



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO - IFPE
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO AMBIENTAL**

MARCELO ALVES MAURÍCIO DA SILVA

**MANEJO DE RECURSOS NATURAIS PARA O USO SUSTENTÁVEL:
CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DE DUAS ESPÉCIES DA CAATINGA
COM POTENCIAL ECONÔMICO**

RECIFE – PE

2015

MARCELO ALVES MAURÍCIO DA SILVA

**MANEJO DE RECURSOS NATURAIS PARA O USO SUSTENTÁVEL:
CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DE DUAS ESPÉCIES DA CAATINGA
COM POTENCIAL ECONÔMICO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues

RECIFE – PE

2015

MARCELO ALVES MAURÍCIO DA SILVA

Manejo de Recursos Naturais para o Uso Sustentável: caracterização fisiológica de duas espécies da caatinga com potencial econômico

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da aprovação: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira
Orientadora - UFRPE / IFPE

Profa. Dra. Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues
Co-orientadora - IFPE

Profa. Dra. Marília Regina Costa Castro Lyra
Examinador Interno - MPGA

Profa. Dra. Suzene Izídio da Silva
Examinador Externo – UFRPE

A Deus, Pai e Criador do Universo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, pela possibilidade da realização do curso.

À Profa. Dra. Rejane J. Mansur C. Nogueira, minha mãe científica, pelas orientações, paciência, incentivo e profissionalismo com que sempre me tratou. Por tudo tenho uma profunda estima, admiração e respeito.

A todos os professores e funcionários, que direta ou indiretamente me ajudaram durante o curso, especialmente ao secretário do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental e meu amigo Fernando Medeiros pelo apoio, disponibilidade e generosidade.

A todos da família LFV, Cynthia Pacheco, Natália Vaz, Elaine Alves, Cibele Alves, e Rafaela Pereira pela ajuda na condução do experimento e pelos inúmeros momentos de muito trabalho e alegria que passamos juntos. Saibam que sem vocês eu não teria conseguido!

Um agradecimento especial à Marcelle Almeida e Fernanda Alves pelo apoio durante minha estada no LFV. Muito obrigado pela força!

Aos todos os colegas de curso, pela ajuda, palavras de incentivo e ânimo, especialmente a Emanuel Barbosa, Ramom Campos e Rebecka Santana, obrigado!

E de maneira incondicional, a minha mãe Helena Alves, mulher sábia, uma verdadeira guerreira que enfrentou e enfrenta as provações desta vida com toda dignidade, e com seu exemplo me ensinou a viver e ser bom e honesto.

Aos meus irmãos Ricardo Alves e Eduardo Alves, por serem acima de tudo meus amigos e pelo apoio incondicional.

A Caatinga, bioma único e espetacular, que aprendi a respeitar após a realização desse trabalho.

A todos que não foram mencionados, e que de alguma forma contribuíram com a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

E a todos que foram citados tenham certeza que estarão sempre comigo, por onde quer que eu vá os levarei nos meus pensamentos, sentimentos e orações... Minha eterna gratidão e reconhecimento!

“Tudo é considerado impossível até acontecer”
(Nelson Mandela)

Esse trabalho é a convicção do amor de Deus...

RESUMO

O desenvolvimento sustentável significa uma mudança de postura baseada na utilização dos recursos naturais admitindo formas adequadas de manejo em resposta as constantes alterações ambientais causadas pelo homem. Logo, o manejo sustentável da Caatinga torna-se fator importante com o uso de técnicas de produção e conservação especialmente em áreas que sofrem com secas frequentes. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi diagnosticar mecanismos fisiológicos relacionados a duas espécies nativas da Caatinga, para promoção de melhorias visando o manejo destes recursos naturais de forma sustentável. Para a realização dessa pesquisa foi necessário o desenvolvimento de um ensaio que correspondeu ao estudo abordando a influência da supressão hídrica do solo e posterior reirrigação no comportamento fisiológico das mudas de *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) e *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (sabiá) cultivadas em casa de vegetação pertencente ao Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O trabalho foi realizado entre os meses de maio a setembro de 2014, onde foram utilizadas sementes doadas pelo Centro de Referência para Recuperação de Áreas Degradadas da Universidade Federal do Vale do São Francisco. Após cento e doze dias em aclimação, procedeu-se a diferenciação dos tratamentos: controle, sem rega e reirrigado. Após a aplicação dos tratamentos foram avaliadas as trocas gasosas diariamente, até a constatação do fechamento estomático. Quando as plantas foram reirrigadas uma única vez, até verificação de novo fechamento estomático para avaliação da fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), o potencial hídrico foliar (Ψ_f) e o teor relativo de água (TRA), além de determinadas às concentrações das clorofilas *a*, *b* e total. Ocorreu redução das trocas gasosas com o prolongamento do estresse, nas plantas de sabiá e de mulungu, entretanto, o mulungu apresentou melhor resistência, suportando as condições de estresse hídrico em comparação ao sabiá. Os valores do potencial foliar e do TRA para o tratamento reirrigado também foram reduzidos em relação às plantas controle, sendo este comportamento observado nas duas coletas (4h). Observou-se que o sabiá apresentou um padrão de resposta parecido para os pigmentos fotossintéticos, sendo as menores médias encontradas nas plantas reirrigadas. O mulungu apresentou aumento nos valores da clorofila *a* tanto no tratamento sem rega como no reirrigado, mas diminuição nos valores da clorofila *b* e total em comparação ao tratamento controle. Com relação ao grau de resiliência das duas espécies, o mulungu se destaca em relação à tolerância a períodos de escassez hídrica.

Palavras-chave: alterações ambientais, supressão hídrica, fechamento estomático, fotossíntese, potencial hídrico foliar.

ABSTRACT

Sustainable development means a change of posture based on the use of natural resources management appropriate forms assuming in response the environmental changes caused by man. Soon, the sustainable management of the Caatinga becomes an important factor with the use of production techniques and conservation especially in areas that suffer from frequent droughts. Thus, the objective of this study was to diagnose physiological mechanisms related to two native species from the Caatinga, to promotion of improvements aimed at the management of these natural resources in a sustainable way. For carrying out such research was required to develop a test which corresponded to the study addressing the influence of soil water suppression and subsequent rehydrated on physiological behavior of the seedlings of *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) and *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (sabiá) grown in the greenhouse in the Physiology Laboratory of Federal Rural University of Pernambuco. The work was performed between the months of May to September 2014, where donated seeds were used by the reference Center for recovery of degraded areas of the Federal of Vale do São Francisco University. After one hundred and twelve days in acclimatization, the differentiation of treatments: control, without irrigation and rehydrated. After application of the treatments were evaluated gas exchange daily, until the observation of stomatal closure. When the plants were rehydrated once, until new scanning stomatal closure for evaluation of photosynthesis (A), transpiration (E), stomatal conductance (gs), leaf water potential (Ψ_f) and the relative water content (TRA), in addition to certain concentrations of chlorophylls *a*, *b* and total. Reduction of gas exchange occurred with the extension of the stress, plants of thrush and mulungu, however, mulungu presented better resistance, withstanding the conditions of water stress in comparison to sabiá. The values of the leaf and potential of the TRA for the treatment rehydrated also were reduced compared with control plants, being this behavior observed in the two collections (4 hour). It was observed that the thrush has presented a similar response pattern to the photosynthetic pigments, being the smallest medium found in plants reirrigadas. The mulungu presented increase in chlorophyll *a* values both in the treatment without watering as in rehydrated, but decrease in chlorophyll *b* and total values compared to the control treatment. With respect to the degree of resilience of two species, the mulungu stands out in relation to tolerance to periods of water shortage.

Keywords: environmental changes, water suppression, stomatal closure, photosynthesis, leaf water potential.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Imagem do percentual dos dias com déficit hídrico no semiárido brasileiro no período de 1970 – 1990, demonstrando a regularidade das secas nessa região. (Percentual de dias com déficit hídrico = número de dias com déficit hídrico/número total de dias).....25
- Figura 2:** Balanço anual entre precipitação e evaporação da Região Nordeste em 2012, indicando que, na média anual, os totais pluviométricos aproximadamente igualam a evaporação sobre toda a porção semiárida do Nordeste, desde o norte de Minas Gerais até o Ceará e Rio Grande do Norte.....26
- Figura 3:** Os tipos de modificações climáticas – natural e antrópica.....30
- Figura 4:** Distribuição dos Recursos Hídricos no Brasil.....33
- Figura 5:** Casa de vegetação do LFV/UFRPE.....34
- Figura 6:** Sementes de mulungu antes da escarificação (A), escarificação mecânica utilizando-se lixa d'água n. 80 (B) mais imersão em água por aproximadamente 1 a 2 minutos (C).....35
- Figura 7:** Areia lavada preparada para semeadura das sementes de mulungu (A) e sabiá (B) em bandejas de polietileno.....35
- Figuras 8:** Germinação de *Erythrina velutina* Willd. (A) e *Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth. (B).....36
- Figuras 9:** Transplântio das mudas de mulungu (A e B) e sabiá (C e D) para os vasos definitivos, no período da noite, priorizando a integridade das raízes.....36
- Figura 10:** Visão geral do potencial hídrico foliar (Ψ_f) em plantas de mulungu utilizando-se a câmara de pressão de Scholander. A) Folhas de mulungu sendo colocadas na câmara; B) Encaixe adequado; C) Observação da saída da seiva em folhas de mulungu.....38
- Figura 11:** Análise das trocas gasosas com o analisador de gás portátil a infravermelho – IRGA, ADC, modelo LcPro+ em plantas jovens de mulungu (A e B).....39
- Figuras 12:** Fotossíntese líquida em plantas jovens de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (A) e *Erythrina velutina* Willd. (B) submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação.....46
- Figura 13:** Transpiração (E) em plantas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (A) e *Erythrina velutina* Willd. (B) submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação.....48
- Figura 14:** Condutância estomática (gs) em plantas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (A) e *Erythrina velutina* Willd. (B) submetidas à supressão hídrica e posterior reirrigação.....50
- Figura 15:** Plantas jovens de mulungu submetidas a estresse hídrico. A) Tratamento controle em comparação com o tratamento sem rega; B) Tratamento sem rega após reirrigação.....53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teor Relativo de Água (%) em mudas de sabiá em casa de vegetação, submetidas à estresse hídrico e posterior reirrigação, após 10 dias sem rega na primeira coleta e 15 dias sem rega na segunda coleta.....	42
Tabela 2. Teor Relativo de Água (%) em mudas de mulungu em casa de vegetação, submetidas à estresse hídrico e posterior reirrigação, após 10 dias sem rega na primeira coleta e 15 dias sem rega na segunda coleta.....	43
Tabela 3. Potencial Hídrico Foliar (MPa) em mudas de sabiá em casa de vegetação, submetidas à estresse hídrico e posterior reirrigação, após 10 dias sem rega na primeira coleta e 15 dias sem rega na segunda coleta.....	44
Tabela 4. Potencial Hídrico Foliar (MPa) em mudas de mulungu em casa de vegetação, submetidas à estresse hídrico e posterior reirrigação, após 10 dias sem rega na primeira coleta e 15 dias sem rega na segunda coleta.....	44
Tabela 5. Teores de pigmentos (mg/g) em mudas de sabiá em casa de vegetação, submetidas à estresse hídrico e posterior reirrigação, após 10 dias sem rega na primeira coleta e 15 dias sem rega na segunda coleta.....	51
Tabela 6. Teores de pigmentos (mg/g) em mudas de mulungu em casa de vegetação, submetidas à estresse hídrico e posterior reirrigação, após 10 dias sem rega na primeira coleta e 15 dias sem rega na segunda coleta.....	52
Tabela 7. Análise das variáveis Fisiológicas de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth. e <i>Erythrina velutina</i> Willd.....	54

