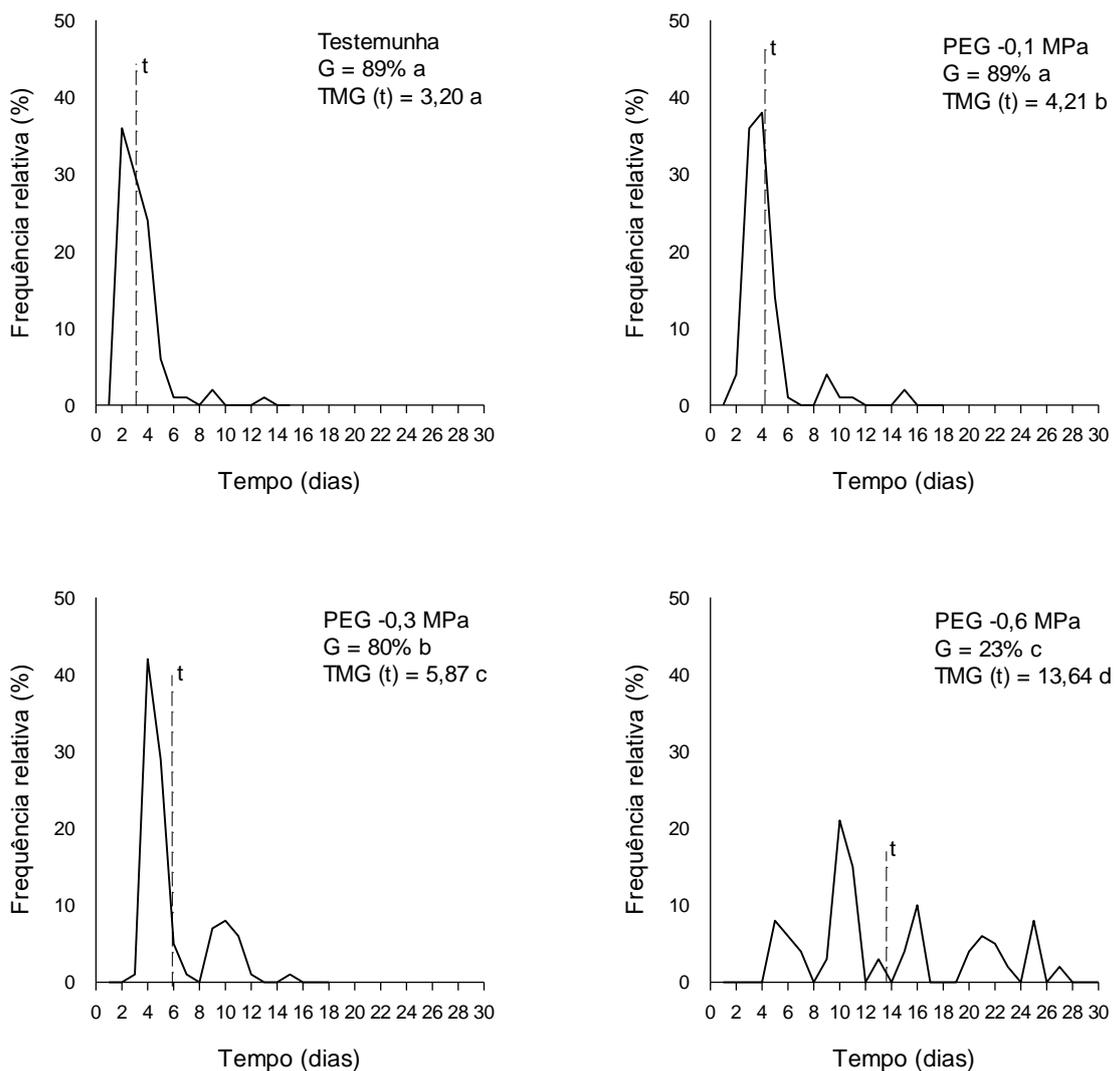


Figura 15 - Frequências relativas de germinação das sementes de *Piptadenia stipulacea* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. G = porcentagem de germinação; t = tempo médio de germinação (TMG).

Os efeitos negativos promovidos pelas soluções de PEG 6000 também foi verificado por Silva (2011), em estudo realizado com *P. stipulacea*, que manteve o potencial germinativo acima de 70% até -0,1 MPa. Com a redução do potencial osmótico a partir de -0,2 MPa, observou-se declínio gradativo na germinação e no índice de velocidade, atingindo valores nulos no potencial de -0,8 MPa. No presente estudo, a espécie demonstrou maior resistência ao estresse, germinando 80% das sementes até -0,3MPa.

