



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



Cibele Alves dos Santos

GRAU DE RESILIÊNCIA EM DUAS ESPÉCIES DO SEMIÁRIDO
SUBMETIDAS A ESTRESSES ABIÓTICOS

Recife – 2014

Cibele Alves dos Santos

**GRAU DE RESILIÊNCIA EM DUAS ESPÉCIES DO SEMIÁRIDO
SUBMETIDAS A ESTRESSES ABIÓTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientadora: Prof^{fa} Dr^a Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira – UFRPE

Recife - 2014

**GRAU DE RESILIÊNCIA EM DUAS ESPÉCIES DO SEMIÁRIDO
SUBMETIDAS A ESTRESSES ABIÓTICOS**

CIBELE ALVES DOS SANTOS

Aprovada em: 24 / 02 / 14

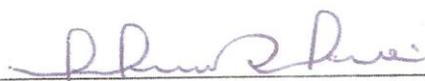


Prof.^a. Dr.^a. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira
(ORIENTADORA)

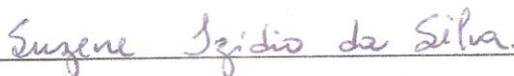
Dissertação apresentada à banca examinadora:



Prof. Dr. Fernando José Freire
(Departamento de Agronomia/ UFRPE)



Prof. Dra. Maria de Mascena Diniz Maia
(Departamento de Biologia/ UFRPE)



Prof. Dra. Suzene Izídio da Silva
(Departamento de Biologia/ UFRPE)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo Dom da Vida e também por colocar em meu caminho pessoas tão maravilhosas.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (que tornou-se minha “primeira casa”), por disponibilizar a estrutura física necessária ao desenvolvimento da minha pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pela oportunidade de cursar o mestrado ao longo desses dois anos. Agradeço em especial ao secretário Douglas Menezes, pela sua competência e por sempre estar disponível para nos ajudar e prestar esclarecimentos, com simpatia e eficiência que lhe são únicas.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

À minha orientadora, a Profa. Rejane Mansur, por ter aceito com prazer me orientar, desde a graduação até o mestrado e recentemente, no doutorado da RENORBIO. Muito obrigada porque além de orientação científica, recebi também orientação a respeito da vida, do mundo e das emoções. Sou grata pelas palavras que ouvi da senhora nos momentos em que eu mais precisei ouvi-las.

À todos que fazem parte do Laboratório de Fisiologia Vegetal (LFV), minha segunda família. Aos estagiários: Lilian Aline, Olimpia Lino, Thiago Barreto, Caio Victor, Luísa Braz, Laura Oliveira, Maria Franciyellen e Jean Gueiros por me ajudarem a conduzir meu experimento, além de Letícia Walter, que me ajudou bastante e também “sofria” junto comigo durante as avaliações das trocas gasosas, suportando o calor exaustivo da casa de vegetação. A Elaine Cristina e Rafaela Pereira, pela amizade, ajuda nas coletas e por estarem disponíveis a me ajudar. Agradeço também a Cinthya Pacheco e Natalia Vaz, que hoje são mais que amigas para mim. Meninas, obrigada por toda ajuda e dedicação a mim prestadas, pelo companheirismo nas noites de coleta e também por me dar força nos momentos mais atribulados, pelos quais eu passei ao longo do mestrado.

Agradeço pelos momentos de descontração e de alegria que vocês LFV anos me proporcionaram, pelas noites acordados junto comigo nas coletas, pelos finais de semana e feriados que passamos na UFRPE, assim como pela força e ajuda que me deram sempre que eu precisei. Como esquecer da coleta do solo lá em Caruaru? O trabalho foi bastante árduo, mas divertido e prazeroso.

A minha mãe Alda Alves e meu pai Joel Santos, pelo incentivo nos estudos, por sempre me apoiar e me dar força para seguir em frente. Não posso deixar de agradecer o amor dado a mim, assim como a compreensão de vocês quando eu precisei me ausentar nos finais de semana e feriados, por eu chegar em casa apenas para dormir, além dos momentos de estresse, quando a pouca paciência que tenho praticamente sumia.

A minha irmã Cilene Alves e meu cunhado André Freitas, pela força, apoio e também por sempre estar na torcida pelo meu sucesso.

A Clovis Lapa Neto, por ser meu namorado, amigo, psicólogo, companheiro e às vezes até estagiário! Obrigada pela sua dedicação, cumplicidade, amor e carinho, pela sua compreensão e ajuda que tive sempre que precisei. Agradeço também por ser meu porto seguro nos momentos de estresse e desespero.

A ex-LFVANA e hoje Professora da UNIVASF, Marcelle Almeida da Silva, pelos conselhos, pelo carinho e sua amizade.

A Professora Suzene Izídio, pelos momentos de oração e reflexão bíblica, tão importantes em nossa caminhada.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) por permitir a coleta do solo na Estação Experimental de Caruaru e também a Ivan Ferraz, responsável pela Estação.

Aos meus amigos da Pós-Graduação: Wedson Batista, Vanessa Santos, Anderson Batista, Lúcia Sena, Edson Torres, Paulo Karas, Robson Lima e Mariana Silva, pelos momentos de estudo (principalmente estatística), de descontração e também pela amizade. Nunca vou esquecer cada um de vocês.

Não posso deixar de agradecer aos seguranças da Universidade, em especial a Robson, Camelo, Manoel e José Roberto, pelas escoltas nas noites de coleta, assim como nos finais de semana.

Aos amigos da graduação Hilda Paiva, Thiago José e Gyl Everson pela força e amizade.

Enfim, sou grata a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, sem a ajuda de vocês nada disso seria possível. Que Deus os abençoe grandiosamente.

SANTOS, CIBELE ALVES DOS. Grau de Resiliência em Duas Espécies do Semiárido Submetidas a Estresses Abióticos. 2014. Orientadora: Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira.

RESUMO

A ação antrópica associada à adversidade climática tem dificultado o uso sustentável no semiárido. Diante dos danos causados ao meio ambiente, espécies nativas da Caatinga estão ameaçadas de extinção sofrendo também com o impacto de fatores abióticos, sendo o déficit hídrico um dos principais que afetam a sobrevivência dessas espécies. Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes potenciais osmóticos induzidos pelos cloretos de sódio e de cálcio, e pelo polietilenoglicol 6000 na germinação de *Poincianella pyramidalis* (catingueira) e *Anadenanthera colubrina* (angico), além de avaliar o grau de resiliência de mudas dessas espécies, quando submetidas à supressão hídrica e posterior reidratação. Foram conduzidos dois experimentos no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no período de junho a dezembro de 2013: um sobre germinação, em germinador BOD, onde avaliou-se a porcentagem de germinação (%G), o índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG). O outro, em casa de vegetação, versou sobre estresse hídrico, utilizando-se plântulas com um mês de idade. Após dois meses em aclimatação, procedeu-se a diferenciação dos tratamentos: Controle (Rega diária, até 100% CP); Supressão da Rega (SR); e Reirrigado (RI). Após a aplicação dos tratamentos foram avaliadas as trocas gasosas diariamente, até a constatação do fechamento estomático e/ou a fotossíntese atingir valores próximos de zero. Nessa ocasião as plantas eram reirrigadas uma única vez, até verificação do fechamento estomático. Foram avaliadas a fotossíntese (A), a transpiração (E), a condutância estomática (gs), a eficiência do uso da água (EUA), o potencial hídrico foliar (Ψ_f) e o teor relativo de água (TRA), além de determinadas as concentrações das clorofilas *a*, *b*, total e dos carotenoides. De uma forma geral, as variáveis do experimento de germinação apresentaram reduções significativas nos seus valores médios, quando as sementes foram submetidas aos tratamentos com potenciais osmóticos mais negativos, principalmente para o CaCl_2 e o PEG 6000, ocorrendo ausência total de germinação nos mais severos. Conforme o esperado, as plantas de catingueira e de angico reduziram as trocas gasosas com o prolongamento do estresse, sendo que a catingueira foi mais sensível ao efeito do estresse quando comparada com o angico, no entanto, o tempo de recuperação foi o mesmo para ambas. Da mesma forma, a catingueira e o angico tiveram os seus Ψ_f e TRA afetados em relação às plantas controle, sendo este comportamento observado nos dois horários avaliados (4h e 12 h). As plantas de catingueira e de angico apresentaram um padrão de resposta semelhante para os pigmentos fotossintéticos nas três coletas realizadas, sendo as menores médias encontradas nas plantas reirrigadas. Portanto, pode-se dizer que as espécies em estudo apresentam tolerância à salinidade, por germinarem até os tratamentos -0,4 MPa de CaCl_2 e PEG 6000 e principalmente por germinarem mesmo em condições de potenciais osmóticos mais negativos (-1,2 MPa) de NaCl. Com relação ao grau de resiliência das duas espécies, as mesmas possuem a capacidade de recuperação após períodos de estiagem intercalados com reirrigações, porém a catingueira demonstrou ser a espécie mais sensível à deficiência hídrica.

Palavras-chaves: déficit hídrico, germinação, fotossíntese, potencial hídrico, teor relativo de água.

SANTOS, CIBELE ALVES DOS. Graus de Resiliência em duas Espécies do Semiárido Submetidas a Estresses Abióticos. 2014. Orientadora: Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira.

ABSTRACT

The anthropogenic activities associated with adverse weather conditions have hampered the sustainable use in semiarid. Given the damage to the environment, native species of the Caatinga are endangered also suffering from the impact of abiotic factors, being a major drought that affect the survival of these species. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of different osmotic potential induced by the chlorides of sodium and calcium, and the polyethylene glycol 6000 in germination of *Poincianella pyramidalis* (catingueira) and *colubrina Anadenanthera* (mimosa), and to evaluate the degree of resilience of seedlings of these species when subjected to water suppression and rehydration. Two experiments were conducted at the Laboratory of Plant Physiology, Federal Rural University of Pernambuco, in the period from June to December of 2013: one on germination in BOD germination chambers, which we assessed the germination percentage (BF%), the index of germination speed (IVG) and mean germination time (MGT). The other, in a greenhouse, revolved on water stress, using seedlings with a month old. After two months of acclimatization, we proceeded to the differentiation of treatments: control (daily watering until 100% CP); Suppression of Rega (SR) and Rehydrated (RI). After the treatments gas exchange were evaluated daily until the finding of stomatal closure and/or photosynthesis reach values near to zero. At this time the plants were rehydrated once to check stomatal closure. Were evaluated photosynthesis (A), transpiration (E), stomatal conductance (gs), water use efficiency (USA), leaf water potential (Ψ_f) and relative water content (TRA), and certain the concentrations of chlorophyll a and b, and the total carotenoids. In general, the variables of the germination experiment showed significant reductions in their average values, when seeds were subjected to treatments with more negative osmotic potential, especially for the CaCl_2 and PEG 6000, complete absence of germination occurring in the most severe treatments. As expected, plants of catingueira and angico reduced gas exchange with prolonged stress, and the catingueira was more sensitive to the effect of stress compared with the mimosa, however, the recovery time was the same for both. Likewise, the catingueira and angico had their Ψ_f and TRA affected compared to control plants, this behavior being observed in the two schedules evaluated (4 and 12 hours). Plants of catingueira and angico showed a similar pattern of response to the photosynthetic pigments in the three collections performed, and the lowest average found in rehydrated plants. Therefore, it can be said that these species exhibit tolerance to salinity treatments to germinate by $-0,4$ MPa PEG 6000 and CaCl and mainly able to germinate in even more negative osmotic potential ($-1,2$ MPa) NaCl . Regarding the degree of resilience of the two species, they possess the ability to recover after periods of drought interspersed with rehydration, however catingueira proved to be the species most sensitive to water deficit.

Keywords: drought, germination, photosynthesis, water potential, relative water content.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Assepsia das sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz. 26
- Figura 2 - Assepsia das sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. 27
- Figura 3 - Disposição das sementes no germitest e germinador, utilizados no ensaio..... 28
- Figura 4 - Medição de *Anadenanthera colubrina* seguindo o critério de 2 mm de emissão da radícula..... 29
- Figura 5 - Coleta e preparo do solo em bandejas para a germinação das sementes de catingueira e angico cultivadas em casa de vegetação. A) Profundidade do solo coletado em Caruaru- PE (0-20 cm; 20-40 cm); B) Preparo do solo em bandejas; C) Semeadura das sementes em bandejas.31
- Figura 6 - Transplântio de mudas de catingueira e angico cultivadas em casa de vegetação. A) preparo dos vasos para colocar as mudas; B) Transplântio de mudas de catingueira. 31
- Figura 7 – Delineamento experimental e visão geral do experimento em casa de vegetação no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (LFV/UFRPE). 32
- Figura 8 - Análise das trocas gasosas com o analisador de gás portátil a infravermelho – IRGA, ADC, modelo LCipro nas plantas de catingueira (A) e angico (B), cultivadas em casa de vegetação..... 33
- Figura 9 – Visão geral da coleta de material vegetal para análise de potencial hídrico foliar (Ψ_f) em plantas de catingueira e angico. A) Folhas de catingueiras envolvidas em filme plástico; B) Folhas de catingueiras envolvidas em filme plástico; C) Câmera de pressão de Scholander. 34
- Figura 10 - Porcentagem de germinação (%G) em sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (catingueira), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl_2) e polietilenoglicol 6000 (PEG). Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade..... 37
- Figura 11 - Porcentagem de germinação (%G) em sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl_2) e polietilenoglicol 6000 (PEG). Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. 38
- Figura 12 - Índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (catingueira), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl_2) e polietilenoglicol 6000 (PEG). Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade..... 39
- Figura 13 - Índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl_2) e polietilenoglicol 6000 (PEG). Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. 40

Figura 14 - Tempo médio de germinação (TMG) em sementes de <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P. Queiroz (catingueira), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl ₂) e polietilenoglicol 6000 (PEG). Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....	41
Figura 15 - Tempo médio de germinação (TMG) em sementes de <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan (angico), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl ₂) e polietilenoglicol 6000 (PEG). Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....	42
Figura 16 - Fotossíntese líquida (A) em plantas jovens de <i>Poincianella pyramidalis</i> e <i>Anadenanthera colubrina</i> submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....	45
Figura 17 - Transpiração (E) em plantas jovens de <i>Poincianella pyramidalis</i> e <i>Anadenanthera colubrina</i> submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade	47
Figura 18 - Condutância estomática (gs) em plantas jovens de <i>Poincianella pyramidalis</i> e <i>Anadenanthera colubrina</i> submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....	49
Figura 19 - Eficiência do uso da água (EUA) em plantas jovens de <i>Poincianella pyramidalis</i> e <i>Anadenanthera colubrina</i> submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....	51
Figura 20 - Potencial hídrico foliar (Ψ_f) de plantas jovens de <i>Poincianella pyramidalis</i> e <i>Anadenanthera colubrina</i> , às 4 horas da manhã, submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. A – Primeira Coleta; B – Segunda Coleta; C – Terceira Coleta. Letras minúsculas e iguais não diferem entre as espécies e maiúsculas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....	53
Figura 21- Potencial hídrico foliar (Ψ_f) de plantas jovens de <i>Poincianella pyramidalis</i> e <i>Anadenanthera colubrina</i> , ao meio-dia, submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. A – Primeira Coleta; B – Segunda Coleta; C – Terceira Coleta. Letras minúsculas e iguais não diferem entre as espécies e maiúsculas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....	55
Figura 22 – Teor Relativo de Água (TRA) de plantas jovens de <i>Poincianella pyramidalis</i> e <i>Anadenanthera colubrina</i> , às 4 horas da manhã, submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. A – Primeira Coleta; B – Segunda Coleta; C – Terceira Coleta. Letras minúsculas e iguais não diferem entre as espécies e maiúsculas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....	58
Figura 23 - Teor Relativo de Água (TRA) de plantas jovens de <i>Poincianella pyramidalis</i> e <i>Anadenanthera colubrina</i> , ao meio-dia, submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. A – Primeira Coleta; B – Segunda Coleta; C – Terceira Coleta. Letras minúsculas e iguais não diferem entre as espécies e maiúsculas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....	60

Figura 24 – Teores de pigmentos fotossintéticos de plantas jovens de *Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina*, ao meio-dia, submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. A – Clorofila *a* (1ª Coleta); B – Clorofila *a* (2ª Coleta); C – Clorofila *a* (3ª Coleta); D – Clorofila *b* (1ª Coleta); E – Clorofila *b* (2ª Coleta); F – Clorofila *b* (3ª Coleta); G – Clorofila Total (1ª Coleta); H – Clorofila Total (2ª Coleta); I – Clorofila Total (3ª Coleta); J – Carotenoides (1ª Coleta); K – Carotenoides (2ª Coleta); L – Carotenoides (3ª Coleta). Letras minúsculas e iguais não diferem entre as espécies e maiúsculas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. 64

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A	Fotossíntese
ANOVA	Análise da variância
APNE	Associação de Plantas do Nordeste
B.O.D.	Biochemical Oxygen Demand
CaCl ₂	Cloreto de Cálcio
Cl ⁻	Íon cloreto
Chl <i>a</i>	Clorofila <i>a</i>
Chl <i>b</i>	Clorofila <i>b</i>
Chl total	Clorofila total
CO ₂	Dióxido de carbono
E	Transpiração
EUA	Eficiência do Uso da Água
gs	Condutância estomática
IVG	Índice de Velocidade de Germinação
K ⁺	Íon potássio
KCl	Cloreto de cálcio
N	Nitrogênio
Na ⁺	Íon sódio
NaCl	Cloreto de sódio
PEG 6000	Polietilenoglicol 6000
TMG	Tempo médio de germinação
%G	Porcentagem de germinação
Ψ _f	Potencial hídrico foliar

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A CAATINGA	16
2.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ESPÉCIES	17
2.2.1. <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L. P. Queiroz.....	17
2.2.2. <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	18
2.3. GERMINAÇÃO.....	20
2.4. ESTRESSE HÍDRICO	21
2.5. EFEITOS DO ESTRESSE HÍDRICO NO VEGETAL	22
2.6. ESTRESSE SALINO E SEUS EFEITOS NA GERMINAÇÃO	24
3. OBJETIVOS	25
3.1. OBJETIVO GERAL	Erro! Indicador não definido.
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Erro! Indicador não definido.
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1. ENSAIO I: EFEITO DOS ESTRESSES HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CATINGUEIRA E ANGICO.....	26
4.1.1. Local de realização do experimento e aquisição das sementes	26
4.1.2. Tratamentos e delineamento experimental	27
4.1.3. Variáveis analisadas	28
4.1.3.1. Porcentagem de germinação (%G).....	28
4.1.3.2. Índice de velocidade de germinação (IVG).....	29
4.1.3.3. Tempo médio de germinação (TMG).....	29
4.1.4. Análise estatística.....	30
4.2. ENSAIO II: RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM PLANTAS JOVENS DE CATINGUEIRA E ANGICO SUBMETIDAS À SUPRESSÃO HÍDRICA E POSTERIOR REIRRIGAÇÃO	30
4.2.1. Local de realização e montagem do experimento	30

4.2.2. Tratamentos e delineamento experimental	32
4.2.3. Variáveis analisadas	33
4.2.3.1. Trocas gasosas.....	33
4.2.3.2. Potencial hídrico foliar (Ψ_f)	34
4.2.3.3. Teor Relativo de Água (TRA).....	34
4.2.3.4. Teores de pigmentos fotossintéticos.....	35
4.2.4. Análise estatística.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1. Ensaio I.....	36
5.1.1. Porcentagem de germinação	36
5.1.2. Índice de Velocidade de Germinação.....	39
5.1.3. Tempo Médio de Germinação	41
5.2. Ensaio II	43
5.2.1. Trocas gasosas: fotossíntese, transpiração, condutância estomática e eficiência do uso da água.	43
5.2.2. Potencial hídrico foliar	52
5.2.3. Teor relativo de água (TRA).....	57
5.2.3. Teores de pigmentos fotossintéticos	61
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que a Caatinga caracteriza-se por ser um ambiente que em alguns períodos do ano passa por estações secas, o que faz com que as espécies de vegetais que se desenvolvem nesta região passem por períodos de deficiência hídrica, devido às frequentes estiagens e às suas características edafoclimáticas. Apesar de aparentemente a Caatinga não ser uma região favorável para o estabelecimento de plantas, várias espécies conseguem germinar, se desenvolver e reproduzir através da utilização de mecanismos e de adaptações desenvolvidas por elas ao longo dos anos, sendo por tanto, um bioma com uma rica diversidade.