SUMÁRIO

	Pag.
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1 Considerações sobre a Caatinga.....	17
3.2 Considerações sobre as Espécies Estudadas.....	20
- 3.2.1 <i>Erythrina velutina</i> Willd. (mulungu).....	20
- 3.2.2 <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth. (sabiá).....	22
3.3 Manejo de Espécies da Caatinga para Fins Forrageiros.....	24
- 3.3.1 Técnicas de Manipulação Sustentável da Caatinga.....	27
3.4 Impactos das Mudanças Climáticas.....	28
3.5 Disponibilidade Hídrica no Semiárido, a questão da Água.....	31
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.1 Local de realização dos experimentos e aquisição das sementes....	34
4.2 Tratamento pré-germinativo.....	35
4.3 Transplântio e aclimação.....	36
4.4 Variáveis fisiológicas avaliadas.....	37
- 4.4.1 Relações hídricas.....	37
- 4.4.2 Trocas gasosas.....	39
- 4.4.3 Pigmentos fotossintéticos.....	40
4.5. Delineamento experimental.....	41
4.6. Análise Estatística.....	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
5.1 Teor Relativo de Água (TRA).....	42
5.2 Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f).....	43
5.3 Trocas Gasosas: fotossíntese, transpiração e condutância estomática.....	44
5.4 Teores de pigmentos fotossintéticos.....	50

5.5 Indicadores Fisiológicos Estudados.....	53
6 CONCLUSÕES.....	55
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

A emergência das mudanças ambientais globais, como risco para a humanidade, trouxe a reflexão o desenvolvimento sustentável e a adaptação às mudanças climáticas, na tentativa de encontrar soluções políticas e científicas através de discussões e estudos.

O desenvolvimento sustentável segundo consta no Relatório de Brundtland¹ conceitua-se como “a prática de atender às necessidades da atual geração, sem comprometer a capacidade das futuras gerações em prover suas próprias demandas” (BRUNDTLAND, 1988).

Isso significa uma mudança de postura baseada na utilização dos recursos naturais com respeito ao próximo e ao meio ambiente. É o desenvolvimento que não esgota os recursos, conciliando crescimento econômico e preservação da natureza. Por isso, é imprescindível preservar os bens naturais e à dignidade humana (VIZEU et al., 2012).

Porém, as mudanças climáticas acentuam os desequilíbrios constantes no planeta refletindo em consequências sem precedentes relacionadas às alterações ambientais com o aumento das emissões de Gases do Efeito Estufa, de queimadas, dos desmatamentos, da formação de ilhas urbanas de calor, entre outros (NOBRE, 2010).

Nesse contexto, o presente trabalho discute questões fundamentais para o desenvolvimento da região Nordeste, como a seca considerando-a fator limitante para as atividades agrossilvipastoris², e conseqüentemente o desenvolvimento econômico da região.

¹BRUNDTLAND, Gro Harlem. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - 1988. **Nosso Futuro Comum** (Relatório Brundtland). Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988. Trata-se de um extenso relatório publicado em 1987, que adquiriu o sugestivo título de “*Nosso Futuro Comum*”, construído por uma comissão da ONU presidida pela *premier* norueguesa Gro Harlem Brundtland, que sedimentou o Desenvolvimento Sustentável como uma nova estratégia de desenvolvimento do capitalismo. É um documento que prega o mercado como gestor do meio ambiente e o Estado como regulador das compensações econômicas.

²AGROSSILVIPASTORIS - corresponde ao uso de árvores em propriedades e paisagens rurais, baseando-se em sistemas dinâmicos de manejo dos recursos naturais e agroecossistemas, promovendo melhorias nas características sociais, econômicas e ambientais para quem cultiva e/ou explora a terra (World Agroforestry Center, 2008).

Sabe-se que a água apresenta uma dimensão social muito importante, tanto para as regiões semiáridas quanto para as demais regiões do Brasil, e devido a sua utilização inapropriada mostra-se restrita para as atividades humanas (MARENGO, 2008).

O contexto regional não pode ser desprezado, considerando importante administrar de forma coerente os recursos naturais disponíveis, em todo o país, para que sejam preservados de forma a garantir a sua utilização por mais tempo.

As recentes mudanças verificadas no clima do planeta, diante da intensificação das atividades antrópicas, certamente estão promovendo significativas alterações no meio ambiente com interferências severas no ciclo das águas e conseqüentemente na produção agrícola (GHINI, 2005).

Assim, o estudo das funções fisiológicas de espécies vegetais adaptadas a condições ambientais extremas podem expressar resultados favoráveis para o desenvolvimento econômico. Portanto, a pesquisa fisiológica aliada à sustentabilidade dos recursos naturais proporciona inovação para agricultura familiar ou para grandes latifúndios garantindo desenvolvimento econômico e social, refletindo diretamente no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do país.

Logo, esta pesquisa tem caráter científico/informativa, com o objetivo de contribuir com a sociedade na tentativa de minimizar os efeitos dos eventos climáticos extremos com enfoque para a seca. Uma vez que as mudanças climáticas são fatores que causam preocupação no cenário mundial devido aos impactos econômicos negativos gerados pela redução na produtividade de culturas.

Espera-se que o trabalho proposto contribua com a comunidade científica através do estudo dos mecanismos de defesa/tolerância ao estresse hídrico em plantas da Caatinga com fins econômicos, e ajude no desenvolvimento de tecnologias e produtos que possibilitem a geração de plantas mais resistentes/tolerantes ao estresse e que sejam economicamente viáveis e sustentáveis.

Assim o objetivo do presente trabalho foi diagnosticar mecanismos fisiológicos relacionados a duas espécies arbóreas nativas da Caatinga, visando o manejo sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Diagnosticar mecanismos fisiológicos relacionados a duas espécies arbóreas nativas da Caatinga, visando o manejo sustentável.

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar a influência do estresse hídrico sobre as relações hídricas (potencial hídrico foliar e teor relativo de água) em mudas de *Erythrina velutina* Willd. e *Mimosa caesalpinifolia* Benth.;
- Averiguar os efeitos do estresse hídrico sobre a fotossíntese, transpiração e condutância estomática;
- Detectar alterações nas concentrações de pigmentos fotossintéticos e no índice SPAD;
- Identificar o grau de resiliência das espécies estudadas;
- Estabelecer indicadores fisiológicos das plantas em estudo voltado para o uso econômico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil apresenta uma ampla diversidade de espécies vegetais e animais que são manejados em muitos casos sem preocupação com a conservação e/ou preservação ambiental. Nesse contexto a Caatinga é a formação vegetal encontrada no semiárido que destaca-se por ser o bioma exclusivamente brasileiro e que deve ser mais estudado pelo seu vasto patrimônio biológico muito explorado desde outrora.

3.1 Considerações sobre a Caatinga

O termo Caatinga tem origem do tupi: *caa* (mata) + *tinga* (branca) = a mata branca. A Caatinga é um bioma encontrado na região Nordeste do Brasil, ocupando cerca de 10% do território nacional, prolongando-se do Ceará (100%), Piauí (63%), Rio Grande do Norte (95%), Paraíba (92%), Pernambuco (83%), Alagoas (48%), Sergipe (49%), Bahia (54%) até uma parte do norte de Minas Gerais (2%) (LINHARES; GEWANDSZBAJDER, 1998; PRADO, 2003; SISTEMA NACIONAL, 2007; BRASIL, 2011).

É um bioma exclusivamente brasileiro, único por apresentar grande variedade de paisagens, relativa riqueza biológica e endemismo, que não são encontrados em outro lugar no mundo, sendo também considerado o ecossistema nacional mais frágil (NOGUEIRA et al., 2005; CAATINGA, 2012).

O clima da Caatinga é semiárido, com uma estação chuvosa curta e longos meses sem chuva, predominando períodos de seca, onde a evaporação potencial supera a precipitação praticamente em todos os meses do ano. A seca é um termo que designa uma condição natural de algumas regiões, ocorrendo quando as chuvas são significativamente menores que os níveis normais registrados, e que acarretam graves desequilíbrios hidrológicos (BRASIL, 2005; SCHISTEK, 2012).

Além dessas condições climáticas rigorosas, a região da caatinga está submetida a ventos fortes e secos, que contribuem para a aridez da paisagem nos meses de seca, e uma temperatura quase sempre muito elevada, durante o dia, com médias entre 25 a 29° C (AB'SÁBER, 2003).

Para Leal e colaboradores (2005) a seca torna a vida dos sertanejos difícil e determina mudanças adaptativas no bioma da região. Atualmente a principal forma de degradação da Caatinga é o desmatamento que ocorre com a extração de madeira para produção de carvão vegetal, sem planejamento a recuperação das áreas degradadas, gerando consequente desertificação do bioma (SCHOBER, 2002; PATRIOTA, 2012).

Cerca de 27 milhões de pessoas vivem na região nordeste que apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) baixo o que torna a maioria dos moradores carentes e dependentes dos recursos vegetais da Caatinga para sobreviver. Entretanto, o uso dos recursos da Caatinga ao longo de centenas de anos de ocupação associado ao desmatamento, a pobreza e a seca acentuam a sensibilidade do bioma (BRASIL, 2011).

Porém, mais recentemente os setores governamentais e não governamentais buscam soluções para a grave situação da Caatinga, pois, além da grande necessidade de conservação dos seus sistemas naturais, ainda existe uma série de insuficiências no conhecimento científico relacionado ao bioma (SCHISTEK, 2012).

Por isso a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA tem buscado e incentivado a agricultura sustentável, fundamentada em tecnologias não agressivas ao meio ambiente e que valorizem o desenvolvimento de sistemas de produção agroflorestais na região semiárida nordestina (ARAÚJO & CARVALHO, 2001).

Sabe-se que a utilização de recursos de forma contínua e sem planejamento proporciona desequilíbrios ambientais, sociais e culturais. Tanto que em 1987 a Comunidade Científica Mundial relacionada ao Meio Ambiente elaborou um relatório abordando as preocupações com o modelo capitalista industrial atual e alertando sobre a produção e consumo vigentes (FERNANDES, 2011).

Desde então, essa concepção de crescimento aliada à preservação dos recursos naturais evoluiu estabelecendo leis e diretrizes, como a Lei do Estado Pernambucano nº 13.287, assinada em 2007, que reforçou a fiscalização ao Bioma Caatinga instituindo que o manejo dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo, no semiárido, atenda às funções social e ecológica (ALEPE, 2008).

As inovações tecnológicas e a sustentabilidade mostraram-se como alternativas necessárias para promover o aproveitamento satisfatório dos recursos naturais, nas diversas atividades humanas, contudo, sem comprometer o futuro das próximas gerações.

Nessa concepção é interessante destacar as adaptações ao clima que as plantas do bioma Caatinga possuem, tais como folhas transformadas em espinhos, cutículas altamente impermeáveis, caules suculentos, entre outras. Todas essas adaptações conferem a esse bioma um aspecto característico denominado xeromorfismo (LINHARES; GEWANDSZBAJDER, 1998).

Sabe-se que as plantas compõem e mantêm o funcionamento dos ecossistemas, sendo a base de energia para outros organismos, abrigo para animais e possibilitam o equilíbrio do meio, participando da ciclagem dos nutrientes, capturando carbono da atmosfera e mantendo a integridade dos solos (LIMA et al., 2013).

A Caatinga, nesse contexto, apresenta enorme variedade de espécies vegetais com expressividade fisiológica, diversidades variadas, e composta por vegetação que pode variar de aberta e arbustiva a fechada e florestal, típica da região semiárida nordestina (SANTOS E. M. et al., 2013).