4.6. *Pseudobombax marginatum*

A *Pseudobombax marginatum* teve seu processo de germinação drasticamente afetado pelo estresse hídrico promovido pelas soluções de PEG 6000. Esta espécie mostrou extrema sensibilidade à redução na disponibilidade de água, tolerando apenas o potencial osmótico de -0,1 MPa, no qual verifica-se uma redução de aproximadamente 78% na germinabilidade das sementes, se comparadas com a testemunha (0,0 MPa), cuja germinação alcançou 83% (Figura 17). Este comportamento evidencia que a espécie possui baixos níveis de tolerância perante o estresse hídrico, com perda significativa do seu potencial germinativo, sendo nulo em potenciais menores que -0,3 MPa.

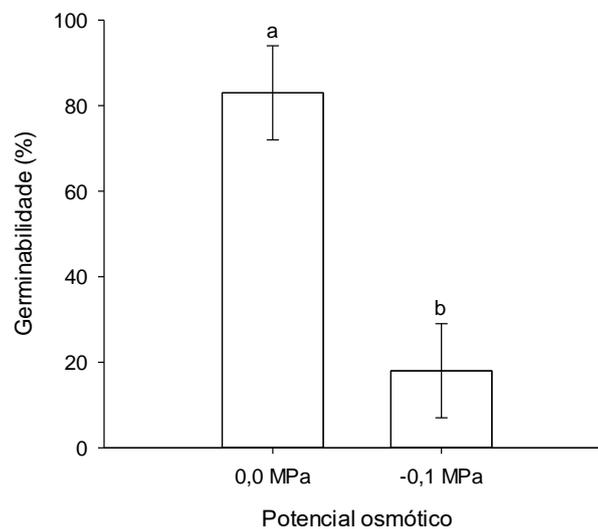


Figura 16 - Valores médios de germinação das sementes de *Pseudobombax marginatum* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

Analisando as Figuras 18 e 19, nota-se que os efeitos para as variáveis de velocidade (IVG) e tempo (TMG) também foram negativos. Quanto ao IVG, os valores reduziram de 4,14 para 0,42 nos potenciais de 0,0 MPa e -0,1 MPa, respectivamente. Esta redução, causou reflexos no TMG elevando-o de 6,78 (0,0 MPa) para 10,88 dias (-0,1 MPa).

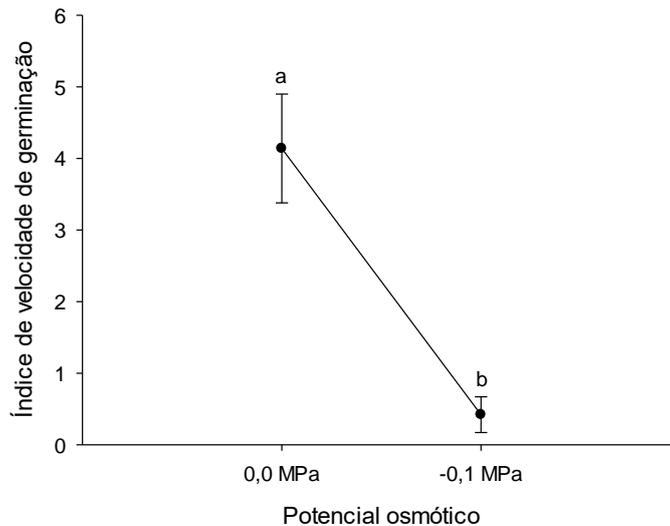


Figura 17 - Valores médios de índice de velocidade de germinação das sementes de *Pseudobombax marginatum* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

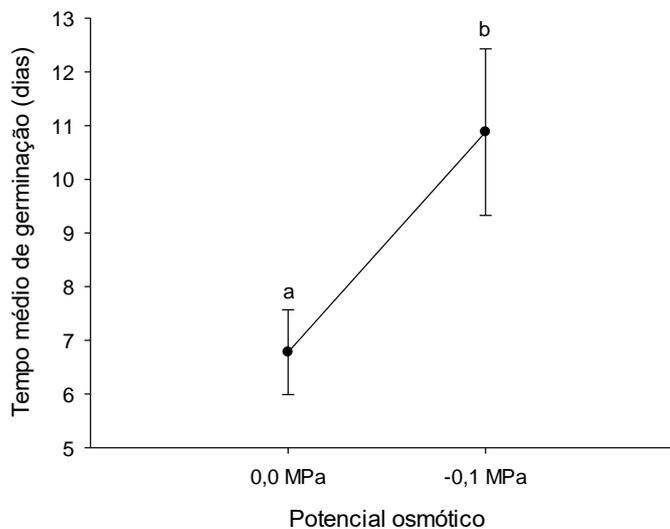


Figura 18 - Tempo médio de germinação das sementes de *Pseudobombax marginatum* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Barras verticais representam o desvio padrão.