Além da escassez de água, outro fator prejudicial ao desenvolvimento de espécies de plantas é a salinização dos solos, causada principalmente pelas elevadas taxas de evaporação da água presente no solo, que faz com que os íons se localizem nas camadas mais superficiais, aliada à baixa precipitação pluviométrica.

Portanto, o esclarecimento dos mecanismos de respostas dos vegetais aos estresses abióticos, tais como o déficit hídrico e a salinidade, bem como os seus efeitos no metabolismo das plantas são de fundamental importância para o desenvolvimento de espécies de importância ecológica e econômica, mesmo em condições de estresse. Esses conhecimentos podem contribuir para o desenvolvimento de novas técnicas de manejo de plantas para subsidiar programas de melhoramento genético, na produção de variedades tolerantes aos estresses abióticos.

Na presente pesquisa foram utilizadas duas espécies que são amplamente distribuídas na Caatinga: a catingueira (*Poincianella pyramidalis*) e o angico (*Anadenanthera colubrina*). Ambas as espécies são de importância econômica, sendo utilizadas com fins medicinais, madeireiros, forrageiros, ornamentais, na recuperação de áreas degradadas, dentre outros usos.

Apesar da importância da catingueira e do angico, as referidas espécies não tem recebido muita atenção e são pouco estudadas sendo, portanto, de fundamental importância a realização de pesquisas que forneçam subsídios para o conhecimento ecofisiológico da *Poincianella pyramidalis* e da *Anadenanthera colubrina*, assim como dos mecanismos de adaptação/tolerância utilizados pelas espécies.

Diante do cenário atual em que se encontra a Caatinga, e conhecendo a sua importância econômica, social e ecológica, torna-se fundamental a necessidade de

ampliar as pesquisas que desenvolvam ações de recuperação ambiental, com o objetivo de promover a recomposição de espécies nativas, a fim de que seja evitado que os impactos já causados pelo homem tornem esse bioma em uma região ainda mais deteriorizada, ou até mesmo desertificada.

Assim sendo, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar os efeitos de diferentes potenciais osmóticos induzidos pelos cloretos de sódio e de cálcio, e pelo polietilenoglicol 6000 na germinação de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, além de avaliar o grau de resiliência de mudas destas espécies quando submetidas à supressão hídrica e posterior reidratação. Estas avaliações foram feitas através do estudo da porcentagem de germinação, do índice de velocidade de germinação e do tempo médio de germinação, da análise das trocas gasosas, das relações hídricas e dos teores de pigmentos fotossintetizantes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A CAATINGA

As florestas brasileiras vêm sendo devastadas, o que pode ocasionar a extinção de espécies nativas, acarretando em danos ao meio ambiente e à própria população (ALVES et al., 2007). Nesse contexto, Dantas et al., (2011) salientam que uma forma de contribuir para a manutenção e recomposição das florestas pode ser dada através do estudo da fisiologia, das potencialidades e do manejo adequado das espécies.

No caso do Nordeste brasileiro, os recursos florestais começaram a ser explorados após a chegada dos colonizadores, através do uso do pau-brasil para tingir tecidos nos países europeus e logo em seguida, dos grandes desmatamentos para introduzirem a cana-de-açúcar na região e mais tarde, da ocupação das áreas florestais pelo gado (GARIGLIO et al., 2010).

O extrativismo e a agropecuária são apontados como os principais fatores que favorecem a desertificação, resultado do desmatamento e da degradação do solo (SAMPAIO & ARAÚJO, 2005). Acerca do desmatamento, os autores afirmam que os principais agentes causadores são: substituição da vegetação para construções; retirada da vegetação para utilização de material do solo ou do subsolo, como por exemplo, a mineração; as queimadas que são a principal causa do início da desertificação, quando feitas em lugares mais susceptíveis à erosão; uso desordenado da lenha; por fim, a substituição de plantas nativas por outras de interesse agrícola.

Dentro deste contexto encontra-se a Caatinga, que apresenta clima quente e semiárido, com menos de 1000 mm de chuva ao ano, distribuídas por um curto período e secas que podem durar até dois anos. Os solos variam de rasos e pedregosos a profundos e arenosos, pouco férteis ou altamente férteis (VELLOSO et al., 2002). Mesmo assim, a Caatinga possui uma alta diversidade florística, com muitas espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas, que vem perdendo espaço para a agricultura, a produção de lenha e também para o gado. Essas espécies são morfofisiologicamente adaptadas para suportarem as condições adversas que existem na Caatinga, através da caducifolia e alta capacidade de rebrota por tocos e raízes (GARIGLIO et al., 2010).

A Caatinga estende-se por aproximadamente 800.000 Km², ocupando cerca de 10% de todo o território brasileiro, podendo ser encontrada nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (SOUZA, 2006). Ela é situada na região semiárida, que caracteriza-se por apresentar temperaturas médias de 27 °C e evaporação de 2.000 mm ao ano, com as precipitações pluviométricas mal distribuídas e em torno de 800 mm ao ano. Dessa forma, nota-se que nas estações secas ocorre um déficit de água, uma vez que a taxa de evaporação é bem mais elevada que a quantidade de chuvas (LIMA et al., 2011).

Por muitos anos a Caatinga vem sendo utilizada pelo homem de forma desordenada, o qual usufrui de suas árvores para o consumo de frutos, a produção de lenha e carvão e do seu solo, para a pecuária e agricultura. Como consequência disto, milhares de hectares já foram desgastados, causando desequilíbrios ambientais, como por exemplo, a desertificação em algumas áreas, o que vem despertando o interesse de pesquisadores dos âmbitos ecológico, econômico e social (VELLOSO et al., 2002; SOUZA, 2006; APNE, 2013), para preservar com sustentabilidade.

Além disso, a agropecuária tem contribuído bastante para a degradação da caatinga, já que o gado se alimenta também das plantas jovens, impedindo que as mesmas se desenvolvam, e aliado a isso os animais também pisoteiam o solo comprometendo a sua drenagem e o escoamento da água, uma vez que o mesmo fica muito compactado (SOUZA, 2006). Em adição, Cavalcanti (2011) diz que essa prática traz injúrias aos bancos de sementes, dificultando a possibilidade da vegetação se regenerar.

2.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ESPÉCIES

2.2.1. *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz

Conhecida popularmente como catingueira, catingueira-da-folha-larga, catinga-de-porco e pau-de-rato, a *Poincianella pyramidalis* é uma espécie pertencente à família Fabaceae, subfamília Caesalpinoideae, de ocorrência no Nordeste Brasileiro.

É uma árvore que mede de 4 a 12 m de altura, com caule acinzentado e rico em lenticelas, possui copa irregular e decídua na estação seca. As suas folhas são bipinadas, apresentando de 5 a 11 folíolos alternos ou opostos, sésseis, obtusos e oblongos e às

vezes, quando jovens, apresentam uma coloração levemente rosada. Depois que adquirem a cor verde, as folhas tem um odor desagradável, característico desta espécie. As flores da catingueira são amarelas e dispostas em racimos curtos, seu fruto é uma vagem de 8 a 11 cm de comprimento e cerca de 2 cm de largura, de cor castanho claro, deiscente, contendo de 5 a 11 sementes quiescentes de cor castanho claro. Sua madeira é de cor branco amarelada, com densidade de $0,99 \text{ g/cm}^3$. Floresce e frutifica na estação chuvosa, sendo o primeiro pico de floração próximo ao início da estação chuvosa e o segundo, próximo ao início da estação seca (SAMPAIO et al., 2005; MAIA, 2012).

Com relação à sua distribuição, a catingueira é considerada como uma espécie característica da Caatinga, sendo facilmente encontrada em diversas condições edafoclimáticas, até mesmo nas mais inóspitas, o que favorece a sua utilização pelo homem, o qual aproveita as potencialidades da mesma, tais como: o uso na medicina popular no tratamento de infecções causadas pelas secreções nasais, diarreias, disenterias, hepatite e anemia; no tratamento de verminoses em animais domésticos; uso agropecuário, na alimentação de bovinos, caprinos e ovinos; seu uso madeireiro como lenha, carvão e construções; além das cinzas de sua madeira serem utilizadas na fabricação de sabão (MAIA, 2012). Pesquisas indicam que a *P. pyramidalis* possui metabólitos presentes nas folhas e na casca com atividade antimicrobiana, contra o *Staphylococcus aureus* e antifúngica, para *Candida alicans*, *Candida guilliermondii*, *Trichophyton rubrum*, *Cryptococcus neoformans* e *Fonsecaea pedrosoi*, o que corrobora a importância da utilização desta espécie para fins farmacológicos e medicinais (CRUZ, 2007; SARAIVA, 2012).

Com relação ao seu uso silvicultural, a catingueira é uma espécie empregada na recuperação de áreas degradadas, uma vez que é uma planta resistente às condições adversas, pois fixa-se bem em lugares com solos de variados tipos, além de ser uma espécie que produz bastante sementes que germinam rapidamente e suportam bem o transplantio (MAIA, 2012).

2.2.2. *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan

A *Anadenanthera colubrina* é uma espécie que pertence à família Fabaceae e subfamília Mimosoideae, conhecida popularmente como angico-amarelo, angico-branco, angico-bravo, angico-manso, angico-rosa, angico-vermelho, dentre outros

nomes. De acordo com Maia (2012), o angico é amplamente distribuído na Caatinga, além de ser encontrado também na Floresta Atlântica, Cerrado e nas partes secas do Pantanal Mato-Grossense.

A casca do angico tem muitas variações de cores e texturas e, quando feridas, liberam uma goma-resina amarelada e avermelhada como exsudado, que tende a aumentar conforme a idade da planta. Suas folhas são compostas, bipinadas e apresentam no pecíolo uma glândula cônica séssil elipsóide, localizada próxima à inserção, além de 1 a 4 outras glândulas menores entre os últimos pares de folíolos. As flores são brancas ou amarelo-esverdeadas, pequenas e perfumadas e o fruto é uma vagem castanho-avermelhada e achatada e suas sementes são escuras, brilhantes e achatadas. Sua árvore tem a copa esparsa e com galhos arqueados. Dependendo do tipo de solo, seu caule pode ser reto, quando em solos férteis e profundos, ou tortuoso, quando em solos de tabuleiros. Com relação à sua altura, esta é variável de acordo com o local de ocorrência. Quando ocorre na Caatinga, pode variar de 3 a 15 metros, porém em outros ecossistemas pode atingir 20 ou até 30 metros de altura. (CARVALHO, 2002; MAIA, 2012).

Dentre os diversos usos da *Anadenanthera colubrina* pode-se destacar o uso madeireiro, uma vez que a madeira é de boa qualidade e durabilidade; na medicina popular, como cicatrizante e também para tratar bronquite, faringites, tosse, gonorreia, diarreia, reumatismo dentre outras doenças; na curtição de couros, devido ao alto teor de taninos; e também tem uso inseticida no combate de lagartas e formigas, na arborização de parques e praças (MAIA, 2012). Pesquisas relacionadas à atividade antitumoral do angico também estão sendo desenvolvidas, a partir do uso de polissacarídeos isolados da goma da planta (MORETÃO, 2004). O angico é uma espécie pioneira e de crescimento rápido, sendo indicada para uso no reflorestamento de áreas degradadas, recomenda-se que o seu plantio seja feito a sol pleno, uma vez que nestas condições, o desenvolvimento da planta ocorre de forma satisfatória (CARVALHO, 2002; MAIA, 2012).

Assim como ocorre com a catingueira, trabalhos a respeito da fisiologia de plantas de angico são escassos, o que fortalece a necessidade de uma investigação mais aprofundada sobre essas espécies.

2.3. GERMINAÇÃO

Um dos estágios primordiais de desenvolvimento do vegetal é a germinação. Durante esta etapa ocorrem diversos processos bioquímicos, como por exemplo, aumento da respiração, síntese e consumo de ATP, além da síntese de proteínas e ativação de enzimas, que têm início a partir da embebição da semente. Considera-se que uma semente germinou quando uma das partes do embrião emerge para fora do seu envoltório, como por exemplo, a emissão da radícula (FERREIRA & BORGHETTI, 2004).

Uma característica importante que as sementes possuem é a tolerância à dessecação, que confere às mesmas a habilidade de reativação do seu metabolismo logo após serem reidratadas (MARCOS FILHO, 2005). Nesse contexto, o comportamento pode ser definido naturalmente pelas adversidades do ambiente fazendo com que a germinação ocorra somente em condições favoráveis, garantindo assim a efetiva perpetuação da espécie.

Para que uma semente germine é essencial a presença da água, porém a sua escassez é uma das adversidades encontradas por espécies de plantas que se desenvolvem em ambientes secos, uma vez que a disponibilidade de água para a semente, assim como a velocidade de absorção, sofre influência direta da diferença de potencial hídrico entre a semente e o solo. Portanto, as sementes de espécies que se desenvolvem em solos de regiões áridas e semiáridas se deparam com condições que geralmente não são excelentes, como por exemplo, solos com elevada concentração de sais ou afetados pela deficiência hídrica, fazendo com que o potencial mátrico do solo seja mais negativo, dificultando a absorção de água pela semente (VILLELA et al., 1991; CASTRO et al., 2004; GUEDES et al., 2013).

A deficiência hídrica é considerada por Marcos Filho (2005) um fator limitante da germinação, tendo como consequências o comprometimento da porcentagem, da velocidade e da uniformidade da germinação. Visto que a água é de fundamental importância nos processos metabólicos necessários para que a semente germine.

A concentração de sais no substrato aumenta o potencial osmótico do meio, conseqüentemente seu potencial hídrico, o qual é responsável pelo direcionamento da água, dificultando assim que a semente absorva a água e inicie as fases da germinação

(SARIN & NARAYANAN, 1968). Além de limitar a absorção da água, o estresse salino também provoca uma toxicidade na semente, podendo levar a morte do embrião. A diminuição na germinação das sementes pode ser utilizada como um indicativo de tolerância apresentado pela espécie à salinidade (OLIVEIRA et al., 2007).

2.4. ESTRESSE HÍDRICO

A definição de estresse é confusa e às vezes é utilizada de forma errônea, como afirmam Taiz e Zeiger (2004). Estes autores afirmam que o conceito de estresse é geralmente definido como algum fator de origem externa que influencia negativamente o vegetal, e que está atrelado ao fato da planta ter aptidão para enfrentar a condição adversa, tolerando o estresse. Larcher (2004) diz que o estresse é um desvio das condições ótimas para a vida, podendo ser causadas por fatores bióticos ou abióticos e que em virtude disso, ocorrem alterações e respostas na fisiologia dos organismos, que podem ser reversíveis ou não, a depender da idade do vegetal e do grau de adaptação do mesmo.

Dentre os tipos de estresses, o mais comum nas regiões semiáridas é o déficit de água, causado pelo suprimento inadequado da água disponível no solo para as plantas. Isso pode ocorrer devido a alguns fatores, tais como presença de sais no solo, elevada taxa de evaporação da água presente no solo e também à baixa precipitação pluviométrica (LARCHER, 2004). Taiz e Zeiger (2004) definem o déficit hídrico como o teor de água presente em uma célula ou um tecido que está abaixo do que normalmente é encontrado quando a planta está bem hidratada. Nas plantas que estão adaptadas a se desenvolverem em regiões propensas à deficiência hídrica, uma estratégia de sobrevivência adotada por elas é a diminuição do ritmo de crescimento como forma de diminuição do seu gasto energético (LARCHER, 2004).

Sabe-se que o déficit hídrico irá alterar o comportamento do vegetal e essas alterações irão depender de alguns fatores, como por exemplo, o genótipo do vegetal, a duração e a severidade do estresse, assim como do estágio de desenvolvimento das plantas (SANTOS & CARLESSO, 1998). Então, para saber se de fato a planta está sofrendo alguma injúria ou não pela quantidade de água que está disponível para a mesma, torna-se de fundamental importância pesquisas que submetam as plantas à

condições adversas e que acompanhem o seu comportamento avaliando suas respostas fisiológicas.

2.5. EFEITOS DO ESTRESSE HÍDRICO NO VEGETAL

Quando submetidas aos estresses ambientais, as plantas podem responder a nível celular, molecular e bioquímico alterando seu metabolismo, produzindo compostos osmorreguladores como, por exemplo, a prolina e a glicina betaína (TAIZ & ZEIGER, 2004, SILVA et al., 2004). De acordo com Larcher (2004), algumas características como alterações na atividade de enzimas, acúmulo de antioxidantes e de substâncias osmoticamente ativas, surgimento dos hormônios relativos ao estresse, aumento da respiração, inibição da fotossíntese, diminuição da produção de massa seca e alterações no crescimento são indicadoras de que a planta está sob a condição de estresse. Em geral, para se medir o estresse são avaliadas a produtividade agrícola, o acúmulo de biomassa e absorção de CO₂ e minerais (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O estresse, quando moderado, está dentro da normalidade e também traz benefícios aos vegetais, como por exemplo, uma maior capacidade de adaptação e o estabelecimento de plantas mais resistentes às condições estressantes ao longo do tempo (LARCHER, 2004).

Entre os vários parâmetros fisiológicos utilizados no estudo das respostas dos vegetais mediante a baixa disponibilidade de água, o potencial hídrico foliar é um referencial do *status* hídrico da planta que descreve um indicativo do nível de estresse hídrico no qual a planta está submetida. Aliada à medição do potencial hídrico, o teor relativo de água é outra variável indicadora de estresse que pode ser facilmente mensurada. Muitas vezes, é considerado um melhor indicador da intensidade do estresse pela seca que o potencial hídrico (PIMENTEL, 2004; TAZ & ZEIGER, 2004).

Em estudo sobre a variação sazonal do potencial hídrico de 11 espécies da Caatinga, Trovão et al. (2007), concluíram que durante o período de estiagem, o potencial hídrico das plantas é afetado, sendo esta uma variável de alta sensibilidade quando se trata de disponibilidade hídrica no solo.

O estudo das relações hídricas é de fundamental importância para se conhecer o *status* hídrico no vegetal, ao passar pelas condições estressantes, uma vez que a

diminuição da turgescência celular é apontada por Larcher (2004) como sendo a primeira resposta à deficiência hídrica.

À medida que o solo desidrata e o seu potencial mátrico vai se tornando mais negativo, algumas plantas podem recorrer ao ajustamento osmótico, por meio do acúmulo de solutos em suas células, com o objetivo de diminuir seu potencial hídrico e assim, manter o turgor de suas células (TAIZ & ZEIGER, 2004; SILVA et al., 2009).

Uma das primeiras consequências do déficit hídrico no vegetal pode ser observado sobre os seus estômatos, os quais fecham-se, resultando em drásticas reduções na fotossíntese, uma vez que a absorção do CO₂ é limitada, sendo este fechamento mais evidenciado no horário em que as temperaturas estão mais elevadas. Este fechamento pode acontecer imediatamente ou ser gradativamente, a depender da espécie, onde estas levarão períodos de tempo diferentes para terem seus estômatos fechados completamente, atingindo valores de fotossíntese próximos a zero (ROCHA & MORAES, 1997; NOGUEIRA et al., 1998; NOGUEIRA & SANTOS, 2000; GONÇALVES et al., 2009; PIMENTEL, 2004; OLIVEIRA et al., 2011; SILVA, 2013; NASCIMENTO, 2013).