De acordo com Schistek (2012) o semiárido dispõe de uma grande variedade de plantas, nativas e exóticas, tanto forrageiras como para o consumo humano, que se caracterizam pela adaptação a um estresse hídrico maior, sem perderem produtividade. Para Ab'Sáber (1999) a flora da Caatinga apresenta espécies dotadas de longa história de adaptação ao calor e à seca apresentando fragilidade para recompor-se após intervenção humana.

A paisagem é esbranquiçada no período seco, onde a maioria das plantas perdem as folhas – espécies caducifólias – e os troncos das árvores tornam-se esbranquiçados e secos. Além dessa adaptação é importante ressaltar a presença de sistemas de raízes bem desenvolvidos. A queda das folhas é uma adaptação para reduzir a perda de água por transpiração e raízes bem desenvolvidas aumentam a capacidade de obtenção de água do solo (PRADO, 2003; CAATINGA, 2012).

O bioma caracteriza-se pela sua peculiaridade, pois, apesar de as matas terem um aspecto seco, são muito ricas em espécies e bastam apenas

algumas gotas de chuva para que a paisagem ganhe um colorido vibrante devido às flores das espécies vegetais (ROCHA, 2010).

Essas características xeromórficas da paisagem determinam o ritmo de desenvolvimento da região semiárida influenciando o manejo adequado do bioma. A Caatinga foi e continua sendo o principal meio de sobrevivência fornecendo forragem e remédios, para os mais variados tipos de rebanhos, madeira para construções, entre outros, contribuindo consideravelmente na qualidade de vida dos nordestinos (LUCENA et al., 2007).

Mas o dilema humano atual não está em fazer uso da natureza, pois todas as espécies precisam viver, se desenvolver e evoluir. Sendo assim, a principal questão que deve ser pensada é a reformulação e/ou transformação do sistema capitalista atual para que as futuras gerações também possam desfrutar do meio ambiente equilibrado e saudável (BARBOZA et al., 2009).

Consequentemente, é importante um planejamento relacionado à região semiárida na cultura de espécies forrageiras para alimentação animal, tanto por agrossilviprodutores, como por agricultores de médio e pequeno porte que tendem a vender a produção em tempos de seca para alimentação animal e com isso evitar a degradação dos recursos naturais vegetais (LINDOSO et al., 2013).

Logo, atividades econômicas como pecuária e agricultura dependem diretamente da disponibilidade da água, essa por sua vez apresenta-se escassa principalmente em períodos de estiagem prolongados no Nordeste. Sendo fator preponderante, e muitas vezes de sobrevivência, a cultura de espécies resistentes à estiagem. Cabe, dessa forma, no contexto atual, o auxílio de pesquisas rotineiras sobre o aperfeiçoamento fisiológico de espécies vegetais utilizadas como forragem.

3.2 Considerações sobre as Espécies Estudadas

3.2.1 *Erythrina velutina* Willd. (mulungu)

A região semiárida do Nordeste apresenta ocorrência de secas periódicas, provocando escassez de água e alimentos para o homem e animais. Porém, mesmo durante as secas, quando a região torna-se aparentemente estéril por falta de chuvas, não possibilitando a produção

agrícola e de forragens, muitas plantas das caatingas continuam a fornecer ao homem regional materiais úteis. Dentre essas plantas nativas, destaca-se o mulungu, que perde suas folhas no período seco do ano (MENDES, 1992).

O gênero *Erythrina* é muito conhecido, ocorrendo nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, apresentando cerca de 110 espécies, das quais 70 são nativas da América. No Brasil são encontradas cerca de 12 espécies, destacando-se a *Erythrina velutina*, originária do Nordeste e a *Erythrina mulungu*, nativa do Sudeste (NEILL, 1988; VASCONCELOS et al., 2003; CARVALHO, 2008).

A *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) conhecida popularmente como mulungu é uma espécie arbórea, nativa da flora brasileira, que apresenta grande rusticidade, resistência à seca e rápido crescimento. Também é reconhecida como fonte medicinal e por outros nomes populares como suinã, canivete, corticeira, mulungu-da-caatinga, pau-de-coral, sanaduí, sananduva, dentre outros (LORENZI, 1992; LORENZI & MATOS, 2002; MAIA, 2004).

Sua ocorrência natural é ampla, principalmente na Caatinga, abrangendo desde o Ceará (latitude de 3° 45' S), até Minas Gerais (latitude 16° 45' S). Em virtude desta extensa distribuição geográfica as sementes de *E. velutina* podem apresentar diferenças morfológicas. Porém, são geralmente bicolores exibindo coloração vermelho-escura e vermelho-alaranjada e de formato oblongo, com um hilo curto de posição mediana (SILVA JÚNIOR, 2005; CARVALHO, 2008).

A árvore completamente formada é decídua e heliófita, ou seja, intolerante ao sombreamento necessitando do sol, mede cerca de 8 a 12 metros de altura, e ocorre em várzeas úmidas e margens de rios da Caatinga da região semiárida do Nordeste brasileiro e vale do São Francisco (LOPES et al., 2011).

Geralmente é encontrada sob a forma de indivíduos isolados ou, em alguns casos, em grupos pouco densos, especialmente em áreas rebaixadas, podendo também ser localizada na orla marítima de Pernambuco (LORENZI, 1998; MELO & CUNHA, 2008).

Apresenta características ideais para a utilização na recuperação de áreas degradadas por ser fixadora de nitrogênio no solo, por isso, é empregada em reflorestamentos mistos. Sua madeira leve apresenta diversas aplicações

madeiras, artesanais e industriais. É comumente encontrada na arborização e em jardins e parques de cidades do Nordeste brasileiro (DANTAS et al., 2004).

No Ceará, *E. velutina* já foi cultivada como árvore de sombra em cafezais. Na Bahia, é usada para sombrear cacauzeiros e, em Minas Gerais, tem função de cerca viva, por ser espinhenta. As flores dessa espécie são comestíveis e podem ser consumidas cruas ou cozidas (CARVALHO, 2008).

Mas, infelizmente, a crescente demanda e o intenso extrativismo têm contribuído para a redução do número de plantas nas áreas de ocorrência natural desta espécie, potencializando o risco de extinção se continuar sendo explorada excessivamente e se sua sobrevivência não for assegurada através de reflorestamentos de áreas degradadas (FACHIM & GUARIM, 1995; MAIA, 2004).

A produção de mudas desta espécie é feita por meio de sementes, as quais apresentam dormência tegumentar que requer escarificação para diminuir a desuniformidade e acelerar o processo germinativo (SANTOS et al., 2013).

3.2.2 *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (sabiá)

O sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) é uma planta pioneira, ou seja, adaptada a lugares inóspitos, decídua referindo-se a perda das folhas em determinado período do ano, heliófita apresentando rápido crescimento, mas que necessita de luz intensa para sobreviver, com ocorrência preferencial em solos profundos, tanto em formações primárias quanto secundárias (RIZZINI, 1978; LORENZI, 2002).

Nativa da região Nordeste do Brasil, pertence à família Leguminosae, subfamília Mimosoideae, e ocorre naturalmente em áreas da Caatinga de vários estados nordestinos, como: Piauí, Pernambuco, Alagoas, Rio Grande do Norte, Paraíba, Bahia e Ceará (DRUMOND et al., 1999; LORENZI, 2002; RIBASKI et al., 2003; FIGUEIRÔA et al., 2005).

A árvore do sabiá caracteriza-se por apresentar rápido crescimento, alta capacidade de regeneração e resistência à seca apresentando também características ornamentais, com madeira apropriada para usos externos

devido à sua alta resistência fisicomecânica, como mourões, estacas, postes, lenha e carvão (DRUMOND et al., 1999; LORENZI, 2000; SILVA, 2000).

Suas folhas têm valor nutritivo e são utilizadas como fonte de alimento para bovinos, caprinos e ovinos, especialmente durante a época seca no semiárido, sua folhagem constitui uma rama de primeira qualidade para alimentação animal, sendo leve, tenra e macia. O sabiá também é muito utilizado como cerca viva sendo ideal para recomposição de áreas degradadas (COSTA, 1988; DRUMOND et al., 1999; LORENZI, 2000; ALVES et al., 2004; LIMA et al., 2008).

As suas folhas podem ser fornecidas aos animais na forma *in natura* ou de feno, coletados no período de abundância de forragem, geralmente na época chuvosa, como suplemento da dieta animal no período de estiagem, e podem representar até 70% do total da forragem consumida voluntariamente por ruminantes durante a estação das chuvas (MENDES, 1989).

É uma planta bastante esgalhada, com folhas compostas, bipinadas, possuindo em geral seis pinas opostas, cada uma com quatro a oito folíolos, com cerca de oito cm de comprimento. Entretanto, a presença de acúleos, caráter dominante na espécie, dificulta o manejo de povoamentos, limitando a sua exploração em condições naturais (FIGUEIRÔA et al., 2005).

Seus frutos são legumes articulados, planos, medindo de 7 a 10 cm de comprimento e de 10 a 13 mm de espessura e suas sementes são lisas e duras, apresentando um tamanho pequeno de 5 a 8 mm de diâmetro, com dormência tegumentar (MENDES, 1989; DRUMOND et al., 1999).

A planta do sabiá cresce, preferencialmente, em solos profundos, e de acordo com Silva et al. (2009), a espécie pode proporcionar melhoria na estrutura do solo, incorporando matéria orgânica e servindo como cobertura. Por isso, é considerada uma espécie indispensável em qualquer programa de reflorestamento na Região Nordeste, principalmente no semiárido (BURITY et al., 2000).

Quando plantada em solos férteis, ao término do terceiro ao quarto ano, já pode fornecer estacas para cercas, mas apresenta bom desenvolvimento também em solos mais pobres. Entretanto, nesses casos, é importante suprir as plantas por meio de adubação orgânica ou química para

obter melhores resultados de produção e qualidade de madeira (RIBASKI et al., 2003; SOUZA, 2012).

Por seus variados usos múltiplos, o sabiá é uma das espécies mais promissoras para plantios de empreendimentos ambientais e ou econômicos (MAIA, 2004).

3.3 Manejo de Espécies da Caatinga para Fins Forrageiros

As florestas desempenham importantes funções para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas, como a proteção do solo, o controle sobre o regime de chuvas e do fluxo das águas, o controle da poluição atmosférica e a sobrevivência da fauna. Além disso, fornece matéria-prima para diferentes finalidades e pode ser utilizada para atividades de lazer.

O manejo florestal é entendido como o conjunto de intervenções efetuadas em uma área, visando à obtenção continuada de produtos e serviços derivados da floresta, mantendo sua capacidade produtiva e a diversidade biológica (GARIGLIO, 2010).

Assim, são notórios, na região semiárida do Nordeste do Brasil, sinais de degradação ambiental na Caatinga, causados pela excessiva utilização dos recursos naturais através de seu manejo inapropriado, constituindo-se a base alimentar para rebanhos bovinos, ovinos e caprinos (DRUMOND et al., 2000).

A Caatinga frequentemente é submetida a cortes rasos sucessivos para produção de lenha e carvão e, além disso, são frequentes os desmatamentos para a agricultura de subsistência e pecuária (SAMPAIO et al., 2002).

Com o manejo inapropriado da Caatinga o principal produto obtido permanece sendo a lenha, utilizada como combustível para indústrias, comércio e domicílios, além de ser transformada em carvão, que também é empregado como fator energético (BRASIL, 2010; MOREIRA et al., 2012).