Quanto as frequências relativas de germinação, o comportamento desta espécie divergiu das demais apresentadas anteriormente. Conforme a Figura 20, é possível observar dois picos de germinação no potencial 0,0 MPa, no 3º e 8º dias após semeadura. Já no potencial de -0,1 MPa, houve uma concentração na germinabilidade no 9º dia de experimento. Isso evidencia um atraso das fases iniciais de embebição das sementes submetidas à restrição hídrica, que em condições normais de

disponibilidade hídrica (0,0 MPa) ocorreu de forma mais rápida, culminando na protrusão da raiz primária ou radícula.

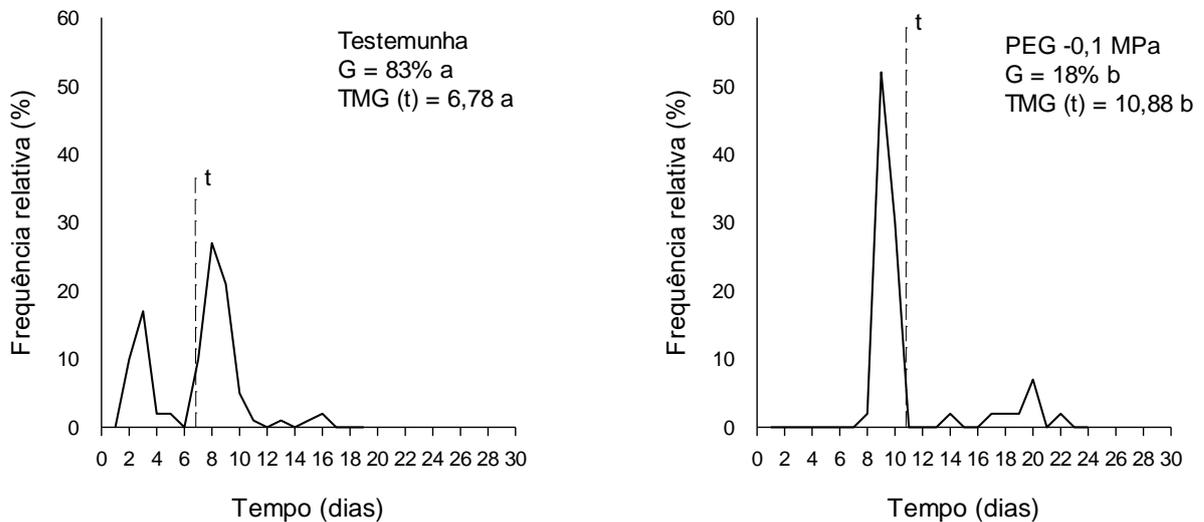


Figura 19 - Frequências relativas de germinação das sementes de *Pseudobombax marginatum* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. G = porcentagem de germinação; t = tempo médio de germinação (TMG).

Estes resultados diferem dos obtidos por Dalberto e Braga (2013) para outra espécie da família Malvaceae, *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb, que observaram diferença significativa a partir do potencial de -0,3 MPa nas soluções de PEG, sendo o efeito inibitório da germinação verificado no potencial de -0,5 MPa.

4.7. Efeitos do estresse hídrico

Segundo Bewley e Black (1994) o estresse hídrico pode reduzir tanto a porcentagem quanto a velocidade de germinação, sendo variáveis as respostas entre as espécies, existindo desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes. Aquelas que são resistentes possuem a vantagem ecológica de estabelecer plântulas em áreas onde sementes sensíveis à seca não são capazes de fazê-lo. Ainda de acordo com estes autores, a inibição do processo germinativo nas condições de menor disponibilidade de água está relacionada, geralmente, a reduções na atividade enzimática das sementes, conferindo prejuízos ao seu metabolismo.