O período de supressão hídrica necessário para que ocorra o fechamento estomático, bem como a capacidade de se recuperar após uma reirrigação, varia de acordo com a espécie. Para mudas de moringa submetidas ao déficit hídrico, esta recuperação foi observada após 24 horas da reirrigação (SILVA, 2013), enquanto que para mudas de *Carapa guianensis*, esta recuperação foi ocorreu após 8 dias da reirrigação (GONÇALVES et al., 2009) e 4 dias para *Hymenaea courbaril* (NASCIMENTO, 2013).

As clorofilas e os carotenoides são pigmentos fotossintéticos e acessórios, que podem ser degradados em função do estresse hídrico ou pelo aumento da intensidade luminosa e da temperatura. A alteração dos pigmentos fotossintetizantes pode ser causada também pelo estresse oxidativo (STREIT et al., 2005; OLIVEIRA, 2013). Em pesquisas envolvendo a deficiência hídrica, foram encontradas alterações nos teores de clorofilas e carotenoides (MOURA, 2010; SILVA, 2013; OLIVEIRA, 2013). Além dessas variáveis, outras, tais como, a concentração de prolina, carboidratos solúveis, dosagem das enzimas oxidativas, entre outras, são utilizadas pelos pesquisadores para avaliar os mecanismos de respostas das plantas quando submetidas a estresses abióticos

(SILVA et al., 2004; QUEIROZ et al., 2008; SILVA et al., 2009; SILVA, 2011; PEREIRA et al., 2012; NASCIMENTO, 2013; SILVA, 2013).

2.6. ESTRESSE SALINO E SEUS EFEITOS NA GERMINAÇÃO

Outro tipo de estresse que afeta os vegetais é a salinidade, também evidenciada na região Nordeste, sendo potencializada pelas altas taxas de evaporação e pelo crescimento da população, que demanda maior produção de alimentos. Para atender a demanda, os produtores utilizam áreas que estão degradadas e que necessitam de irrigação, sendo esta realizada muitas vezes com água inadequada ou salinizada, comprometendo a qualidade do solo e também provocando prejuízos econômicos (RIBEIRO, 2010).

Podem ser considerados como salinos os solos que não possuem drenagem adequada e são caracterizados pela presença de sais nas camadas superficiais. Dentre esses sais, os principais são os cloretos, sulfatos e bicarbonatos de sódio, cálcio e magnésio. Quanto à sua origem natural, eles podem ser procedentes dos minerais primários que formam as rochas, após sofrerem intemperismo químico (RIBEIRO, 2010). No entanto, em regiões áridas e semiáridas, a concentração pode ser mais elevada, devido ao manejo inadequado da irrigação o que prejudica os vegetais e também o solo (FERREIRA et al., 2010). Nessas áreas a irrigação torna-se necessária, já que a evapotranspiração é maior que até mesmo a taxa de precipitação, causando uma deficiência hídrica que só pode ser compensada com a água da irrigação (HOLANDA et al., 2010; LIMA et al., 2011).

A respeito da salinidade, Queiroz et al. (2010) afirmam que a mesma é influenciada em função da interação entre os fatores edafoclimáticos e antrópicos. Dentre os fatores edafoclimáticos, os autores citam a quantidade e distribuição das chuvas, a permeabilidade do solo e as condições climáticas, como por exemplo, a umidade relativa e a temperatura, e os fatores antrópicos são a irrigação, as práticas culturais, entre outros.

O esclarecimento dos mecanismos de tolerância à salinidade, bem como os efeitos da salinidade nos vegetais é de fundamental importância para o desenvolvimento de espécies de importância ecológica e econômica, mesmo em condições de estresse. Esses conhecimentos podem contribuir para o desenvolvimento de novas técnicas de manejo

de plantas tolerantes à salinidade. A germinação é uma das etapas de desenvolvimento do vegetal e o estudo dos reais efeitos da salinidade sobre esta etapa é de fundamental importância para que se compreenda o estabelecimento de espécies em ambientes salinizados.

Os efeitos da salinidade sobre a germinação podem ser notados tanto pela interferência dos sais nos processos fisiológicos como pela redução do potencial osmótico da semente, fazendo com que ocorra um estresse hídrico induzido pelo aumento desses sais, dificultando assim a absorção de água (QUEIROGA et al., 2006). Segundo Morais et al. (2007), a salinidade pode ainda causar injúrias por estresse iônico, decorrente de alterações nas relações K^+/Na^+ e de excessiva concentração de íons Na^+ e Cl^- .

Alguns dos principais efeitos citados na literatura são: redução na porcentagem da germinação, limitação da germinação, índice de velocidade de germinação mais lento, redução do crescimento da raiz primária, decréscimo do crescimento do hipocótilo de plântulas, aumento do tempo médio para que as sementes germinem (FANTI & PEREZ, 2004; MACHADO NETO et al., 2006; REGO et al., 2007; ANDRÉO-SOUZA et al., 2010; GORDIN et al., 2013; FERREIRA et al., 2013; PELEGRINI et al., 2013)

Os principais fatores que podem causar esses efeitos estão relacionados à dificuldade de absorção de água, a toxicidade dos íons e as interferências dos sais nos processos fisiológicos. O excesso de íons no solo poderá causar o efeito osmótico, o que torna o potencial osmótico do solo mais negativo que o das sementes, causando nas mesmas uma seca fisiológica por escassez hídrica, já que a disponibilidade de água no solo será diminuída e conseqüentemente, impossibilitará a absorção da água do meio (DIAS & BLANCO, 2010; SILVEIRA, et al., 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ENSAIO I: EFEITO DOS ESTRESSES HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CATINGUEIRA E ANGICO

3.1.1. Local de realização do experimento e aquisição das sementes

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizado no município do Recife, no mês de junho de 2013. Foram utilizadas sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan coletadas de cinco matrizes no município de Crateús – CE em julho de 2012.

Para realizar a assepsia das sementes, as mesmas foram imersas em uma solução preparada com água e detergente comercial, na proporção de cinco gotas de detergente para cada 100 ml de água (Figura 1). As sementes permaneceram nessa solução por um período de 5 minutos e após esse tempo passaram por enxágue em água corrente para que o detergente fosse removido por completo (Figura 2), conforme descrito nas Instruções Para Análises de Sementes Florestais (BRASIL, 2013).



Figura 1 - Assepsia das sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz.



Figura 2 - Assepsia das sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan.

3.1.2. Tratamentos e delineamento experimental

As sementes foram submetidas a soluções de diferentes potenciais osmóticos, correspondendo ao estresse hídrico induzido pelo polietilenoglicol 6000 (PEG 6000) e ao estresse salino pelos cloretos de sódio (NaCl) e de cálcio (CaCl₂). Para se determinar os potenciais osmóticos do PEG seguiu-se a metodologia proposta por Villela et al. (1991), já para o NaCl e CaCl₂ utilizou-se a Equação de Van't Hoff, de acordo com Braga et al. (1999).

Os tratamentos utilizados foram:

T₁ = Controle – Água Destilada;

T₂ = -0,4 MPa de NaCl;

T₃ = -0,8 MPa de NaCl;

T₄ = -1,2 MPa de NaCl;

T₅ = -0,4 MPa de CaCl₂;

T₆ = -0,8 MPa de CaCl₂;

T₇ = -1,2 MPa de CaCl₂;

T₈ = -0,4 MPa de PEG;

T₉ = -0,8 MPa de PEG;

T₁₀ = -1,2 MPa de PEG.

O rolo de papel do tipo *germitest* foi utilizado como substrato, sendo usadas duas folhas de papel, umedecidas com 2,5 vezes o seu peso (Figura 2A). Os rolos de papel foram postos em sacos plásticos transparentes, para que a perda de água por evaporação fosse evitada (Figura 2B). O teste foi conduzido em germinador do tipo Biochemical

Oxygen Demand (B.O.D.) que teve a sua temperatura regulada para 25 °C e luz constante (Figura 2C).

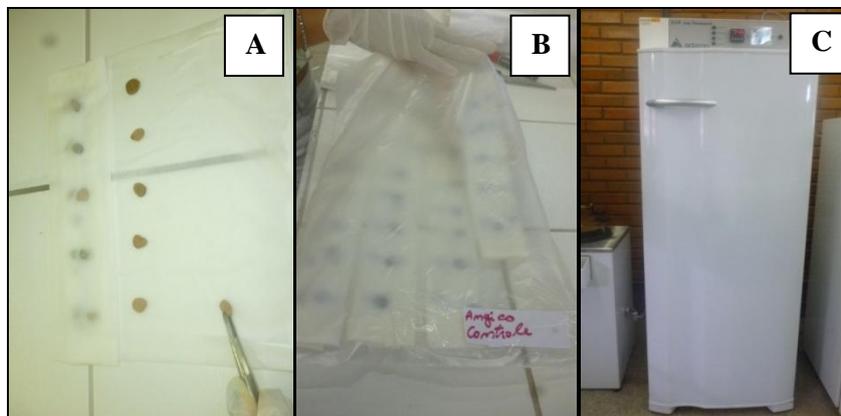


Figura 3 - Disposição das sementes no germitest e germinador, utilizados no ensaio

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, correspondendo a 10 tratamentos com 4 repetições de 25 sementes cada, com 100 sementes em cada tratamento, totalizando 1000 sementes para cada espécie avaliada.

3.1.3. Variáveis analisadas

3.1.3.1. Porcentagem de germinação (%G)

Para avaliar a %G, as sementes foram contadas diariamente a partir da instalação do teste, tendo como critério a emissão de 2 mm de radícula (Figura 3). Para a determinação do tempo de contagem, para as duas espécies, seguiu-se o período recomendado que consta nas Instruções para Análise de Sementes Florestais (BRASIL, 2013), que foi de 14 dias para a *Poincianella pyramidalis* e 10 dias para a *Anadenanthera colubrina*.



Figura 4 - Medição de *Anadenanthera colubrina* seguindo o critério de 2 mm de emissão da radícula.

3.1.3.2. Índice de velocidade de germinação (IVG)

Para calcular o índice de velocidade de germinação foram realizadas contagens diárias e utilizou-se a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Onde:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G_1 , G_2 e G_n = número de sementes germinadas na primeira, segunda e na última contagem;

N_1 , N_2 e N_n = número de dias da semente à primeira, segunda e última contagem.

3.1.3.3. Tempo médio de germinação (TMG)

O TMG foi calculado segundo Edmond e Drapala (1965).

$$Tm = \frac{G_1 T_1 + G_2 T_2 + \dots + G_n T_n}{G_1 + G_2 + \dots + G_n}$$

Onde:

Tm = tempo médio de germinação;

G_1 , G_2 e G_n = número de sementes germinadas na primeira, segunda e na última contagem;

T_1 , T_2 e T_n = tempo em dias, a partir da semente.

3.1.4. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Por serem variáveis contadas, foi testada a normalidade dos dados e os mesmos estavam distribuídos normalmente, não havendo necessidade de transformação. Foi utilizado o software Assistat, versão 7.6 beta.

3.2. ENSAIO II: RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM PLANTAS JOVENS DE CATINGUEIRA E ANGICO SUBMETIDAS À SUPRESSÃO HÍDRICA E POSTERIOR REIRRIGAÇÃO

3.2.1. Local de realização e montagem do experimento

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Recife, no período de julho a dezembro de 2013. A temperatura e umidade relativa do ar variou de 23°C a 41°C e 22% e 80%, respectivamente.

Para tal experimento, foi utilizado o solo coletado de duas profundidades diferentes, a primeira de 0 a 20 cm e a outra, de 20 a 40 cm da Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, localizada no Povoado de Malhada de Pedra, município de Caruaru-PE com coordenadas geográficas de 08° 14' 18'' de Latitude Sul; 38° 00' 00'' de Longitude Oeste.

Foram utilizadas sementes de *Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina* colhidas de cinco matrizes no município de Crateús no Ceará, que posteriormente foram postas para germinar em bandejas de polietileno contendo o solo coletado no Município de Caruaru (Figura 5A; 5B e 5C).



Figura 5 - Coleta e preparo do solo em bandejas para a germinação das sementes de catingueira e angico cultivadas em casa de vegetação. A) Profundidade do solo coletado em Caruaru- PE (0-20 cm; 20-40 cm); B) Preparo do solo em bandejas; C) Semeadura das sementes em bandejas.

Após a emergência das plântulas, 30 dias após a sementeira, foi realizado o transplântio das mesmas para vasos de polietileno com capacidade para 11 Kg de solo, sendo 5,5 Kg do solo da profundidade de 0-20 cm e 5,5 Kg de 20-40 cm, onde permaneceram por um período de dois meses em aclimatação, sendo mantidas em capacidade de pote de 100% (Figuras 6A; 6B). A capacidade de pote foi determinada pelo método gravimétrico direto, de acordo com a metodologia descrita por Souza et al. (2000). Essa metodologia consistiu na pesagem de 4 vasos com furos no fundo, cobertos por rede de malha plástica, contendo 11 Kg de solo seco que foram umedecidos até atingirem a saturação por capilaridade. Após ficarem umedecidos por completo, os vasos foram cobertos para evitar a perda de água por evaporação e deixados em pratos com pedras para que a água fosse drenada. Diariamente foi feita a pesagem dos vasos até obtenção do peso constante, onde então foi calculada a quantidade de água que ficou retida no solo.



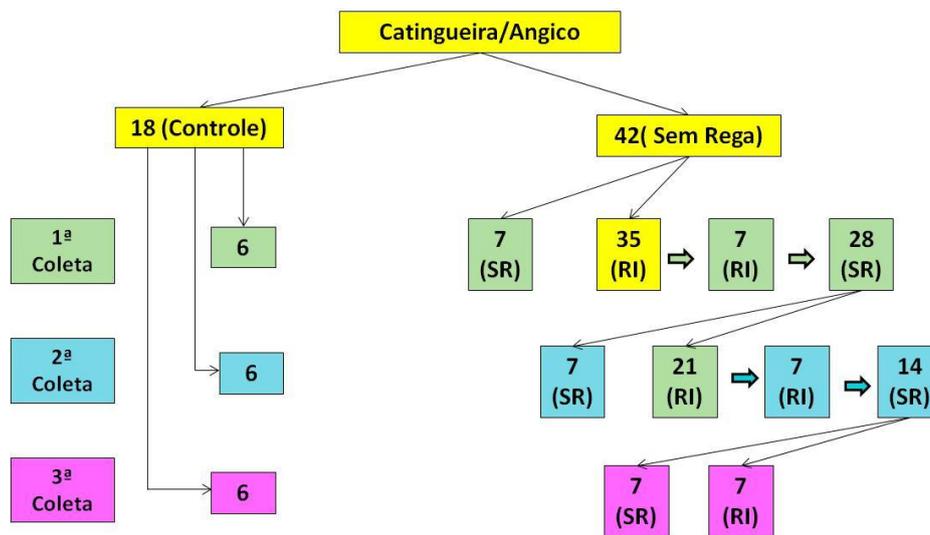
Figura 6 - Transplântio de mudas de catingueira e angico cultivadas em casa de vegetação. A) preparo dos vasos para colocar as mudas; B) Transplântio de mudas de catingueira.

3.2.2. Tratamentos e delineamento experimental

Após o período de aclimação de dois meses, as plantas foram submetidas aos tratamentos hídricos: Controle – C (plantas regadas diariamente), Sem Rega – SR (plantas sob suspensão da rega) e Reirrigado – RI (plantas que estavam sem rega e receberam água após a constatação do fechamento estomático).

Para a manutenção dos tratamentos hídricos, os vasos foram pesados diariamente e no tratamento controle (rega diária), a água que foi perdida pela transpiração, foi repostada até atingir a capacidade de pote de 100%, calculada previamente.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, onde foram utilizadas 18 repetições para o tratamento controle e 42 repetições para os tratamentos sem rega e reirrigado, totalizando 60 plantas para cada espécie (Figura 7).



Total= 60 plantas de cada espécie



Figura 7 – Delineamento experimental e visão geral do experimento em casa de vegetação no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (LFV/UFRPE).

3.2.3. Variáveis analisadas

3.2.3.1. Trocas gasosas

Antes que o experimento fosse diferenciado, foi realizado um curso diário das trocas gasosas para se determinar o horário de maior abertura estomática, que seria o mais adequado para que fossem feitas as análises das trocas gasosas (SANTOS et al. 2013; SANTOS et al., 2013). O horário adotado para que as análises fossem realizadas foi às 10 horas da manhã, de acordo com os dados obtidos pelos autores.

A partir do primeiro dia de diferenciação, foram analisadas diariamente a fotossíntese líquida (A), a transpiração (E) e a condutância estomática (gs), além dessas variáveis, foi calculada a eficiência do uso da água de posse dos valores de fotossíntese e transpiração. As análises foram feitas até que fosse constatado que as plantas fecharam seus estômatos e tinham a fotossíntese com valores próximos de zero e a partir dessa constatação, as coletas foram realizadas. As plantas sem rega receberam uma reirrigação e voltavam a ficar novamente sem receber água até fecharem os estômatos. Isto ocorreu por 3 vezes.

As análises das trocas gasosas foram realizadas nas folhas completamente expandidas da região superior das plantas, utilizando-se um analisador de gás portátil a infravermelho – IRGA, ADC, modelo LCipro (Figura 8).

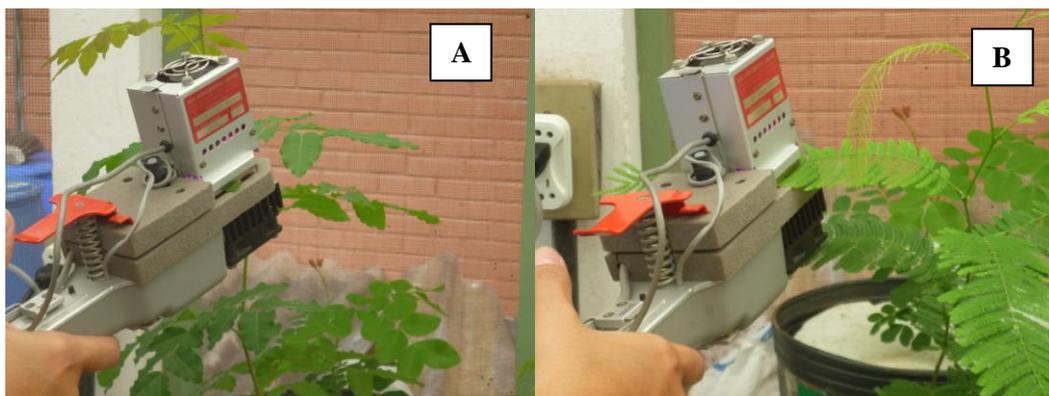


Figura 8 - Análise das trocas gasosas com o analisador de gás portátil a infravermelho – IRGA, ADC, modelo LCipro nas plantas de catingueira (A) e angico (B) cultivadas em casa de vegetação.

3.2.3.2. Potencial hídrico foliar (Ψ_f)

Após a constatação do fechamento estomático e realização da análise das trocas gasosas foram realizadas as coletas para a mensuração do potencial hídrico foliar. As coletas foram feitas em dois horários: 4 h da manhã e ao meio-dia. Após as folhas serem coletadas, as mesmas foram envolvidas imediatamente em filme plástico (Figuras 9A e 9B) e em seguida foi realizada a avaliação com uso da câmara de pressão de Scholander (Figura 9C) modelo 3035 (Soil Moisture Equipment Corp, Santa Bárbara, CA, USA) seguindo a metodologia descrita por Scholander et al. (1964).



Figura 9 – Visão geral da coleta de material vegetal para análise de potencial hídrico foliar (Ψ_f) em plantas de catingueira e angico. A) Folhas de catingueiras envolvidas em filme plástico; B) Folhas de catingueiras envolvidas em filme plástico; C) Câmera de pressão de Scholander.