Mas é na atividade de pecuária que os animais consomem as folhas e ramos finos no campo e normalmente, a maior disponibilidade de forragem ocorre na estação chuvosa e é fornecida pelo estrato herbáceo. À medida que se caracteriza o período de estiagem, as folhas senescentes das plantas lenhosas são incorporadas a dieta dos animais e podem representar o único

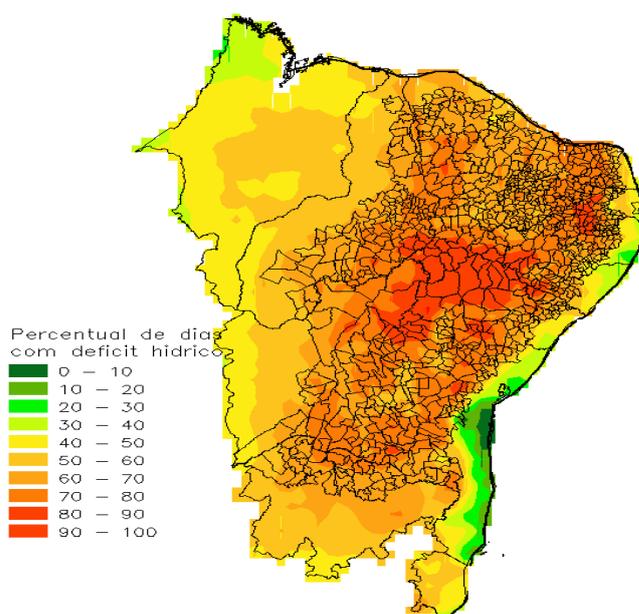
recurso forrageiro disponível, em alguns tipos de Caatinga (PEREIRA FILHO, et al., 2013).

Assim, para fins forrageiros é interessante aproveitar ramos maiores que são triturados, fenados, esfarelados e armazenados para fornecimento aos animais, como alimento de manutenção na época da escassez de alimentos no semiárido (GOMES et al., 2007; BRASIL, 2010).

A fenação é o processo de conservação de forragens realizado pela desidratação ou secagem parcial das plantas forrageiras. O feno é o produto resultante dessa prática, ou seja, o processo consiste na retirada de boa parte da água existente nas plantas, para que estas possam ser armazenadas por longo período, com a utilização de uma máquina que tritura o material (MAIA & GURGEL, 2013).

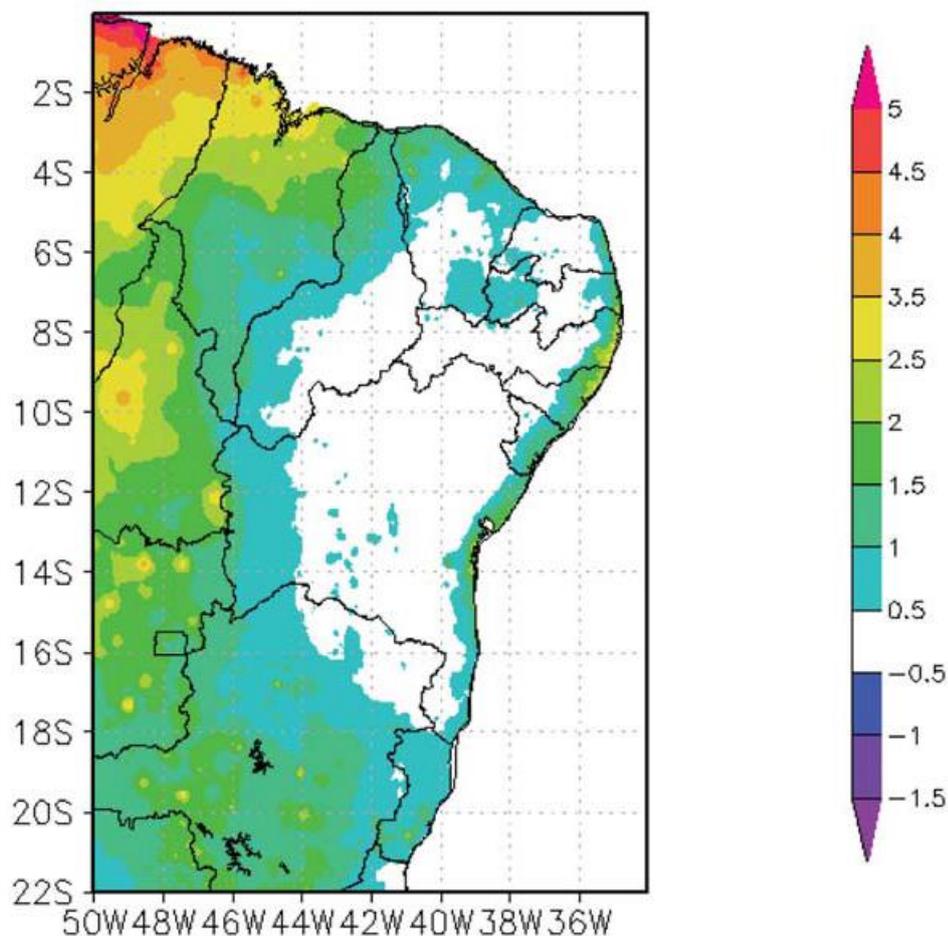
Nesse sentido, é extremamente importante o uso de técnicas de produção e conservação de forragens na região Nordeste, especialmente em áreas que sofrem com secas frequentes (Figuras 1 e 2), associadas ao manejo sustentável da Caatinga para a melhoria do potencial produtivo dos rebanhos, agregando valor comercial aos produtos finais, como carne, leite e pele, e minimizando os danos causados pela seca (MORAIS, 2012).

Figura 1: Imagem do percentual dos dias com déficit hídrico no semiárido brasileiro no período de 1970 – 1990, demonstrando a regularidade das secas nessa região. (Percentual de dias com déficit hídrico = número de dias com déficit hídrico/número total de dias).



Fonte: BRASIL, Ministério da Integração Nacional, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2005.

Figura 2: Balanço anual entre precipitação e evaporação da Região Nordeste em 2012, indicando que, na média anual, os totais pluviométricos aproximadamente igualam a evaporação sobre toda a porção semiárida do Nordeste, desde o norte de Minas Gerais até o Ceará e Rio Grande do Norte.



Fonte: BRASIL, 2012. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – Ciência, Tecnologia e Inovação – CGEE. Agência Nacional de Águas – ANA. Projeto Proclima, INPE/CPTEC.

Mas a produção de alimento para os animais, ainda se constitui no maior problema para o desenvolvimento da pecuária no semiárido. Contudo, o cultivo de plantas forrageiras da Caatinga como lavoura xerófila regular, em áreas de *déficit* hídrico, pode ser a opção mais vantajosa para a agricultura do semiárido (ANDRADE et al., 2006).

3.3.1 Técnicas de Manipulação Sustentável da Caatinga

A Caatinga apresenta imenso potencial para a conservação de serviços ambientais e uso sustentável que, se bem explorada, pode ser decisiva para o desenvolvimento da Região Nordeste e do país. Vale salientar que a biodiversidade da Caatinga ampara diversas atividades econômicas voltadas para fins agrossilvipastoris e industriais, destacando-se a importância de sua preservação.

Mas observa-se atualmente na região Nordeste uma tendência à expansão de áreas desérticas, ao desmatamento, a infertilidade e a compactação do solo, aos processos erosivos, e a salinização de algumas áreas, devido às práticas agrícolas inadequadas, despertando o interesse de pesquisadores e cientistas que trabalham com áreas em processo de desertificação (BRASILEIRO, 2009).

Por consequência a biodiversidade da Caatinga sofre atualmente uma autêntica erosão na quantidade e qualidade da vida vegetal e animal, com reflexos na socioeconomia. Recentes estudos começam a destacar a importância da sua biodiversidade, porém, ainda são falhas as políticas de preservação e uso sustentável que devem ser implementados com a perspectiva de restauração dos espaços geográficos do bioma em questão (LEAL et al., 2005).

A análise da sustentabilidade do Semiárido, em todas as suas dimensões, revela a intrincada teia de relações traçada entre uso histórico e político da Caatinga e suas consequências sociais e econômicas observadas até os dias atuais (CHACON & OLIVEIRA, 2010).

Assim, devido ao crescimento do número de rebanhos é necessário o uso estratégico de alternativas alimentares como forma de suprimento de animais principalmente na época da escassez hídrica, com o intuito de melhorar a produtividade e conseqüentemente a renda familiar dos produtores desse setor econômico, tão importante para o desenvolvimento da Região Semiárida (MAIA & GURGEL, 2013).

Uma forma adequada e conseqüente prática sustentável é o pastejo múltiplo que consiste na utilização de mais de um tipo de ruminantes na região do semiárido Nordestino, proporcionando aos agrossilviprodutores uma série

de vantagens, como diversificação dos produtos obtidos e maior flexibilidade de comercialização, entre outros (CÂNDIDO et al., 2005).

Além disso, a utilização de diferentes ruminantes, do ponto de vista alimentar, permite a exploração da grande diversidade de espécies forrageiras presentes na Caatinga. A preferência alimentar sobre as forragens varia com a espécie animal, com a estação do ano e com a intensidade do pastoreio (ANDRADE et al., 2006).

Segundo Silva et al. (2004) é importante considerar o valor nutricional e consequente digestão das espécies forrageiras, avaliando também a forma de conservação seja através de feno ou silagem.

Entretanto, pelas condições climáticas existentes pouco se tem por fazer para poder explorar as potencialidades do Semiárido, mas o fator diferencial ainda está em aprender com a diversidade da natureza dessa região e pensar conceitualmente a semiaridez como vantagem e não como desvantagem (ANDRADE et al., 2006).

É importante ressaltar que estudos realizados pela Embrapa Semiárido, concluíram que o uso planejado e diversificado de espécies forrageiras pode aumentar o sucesso da produção pecuária (MAIA & GURGEL, 2013).

Assim, o cultivo de forrageiras no semiárido é uma alternativa para viabilizar a pecuária na região, no entanto, deve-se levar em consideração à escolha da área, condições do ambiente, a espécie forrageira adequada, o tipo e natureza da exploração, o preparo da área, a forma de plantio e o manejo a ser utilizado (SILVA & ANDRADE, 2008).

3.4 Impactos das Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas têm provocado desequilíbrios constantes no planeta refletindo em consequências sem precedentes, nesse contexto, as alterações ambientais estão associadas às atividades humanas com o aumento das emissões de Gases do Efeito Estufa - GEE's³, de queimadas, dos desmatamentos, da formação de ilhas urbanas de calor, entre outros (NOBRE et al., 2007).

Porém, essas mudanças foram percebidas de forma mais acelerada desde o período da revolução industrial e ao longo dos cem últimos anos, a partir do aumento significativo nas concentrações dos GEE's na atmosfera terrestre, fato atribuído principalmente às ações chamadas antrópicas ou induzidas por atividades humanas (CENAMO, 2004).

As consequências dessas alterações do sistema climático podem ter diversos impactos sobre as condições de vida na terra: elevação do nível dos oceanos, derretimento de geleiras, mudança no regime de chuvas, desertificação, aumento de incidência de doenças, entre outras (DOMINGUES et al., 2008).

Ao nível regional, os impactos das mudanças climáticas podem ser bastante profundos e heterogêneos. Como, por exemplo, a elevação na temperatura que aumenta a capacidade do ar em reter vapor d'água e, conseqüentemente, promove maior demanda hídrica (ASSAD et al., 2004; DOMINGUES et al., 2008; ALTIERE, 2012).

Em resposta a essas alterações, os ecossistemas de plantas poderão aumentar sua biodiversidade se ocorrer adaptação aos fatores extremos, ou sofrer influências negativas, o que é mais comum (ASSAD et al., 2004).

³GEE's - gases traço causadores do efeito estufa. Os mais importantes são vapor d'água, dióxido de carbono, óxido nitroso, metano e CFC's.