Moura et al. (2011) apontam que a redução na germinação quando o potencial osmótico se torna mais negativo deve-se provavelmente ao aumento no tempo correspondente à fase II do processo de embebição, promovendo segundo Eira (1988), uma elevação na concentração do fitorregulador ácido abscísico (ABA) nas

sementes, causando inibição do alongamento celular e conseqüente redução da germinação.

De acordo com Cardoso (2008), o ABA mantém o metabolismo do embrião no “modo desenvolvimento” até que o embrião esteja apto para uma germinação bem-sucedida da semente após a dispersão. Para este autor o ABA atua inibindo a fase III da embebição (onde ocorre a germinação propriamente dita), bem como a ruptura do endosperma e o crescimento do embrião após a emergência da radícula, porém, não afeta a fase I, o crescimento inicial do embrião ou a ruptura do tegumento.

Acredita-se também que há envolvimento do ABA na regulação da atividade de canais de transporte de íons na membrana e a quantidade de aquaporinas, que alteram a entrada de água na célula; além de atuar restringindo a disponibilidade de metabólitos e energia para o desenvolvimento do embrião (CARDOSO, 2008)

Bewley e Black (1994) salientam que em condições naturais, o estresse hídrico pode atuar de forma positiva no estabelecimento das espécies, distribuindo a germinação no tempo e aumentando a probabilidade de as plântulas encontrarem condições ambientais adequadas ao estabelecimento e desenvolvimento.

As sementes de *Libidibia ferrea*, *Mimosa tenuiflora* e *Piptadenia stipulacea* demonstraram certa tolerância às restrições hídricas durante o processo de germinação, expressando capacidade germinativa até o potencial osmótico de -0,6 MPa, nas condições deste estudo. Por sua vez, as espécies *Myracrodruon urundeuva* e *Pseudobombax marginatum* apresentaram baixos níveis de tolerância ao estresse, verificado pela redução acentuada da germinabilidade em potenciais mais negativos. De acordo com Silva (2011), vários estudos têm sido realizados a respeito dos efeitos do estresse osmótico na germinação de sementes, sendo demonstrado uma ampla faixa de tolerância entre as espécies, tanto para arbóreas como herbáceas de importância agrônômica e silvicultural.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, pode-se sugerir que as sementes das cinco espécies têm seu processo germinativo significativamente influenciado pelo estresse hídrico promovido pelas soluções de PEG 6000, com prejuízos na germinabilidade, velocidade e tempo médio de germinação, à medida que o potencial osmótico da solução se torna mais negativo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, U.P.; ANDRADE, L.C.H. **Usos de Recursos Vegetais da Caatinga: o caso do Agreste do estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil)**. Interciência. v.27, p. 336-346, 2002.
- ALVES, J.J.A.; ARAÚJO, M.A.; NASCIMENTO, S.S. **Degradação da Caatinga: uma avaliação ecogeográfica**. Caminhos da Geografia. (UFU. On-line), 2008. V.9 p. 143-155.
- ARAÚJO NETO, J.C.; AGUIAR, I.B.; FERREIRA, V.M. **Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC.** Brazilian Journal of Botany, p. 249-256, 2003.
- ARAÚJO, E.L. et al. **Germinação e protocolos de quebra de dormência de plantas do semi-árido nordestino**. In: GIULIETTI, A.M.; QUEIROZ, L.P. (Eds.). Recursos genéticos do semi-árido nordestino. Recife: Instituto de Milênio do Semi-Árido, 2006. v. 5, cap. 2, p. 73-110.
- BAKKE, I.A. et al. **Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) poiret seed germination**. Revista Caatinga, v. 19, n. 3, 2006.
- BARBOSA, A.C.C. **Recuperação de área degradada por mineração através da utilização de sementes e mudas de três espécies arbóreas do cerrado, no Distrito Federal**. 2008. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- BARBOSA, D.C.A.; BARBOSA, M.C.A.; LIMA, L.C.M. **Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga**. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds.). Ecologia e conservação da Caatinga. Recife, cap. 16, p. 657-693. 2003.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. Plenum Press, New York, 445 p. 1994
- BENEDITO, C.P. **Biometria, germinação e sanidade de sementes de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* Willd.) e jurema-branca (*Piptadenia stipulacea* Benth.)**. 2012. 95 f.: Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2012.
- BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. **Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares**. Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, v. 5, p. 123-145, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF, 2013. 97p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caatinga**. 2017a. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biomas/Caatinga>> Acesso em 30 out 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – CNUC**: tabela consolidada de unidades de conservação. Ministério do Meio Ambiente. Brasília-DF, 2017b. Disponível em <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80112/CNUC_JUL17%20-%20C_Bio.pdf> Acesso em: 28 set 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cartilha - Cadastro Ambiental Rural (CAR)**. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília – DF, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa - PLANAVEG**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas - Departamento de Conservação da Biodiversidade/MMA. Brasília – DF, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto de Monitoramento de Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS- Caatinga)**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília-DF, 2017c. 32p.