3.2.3.3. Teor Relativo de Água (TRA)

Na ocasião da coleta do material vegetal para o potencial hídrico foliar, também foram coletadas folhas para que fosse determinado o TRA das plantas. Dessas folhas, foram cortados e pesados 6 discos de área conhecida do limbo foliar, que em seguida foram acondicionados em placas de *Petri* contendo 10 ml de água deionizada por um período de 24 horas, em ambiente refrigerado e protegido da luz. Passado esse tempo, os discos foram novamente pesados para que fosse obtido o peso da matéria túrgida. Em seguida, esses discos foram colocados em sacos de papel devidamente identificados e levados a uma estufa de circulação de ar forçada a 65° C por um período de uma semana e pesados novamente para obtenção do peso da matéria seca.

De posse dos dados do peso da matéria fresca (PMF), peso da matéria túrgida (PMT) e do peso da matéria seca (PMS) foi então calculado o teor relativo de água, utilizando a fórmula de acordo com Cairo (1995):

$$\mathbf{TRA} = \frac{(PMF - PMS)}{(PMT - PMS)} \times 100$$

3.2.3.4. Teores de pigmentos fotossintéticos

Para que os teores de pigmentos fossem quantificados pesou-se 0,1 g do limbo foliar, que em seguida foi cortado em pequenos fragmentos e depois vertido para tubos de ensaio rosqueáveis, previamente revestidos com papel alumínio a fim de que fosse evitada a incidência luminosa, contendo 10 ml de acetona, onde permaneceu por um período de 48 h. Posteriormente foram realizadas as leituras em espectrofotômetro modelo SP-220, nos comprimentos de onda de 662 nm, 645 nm e 470 nm para a determinação de clorofila *a*, *b* e carotenoides, respectivamente. De posse dos dados, os teores de pigmentos foram calculados segundo Lichtenthaler & Buschman (2001) utilizando as seguintes fórmulas:

$$\text{Clorofila } a = 11,24 \times A_{662} - 2,04 \times A_{645}$$

$$\text{Clorofila } b = 20,13 \times A_{645} - 4,19 \times A_{662}$$

$$\text{Clorofila total} = \text{clorofila } a + \text{clorofila } b$$

$$\text{Carotenoides} = (1000 \times A_{470} - 1,90 \times \text{Chl } a - 63,14 \times \text{Chl } b) / 214$$

3.2.4. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado o software Assistat, versão 7.6 beta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ENSAIO I

4.1.1. Porcentagem de germinação

De modo geral, foi verificado que as sementes de catingueira e angico tiveram uma alta porcentagem de germinação no tratamento controle e também quando submetidas a potenciais osmóticos mais próximos de zero (Figuras 10 e 11). Os tratamentos de menores potenciais osmóticos afetaram drasticamente a germinação de sementes de ambas as espécies e vale salientar que o CaCl_2 comprometeu mais severamente a germinação tanto das sementes de catingueira quanto de angico.

Na figura 10, pode-se observar que a porcentagem de germinação da catingueira foi maior no tratamento controle, com cerca de 90% das sementes germinadas. Quando expostas ao cloreto de sódio, não foram observadas diferenças estatísticas para os tratamentos -0,4 e -0,8 MPa, ambas com 70% de germinação, já o tratamento de -1,2 MPa de NaCl proporcionou apenas 4% de sementes germinadas.

Com relação ao cloreto de cálcio, o tratamento de -0,4 MPa apresentou valor semelhante ao tratamento controle, já para o tratamento submetido a -0,8 MPa de CaCl_2 apenas 2% das sementes germinaram, não havendo germinação com -1,2 MPa de CaCl_2 , demonstrando que a *P. pyramidalis* não possui tolerância aos referidos potenciais osmóticos.

Já para as sementes induzidas à seca pelo polietilenoglicol 6000 apenas o tratamento de -0,4 MPa apresentou valor estatisticamente semelhante ao controle. Porém, para os demais tratamentos a porcentagem de germinação foi afetada pelo PEG, chegando a zero no tratamento -1,2 MPa comprovando a sensibilidade da catingueira para germinar sob estes potenciais osmóticos com esse indutor de seca.

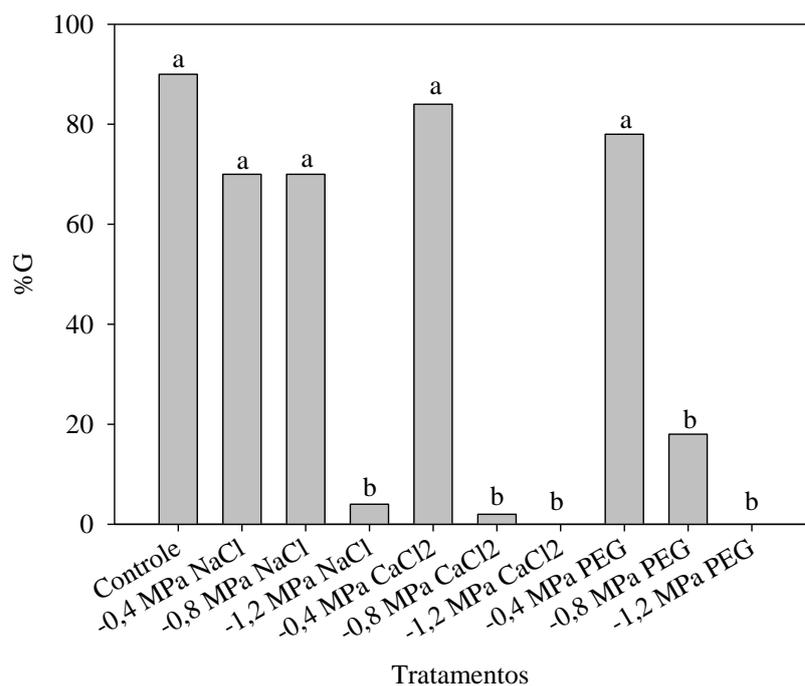


Figura 10 - Porcentagem de germinação (%G) em sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz (catingueira), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂) e polietilenoglicol 6000 (PEG). Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para o angico, a germinação foi de 96% no tratamento controle. No potencial osmótico de -0,4 MPa induzido pelo NaCl, não houve diferença deste em relação ao controle, sendo afetadas as sementes que estavam sob os potenciais osmóticos mais negativos com 51% e 3% de germinabilidade para os tratamentos -0,8 e -1,2 MPa, respectivamente, sendo este último um indicador de que a espécie não tolera essa faixa de concentração de cloreto de sódio (Figura 11).

Nas sementes expostas ao CaCl₂, apenas sob -0,4 MPa houve germinação (65%), demonstrando dessa forma, que o angico não tolera altas concentrações de cloreto de cálcio, sendo sensível ao mesmo. Para as sementes que estavam nos tratamentos com PEG, os potenciais de -0,4 MPa e -0,8 MPa apresentaram 75% e 30% de germinação, respectivamente, não havendo sementes germinadas sob -1,2 MPa.

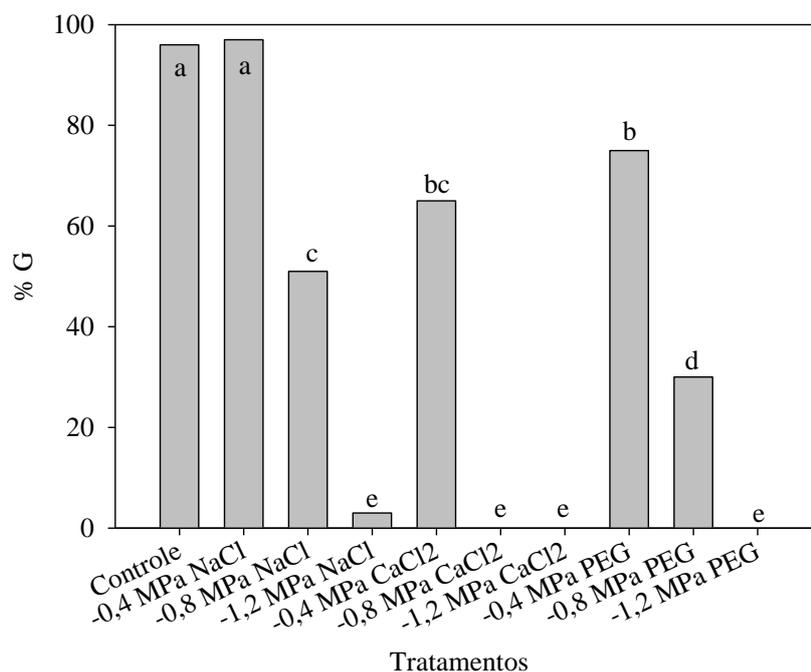


Figura 11 - Porcentagem de germinação (%G) em sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂) e polietilenoglicol 6000 (PEG). Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Antunes et al. (2011) ao avaliarem a porcentagem de germinação em sementes de catingueira submetidas a diferentes potenciais osmóticos (0, -0,2, -0,4, -0,6, -0,8, -1,0 e -1,2 MPa), induzidos pelo PEG 6000 observaram que quanto mais negativo for o potencial osmótico, menor a %G. Os tratamentos que foram mais prejudiciais, apresentando os menores percentuais de germinabilidade foram os de -0,8, -1,0 e -1,2 MPa comprovando que essas concentrações de PEG 6000 proporcionam um estresse severo, o que corrobora com os resultados obtidos na presente pesquisa, já que os resultados foram semelhantes.

Ao avaliarem os efeitos do estresse hídrico induzido pelo PEG 6000 e salino induzido pelo KCl, sobre a germinação de *A. colubrina* nos potenciais osmóticos de 0,0, -0,6, -0,8, -1,0, -1,2 e -1,4 MPa, Rego et al. (2011) constataram que as sementes expostas a -1,0, -1,2 e -1,4 MPa de PEG não conseguem germinar, fato este que também foi observado no presente estudo. Já nas sementes tratadas com KCl, nesse estudo, apenas os tratamentos -1,2 e -1,4 tiveram a %G afetada, demonstrando dessa forma, que sementes de angico possuem uma alta tolerância à salinidade.

Em estudo sobre a germinação de *Tabebuia chrysotricha* em presença do PEG 6000 em diferentes potenciais osmóticos (0,0, -0,2, -0,4, -0,6, -0,8 e -1,0 MPa) Marques et al. (2004) observaram que para as sementes que foram submetidas aos tratamentos com potenciais osmóticos mais negativos que -0,4 MPa a porcentagem de germinação foi afetada.

4.1.2. Índice de Velocidade de Germinação

Na Figura 12 pode ser observado que o índice de velocidade de germinação da catingueira foi maior nas sementes umedecidas apenas com água destilada, que apresentou IVG de 10,63. Os tratamentos mais afetados foram os submetidos aos potenciais osmóticos mais negativos: -1,2 MPa de NaCl, -0,8 MPa de CaCl₂ e -0,8 MPa de PEG com IVG de 0,16, 0,06 e 0,48, respectivamente. Uma vez que as sementes dos tratamentos -1,2 MPa de CaCl₂ e -1,2 MPa de PEG não germinaram, não foi calculado o índice de velocidade de germinação.

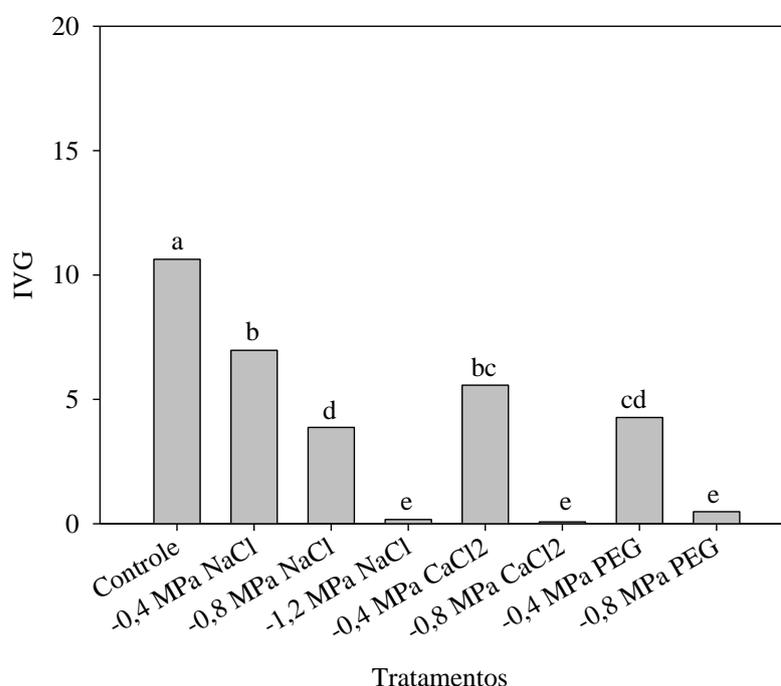


Figura 12 - Índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz (catingueira), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂) e polietilenoglicol 6000 (PEG). Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para o IVG do angico (Figura 13), o tratamento controle teve valor de 18,37 e os menores valores foram constatados nos potenciais osmóticos mais negativos (-1,2 MPa de NaCl e -0,8 MPa de PEG). Os tratamentos que foram mais severamente afetados foram os que estavam sob condição salina induzida pelo CaCl₂, não havendo germinação nos potenciais osmóticos -0,8 MPa e -1,2 MPa de CaCl₂ e -1,2 MPa de PEG.

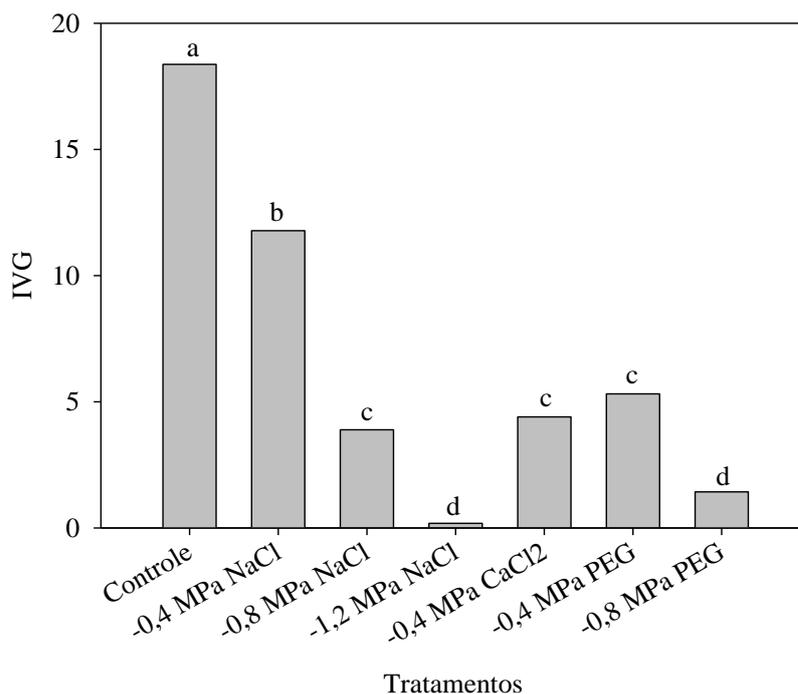


Figura 13 - Índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂) e polietilenoglicol 6000 (PEG). Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Rego et al. (2011) submetendo sementes de angico a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo PEG e KCl obtiveram resultados para o IVG semelhantes ao do presente estudo. Para os tratamentos que as sementes estavam em contato tanto com o PEG como com o KCl, foram observadas reduções a partir do potencial de -0,6 MPa.

Com relação às sementes postas para germinar em condições salinas verifica-se que nas duas espécies utilizadas o cloreto de cálcio comprometeu mais significativamente o índice de velocidade de germinação dessas sementes, sendo essa resposta mais expressiva nas plantas de angico. Nassif & Perez (1997), ao avaliar a velocidade de germinação em *Pterogyne nitens*, uma espécie da família Fabaceae,

submetidas à salinidade pelos cloretos de sódio, cálcio e potássio, observaram que a velocidade de germinação foi mais reduzida nas sementes expostas ao CaCl_2 , fato este que também foi verificado na presente pesquisa. Resultados semelhantes também foram encontrados por Braga et al. (2009) em estudo com *Enterolobium schomburgkii*, que também é uma Fabaceae, sob salinidade induzida pelo NaCl e CaCl_2 . Os autores verificaram o cloreto de cálcio afetou de forma mais significativa a %G e o IVG.

4.1.3. Tempo Médio de Germinação

Com relação ao tempo médio de germinação da catingueira, as sementes que estavam sob os tratamentos -0,8 MPa de PEG e -1,2 MPa de NaCl levaram um tempo maior para germinar. Na figura 14 observa-se que nos tratamentos Controle e -0,8 MPa de CaCl_2 as sementes germinaram mais rápido e para os demais tratamentos não houve diferença estatística entre os mesmos. Uma vez que as sementes dos tratamentos -1,2 MPa de CaCl_2 e de PEG não germinaram, o TMG não foi calculado, assim o como o IVG.

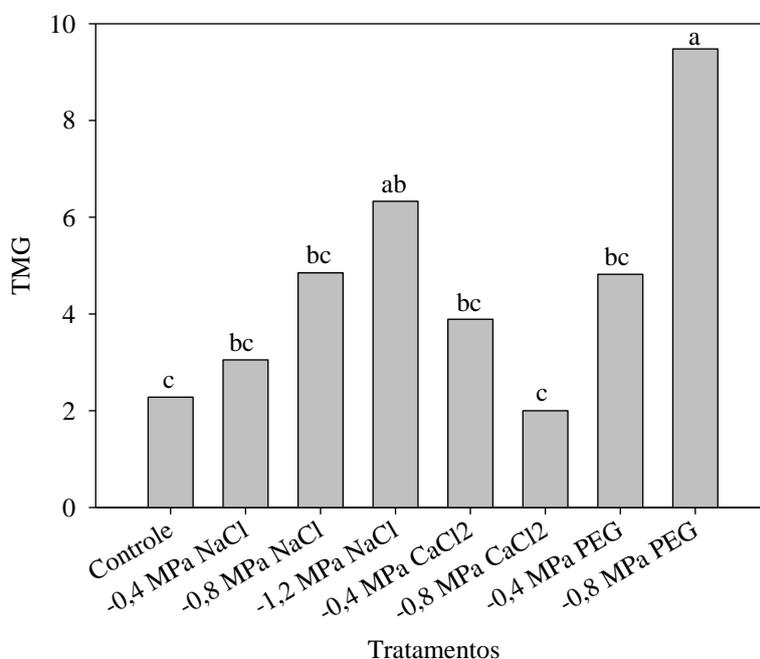


Figura 14 - Tempo médio de germinação (TMG) em sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz (catingueira), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl_2) e polietilenoglicol 6000 (PEG). Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O menor tempo de germinação do angico foi observado nos tratamentos Controle e -0,4 MPa de NaCl (Figura 15). Os maiores valores de TMG foram observados nos tratamentos -0,4 MPa e -0,8 MPa induzidos pelo CaCl₂ e PEG, respectivamente. Já para os tratamentos -0,8 e -1,2 MPa de CaCl₂ e -1,2 MPa de PEG, o tempo médio de germinação não foi calculado, uma vez que as sementes não germinaram.