Entretanto, pesquisas relacionadas às séries temporais reconstruídas a partir de dados geológicos concluíram que mudanças climáticas intensas ocorreram no passado, sendo chamadas de naturais. Mas por outro lado o homem também provoca essas alterações, constituindo-se um desafio à compreensão e previsão das mudanças naturais somadas as antrópicas, conforme observado na Figura 3 (SILVA & GUETTER, 2003; PARTEKA et al., 2013).

Figura 3: Os tipos de modificações climáticas – natural e antrópica.



Fonte: Silva, 2015.

É importante ressaltar que as mudanças climáticas, sejam naturais ou antrópicas, causam efeitos significativos e de grande alcance na produtividade de cultivos, predominantemente nas zonas tropicais do mundo em via de desenvolvimento (DE MORAES, 2010).

Esses efeitos relacionam-se a inundações de áreas baixas, maior frequência e severidade de secas em regiões semiáridas e condições de calor excessivo, as quais podem limitar significativamente o fluxo hídrico e conseqüentemente a produtividade agrícola demandando estudos rotineiros para adoção de processos de irrigação adequados (FRANKE & DORFMAN, 1998; ALTIERE, 2012).

A Caatinga, importante patrimônio natural, é um dos ecossistemas que sofre forte ameaça pelos efeitos cada vez mais abrangentes das mudanças climáticas e dos desmatamentos na região (CHACON & OLIVEIRA, 2010).

Sua vegetação é xerófila, espinhosa e totalmente adaptada às mudanças climáticas, ou seja, responde as características climáticas na presença ou ausência de água e as condições do solo (GIULIETTI et al., 2004).

O clima da Caatinga apresenta-se com chuvas irregulares no espaço e tempo, temperaturas elevadas, umidades baixas e insolação alta, proporcionando o aparecimento de uma vegetação adaptada ao clima, apresentando como características: perda de folhas, em períodos de escassez de água, presença de espinhos, pêlos, caules suculentos para armazenamento de água, raízes maiores, entre outros (AMORIM, et al., 2013).

A Caatinga não apresenta uma única formação de vegetação, divide-se em quatro extratos: arbórea, arbustiva, arbustiva-arbórea e parque. Entretanto, a vegetação arbórea e parque desapareceram por estarem presentes em áreas com distribuição de chuvas mais regulares provocando a sua remoção por agricultores para a prática do cultivo (FERRAZ, 2011).

3.5 Disponibilidade Hídrica no Semiárido, a questão da Água

O semiárido brasileiro, encontrado na região Nordeste, é uma extensão que apresenta períodos chuvosos curtos e longos meses de estiagem, apresentando uma vegetação diferenciada das demais regiões do Brasil, a Caatinga, que exhibe grande variedade de formações, todas adaptadas às prolongadas estações secas (REBOLÇAS, 1997).

A região em questão possui precipitação média inferior a 800 mm/ano e taxas de evaporação variando entre 1.000 mm e 4.000 mm por ano. Devido à sua proximidade com o equador, apresenta alta insolação, entre 2.800h/ano, e temperaturas médias elevadas variando entre 25°C e 29°C com baixa amplitude térmica (AB'SÁBER, 2003; BRASIL, 2013).

O semiárido brasileiro corresponde a 57% da área total do Nordeste, excluindo-se algumas localidades que apresentam agricultura irrigada que não chega a 1% do total e algumas serras úmidas, predominando sistemas de produção limitados, com uma economia de subsistência, em que boa parte da produção se destina ao autoconsumo (AB'SÁBER, 1998; GUIMARÃES FILHO et al., 1999).

A área dispõe de importantes bacias hidrográficas, a exemplo das bacias do São Francisco e Parnaíba, além de contar com um razoável sistema de rios. Entretanto, muitos desses cursos de água são temporários, correndo apenas na estação das chuvas, o que faz com que os efeitos da temporada de seca sejam intensificados, causando grandes transtornos à população local (BRASIL, 2009).

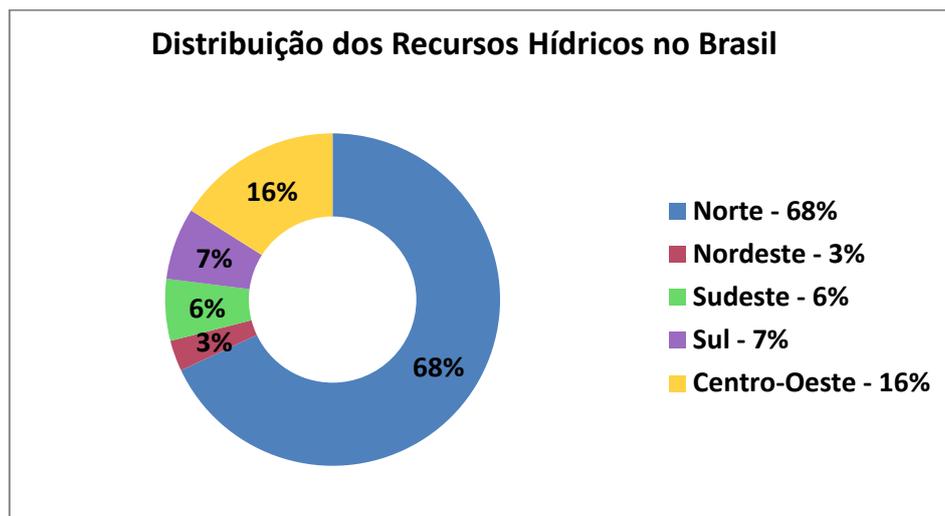
Nesse contexto, considerando a disponibilidade hídrica do semiárido brasileiro deve-se estimar a água doce extremamente importante e muito valiosa, sobretudo devido a sua escassez. Para tanto é importante que seja considerada uma gestão adequada dos recursos hídricos com as demais peculiaridades ambientais e sociais, tendo em vista garantir a qualidade de vida da sociedade (REBOUÇAS, 1997; SILVA, 2010).

Também deve ser relacionado o desenvolvimento sustentável como um contraponto ao modelo tradicional de desenvolvimento baseado no crescimento econômico sem limites, pois, a preservação dos recursos naturais, como a água, depende dessa equidade (LINDOSO et al., 2013).

Nessa concepção o Brasil é destacado no texto do Relatório do Desenvolvimento Humano de 2006 como um dos países que possuem mais água do que podem consumir, mas que nem por isso conseguiu superar o desabastecimento nas regiões secas e entre a população de baixa renda.

“As estatísticas nacionais do Brasil colocam o país no topo do ranking de países com maiores reservas de água do mundo. No entanto, milhões de pessoas que vivem no ‘polígono da seca’ — uma região semiárida de 940 mil quilômetros quadrados que abrange nove Estados no Nordeste — enfrentam um problema crônico de falta de água (RDH, 2006)”.

O Nordeste brasileiro é a região que apresenta menor disponibilidade de recursos hídricos, contando apenas com 3% desses recursos em relação ao total disponível no Brasil, conforme observado na Figura 4 (BRASIL, 2009).

Figura 4: Distribuição dos Recursos Hídricos no Brasil.

Fonte: Brasil, 2009.

A importância da presença e qualidade da água foi bem conceituada na Política Nacional de Recursos Hídricos, que define, dentre seus objetivos “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Artigo 2º da Lei nº 9.433/1997).

Porém, a falta de uma gestão adequada dos recursos hídricos, no Brasil, agrava a situação de degradação, tornando a água ainda mais escassa e valiosa em determinadas localidades, como no semiárido brasileiro.

Especialmente, nessa região verificam-se intervenções altamente predatórias contribuindo com a intensificação dos efeitos do fenômeno conhecido como seca ou estresse hídrico, que aplica-se a situações onde não há água suficiente para todos os usos, sejam agrícolas, industriais ou domésticos (ANA, 2009).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização dessa pesquisa foi necessário o desenvolvimento de um ensaio que correspondeu ao estudo abordando a influência da supressão total de água do solo e posterior reirrigação no comportamento fisiológico das mudas de *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) e *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (sabiá) cultivadas em casa de vegetação.

4.1 Local de realização dos experimentos e aquisição das sementes

O experimento foi conduzido na casa de vegetação pertencente ao Laboratório de Fisiologia Vegetal – LFV, do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, localizado no município de Recife/PE (Figura 5). O trabalho foi realizado entre os meses de maio a setembro de 2014.

Figura 5: Casa de vegetação do LFV/UFRPE.



Fonte: Nascimento, 2013.

Foram utilizadas sementes doadas pelo Centro de Referência para Recuperação de Áreas Degradadas da Universidade Federal do Vale do São Francisco – CRAD/UNIVASF de *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) coletadas no Povoado de Caboclo, Afrânio/PE, em novembro de 2009 e sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (sabiá) coletadas no Município de Missão Velha/CE, em julho de 2012, armazenadas em sacos plásticos em câmara fria a 7°C.

4.2 Tratamento pré-germinativo e germinação

Para superação da dormência tegumentar e a homogeneidade na germinação das plântulas as sementes de *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) passaram por um tratamento de escarificação mecânica (manual), utilizando-se lixa d'água n. 80 mais imersão em água por aproximadamente 1 a 2 minutos (Figura 6).

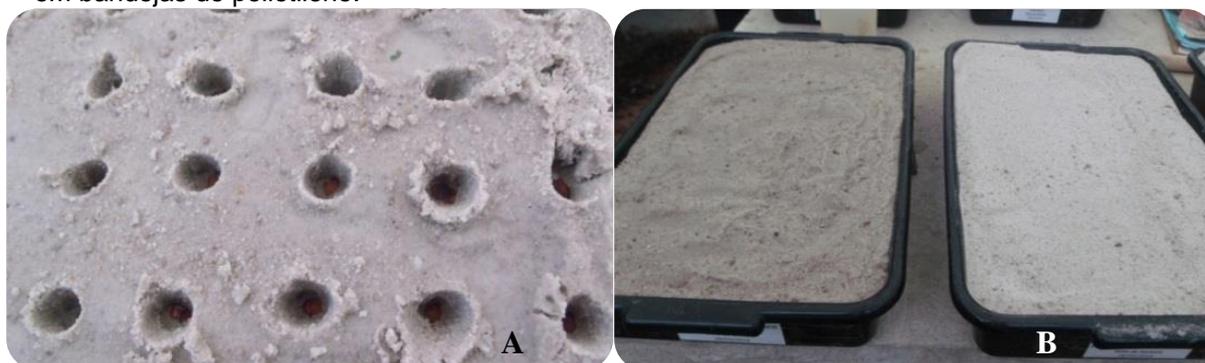
Figura 6: Sementes de mulungu antes da escarificação (A), escarificação mecânica utilizando-se lixa d'água n. 80 (B) mais imersão em água por aproximadamente 1 a 2 minutos (C).



Fonte: Silva, 2015.

A semeadura foi realizada em bandejas de polietileno contendo areia lavada como substrato (Figura 7) sendo as bandejas irrigadas diariamente.

Figura 7: Areia lavada preparada para semeadura das sementes de mulungu (A) e sabiá (B) em bandejas de polietileno.



Fonte: Silva, 2015.

A germinação das sementes ocorreu nas bandejas de polietileno (Figura 8).

Figura 8: Germinação de *Erythrina velutina* Willd. (A) e *Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth. (B)



Fonte: Silva, 2015.

4.3 Transplântio e aclimação

O transplântio das mudas foi realizado ao anoitecer para minimizar fatores de estresse como alta temperatura e luz sobre as plantas e teve como substrato o solo oriundo do bioma em questão. Os processos de retirada e transferência para o local definitivo foi feito com rapidez, priorizando-se a integridade das raízes (Figura 9).