BRASILEIRO, R.S. **Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação**. Scientia Plena, v. 5, n. 5, 2009.

CARDOSO, V.J.M. **Germinação**. In: KERBAUY, G.B. (Ed.). Fisiologia Vegetal. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 2008, cap. 17, p. 386-408.

CARVALHO, L.R.; SILVA, E.A.A.; DAVIDE, A.C. **Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento**. Revista Brasileira de Sementes, v. 28, n. 2, p. 15-25, 2006.

CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. **Embebição e reativação do metabolismo**. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). Germinação: do básico ao aplicado. 1 ed. Artmed, p. 149-162. Porto Alegre: 2004b.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. **Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água**. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). Germinação: do básico ao aplicado. 1 ed. Artmed, p. 61-68. Porto Alegre: 2004a.

CREPALDI, I.C.; SANTANA, J.R.F.; LIMA, P.B. **Quebra de dormência de sementes de pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul.-Leguminosae, Caesalpinioideae)**. Sientibus, v. 18, p. 19-29, 1998.

DALBERTO, D.S.; BRAGA, L.F. **Estresse osmótico e putrescina na germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb (Malvaceae)**. Científica, v. 41, n. 2, p. 99-110, 2013.

DU BOCAGE, A.L.; SALES, M.F. **A família Bombacaceae Kunth no Estado de Pernambuco, Brasil**. Acta Botanica Brasilica 16(2): 123-139. 2002

DUARTE, M.C. ***Pseudobombax*** in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB25762>>. Acesso em 18 de setembro de 2017.

DUTRA, V.F.; MORIM, M.P. ***Mimosa*** in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB18874>>. Acesso em 18 de setembro de 2017.

EIRA, M.T.S. **Condicionamento osmótico de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.):** efeitos sobre a germinação e desempenho sob estresse hídrico, salino e térmico. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 90p. 1988.

FARIAS, R.M. et al. **Superação de dormência em sementes de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*).** Revista de Ciência Agrárias, Recife, v. 56, n. 2, p. 160-165, 2013.

FERRAZ-GRANDE, F.G.A.; TAKAKI, M. **Efeitos da luz, temperatura e estresse de água na germinação de sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth.(Caesalpinioideae).** Bragantia, Campinas, v.65, n.1, p.37-42, 2006

FIGUEREDO NETO, A.; VIEIRA, J.F.; SANTO, F.S.E.; SOARES, V.N. **Características das sementes de espécies nativas do bioma Caatinga.** In: SCHUCH, L.O.B. (Org.). Sementes: produção, qualidade e inovações tecnológicas. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, p. 497-513, 2013.

GUEDES, R.S. et al. **Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas.** Ciência Florestal, v. 23, n. 1, p. 45-53, 2013.

LABOURIAU, I.G. **A germinação das sementes.** Washington: Secretaria Geral da organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LEAL, I.R., TABARELLI, M.; Silva, J.M.C. **Ecologia e conservação da Caatinga.** Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. 2003.

LEWIS, G.P. ***Libidibia*** in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB109828>>. Acesso em 18 de setembro de 2017.

LIMA, J.L.S. **Plantas forrageiras das Caatingas:** usos e potencialidades. Petrolina: Embrapa-CPATSA: PNE: RBG-KEW, 1996. 44p.

LIMA, P.C.F. **Áreas degradadas:** métodos de recuperação no semi-árido brasileiro. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Reunião Nordestina De Botânica, 27., 2004, Petrolina, PE. [Anais...]. Petrolina: SBB; Embrapa Semi-Árido; UNEB, 2004. 1 CD-ROM., 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, v.1. 4. Ed. Nova Odessa-SP: Editora Instituto Plantarum, 2002a.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, v.2. 2. Ed. Nova Odessa-SP: Editora Instituto Plantarum, 2002b.

MAGUIRE, J.D. **Speed of germination-aid in selection and evolution for seedling emergence and vigor**. Crop Science, Madison, v.2, n.1, p.176-177. 1962.