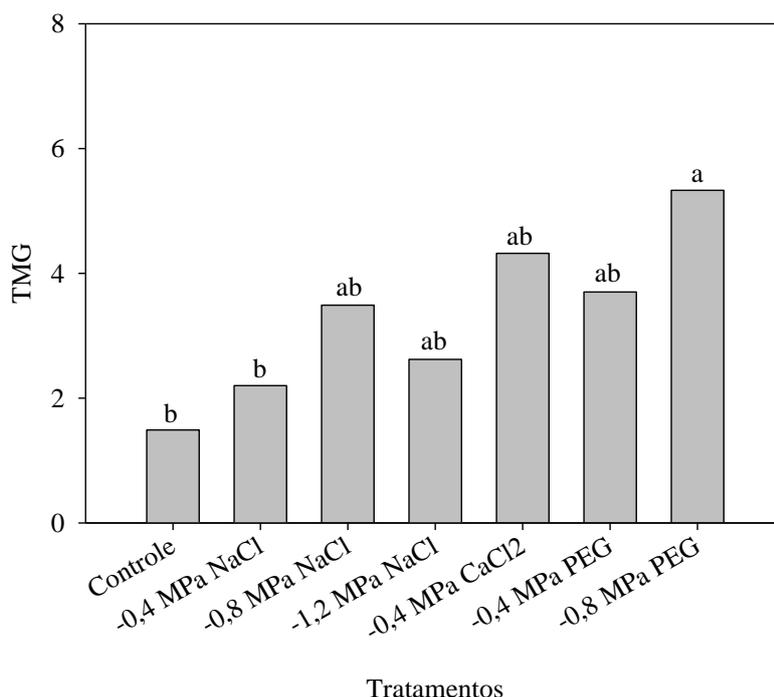


Figura 15 - Tempo médio de germinação (TMG) em sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos pelo cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂) e polietilenoglicol 6000 (PEG). Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao avaliarem o tempo médio de germinação em sementes de catingueira sob estresse hídrico induzido pelo polietilenoglicol, Antunes et al. (2011) puderam constatar que nos potenciais de -0,4 e -0,8 MPa, foi necessário um maior número de dias para que as sementes germinassem, dados que corroboram com os resultados obtidos na presente pesquisa.

Conforme os resultados obtidos, pode-se dizer que o CaCl₂ afetou de forma mais severa o tempo médio de germinação de *Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina*. Em adição, Ferreira et al. (2013) também observaram que o CaCl₂ tem ação mais prejudicial à germinação e ao vigor de sementes do que o NaCl, ao estudarem o efeitos desses sais em sementes de *Cedrela odorata*.

4.2. ENSAIO II

4.2.1. Trocas gasosas: fotossíntese, transpiração, condutância estomática e eficiência do uso da água.

As plantas de catingueira e de angico reduziram as suas trocas gasosas com o prolongamento do estresse e após serem reidratadas, as mesmas conseguiram se recuperar, se comportando de forma semelhante às plantas do tratamento controle. As plantas de catingueira tiveram uma variação na fotossíntese de 15,36 a 0,13 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ para os tratamentos controle e sem rega, respectivamente, e as plantas de angico variaram de 15,62 a 0,11 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Na figura 16A, observa-se que houve um declínio na fotossíntese das plantas de *Poincianella pyramidalis* sem rega a partir do 5º dia, com uma redução de 25,2% quando comparadas ao controle, e no 13º dia essa redução foi de 96,48%. Após serem reirrigadas pela primeira vez, logo recuperaram a sua atividade fotossintética, 24h após a reirrigação, assemelhando-se novamente às plantas do tratamento controle. À medida que baixava a disponibilidade de água, as plantas reduziam gradativamente a fotossíntese, até que a partir do 6º dia, essa redução foi significativa em relação ao tratamento controle. No 16º dia a fotossíntese atingiu valores muito baixos (0,26 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Nesse momento, os estômatos fecharam. Depois que as plantas foram reidratadas pela segunda vez observou-se que as mesmas suportaram um maior período sem rega (18 dias).

As plantas de *Anadenanthera colubrina* reduziram sua fotossíntese em 26,35% após seis dias sem rega, tendo seus valores mais reduzidos no 16º dia quando a taxa fotossintética das plantas sem rega foi 96,77% inferior ao encontrado nas plantas do tratamento controle. Depois de serem irrigadas pela primeira vez houve um aumento da fotossíntese nas plantas estressadas, mas a recuperação por completo ocorreu após dois dias. Foram observadas diminuições de 24,37% aos quatro dias, tendo uma drástica redução aos 10 dias (55,32%) e chegando a valores próximos de zero aos 19 dias depois que a rega foi novamente suspensa. Após a segunda vez que as plantas foram reidratadas, as mesmas suportaram 18 dias sem receber água, ocasião em que a fotossíntese foi reduzida em 99% (Figura 16B).

Uma vez que a fotossíntese das plantas de angico levou mais tempo para atingir valores próximos de zero, pode-se afirmar que o angico suporta melhor a condição de deficiência hídrica em comparação à catingueira. Este comportamento é de fundamental importância para espécies que vivem em condições de escassez hídrica frequente, como é o caso da região semiárida.

Ao monitorar as trocas gasosas em mudas de *Hymenaea courbaril* L. submetidas à supressão da rega e posterior reirrigação, Nascimento (2013) observou que após 3 dias sem rega a fotossíntese das plantas sem rega foram afetadas, chegando aos 12 dias, quando apresentaram os valores mais baixos. Esse comportamento foi semelhante ao encontrado na presente pesquisa, no entanto, quando reirrigadas, essas plantas elevaram a sua taxa fotossintética, porém não se igualaram às plantas controle, fato este que só ocorreu após 7 dias, diferindo das espécies em estudo, que com 24 horas após serem novamente irrigadas atingiram valores de fotossíntese similares aos do tratamento controle.

Mudas de *Moringa oleifera* também reduzem a sua fotossíntese mediante a escassez hídrica. Este fato foi constatado por Silva (2013) quando submeteu plantas jovens de moringa aos tratamentos controle (rega diária), 5d SR (dias sem rega) e 10d SR que verificou que aos 5 e 10 dias sem receberem água as plantas reduziram a sua fotossíntese em 61,51% e 97,84%, respectivamente. A autora verificou que 24 após serem reirrigadas, a taxa fotossintética foi semelhante às plantas do tratamento controle.

Mariano et al., (2009) ao avaliarem a fotossíntese em *Myracrodruon urundeuva* quando sob suspensão da rega, observaram que após 5 dias sem água a fotossíntese foi reduzida em 42%, fato que também ocorreu com a catingueira, corroborando com o presente estudo.

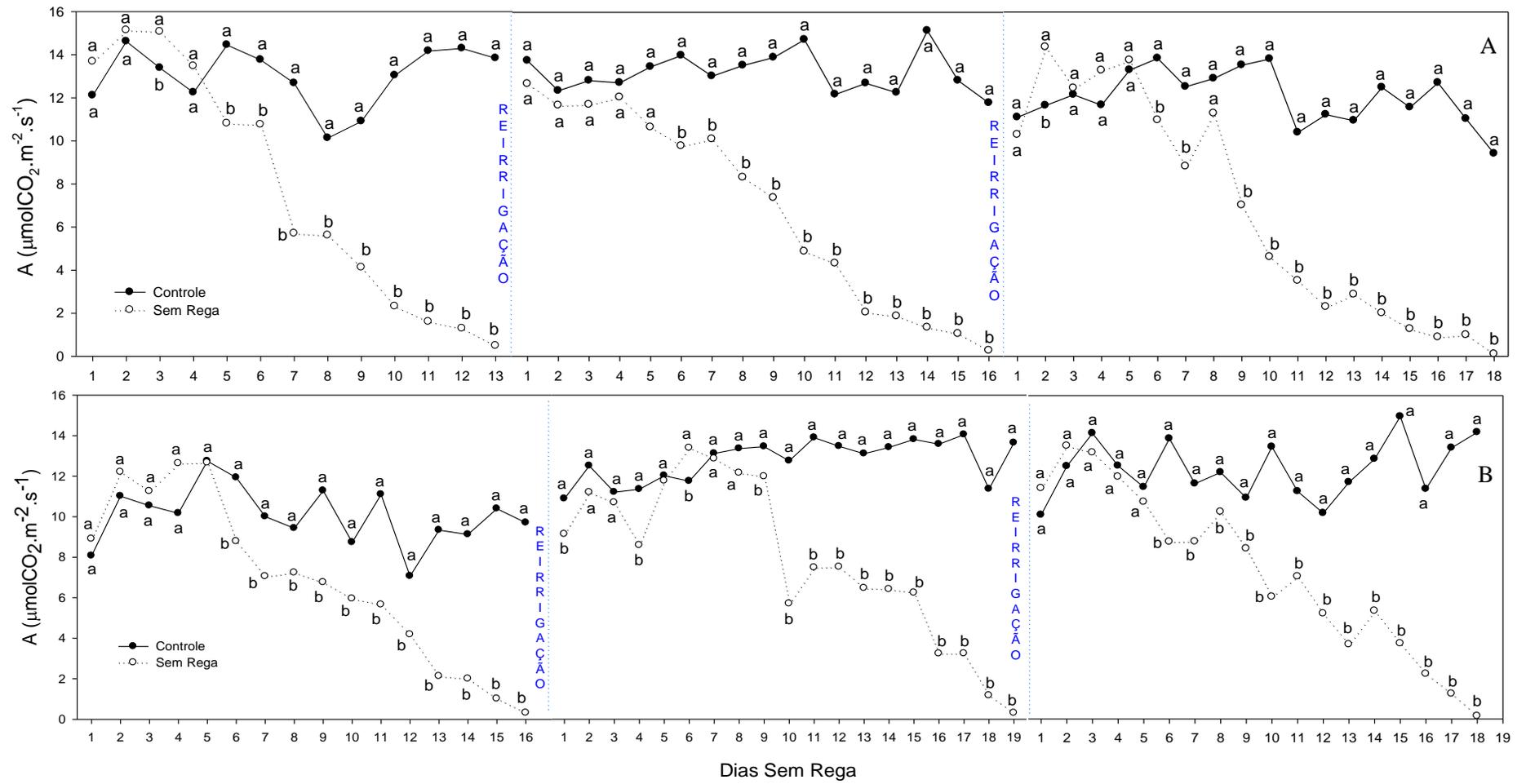


Figura 16 - Fotossíntese líquida (A) em plantas jovens de *Poincianella pyramidalis* (A) e *Anadenanthera colubrina* (B) submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Comportamento semelhante ao encontrado na fotossíntese de *P. pyramidalis* também foi observado para a transpiração (Figura 17A), onde as plantas reduziram a sua taxa transpiratória gradativamente, à medida que a água tornava-se mais escassa e o fechamento estomático estava acontecendo. Após a diferenciação dos tratamentos houve uma redução significativa a partir do oitavo dia que se prolongou até o 13º dia, quando essa redução foi de 92,20%. À medida que as plantas foram sendo reirrigadas, observa-se que no mesmo período (13 dias sem rega) essa redução foi menor: 81,45% após a primeira reirrigação e 71,48% após a segunda reirrigação.

Com relação à transpiração de *A. colubrina*, as plantas do tratamento sem rega reduziram paulatinamente a sua taxa transpiratória, tendo esta variável recuperada 24 horas após passarem pelas 2 reirrigações (Figura 17B). Foi observado que depois de 16 dias da primeira suspensão da rega a transpiração das plantas que estavam sob estresse foi cerca de 90% menor se comparado com as controle. Após as duas reirrigações, essa redução para o mesmo período (16 dias) foi de 76% e 82% respectivamente.

Ao avaliarem as respostas nas trocas gasosas causadas pelo déficit hídrico em plantas de *Schinus terebinthifolius*, Silva et al., (2008) afirmam que o estresse mais severo (25% da capacidade de pote) ocasionou reduções da transpiração, tendo os seus estômatos fechados aos 11 dias. Após serem novamente hidratadas (até 100% da capacidade de pote), as plantas recuperaram a taxa transpiratória, ficando os estômatos abertos por mais 60 dias.

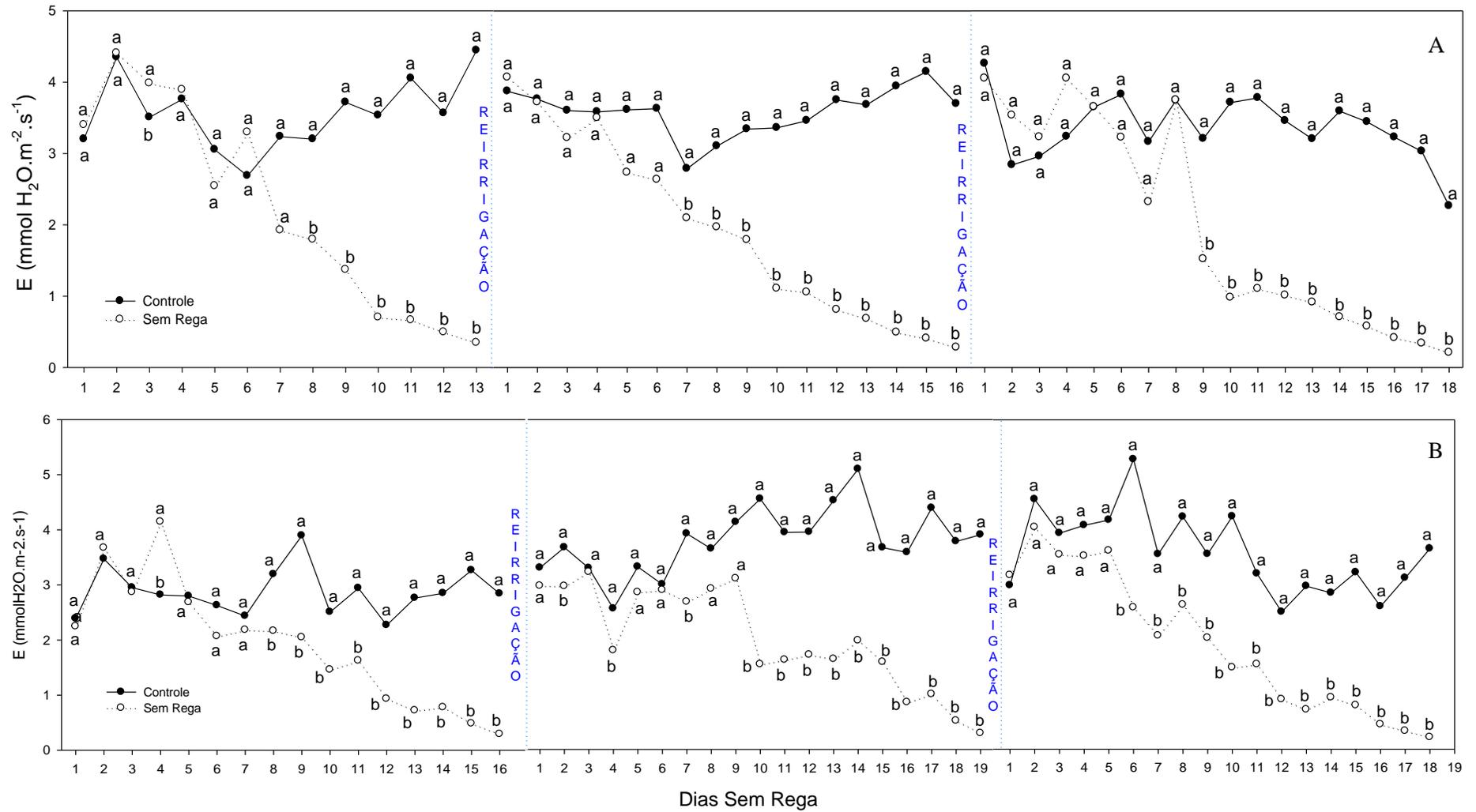


Figura 17 - Transpiração (E) em plantas jovens de *Poincianella pyramidalis* (A) e *Anadenanthera colubrina* (B) submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Com relação à condutância estomática (Figura 18A), o comportamento das plantas de catingueira foi semelhante às demais variáveis, com valores de $0,01 \text{ mmolH}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, $0,006 \text{ mmolH}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e $0,006 \text{ mmolH}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ aos 13, 16 e 18 dias sem rega, respectivamente, ocasião em que foram realizadas as coletas. Uma forma de defesa do vegetal quando submetido à escassez hídrica é o fechamento estomático, como afirmam Taiz & Zeiger (2004).

Na Figura 18B, pode-se observar que as plantas de angico tiveram um comportamento semelhante à catingueira, porém o tempo necessário para que os estômatos fechassem foi um pouco maior. Houve diferença estatística com 8 dias após as plantas ficarem sem a rega diária, sendo a condutância estomática reduzida gradativamente até o 16º dia ($0,01 \text{ mmolH}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Passadas 24 horas da reirrigação, as plantas de angico recuperaram a sua condutância estomática, tanto na primeira quanto na segunda reirrigação, porém como houve novamente a restrição hídrica ocorreu uma redução gradativa da gs, que se prolongou por 19 dias (após a primeira reidratação) e 18 dias (após a segunda reidratação), com valores de $0,01 \text{ mmolH}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e $0,006 \text{ mmolH}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ respectivamente.

Queiroz et al., (2002) ao estudarem os efeitos do estresse hídrico sobre a fotossíntese em plantas de *Myracrodruon urundeuva* encontraram reduções da condutância estomática, e como consequência, houve a redução da fotossíntese. Os autores observaram ainda que 6 h e 54 h após serem reirrigadas, as plantas de aroeira tiveram sua condutância aumentada de $3,1 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para $23,6 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e $31,3 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, respectivamente.

Ao monitorar as trocas gasosas em seis espécies do gênero *Spondias* durante 105 dias após a precipitação, Lima Filho e Santos (2009) constataram que houve uma drástica diminuição da abertura estomática aos 15 dias, que se manteve em níveis baixos até os 105 dias ($0,01 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Como consequência, a fotossíntese e a transpiração também foram reduzidas, atingindo valores perto de zero.

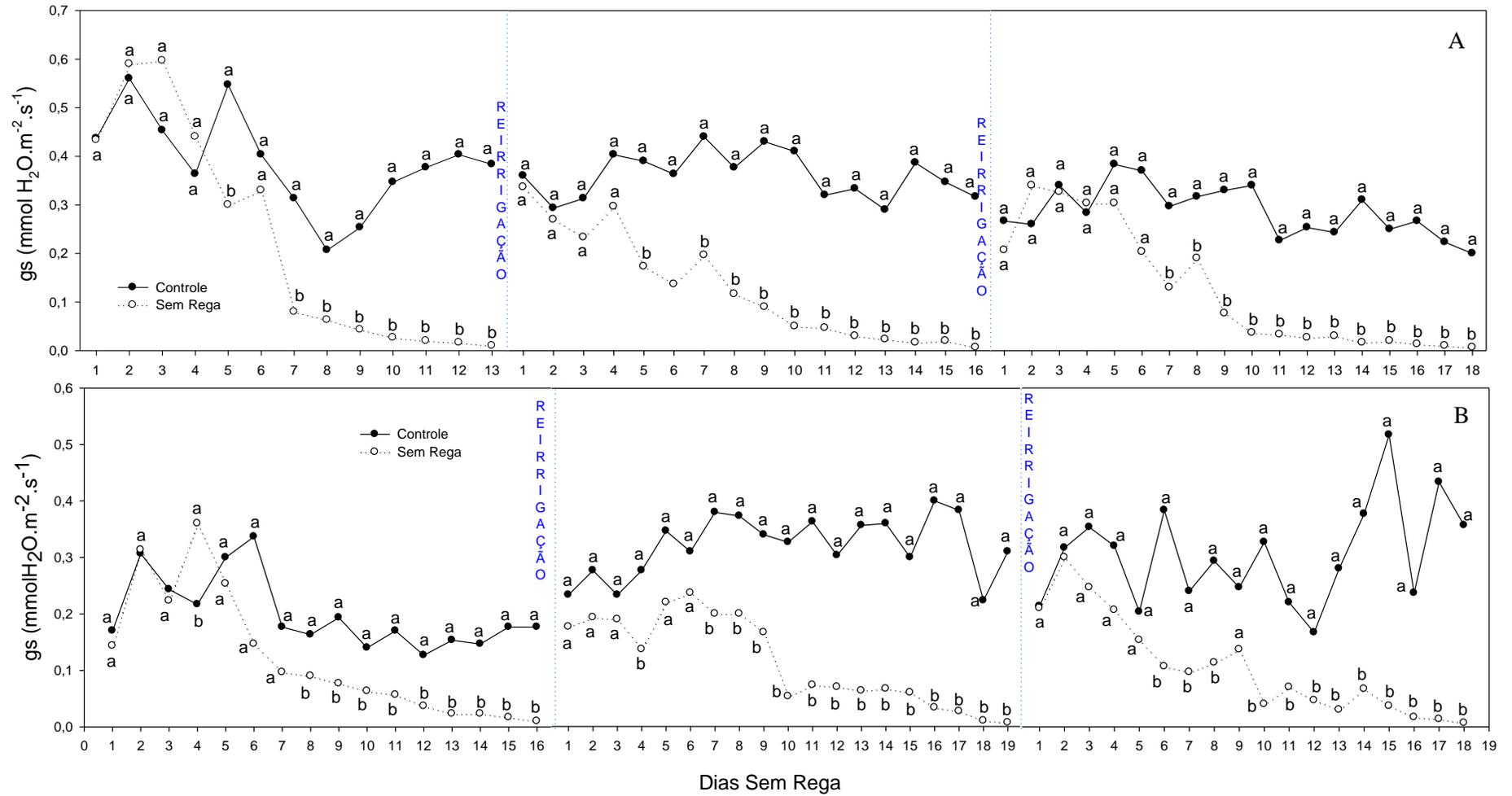


Figura 18 - Condutância estomática (gs) em plantas jovens de *Poincianella pyramidalis* (A) e *Anadenanthera colubrina* (B) submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se na Figura 19A, que a eficiência do uso da água das plantas sem rega foi estatisticamente semelhante à encontrada pelas plantas que recebiam água todos os dias, indicando que a catingueira mesmo quando submetida à restrição hídrica consegue utilizar a água disponível de uma forma eficiente. Apenas quando estava ocorrendo o fechamento estomático foi observada uma redução da EUA de 54,46%, 67,42% e 82,87% aos 13, 16 e 18 dias, respectivamente.