Figura 9: Transplântio das mudas de mulungu (A e B) e sabiá (C e D) para os vasos definitivos, no período da noite, priorizando a integridade das raízes.





Fonte: Silva, 2015.

Após o transplântio, as plantas permaneceram recebendo água diariamente até a diferenciação dos tratamentos em Controle (Rega diária, até 100% CP); Supressão da Rega (SR); e Reirrigado (RI) que ocorreu 112 dias depois do transplântio.

4.4 Variáveis fisiológicas avaliadas

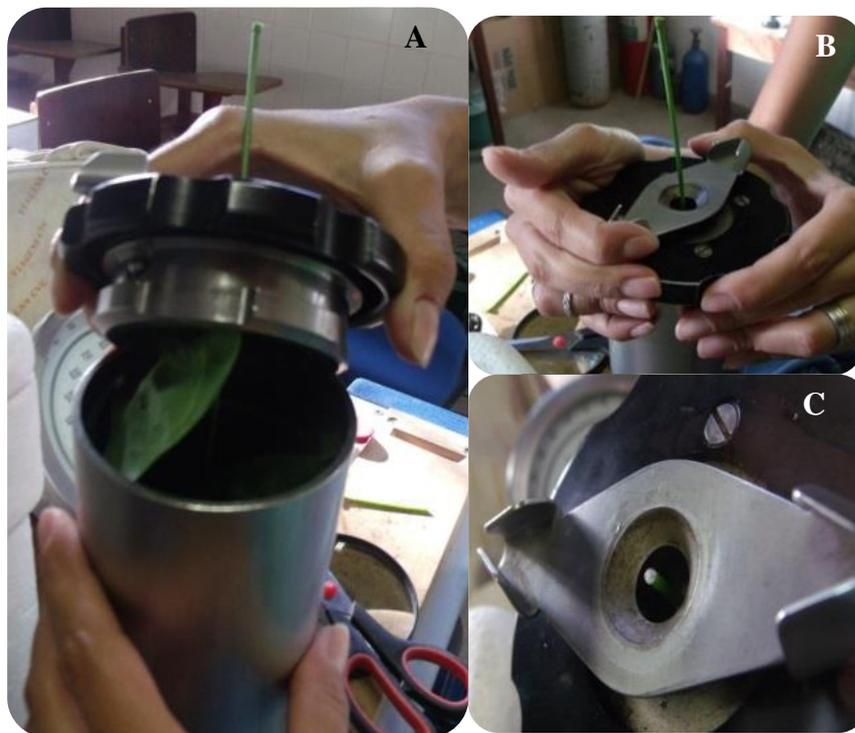
4.4.1 Relações hídricas

Para os dois ensaios, as relações hídricas foram avaliadas em duas épocas: após a constatação do fechamento estomático e, após a reidratação e confirmação da reabertura total dos estômatos. As avaliações ocorreram às 4h (antemanhã) e 12h (meio-dia) em duas épocas de avaliação aos 9 e 14 dias para *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (sabiá) e aos 15 e 24 dias para *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) após a diferenciação (DAD).

O potencial hídrico foliar (Ψ_w) (Figura 10) foi avaliado na segunda folha completamente expandida, utilizando-se uma câmara de pressão de Scholander, modelo 3035 (Soil Mixture Equipment Corp, Santa Barbara, CA, USA), alimentada por gás nitrogênio, onde os valores obtidos em “bar” foram convertidos para “MPa” (SCHOLANDER et al.,1965). Para tanto, as folhas foram destacadas, com o auxílio de uma tesoura, rapidamente envolvidas com

filme plástico e armazenadas em recipiente refrigerado. Imediatamente após as coletas, as mesmas foram levadas ao laboratório para a realização das medidas do potencial hídrico.

Figura 10: Visão geral do potencial hídrico foliar (Ψ_f) em plantas de mulungu utilizando-se a câmara de pressão de Scholander. A) Folhas de mulungu sendo colocadas na câmara; B) Encaixe adequado; C) Observação da saída da seiva em folhas de mulungu.



Fonte: Silva, 2015.

A verificação do Teor Relativo de Água (TRA) foi realizada na folha vizinha à que foi utilizada na determinação do Ψ_w seguindo o método descrito por Weatherley (1950). Foram tomadas amostras de seis discos foliares com aproximadamente 1 cm, retirados da região central do limbo sem a nervura central. Os discos foram prontamente pesados para a obtenção do Peso da Biomassa Fresca (PBF). Em seguida, foram colocados em placas de Petri contendo papel de filtro saturado com 5 mL de água deionizada. As placas foram mantidas sob refrigeração por 24 h, e após esse período os discos foram novamente pesados para obtenção do Peso da Biomassa Túrgida (PBT). Por fim, os discos foram levados à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, durante 48 h até atingirem pesos constantes e pesados novamente para a

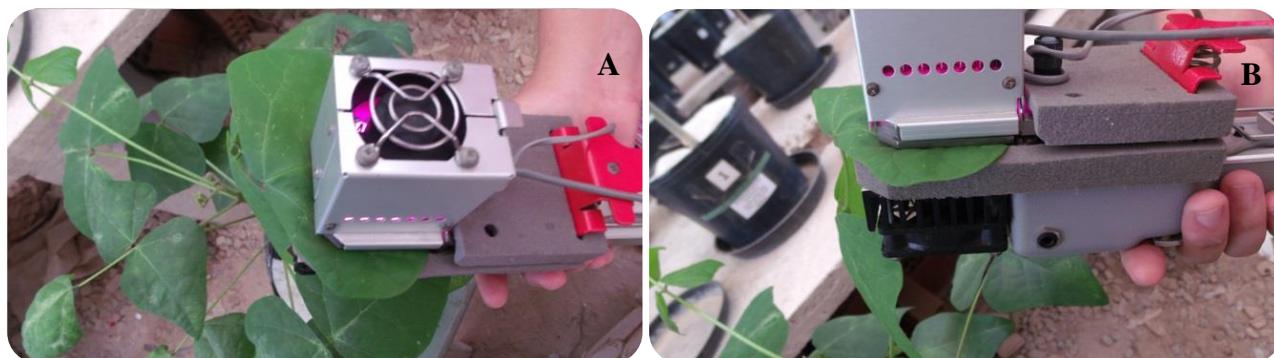
obtenção do Peso da Biomassa Seca (PBS). O TRA foi então calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{TRA (\%)} = \frac{\text{PBF} - \text{PBS}}{\text{PBT} - \text{PBS}} \times 100$$

4.4.2 Trocas gasosas

Para definição do horário de medição das trocas gasosas foram realizados dois cursos diários realizado das 6 h às 18h em intervalos de duas horas, em dois dias consecutivos. As avaliações ocorreram na folha +2 de mudas regadas diariamente, utilizando-se um analisador portátil de CO₂ a infravermelho (IRGA) (Figura 11), ADC, modelo LcPro+, antes da diferenciação dos tratamentos.

Figura 11: Análise das trocas gasosas com o analisador de gás portátil a infravermelho – IRGA, ADC, modelo LcPro+ em plantas jovens de mulungu (A e B).



Fonte: Silva, 2015.

Baseando-se nos resultados observou-se que os valores mais elevados de fotossíntese ($13,77 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) foram registrados entre às 10h e 12h, coincidindo com o momento de maior radiação solar. Onde foram avaliadas a taxa de fotossíntese (A), transpiração (E), Condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ (Ci) e temperatura foliar (Tf), onde a concentração de CO₂ dentro da câmara, a umidade do ar e a temperatura oscilaram conforme as condições do ambiente.

4.4.3 Pigmentos fotossintéticos

As estimativas não destrutivas de clorofila foram expressas em índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), avaliadas com um medidor portátil de clorofila, Konica Minolta, modelo SPAD-502 (MINOLTA CAMERA Co. Ltd., 1989), realizadas nos limbos medianos de cada folha.

O SPAD é uma ferramenta simples, portátil, de diagnóstico que mede o verde ou a concentração de clorofila relativa de folhas (TORRES NETO et al, 2005). Permite leituras instantâneas e não destrutivas de uma planta com base na quantificação da intensidade da luz (comprimento de onda de pico: cerca de 650 nm - LED vermelho) absorvida pela amostra de tecido foliar. Um segundo pico (comprimento de onda de pico: cerca de 940 nm - LED infravermelho) é emitido simultaneamente ao LED vermelho para compensar a espessura da folha. Em comparação com os métodos tradicionais, este equipamento pode proporcionar uma economia substancial no tempo, espaço e recursos.

Já para a determinação dos teores de pigmentos fotossintéticos (clorofilas *a*, *b*, *total* e carotenóides) as folhas utilizadas na avaliação do SPAD foram coletadas, cortadas e colocadas em tubos de ensaio com álcool etílico a 95%, após 48 horas. As leituras dos teores de clorofilas *a* e *b*, bem como, dos carotenóides foram realizadas em espectrofotômetro (Biospectro, modelo SP-220) nos comprimentos de onda de 664 nm, 649 nm e 470 nm, segundo o método de Lichtenthaler e Buschmann (2001). Os valores das leituras foram substituídos nas fórmulas descritas abaixo e a unidade foi expressa em miligrama por grama de biomassa fresca da folha (mg.g^{-1}).

$$\text{Clorofila a } (\mu\text{g/mL}) = 12,25 A_{661} - 2,79 A_{648,6}$$

$$\text{Clorofila b } (\mu\text{g/mL}) = 21,50 A_{648,6} - A_{664,1}$$

$$\text{Clorofila total } (\mu\text{g/mL}) = \text{Clo } a + \text{Clo } b$$

$$\text{Carotenóides } (\mu\text{g/mL}) = \frac{1000 A_{470} - 2,13\text{Clo}a - 97,64\text{Clo}b}{209}$$

4.5. Delineamento experimental

Para a diferenciação e manutenção dos tratamentos hídricos foi necessário determinar a Capacidade de Pote (CP) aplicando-se a metodologia descrita por Souza et al. (2000). Os tratamentos hídricos foram monitorados através da pesagem diária dos vasos, utilizando-se uma balança (marca Filizola, com capacidade para 15 Kg) para a reposição do volume da água transpirada apenas nas plantas do tratamento Controle que foram mantidas a 100% da CP durante todo o período experimental, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$CP = PSU - PSS$$

Sendo: CP = Capacidade de Pote; PSS = Peso do Solo Seco; PSU = Peso do Solo Úmido

A diferenciação dos tratamentos tanto para *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (sabiá) como para *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) ocorreu após a supressão hídrica dando-se início ao monitoramento diário das trocas gasosas. Por ocasião do fechamento estomático, seis repetições do tratamento Controle e sete repetições do tratamento supressão de rega (SR) foram submetidas às avaliações das variáveis fisiológicas e posterior coleta. Posteriormente foram selecionadas sete plantas do tratamento supressão de rega (SR) para serem reirrigadas a 100% da CP, mantendo-se a rega até o final do experimento, onde as plantas do tratamento SR formaram o tratamento reirrigado (R).

4.6. 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.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Teor Relativo de Água (TRA)

Para as duas coletas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (sabiá) realizadas às quatro horas da manhã foram verificadas diferenças entre os tratamentos controle e sem rega de 59,4% e 61,98% para a primeira e segunda coleta, respectivamente. Entretanto, foi verificado que no tratamento reirrigado das plantas estudadas as duas coletas apresentaram valores semelhantes ao tratamento controle o que confirma a recuperação.

Sabe-se que como resposta a situações severas, alguns vegetais recorrem a mecanismos de tolerância a desidratação para manter ativos processos biológicos importantes (NEPOMUCENO et al., 2001; CAMARGO et al, 2010).