MAIA, G.D. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. Fortaleza: Editora Print Color e Editora, 2. Ed., 2012.

MAIA-SILVA, C. et al. **Guia de Plantas: visitadas por abelhas na Caatinga**. 1. ed. Fortaleza, CE: Editora Fundação Brasil Cidadão, 2012. p. 191

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

MAURY, C. M. (Org.). **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade dos biomas brasileiros**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2002. 404p.

MOURA, M.R. et al. **Efeito do estresse hídrico e do cloreto de sódio na germinação de *Mimosa caesalpinifolia* Benth.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 6, n. 2, p. 230-235, 2011.

MORIM, M.P. ***Piptadenia*** in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB83593>>. Acesso em 18 de setembro de 2017.

NASSIF, S.M.L. et al. **Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação de sementes**. Informativo Sementes IPEF, 1998.

NEMA. Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental. **Nota técnica nº 18**. Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Petrolina-PE, 2016. 539p.

OLIVEIRA, G.M. **Tolerância de diferentes lotes de sementes de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr.All.) sob estresses abióticos**. 2015. 50 f.: Dissertação (Mestrado em Horticultura Irrigada) - Universidade do Estado da Bahia, Campus Juazeiro, Juazeiro-BA, 2015.

OSUNA, J.T.A.; PELACANI, C.; QUEIROZ, S.R.O.D.; RIIOS, A.P.S.; RIBEIRO, C.R. **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do semi-árido**. In: GIULIETTI, A.M.; QUEIROZ, L.P. (Orgs.). Recursos genéticos do semi-árido nordestino. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2006, v. 5, p. 111-124.

PEREIRA JÚNIOR, L.R., ANDRADE, A.P., ARAÚJO, K.D., BARBOSA, A.S.; BARBOSA, F.M. **Espécies da Caatinga como alternativa para o desenvolvimento de novos fitofármacos**. Floresta e Ambiente, 21: 509-520. 2014.

PEREIRA, M. S. **Manual Técnico: conhecendo e produzindo sementes e mudas da Caatinga**. Associação Caatinga, Fortaleza, 2011. 85p.

PRADO, D. E. **As Caatingas da América do Sul**. In.: LEAL, I. R. & TABARELLI, M. (Eds.) Ecologia e Conservação da Caatinga. Editora Universitária: UFPE. 2003.

QUEIROZ, L.P. **Leguminosas da Caatinga**. Feira de Santana: UEFS, 2009. 467 p.

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

SANTANA, D.G. RANAL, M.A. **Análise da germinação: um enfoque estatístico**. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2004. 248 p.

SANTOS, A.R.F.; SILVA-MANN, R.; FERREIRA, R.A. **Restrição hídrica em sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.)**. Revista Árvore, v. 35, n. 2, p. 213-220, 2011.

SENA, C.M.; GARIGLIO, M.A. **Sementes florestais: colheita, beneficiamento e armazenamento**. Brasília, DF: IBAMA, 2008. 28p.

SILVA, J.M.C. et al. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2004.

SILVA, L.M.M.; ALMEIDA, F.A.C.; QUEIROGA, V.P. **Germinação de sementes**. In: ALMEIDA, F.A.C.; QUEIROGA, V.P.; BARROS NETO, J.J.S.; GONÇALVES, C. (Orgs.). Sementes: Estudos Tecnológicos. 1.ed. Aracaju - SE: Instituto Federal de Sergipe - IFS, 2014, v.01 p.85-97

SILVA, P.C.G. **Apresentação**. Anais do I Simpósio do Bioma Caatinga, p. 4, 2016.

SILVA, R.B. et al. **Ecofisiologia de sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke**. 2011. 63 f.: Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2011.

SILVA-LUZ, C.L.; PIRANI, J.R. **Anacardiaceae** in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB4394>>. Acesso em 18 de setembro de 2017.

SOUSA, A.J.J.; SOBRINHO, A.I. **A importância do reflorestamento nos processos de recuperação das áreas degradadas do sertão paraibano**. Revista Brasileira de Meio Ambiente e Sustentabilidade - REBEMAS, v. 1, n. 1, p. 14-20, nov. 2016.

SOUZA, M.O.; PELACANI, C.R.; RUFINO, C.A. **Aspectos moleculares, fisiológicos e bioquímicos do condicionamento fisiológico de sementes na tolerância ao estresse abiótico.** Sementes: produção, qualidade e inovações tecnológicas. 1ed. 2013, v.1 p.283-319

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