A eficiência do uso da água nas plantas sem rega de angico manteve-se próxima à das plantas controle ao longo do período experimental, sendo severamente reduzida na ocasião em que as trocas gasosas eram praticamente nulas, quando a EUA das plantas sem rega, quando comparadas com as controle, foi reduzida em 71%, 72% e 83% aos 16, 19 e 18 dias, respectivamente (Figura 19B).

Mudas de *Moringa oleifera* submetidas ao estresse hídrico por 5 e 10 dias tiveram a sua eficiência do uso da água reduzida apenas no tratamento mais severo e após serem reirrigadas, se igualaram ao tratamento controle, uma vez que as mesmas conseguiram recuperar a EUA (SILVA, 2013). Este resultado encontrado pela autora foi semelhante ao do presente estudo, com as plantas de *P. pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina*.

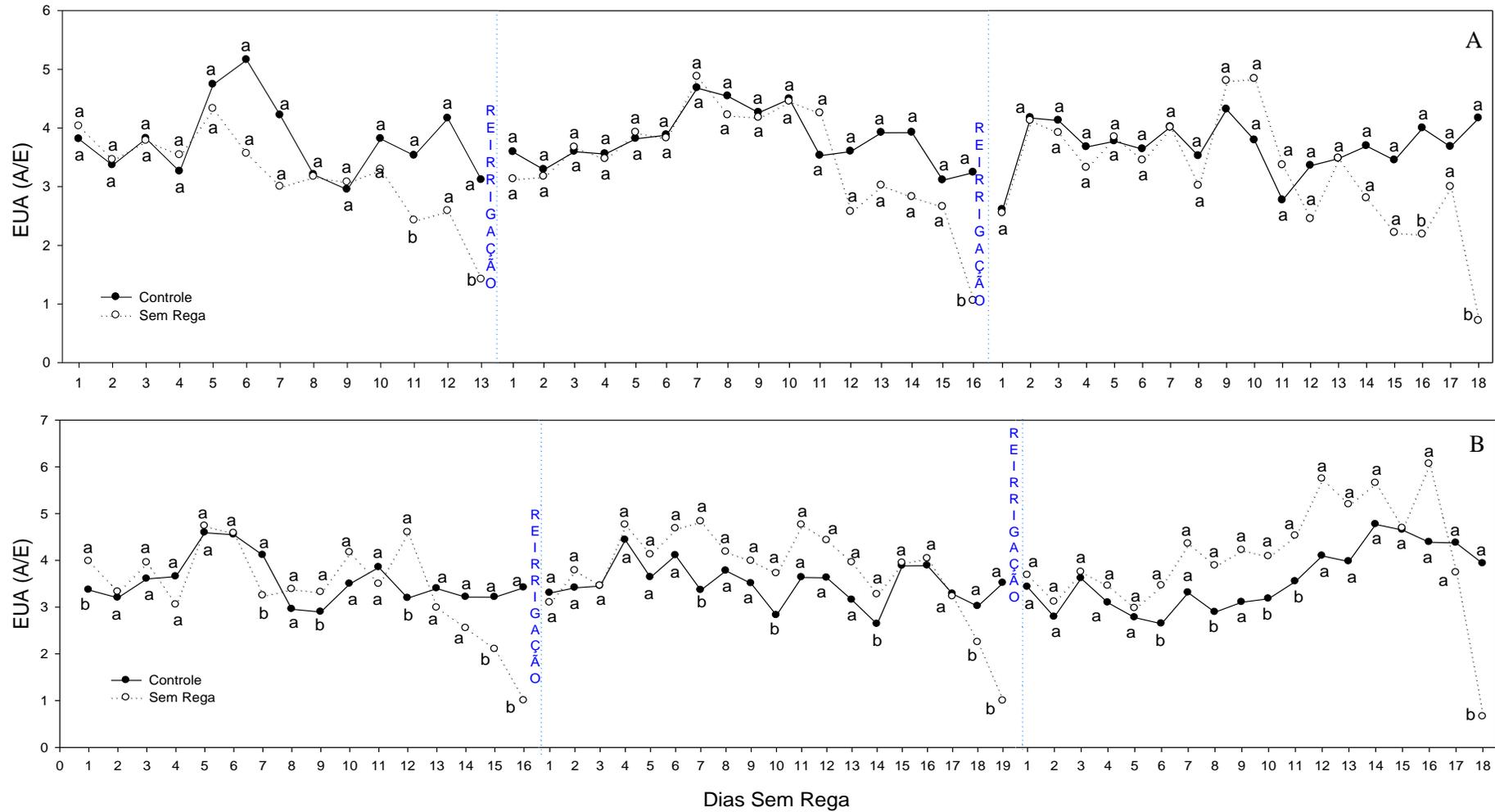


Figura 19 - Eficiência do uso da água (EUA) em plantas jovens de *Poincianella pyramidalis* (A) e *Anadenanthera colubrina* (B) submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.2. Potencial hídrico foliar

As plantas de *P. pyramidalis* e de *A. colubrina* tiveram o potencial hídrico foliar severamente afetado nas plantas que estavam sem receber água. Nota-se que ambas as espécies, depois de passarem pelo período de suspensão da rega e serem posteriormente reirrigadas, apresentaram um aumento do status hídrico e as mesmas conseguiram manter seu Ψ_f mais próximo ao das plantas controle (Figuras 20 e 21).

Na primeira avaliação realizada às 4 horas da manhã, as plantas de catingueira que estavam sem rega e as que foram reirrigadas tiveram uma redução de cerca de 228% e 92%, respectivamente, em comparação com as plantas do tratamento controle. Já nas plantas de angico, apenas o tratamento sob suspensão da rega reduziu o seu potencial hídrico em torno de 322% em relação ao controle. Comparando-se as duas espécies, houve diferença estatística apenas no tratamento reirrigado da primeira coleta, onde as plantas de catingueira tiveram seu Ψ_f 50% menor que as plantas de angico, demonstrando que estas tiveram uma maior recuperação (Figura 20A).

Na Figura 20B pode-se observar que as duas espécies se comportaram de forma semelhante, não havendo diferença entre as mesmas em nenhum dos tratamentos adotados. Porém, desta vez as plantas reirrigadas da catingueira conseguiu atingir valores semelhantes ao das plantas controle, demonstrando dessa forma, que houve recuperação, fato este que não ocorreu na primeira coleta, podendo ser este um sinal de aclimação à condição de seca. As plantas de catingueira e de angico que estavam sem a rega reduziram o Ψ_f em 268% e 229%, respectivamente. Esta redução tão significativa encontrada para este horário, prova que essa resposta é exclusiva e diretamente ligada ao fator água.

Na terceira coleta (Figura 20C), as plantas que estavam sob suspensão da rega reduziram seu potencial hídrico em cerca de 129% e 322% para a catingueira e o angico, respectivamente. Com as sucessivas secas e reidratações, as espécies se comportaram de forma diferente, o angico se recuperou desde a primeira época e a catingueira somente após a segunda. Ao fazer uma comparação entre as duas espécies, notou-se que apenas no tratamento sob estresse houve diferença estatística, com as plantas de angico apresentando Ψ_f cerca de 52% mais inferior que as plantas de catingueira submetidas ao mesmo tratamento.

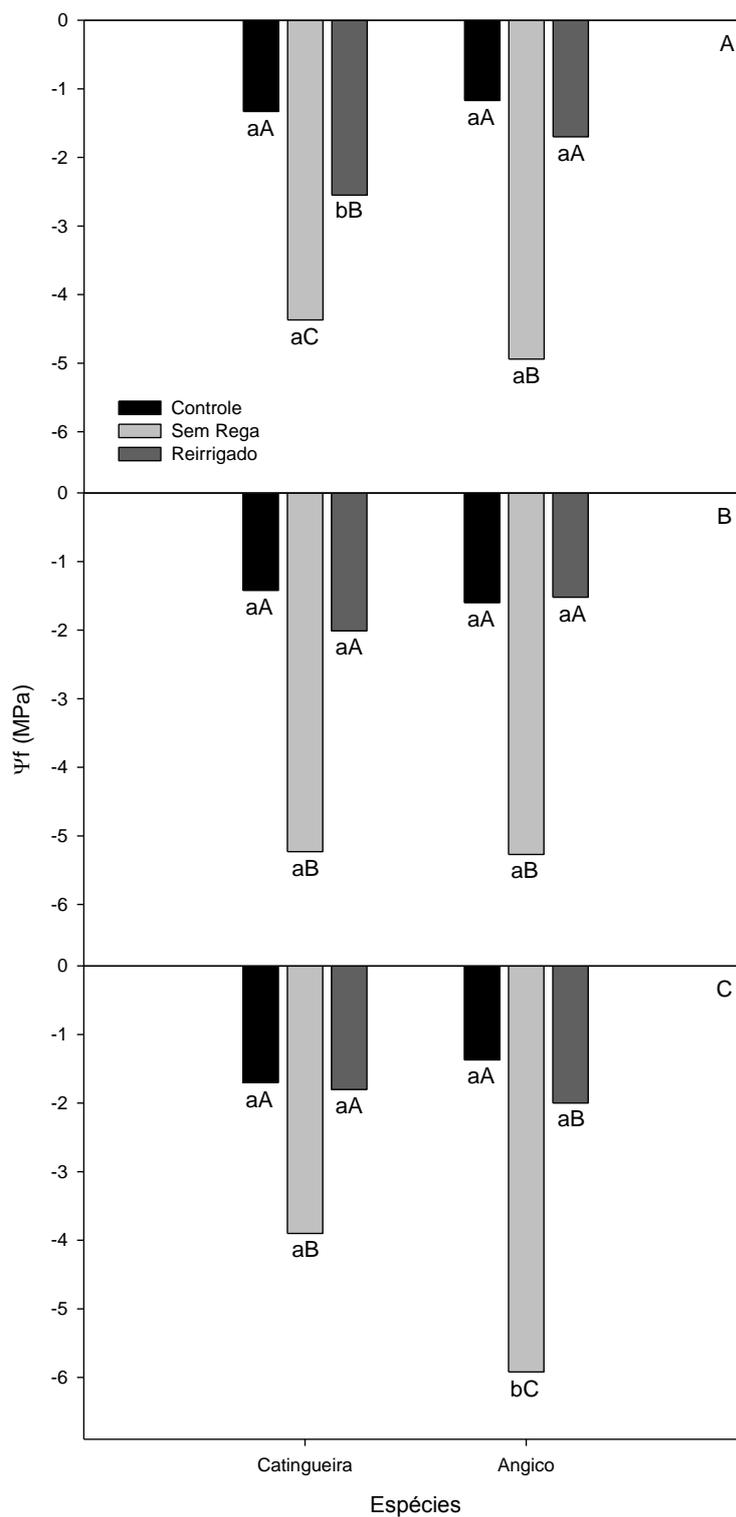


Figura 20 - Potencial hídrico foliar (Ψ_f) de plantas jovens de *Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina*, às 4 horas da manhã, submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. A – Primeira Coleta; B – Segunda Coleta; C – Terceira Coleta. Letras minúsculas e iguais não diferem entre as espécies e maiúsculas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao avaliar o Ψ_f ao meio dia, verificou-se que em todas as avaliações os potenciais mais negativos foram observados nas plantas do tratamento sem rega chegando a atingir a média de -6,39 MPa nas plantas de catingueira (Figura 21B). Espera-se que o horário de medida (12 horas) interfira na resposta, uma vez que nas horas de alta demanda evaporativa os fatores climáticos também influenciam esta variável.

Na primeira coleta realizada ao meio-dia (Figura 21A), foram encontradas reduções significativas nas plantas de catingueira que estavam sob suspensão da rega e também nas reirrigadas, sendo essas reduções em torno de 214% e 41%, respectivamente, em comparação com a condição controle. As plantas reirrigadas de angico atingiram valores de Ψ_f próximos aos apresentados pelas plantas controle mostrando assim a capacidade desta espécie se reidratar mesmo após uma única irrigação e no horário de maior demanda evaporativa. Foi verificada diferença estatística entre as espécies no tratamento sob estresse, quando as plantas de catingueira tiveram o seu Ψ_f 23% menor que as de angico. Essa diferença talvez tenha sido o motivo de ela não conseguir chegar ao valor da controle, mas em relação ao aumento que ocorreu, este foi muito maior nas plantas da catingueira do que do angico.

Na Figura 21B observa-se que as plantas de catingueira sem rega e reirrigadas tiveram valores de potencial hídrico mais negativo que as controle. No entanto, essa redução nas que foram reirrigadas foi menos acentuada (87%) que nas plantas que estavam com a rega suspensa (388%). Já para as plantas de angico, o tratamento reirrigado alcançou valores até maiores que as controle, enquanto que nas sem rega foi 135% menor.

Na última coleta (Figura 21C), as plantas de catingueira que estavam sob estresse reduziram seu potencial hídrico em 160% e as plantas de angico sem rega e reirrigada apresentaram reduções de 158% e 24%, respectivamente.

Para as três coletas realizadas ao meio dia, observou-se que as plantas sem rega de catingueira tiveram valores mais negativos de Ψ_f e as plantas reirrigadas foram estatisticamente semelhantes as controle apenas na terceira coleta logo na primeira coleta, demonstrando que sob essa variável, o angico apresenta grau de resiliência significativamente maior que a catingueira.

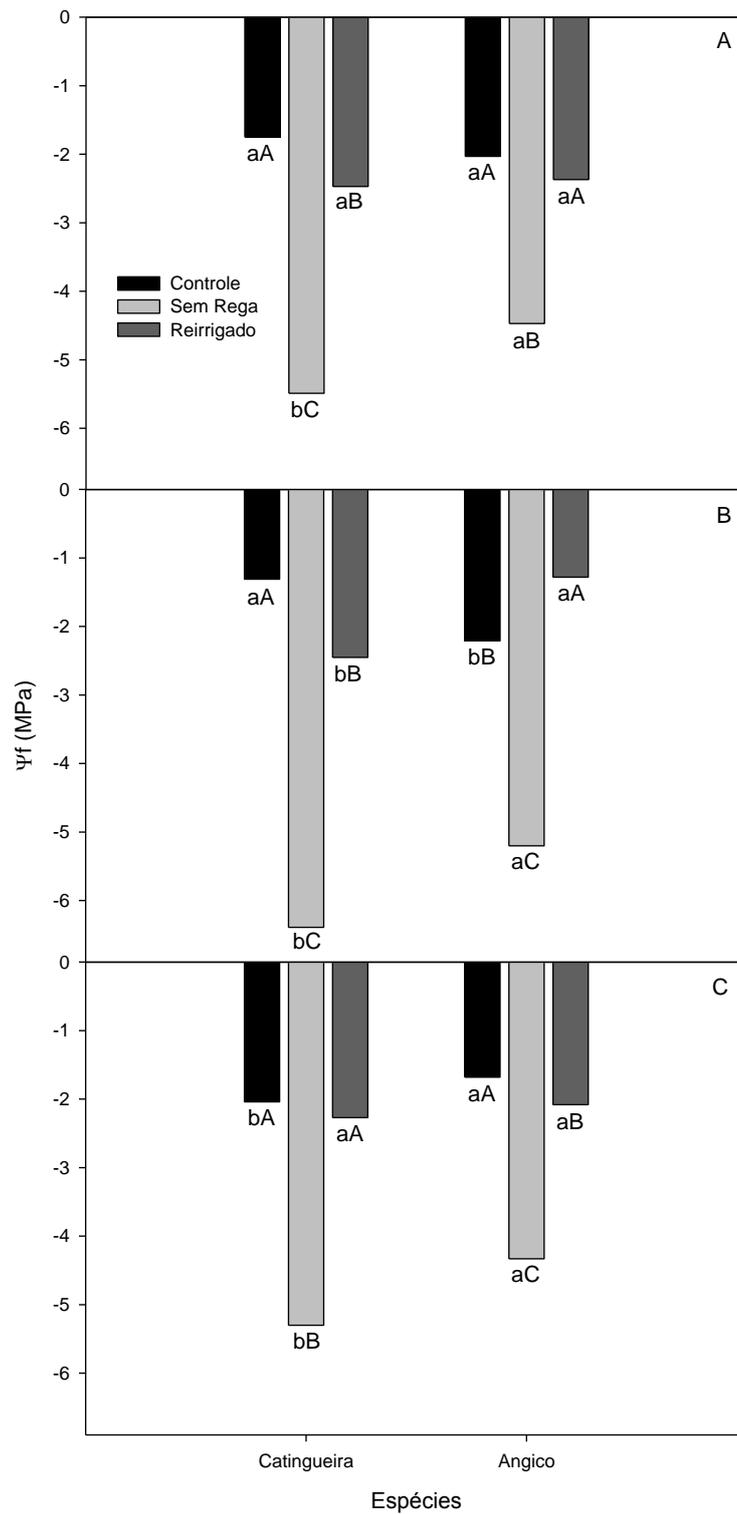


Figura 21 - Potencial hídrico foliar (Ψ_f) de plantas jovens de *Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina*, ao meio-dia, submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. A – Primeira Coleta; B – Segunda Coleta; C – Terceira Coleta. Letras minúsculas e iguais não diferem entre as espécies e maiúsculas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Durante estudo sobre o potencial hídrico nos períodos seco e chuvoso em 11 espécies ocorrentes no semiárido, dentre elas a *Anadenanthera colubrina*, Trovão et al., (2007) afirmam que esta é uma variável sensível à disponibilidade hídrica, uma vez que em todas as espécies estudadas o potencial hídrico foi afetado no período de estiagem, fato semelhante ao encontrado no presente estudo.