Entretanto, as plantas de sabiá que foram reirrigadas demonstraram ligeira diferença nos valores do seu TRA, em relação à segunda coleta quando comparada às plantas do tratamento controle, porém não foram observadas diferenças significativas na primeira coleta, conforme observado na Tabela 1.

Corroborando com esses resultados Santos (2014) estudando o grau de resiliência em *Poincianella pyramidalis* (catingueira) e *Anadenanthera colubrina* (angico), espécies do semiárido submetidas a estresse hídrico, observou que o TRA das plantas sem rega também foi afetado em comparação ao tratamento controle.

Tabela 1. Teor Relativo de Água (%) em mudas de sabiá em casa de vegetação, submetidas à estresse hídrico e posterior reirrigação. Primeira Coleta 10 dias sem rega; segunda coleta 15 dias sem rega.

Teor Relativo de Água (%)			
Tratamentos			
Coletas	Controle	Sem Rega	Reirrigado
1ª Coleta	91,24 ± 2,28 aA	37,05 ± 2,32 aB	91,09 ± 3,47 aA
2ª Coleta	86,18 ± 1,29 aA	32,76 ± 3,91 aB	81,18 ± 3,01 bA

Letras minúsculas entre as coletas e maiúsculas entre os tratamentos. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 95% de significância. **Fonte:** Silva, 2015.

Nas duas coletas de *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) também realizadas às quatro horas da manhã observaram-se diferenças entre as duas coletas do tratamento reirrigado de 12%. O tratamento reirrigado da primeira coleta apresentou valor superior de 94,79% em comparação aos tratamentos controle (84,71%) e sem rega (83,57%), conforme observado na Tabela 2.

Tabela 2. Teor Relativo de Água (%) em mudas de mulungu em casa de vegetação, submetidas à estresse hídrico e posterior reirrigação. Primeira Coleta 10 dias sem rega; segunda coleta 15 dias sem rega.

Teor Relativo de Água (%)			
Tratamentos			
Coletas	Controle	Sem Rega	Reirrigado
1ª Coleta	84,71 ± 3,05 aB	83,57 ± 1,22 aB	94,79 ± 1,44 aA
2ª Coleta	79,78 ± 5,45 aA	80,18 ± 1,85 aA	83,36 ± 2,03 bA

Letras minúsculas entre as coletas e maiúsculas entre os tratamentos. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 95% de significância. **Fonte:** Silva, 2015.

5.2 Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f)

Como observado na Tabela 3 às plantas de sabiá tiveram o potencial hídrico foliar rigorosamente afetado nas plantas do tratamento sem rega, ou seja, sem receber água. Nota-se que as plantas após 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.

Na primeira coleta realizada às 4 horas da manhã, as plantas de sabiá que estavam sem rega tiveram uma redução de cerca de 10 vezes em comparação com as plantas do tratamento controle.

Resultados também observados por Silva e Nogueira (2004) ao estudar aspectos ecofisiológicos em *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catingueira), *Bauhinia cheilantha* Bong. (mororó) e *Croton campestris* (velame), espécies da Caatinga do Município de Cabaceiras/PB na estação seca, observaram que os potenciais hídricos foliares (Ψ_f) dessas plantas apresentaram valores severamente negativos, ultrapassando -40 bars.

Na segunda coleta realizada também às 4 horas da manhã, as plantas de sabiá que estavam sem rega e as que foram reirrigadas novamente apresentaram reduções de 618,55% e 161,52%, respectivamente, em comparação com as plantas do tratamento controle.

Tabela 3. Potencial Hídrico Foliar (MPa) em mudas de sabiá em casa de vegetação, submetidas à estresse hídrico e posterior reirrigação. Primeira Coleta 10 dias sem rega; segunda coleta 15 dias sem rega.

Potencial Hídrico Foliar (MPa)			
Coletas	Tratamentos		
	Controle	Sem Rega	Reirrigado
1ª Coleta	-5,00 ± 1,32 aA	-57,67 ± 6,65 aB	-5,17 ± 0,57 aA
2ª Coleta	-7,33 ± 1,89 aA	-52,67 ± 6,11 aC	-19,17 ± 0,76 bB

Letras minúsculas entre as coletas e maiúsculas entre os tratamentos. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 95% de significância. **Fonte:** Silva, 2015.

Para *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) não foram verificadas diferenças significativas entre os três tratamentos controle, sem rega e reirrigado, indicando que a espécie apresenta grande tolerância ao estresse hídrico quando comparada ao sabiá (Tabela 4).

Tabela 4. Potencial Hídrico Foliar (MPa) em mudas de mulungu em casa de vegetação, submetidas à estresse hídrico e posterior reirrigação. Primeira Coleta 10 dias sem rega; segunda coleta 15 dias sem rega.

Potencial Hídrico Foliar (MPa)			
Coletas	Tratamentos		
	Controle	Sem Rega	Reirrigado
1ª Coleta	-3,50 ± 1,32 aA	-4,17 ± 1,04 aA	-3,75 ± 1,08 aA
2ª Coleta	-6,17 ± 5,45 bA	-6,17 ± 1,66 aA	-7,91 ± 0,38 bA

Letras minúsculas entre as coletas e maiúsculas entre os tratamentos. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 95% de significância. **Fonte:** Silva, 2015.

5.3 Trocas Gasosas: fotossíntese, transpiração e condutância estomática

Foi observado que tanto as plantas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (sabiá) quanto de *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) submetidas ao tratamento sem rega reduziram suas trocas gasosas com o prolongamento do estresse e

após serem reidratadas, as mesmas demonstraram recuperação, se comportando de forma semelhante às plantas do tratamento controle.

Assim, o sabiá apresentou uma variação na fotossíntese de 19 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 mulungu variaram de 15,75 a 0,04 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, também para os tratamentos controle e sem rega, respectivamente.

As plantas de sabiá submetidas ao tratamento sem rega reduziram expressivamente a fotossíntese a partir do 3º dia por causa da baixa disponibilidade hídrica (Figura 12A). Mas é no 10º dia que observa-se valores mínimos (0,13 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) de fotossíntese, quando ocorre o fechamento dos estômatos. E depois que as plantas foram reidratadas observou-se que as mesmas suportaram um maior período sem rega (15 dias).

Portanto, na Figura 12A, observa-se que houve um declínio na fotossíntese das plantas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (sabiá) sem rega a partir do 3º dia, com uma redução de 82,78% quando comparadas ao tratamento controle, e no 10º dia essa redução foi de 96,41%, quando ocorreu o fechamento estomático. Mas após serem reirrigadas recuperaram a sua atividade fotossintética, assemelhando-se novamente às plantas do tratamento controle no 4º dia da reirrigação, mantendo valores semelhantes até o 7º dia.

Ocorreu redução na fotossíntese das plantas de *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) em 49,35% após três dias sem rega, entretanto, percebe-se uma recuperação da fotossíntese no 4º dia (25,21%) que se estendeu até o 6º dia (26,40%) quando comparadas ao tratamento controle. A taxa fotossintética das plantas sem rega volta a apresentar redução a partir do 7º dia até que no 9º dia atinge 81,37% de redução quando comparada ao tratamento controle, demonstrando, consecutivamente, leve recuperação até que no 16º dia a fotossíntese foi reduzida expressivamente em 97,26% (Figura 12B).

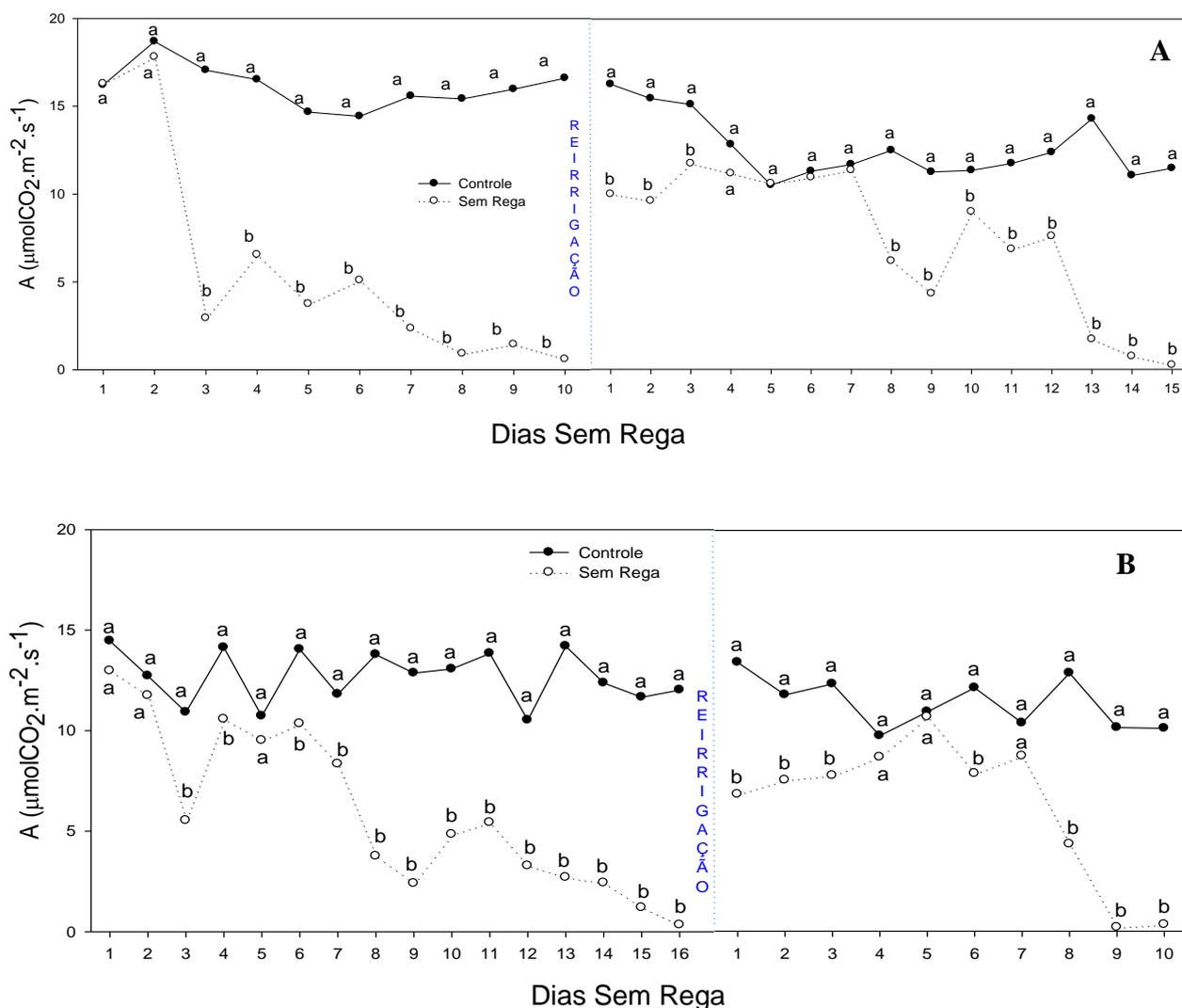
As plantas de mulungu após a reirrigação apresentaram progressiva recuperação assemelhando-se as plantas do tratamento controle no 5º dia, voltando a reduzir a fotossíntese em 23,18% no 6º dia, com uma leve recuperação no 7º dia e posterior diminuição até o 9º dia (98,69%) quando a fotossíntese atingiu valores mínimos (0,19 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Dados observados na pesquisa de Santos (2014) que estudou plantas de catingueira e de angico, espécies da Caatinga, e observou reduções das trocas gasosas com o prolongamento do estresse.