Corroborando com os resultados obtidos na presente pesquisa há estudos que indicam que após passarem por um período de seca e serem reirrigadas, algumas espécies vegetais conseguem recuperar parcialmente ou totalmente o seu potencial hídrico foliar. Como por exemplo, Silva (2013) que também encontrou reduções no potencial hídrico de mudas de *Moringa oleifera* quando submetidas a 10 dias sem rega, havendo expressiva recuperação das mesmas 24 horas após serem reirrigadas. Nascimento (2013) também observou que 12 dias de supressão da rega afeta significativamente o potencial hídrico de plantas de *Hymenaea courbaril*. No entanto, ao serem reidratadas as mesmas recuperaram seu *status* hídrico. Ao avaliar o potencial hídrico em plantas de *Azadirachta indica* sob suspensão de rega por 30, 45 e 60 dias, Martins (2008) também obteve valores muito baixos e 24 horas após as plantas serem reirrigadas, as mesmas conseguiram recuperar seu *status* hídrico.

Lima Filho & Silva (2009), ao avaliarem o potencial hídrico em seis espécies do gênero *Spondias* durante 105 dias após o período chuvoso encontraram resultados diferentes dos obtidos no presente estudo. Os autores observaram que mesmo tendo o conteúdo de água disponível no solo reduzido, as plantas não tiveram uma redução significativa do seu potencial hídrico, o que foi justificado pelo fechamento estomático e o acúmulo de água pelas túberas, que são característicos da espécie.

Na presente pesquisa, as plantas de angico e catingueira fecharam seus estômatos no período de maior escassez hídrica e como consequência, o potencial hídrico foi bastante afetado, indicando que estas espécies utilizam de outro mecanismo para suportarem o período de estresse, assim, sugere-se que essas espécies podem recorrer a um possível ajustamento osmótico.

4.2.3. Teor relativo de água (TRA)

De modo geral, às quatro horas da manhã, as duas espécies tiveram o seu TRA afetado pela deficiência hídrica em relação às plantas controle, com reduções de 30% e 54% (1ª coleta), 55% e 40% (2ª coleta) e 52% e 53% (3ª coleta) para a catingueira e o angico, respectivamente (Figura 22). As plantas de angico que foram reirrigadas tiveram valores de TRA estatisticamente semelhantes às plantas controle, resposta esta que pôde ser observada no momento da coleta, onde as plantas reirrigadas apresentaram sinais de turgidez similares ao das plantas controle. Em contrapartida, a catingueira não se igualou às plantas controle, porém o seu TRA em relação às plantas sem rega foi significativamente aumentado em 21%, 51% e 45% para as três coletas, respectivamente.

Na primeira coleta (Figura 22A), as plantas sem rega de angico tiveram uma redução de 40% em relação às plantas catingueira do mesmo tratamento. Comportamento inverso ocorreu na segunda coleta (Figura 22B), quando na mesma condição as plantas de catingueira reduziram seu TRA em 24% se comparadas com as plantas de angico.

Com isso, percebe-se que o angico apresenta maior capacidade de recuperação de turgescência se comparada à catingueira, uma vez que demonstrou um aumento no teor relativo de água nas plantas que foram reidratadas.

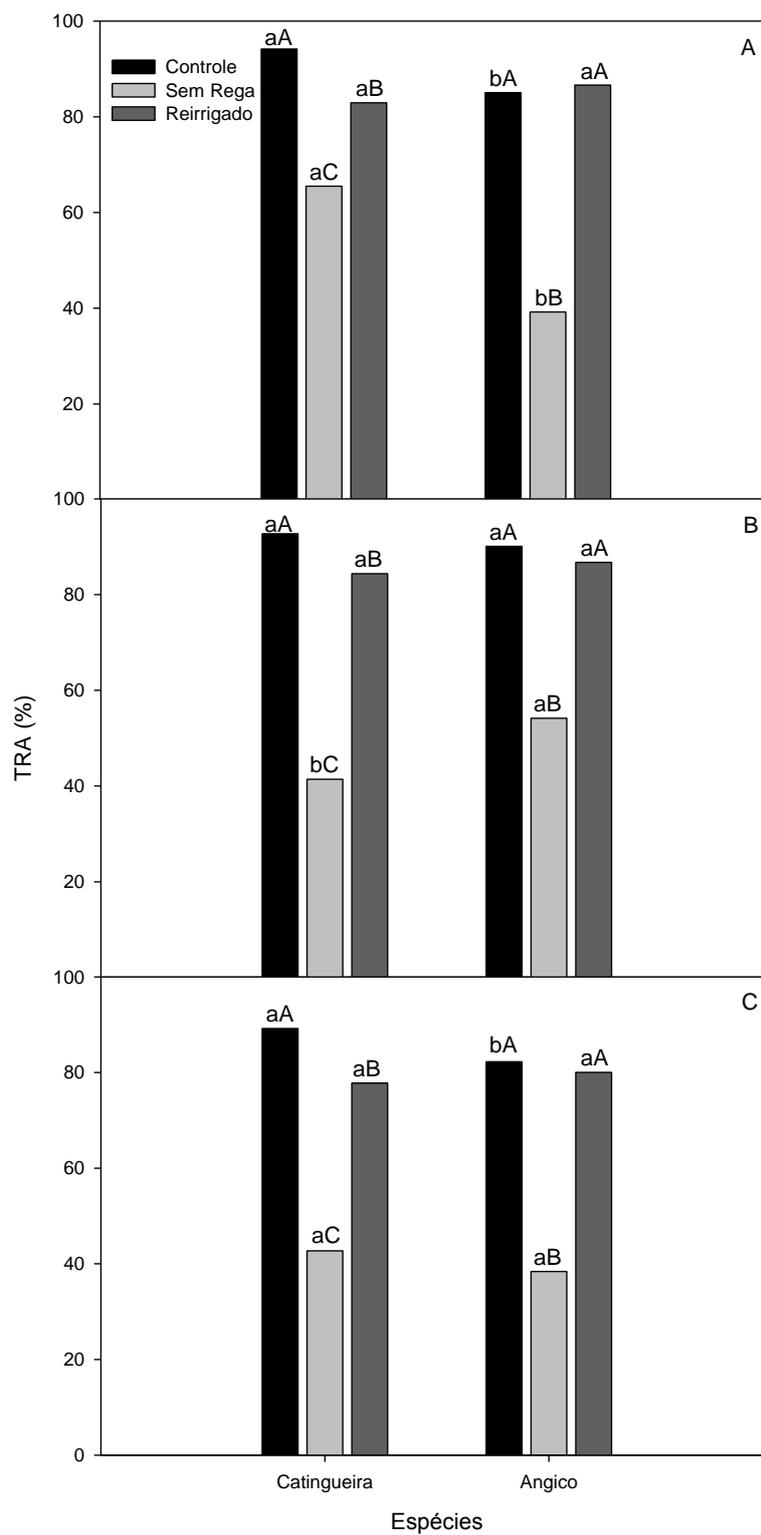


Figura 22 – Teor Relativo de Água (TRA) de plantas jovens de *Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina*, às 4 horas da manhã, submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. A – Primeira Coleta; B – Segunda Coleta; C – Terceira Coleta. Letras minúsculas e iguais não diferem entre as espécies e maiúsculas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao meio-dia, as plantas de angico apresentaram comportamento semelhante ao da catingueira, uma vez que o TRA foi significativamente reduzido quando em situação de estresse e após a reidratação esta variável foi aumentada, independente das épocas de avaliação (Figura 23). As plantas de catingueira que foram reirrigadas aumentaram seu teor relativo de água nas três épocas de avaliação, se comportando de forma semelhante às plantas controle, sendo este comportamento diferente apenas na segunda coleta, quando as plantas reirrigadas embora tenham elevado o seu TRA não tiveram valores estatisticamente semelhantes às plantas do tratamento controle. As plantas de angico também recuperaram o seu TRA logo após a primeira reirrigação e apenas na última avaliação as plantas reirrigadas não se igualaram às plantas controle.

As plantas de catingueira e angico que estavam sem rega apresentaram reduções de 43% e 48% (1ª coleta), 46% e 43% (2ª coleta), 44% e 59% (3ª coleta), respectivamente.

No entanto, também em todas as coletas, após 24 horas de reirrigação, embora expostas a maior temperatura, menor umidade relativa do ar e conseqüente maior déficit de pressão de vapor, as plantas recuperaram o seu teor relativo de água se assemelhando às plantas do tratamento controle (Figura 23).

Passados três períodos de seca com intercaladas reirrigações, a resposta das plantas, considerando esta variável, se repetiu, indicando que as espécies possuem tolerância para enfrentar os veranicos que podem ocorrer nas regiões semiáridas.

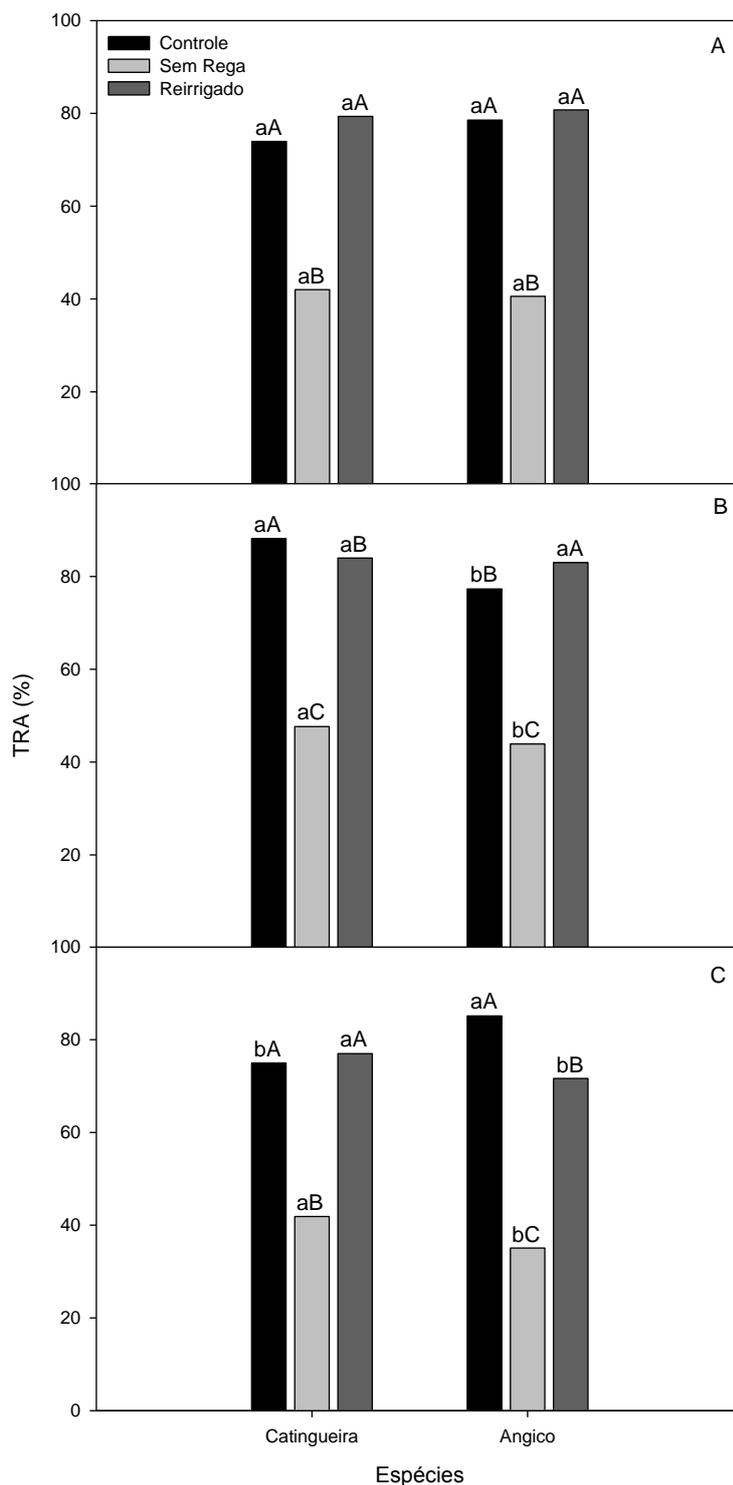


Figura 23 - Teor Relativo de Água (TRA) de plantas jovens de *Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina*, ao meio-dia, submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. A – Primeira Coleta; B – Segunda Coleta; C – Terceira Coleta. Letras minúsculas e iguais não diferem entre as espécies e maiúsculas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em pesquisas sobre as relações hídricas em várias espécies vegetais, observa-se que há um comportamento semelhante ao verificado na presente pesquisa, quando as plantas sob estresse reduzem o seu teor relativo de água. Fato observado por Nascimento (2009) estudando plantas de *Hymenaea courbaril* e por Moura (2010) com *Jatropha curcas*.

Outros autores encontraram resultados diferentes dos encontrados na presente pesquisa, como por exemplo, Silva et al., (2010) que constataram que mudas de *Erythrina velutina* sob estresse hídrico não tem seu TRA afetado pelos tratamentos (100%, 75%, 50% e 25% da capacidade de pote). Segundo os autores, a redução do crescimento encontrada nas plantas de mulungu foi a estratégia adaptativa utilizada para conseguir manter o status hídrico. Em adição, Silva (2013) não encontrou diferenças significativas no TRA de plantas de *Moringa oleifera* submetidas a supressão hídrica por 5 e 10 dias.

4.2.3. Teores de pigmentos fotossintéticos

As plantas da catingueira e de angico apresentaram um padrão de resposta semelhante para os pigmentos fotossintéticos nas três coletas realizadas, sendo as menores médias encontradas nas plantas reirrigadas (Figura 24).

Nas plantas de catingueira, o teor de clorofila *a* na primeira coleta (após 13 dias de suspensão da rega), foi aumentado cerca de 2 vezes nas plantas sem rega em relação às plantas controle, porém quando as plantas foram reidratadas, essas tiveram reduções significativas de 68% em relação às plantas que recebiam rega diária (Figura 24A). Na segunda avaliação, 16 dias após serem reirrigadas e permanecerem sem rega, essas plantas reidratadas já apresentaram resposta semelhante às plantas controle, porém quando reidratadas novamente o teor de clorofila *a* reduziu em 68% (Figura 24B). Ao final do experimento, na terceira coleta, as plantas sem rega por 18 dias e as reidratadas após esse período sem rega, apresentaram reduções significativas de 41% e 69% respectivamente, em relação às plantas com rega diária (Figura 24C).

Com relação às plantas de angico, não foram observadas diferenças estatísticas entre as plantas do tratamento controle e as que estavam com a rega suspensa, sendo esta resposta obtida nas três coletas realizadas. No entanto, para o tratamento que foi

reirrigado, estas plantas reduziram seu teor de clorofila *a* em 81%, 44% e 68% para as três coletas, respectivamente (Figura 24A, B e C).

Ao fazer uma comparação entre as espécies, observa-se que houve reduções para as plantas de angico em comparação às plantas de catingueira. Na primeira coleta (Figura 24A), as plantas sem rega reduziram seu teor de clorofila *a* em 56%, na segunda coleta (Figura 24B), foram encontradas reduções de 34% e 39% nos tratamentos controle e sem rega, respectivamente, e na terceira coleta (Figura 24C), apenas o tratamento controle reduziu em 19%.

O teor de clorofila *b* das plantas de catingueira, também foi aumentado em 3 vezes na primeira coleta nas plantas sem rega em relação às plantas do tratamento controle e as que foram reidratadas não diferiram significativamente das plantas controles (Figura 24D). Como visto para clorofila *a*, houve diferença estatística para o teor de clorofila *b* na segunda coleta nas plantas do tratamento reidratado em relação às plantas controle, com redução de 67,5% (Figura 24E) e na terceira avaliação, as plantas sem rega e reirrigadas apresentaram reduções de 38% e 62%, respectivamente (Figura 24F).

Já para o angico, foram verificadas reduções no teor de clorofila *b* apenas no tratamento reirrigado, onde as plantas reduziram em 76,5% e 61% para a primeira e última coleta, respectivamente (Figuras 24D e 24F).

Comparando as duas espécies, pode-se observar que os teores de clorofila *b*, as plantas sem rega do angico apresentaram médias 58% e 49% menores do que a catingueira nas duas primeiras coletas (Figuras 24D e 24E), respectivamente. Já para a terceira coleta foi visto o inverso, onde houve aumento significativo nas plantas de angico no tratamento sem rega em relação às catingueiras no mesmo tratamento (Figura 24F).

Na mesma linha de resposta ao déficit hídrico quanto aos teores de clorofila *a* e *b*, as plantas de catingueira sem rega apresentaram um aumento significativo de 1,22 vezes no teor de clorofila total na primeira coleta (Figura 24G) em comparação com as plantas do tratamento controle, se assemelham as mesmas, na segunda coleta (Figura 24H) e reduziram esta variável em 66% na terceira coleta (Figura 24I).

Ainda em relação à catingueira, as plantas reidratadas apresentaram as menores médias de 0,28 mg.g⁻¹ MF, 0,36 mg.g⁻¹ MF e 0,45 mg.g⁻¹ MF para as três épocas de avaliação, respectivamente. Para as plantas de angico as menores médias para os teores de clorofila total também foram encontradas no tratamento reirrigado, com valores de

0,20 mg.g⁻¹ MF e 0,37 mg.g⁻¹ MF, na primeira e terceira coleta, respectivamente (Figuras 24G e I).

Em uma análise comparativa entre as espécies, observou-se que na primeira e segunda coleta, as plantas de angico que estavam sob suspensão da rega tiveram um teor de clorofila total mais baixo que as plantas de catingueira na ordem de 57% e 43%, respectivamente. Esse comportamento foi invertido na última avaliação, quando o teor de clorofila total nas plantas estressadas de catingueira foi cerca de 20% menor, o mesmo visto para a clorofila *b*.

Os carotenoides também foram aumentados significativamente em 106% na primeira coleta nas plantas de catingueira sem rega, porém após reidratação as plantas não conseguiram recuperar o teor desse pigmento (Figura 28J). Na segunda avaliação as plantas reidratadas que seguiram sem rega após 16 dias já apresentaram os teores de carotenoides semelhantes às plantas controle, mas reduziram 61% após nova reidratação (Figura 28K). Na terceira coleta houve diferença estatística apenas no tratamento reirrigado, com redução de 47% se comparado ao controle (Figura 28L), demonstrando dessa forma, um comportamento semelhante ao que foi observado para as clorofilas.

Nas plantas de angico, foram observadas diferenças estatísticas para os carotenoides no tratamento reirrigado em relação às plantas sem rega por 16 dias, com redução de 58%, indicando que mesmo com a reidratação dos tecidos esse pigmento não volta à situação semelhante às plantas da condição controle (Figura 28J). Após passarem por mais dois períodos sem rega, as plantas do tratamento sem rega mantiveram seu teor de carotenoides semelhantes ao das plantas controle, enquanto que as plantas que foram reidratadas reduziram em 27% e 46% para a segunda e terceira coleta, respectivamente (Figuras 24K e 24L).

Dessa forma sugere-se que ao passarem por um período sem rega, as plantas acumulam esses pigmentos, no entanto quando essas mesmas plantas recebem água novamente, elas podem se ajustar às plantas de rega diária no primeiro momento, mas se forem submetidas novamente a outro período sem rega, mesmo após nova reidratação, essas plantas reduzem os teores de pigmentos fotossintéticos, mostrando que após vários períodos de estiagens que essas plantas possam sofrer chegando a um momento que os mesmos podem ser totalmente degradados mesmo após sucessivas reidratações.

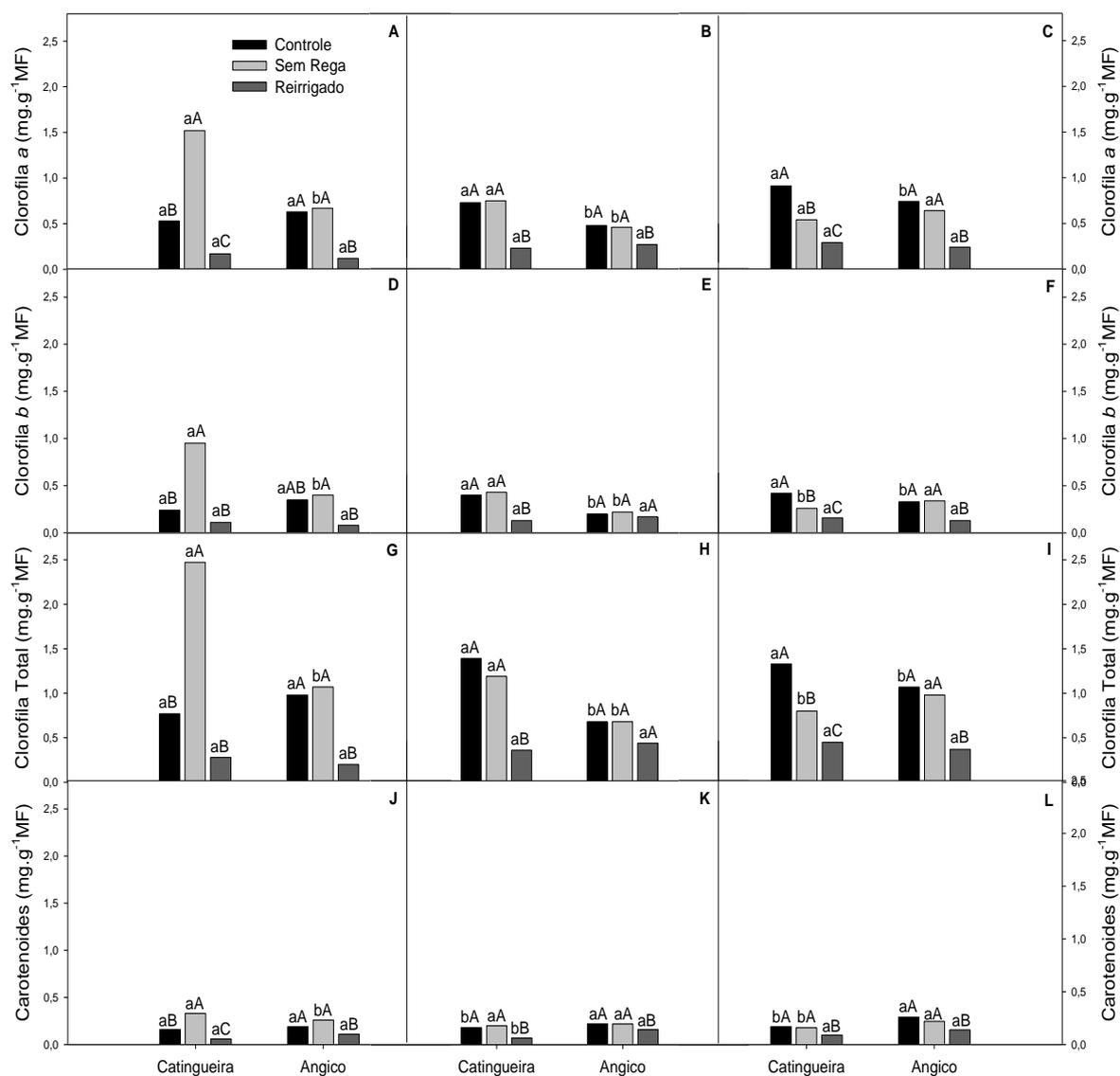


Figura 24 – Teores de pigmentos fotossintéticos de plantas jovens de *Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina*, ao meio-dia, submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação. A – Clorofila *a* (1ª Coleta); B – Clorofila *a* (2ª Coleta); C – Clorofila *a* (3ª Coleta); D – Clorofila *b* (1ª Coleta); E – Clorofila *b* (2ª Coleta); F – Clorofila *b* (3ª Coleta); G – Clorofila Total (1ª Coleta); H – Clorofila Total (2ª Coleta); I – Clorofila Total (3ª Coleta); J – Carotenoides (1ª Coleta); K – Carotenoides (2ª Coleta); L – Carotenoides (3ª Coleta). Letras minúsculas e iguais não diferem entre as espécies e maiúsculas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados diferentes aos encontrados no presente estudo foram obtidos por Moura (2010) em pesquisa com *Jatropha curcas* cultivadas em níveis crescentes de estresse hídrico. A autora sugere que o pinhão-manso não tem os seus teores de pigmentos fotossintéticos alterados em condições de deficiência hídrica, mesmo quando sob estresse severo (40% da capacidade de pote).

Jaleel et al. (2009) afirmam que os carotenoides podem ajudar as plantas a resistir a seca, atuando na defesa contra os efeitos nocivos dos danos oxidativos e que durante os períodos de estresse pode haver um aumento na quantidade de clorofila *b*.

Silva et al. (2009) ao submeterem mudas de *Ziziphus joazeiro* à seca induzida pelo PEG notaram que o teor de clorofila *a* nas plantas estressadas (-0,02 MPa, -0,04 MPa e -0,06 MPa induzidos pelo PEG) foi maior que nas plantas controle, quanto às clorofilas *b* e total e os carotenóides, essas diferenças não foram encontradas. Os autores afirmam que esta resposta pode estar atrelada ao fato da existência de proteínas de defesa associadas aos fotossistemas I e II.

Ao avaliar a influência da deficiência hídrica em plantas de moringa, Silva (2013) não encontrou diferença estatística entre os tratamentos Controle, 5 dias sem rega, 10 dias sem rega e reirrigado para os teores de clorofila *a* e total. Já para a os carotenoides, as plantas que estavam em condições satisfatórias de hidratação tiveram o menor valor, enquanto que as reirrigadas, os maiores valores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies em estudo apresentam tolerância à salinidade e à seca, por germinarem até os tratamentos -0,4 MPa de CaCl_2 e PEG 6000 e principalmente por germinarem mesmo em condições de potenciais osmóticos mais negativos (-1,2 MPa) de NaCl, que é o mais prejudicial para a germinação e crescimento dos vegetais. O CaCl_2 compromete mais severamente a germinação tanto das sementes de catingueira quanto de angico.

As trocas gasosas e as relações hídricas são severamente afetadas pela deficiência hídrica e após as reirrigações, as plantas de catingueira e angico conseguem se recuperar, atingindo valores próximos aos das plantas controle considerando, portanto, que as duas espécies recorrem ao controle estomático como mecanismo de tolerância ao estresse.

Com relação ao grau de resiliência das duas espécies, as mesmas possuem a capacidade de recuperação após períodos de estiagem intercalados com reirrigações, porém as plantas de angico são mais tolerantes por apresentarem respostas mais tardias, sendo a catingueira mais sensível por apresentar resposta mais rápida à condição de estresse.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. U.; CARDOSO, E. A.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U.; GALINDO, E. A.; BRAGA JUNIOR, J. M. Superação de dormência em sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.3, p.405-415, 2007.

ANDRÉO-SOUZA, Y.; PEREIRA, A. L.; SILVA, F. F. S.; RIEBEIRO-REIS, R. C.; EVANGELISTA, M. R. V.; CASTRO, R. D.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.2, p.83-92, 2010.

ANTUNES, C. G. C.; PELACANI, C. R.; RIBEIRO, R. C.; SOUZA, J. V.; SOUZA, C. L. M.; CASTRO, R. D. Germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catingueira) submetidas a deficiência hídrica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.5, p.1007-1015, 2011.

APNE. Associação Plantas do Nordeste. **A APNE Pesquisando a Caatinga em prol da conservação e do manejo florestal sustentado**. Disponível em: <http://www.plantasdonordeste.org/madeiras.pdf>. Acesso em 27/10/2013.

BRAGA, L. F.; SOUZA, M. P.; BRAGA, J. F.; SÁ, M. E. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, MG, v.21, n.2, p.95-102, 1999.

BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; ALMEIDA, T. A. Geminação de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth. submetidas a estresse salino e aplicação de poliamina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.11, n.1, p.63-70, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções Para Análises de Sementes Florestais**. Brasília, 2013. 98p.

CARVALHO, P. E. R. Angico Branco. Circular Técnica da Embrapa. Colombo, PR, 2002. 10p.

CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: **Germinação: do básico ao aplicado**. FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

CAVALCANTE, A. C. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. B. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. Documentos/Embrapa Caprinos, Sobral-CE, 2009. 50p.

CAVALCANTI, E. R. Educação ambiental e educação contextualizada com base na convivência com o semiárido. In: **Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro**. LIMA, R. C. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ-MARIN, A. M. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido – PB, 2011. 209p.

CRUZ, M. C. S.; SANTOS, P. O.; BARBOSA JR, A. M.; MÉLO, D. L. F. M.; ALVIANO, C. S.; ANTONIOLLI, A. R.; ALVIANO, D. S.; TRINDADE, R. C. Antifungal activity of Brazilian medicinal plants involved in popular treatment of mycoses. **Journal of Ethnopharmacology**, v.111, p.409-412, 2007.

DANTAS, B. F.; LOPES, A. P.; SILVA, F. F. S.; BATISTA, P. F.; PIRES, M. M. M. L.; ARAGÃO, C. A. Produção de mudas de catingueira-verdadeira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.) em função de substratos e luminosidades. **Científica**, Jaboticabal, v.39, n.1/2, p.34-43, 2011.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. GHEY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 472p.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra see d. **Proceedings of the American Journal Society for Horticultural Science**, 71: 428-434. 1965.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.903-909, 2004.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Atmed, 2008. 323p.

FERREIRA, E. G. B. S.; MATOS, V. P.; SENA, L. H. M.; OLIVEIRA, R. G.; SALES, A. G. F. A. Processo germinativo e vigor de sementes de *Cedrela odorata* L. sob estresse salino. **Ciência Florestal**, v.23, n.1, p.99-105, 2013.

FERREIRA, P. A.; SILVA, J. B. L.; RUIZ, H. A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. GHEY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 472p.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M.; GUIMARÃES, D. G.; Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.44, n.1, p.8-14, 2009.

GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F.; MASETTO, T. E.; SOUZA, L. C. F. Estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de Níger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.). **Acta Botanica Brasilica**, v.26, n.4, p.966-972, 2012.

GUEDES, R. S. ALVES, E. U. VIANA, J. S. GONÇALVES, E. P. LIMA, C. R. SANTOS, S. R. N. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.1, p.45-53, 2013.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. GHEY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 472p.

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; WAHID, A.; FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H. J.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, A. R. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.11, n.1, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, RiMa, 2004. 531p.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and carotenóides: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical chemistry**, F4.3.1-F4.3.8, 2001.

LIMA, R. C. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ-MARIN, A. M. **Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido – PB, 2011. 209p.

LIMA FILHO, J. M. P.; SANTOS, C. A. F. Avaliações fenotípicas e fisiológicas de espécies de Spondias tendo como porta enxerto o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Cam.). **Caatinga**, Mossoró, v.22, n.1, p.59-63, 2009.

MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C.; COSTA, P. R.; DONÁ, F. L. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.1, p.142-148, 2006.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora. 2ªed., 2012. 413p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madson, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, v.12, 2005. 495p.

MARIANO, K. R. S.; BARRETO, L. S.; SILVA, A. H. B.; NEIVA, G. K. P.; RIBEIRO, A. J.; AMORIM, S. M. C. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Floresta**, Curitiba, PR, v.39, n.4, p.853-959, 2009.

MARQUES, M. A.; RODRIGUES, T. J. D.; VALERI, S. V.; MALHEIROS, E. B. Comportamento germinativo de sementes de ipê-amarelo [*Tabebuia chrysotricha* (Mart.) Standl.] secadas em câmara seca, armazenadas em diferentes ambientes e submetidas a sete níveis de potencial osmótico. **Científica**, Jaboticabal, v.32, n.2, p.127-133, 2004.

MARTINS, M. O. **Aspectos fisiológicos do nim indiano sob déficit hídrico em condições de casa de vegetação**. Recife: UFRPE. Dissertação de Mestrado em Botânica, 85p. 2008.

MELO, F. P. L.; AGUIAR NETO, A. V.; SIMABUKURO, E. A.; TABARELLI, M. Recrutamento e estabelecimento de plântulas. In: **Germinação: do básico ao aplicado**. FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

MORAIS, D. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVA, L. M. M.; LIMA JR., A. R.; COSTA, R. C. L.; ROCHA, I. M. A.; SILVEIRA, J. A. G. Acumulação de íons e metabolismo de N em cajueiro anão em meio salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.2, p.125-133, 2007.

MORETÃO, M. P. **Propriedades biomoduladoras da arabinogalactana (Aragal) de *Anadenanthera colubrina* (Angico branco)**. Curitiba: UFPR. Tese de Doutorado em Bioquímica, 161p., 2004.

MOURA, A. R. **Aspectos morfológicos, fisiológicos e do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) submetido ao déficit hídrico.** Recife: UFRPE. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, 83p., 2010.

NASCIMENTO, H. H. C. **Mecanismos fisiológicos e bioquímicos em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), sob condições adversas.** Recife: UFRPE. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, 162p., 2013.

NASSIF, S. M. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul. – Fabaceae-Caesalponoideae) submetidas a diferentes condições de estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.142-149, 1997.

NOBRE R. G.; FERNANDES P. D.; GHEYI H. R.; SANTOS F. J. DE S.; BEZERRA, I. L.; GURGEL M. T. Germinação e formação de mudas enxertadas de gravioleira sob estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.38, n.12, p.1365- 1371, 2003.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; BARBOSA, D. C. A.; MORAES, J. A. P. V. Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens envasadas de três espécies da caatinga submetidas a deficiência de água. **Phyton**, Vicente López, v.62, n.1, p.37-46, 1998.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Curso diário e sazonal das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar em aceroleiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1331- 1342, 2000.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.4, n.1, p.41-45, 2000.

OLIVEIRA, A. M.; LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; RIBEIRO, M. C.; BENEDITO, C.P. Salinidade na germinação e desenvolvimento de plântulas de aroeira (*Myracrodouon urundeuva* fr all). **Caatinga**. Mossoró, v.20, n.2, p.39-42, 2007.

OLIVEIRA, A. K. M.; GUALTIERI, S. C. J.; BOCCHESI, R. A. Gas exchange of potted *Tabebuia aurea* plants under hydric stress. **Acta Scientiarum, Agronomy (Online)**, Maringá, v. 33, n. 4, 2011.

OLIVEIRA, L. M.; SILVA, J. N.; COELHO, C. C. R.; NEVES, M. G.; SILVA, R. T. L.; OLIVEIRA NETO, C. F. Pigmentos fotossintetizantes, aminoácidos e proteínas em plantas jovens de gravioleira submetida ao déficit hídrico. **Agroecossistemas**, v.5, n.1, p.39-44, 2013.

PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRIN, M. G. G. Q. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, v.23, n.2, p.511-519, 2013.

PEREIRA, J. W. L.; MELO FILHO, P. A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.4, p.766-773, 2012.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, Rio de Janeiro. EDUR, 2004. 192 p.

QUEIROGA, R. C. F.; ANDRADE NETO, R. C.; NUNES, G. H. S.; MEDEIROS, J. F.; ARAÚJO, W. B. M. Germinação e crescimento inicial de híbridos de meloeiro em função da salinidade. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.315-319, 2006.

QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da Caatinga**. Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, 2009. 914p.

QUEIROZ, C. G. S.; GARCIA, Q. S.; LEMOS FILHO, J. P. Atividade fotossintética e peroxidação de lipídios de membrana em plantas de aroeira-do-sertão sob estresse

hídrico após reidratação. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.14, n.1, p.59-63, 2002.

QUEIROZ, R. J. B.; SANTOS, D. M. M.; CARLIN, S. D.; MARIN, A.; BANZATTO, D. A.; CAZETTA, J. O. Osmoprotetores em cana-de-açúcar sob efeito da disponibilidade hídrica no solo. **Científica**, v.36, n.2, p.107-115, 2008.

QUEIROZ, J. E.; GONÇALVES, A. C. A.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. GHEY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Fortaleza, INCT Sal, 2010.

REGO, S. S.; FERREIRA, M. M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F.; SOUSA, R. K.; BRONDANI, G. E.; ARAUJO, M. A.; SILVA, A. L. L. Estresse Hídrico e Salino na Germinação de Sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.2, n.4, p.37-42, 2011.

REGO, S. S.; FERREIRA, M. M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F. Influência de potenciais osmóticos na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan (Angico-branco) – Mimosaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, supl.2, p.549-551, 2007.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. GHEY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 472p.

ROCHA, A. M. S.; MORAES, J. A. P. V. Influência do estresse hídrico sobre as trocas gasosas em plantas jovens envasadas e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. **Revista Brasileira de Fisiologia**. Campinas - SP, v. 9, n. 1, p. 43-48, 1997.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. Desertificação no nordeste semi-árido. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U.

M. T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. 500p.

SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C.; FIGUEIRÔA, J. M.; SANTOS JUNIOR, A. G. **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Associação Plantas do Nordeste, Recife, 2005. 331p.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfofisiológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SANTOS, C. A.; WALTER, L. S.; LIMA, O. M. L. R.; SILVA, C. V. S.; BARRETO, T. H. L.; NOGUEIRA, R. J. M. C. **Curso diário das trocas gasosas em mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan**. XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX – UFRPE. Recife, 2013.

SANTOS, C. A.; WALTER, L. S.; PACHECO, C. M.; SILVA, N. V.; SILVA, L. A. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. **Curso diário das trocas gasosas em mudas de *Caesalpinia pyramidalis* Tul**. XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX – UFRPE. Recife, 2013.

SARAIVA, A. M.; SARAIVA, C. L.; GONÇALVES, A. M.; SOARES, R. R.; MENDES, F. O.; CORDEIRO, R. P.; XAVIER, H. S.; PISCIOTTANO, M. N. C. Antimicrobial activity and bioautographic study of antistaphylococcal components from *Caesalpinia pyramidalis* Tull. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.48, n.1, p.147-154, 2012.

SARIN M. N.; NARAYANAN, A. Effects of soil salinity and growth regulators on germination and metabolism of wheat. **Physiologia Plantarum**. v.21, p.1201-1209, 1968.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMMINGSEN, E. A.; BRADESTREET, E. D. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of National Academy Science**, v.52, p.119-125, 1964.

SILVA, E. C. A. **Respostas fisiológicas, bioquímicas e enzimáticas em mudas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a estresses abióticos**. Recife: UFRPE. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, 102p, 2013.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; VALE, F. H. A.; MELO, N. F.; ARAÚJO, F. P. Water relations and organic solutes production in for umbu tree (*Spondias tuberosa*) genotypes under intermittent drought. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.21, n.1, p.43-53, 2009.

SILVA, E.C.; SILVA, M. F. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B. Growth evaluation and water relations of *Erythrina velutina* seedlings in response to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.22, n.4, p.225-233, 2010.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; BRITO, J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos em dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Revista Iheringia**, Série Botânica v.59, n.2, p.201-205, 2004.

SILVA, F. A. M.; MELLONI, R.; MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G. Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, v.6, n.1, p.52-59, 2000.

SILVA, M. A. V.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; OLIVEIRA, A. F. M.; SANTOS, V. F. Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.32, n.2, p.335-344, 2008.

SILVA, M. A. V.; FERREIRA, E. G. B. S.; NASCIMENTO, H. H. C.; MOURA, A. R.; GOMES, S. M. C. O.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Área foliar e pigmentos fotossintéticos em mudas de juá sob déficit hídrico induzidas pelo PEG 6000. **IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE**. In: Anais da IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE. Recife, 2009.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; LIMA, C. S.; VIÉGAS, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.5, p.437-445, 2009.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. GHEY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 472p.

SOUZA, M. J. N. A problemática ambiental: cenários para o Bioma Caatinga no Nordeste do Brasil. In: SILVA, J. B.; LIMA, L. C.; DANTAS, E. W. C. **Panorama da geografia brasileira**. São Paulo: Annablume, v.2, 2006. 308p.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.4, n.3, p.338-342, 2000.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre, Artmed, 3ed., 2004. 722p.

TROVÃO, D. M. B. M. FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; DANTAS NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira**

de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v.11, n.3, p.307-311, 2007.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002. 76p.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.