Uma vez que a fotossíntese das plantas de *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) levou mais tempo para atingir valores próximos de zero, pode-se afirmar que o mulungu tolera melhor a condição de estresse hídrico em comparação ao sabiá.

Segundo Nogueira et al. (2005) esse comportamento é de fundamental importância para espécies nativas encontradas em regiões que apresentam condições de escassez hídrica frequente, como é o caso do semiárido brasileiro.

Figura 12: Fotossíntese líquida em plantas jovens de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (A) e *Erythrina velutina* Willd. (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.



Fonte: Silva, 2015.

Observou-se comportamento semelhante ao encontrado na fotossíntese de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (sabiá) para a transpiração (Figura 13A), onde ocorreu redução da taxa transpiratória de forma gradativa à medida que o estresse hídrico se prolongava, causando, conseqüentemente, o fechamento estomático. Após a diferenciação dos tratamentos houve uma redução significativa a partir do segundo dia que se prolongou até o 10º dia, quando essa redução foi de 93,98%. Após a reirrigação das plantas, observa-se um período de 15 dias sem rega, apresentando redução menor no 1º dia 71,20% e uma redução maior no 15º dia de 97,45% quando ocorreu o fechamento estomático.

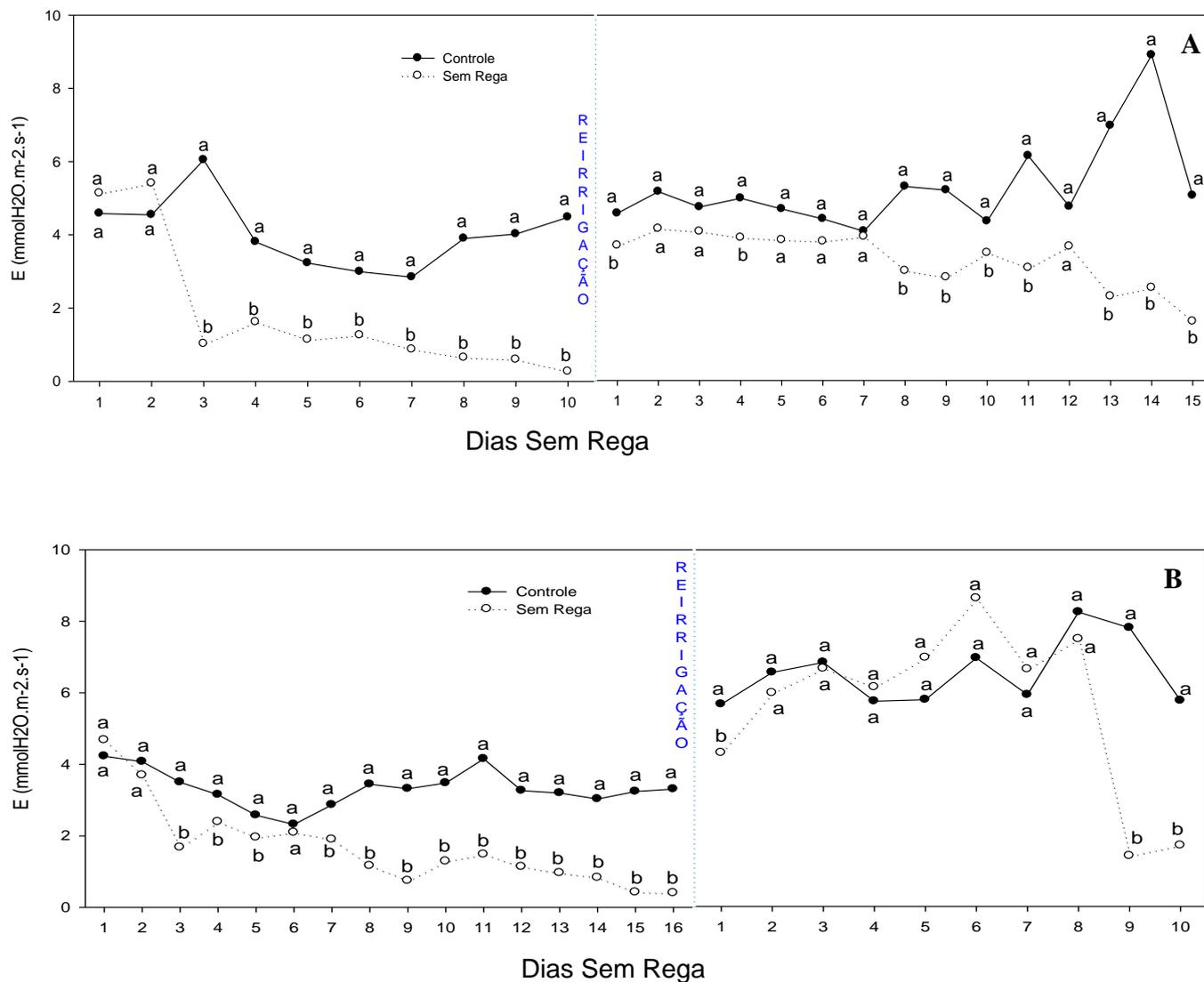
Corroborando com esses dados, Silva e Nogueira (2003) ao monitorar a transpiração (E) em mudas de sabiá submetidas à supressão hídrica, observaram que a espécie reduziu a transpiração após 5 dias de tratamento hídrico, apresentando valores mais baixos nas plantas estressadas aos sete e treze dias, quando comparadas ao tratamento controle.

Para *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) foi observado que transcorridos 16 dias após a suspensão da rega a transpiração das plantas que estavam sob estresse foi cerca de 87,81% menor se comparado com as controle, porém, no 6º dia ocorreu uma elevação isolada apresentando redução de apenas 9,92% quando comparada com o tratamento controle.

Após a reirrigação, a redução ocorreu em um período de 10 dias iniciando com 31,20% no primeiro dia e finalizando com 90,92% no décimo dia com o fechamento estomático. É interessante ressaltar que o tratamento reirrigado apresentou recuperação de 100% três dias (72 horas) após a reirrigação (Figura 13B), superando os valores desde o 4º até o 8º dia quando comparado ao tratamento controle.

Segundo Nogueira et al. (2000) e Larcher (2004) para evitar a desidratação dos tecidos algumas espécies apresentam mecanismos que consistem basicamente na economia da água através da redução da perda por transpiração, como o fechamento estomático.

Figura 13: Transpiração (E) em plantas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (A) e *Erythrina velutina* Willd. (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.



Fonte: Silva, 2015.

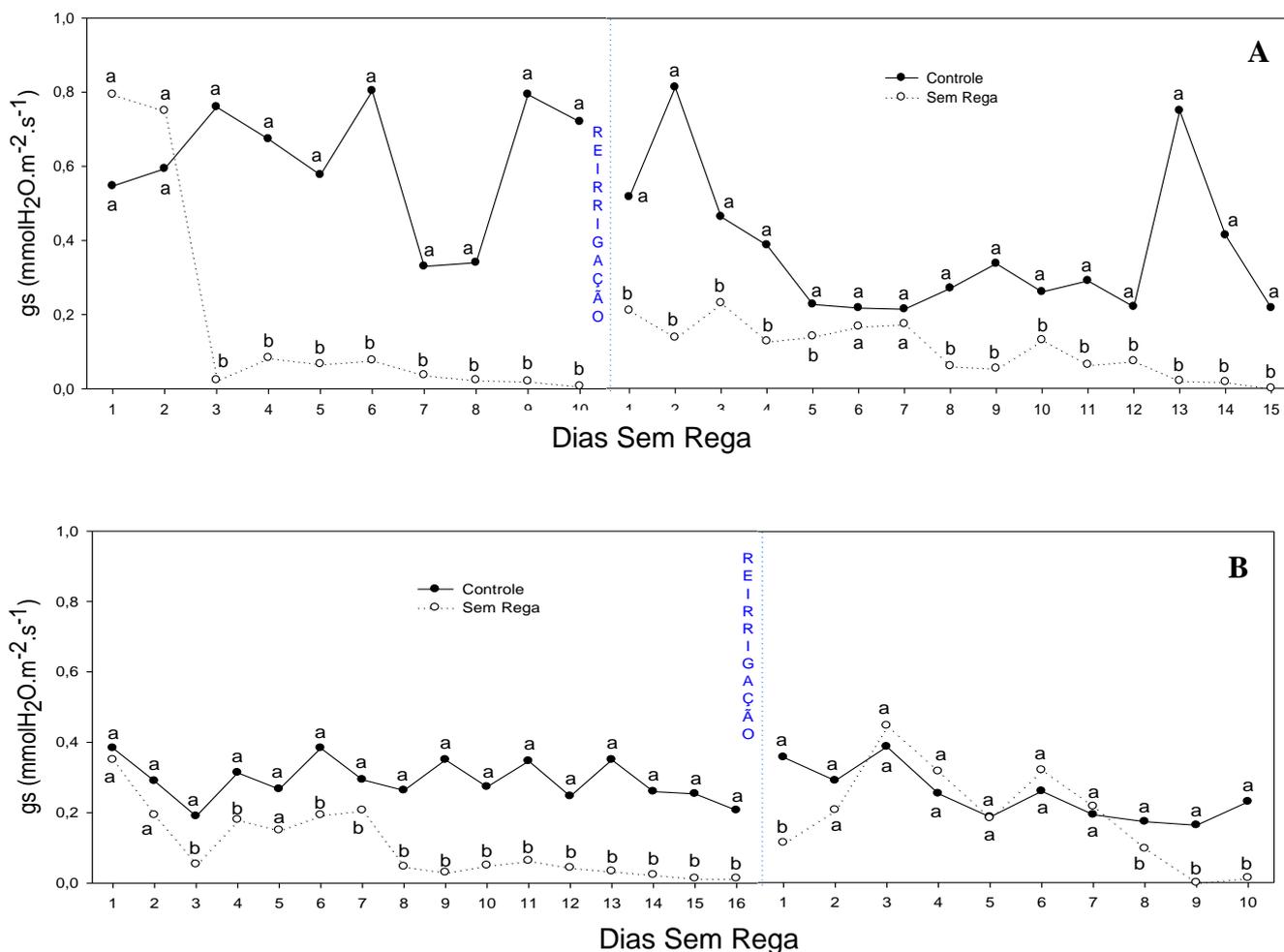
Na condutância estomática (Figura 14A), o comportamento das plantas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (sabiá) demonstrou semelhanças às demais variáveis, com valores baixos de $0,02 \text{ mmolH}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e $0,01 \text{ mmolH}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ aos 9 e 10 dias sem rega, respectivamente, ocasião em que ocorreu o fechamento estomático.

As plantas de *Erythrina velutina* Willd. (mulungu) apresentaram diferença estatística com 3 dias no tratamento sem rega, observando-se redução da condutância estomática gradualmente até o 16º dia ($0,01 \text{ mmolH}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), porém, ocorreu recuperação das plantas de mulungu em

relação aos valores de condutância estomática após 48 horas da reirrigação (Figura 14B).

Pode-se observar que o mulungu obteve um comportamento melhor que o sabiá em relação ao tratamento reirrigado, entretanto, o tempo necessário para que os estômatos fechassem foi menor. As plantas iniciaram com diferença estatística, apresentando rápida recuperação, com valores iguais e superiores observados do 3º ao 7º dia quando comparados ao tratamento controle. Entretanto, mantido o estresse hídrico a partir do 8º dia ocorreu uma redução gradativa da g_s , que se prolongou até o 10º dia, com valores de $0,08 \text{ mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ e $0,001 \text{ mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente.

Figura 14: Condutância estomática (gs) em plantas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (A) e *Erythrina velutina* Willd. (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.



Fonte: Silva, 2015.

5.4 Teores de pigmentos fotossintéticos

Nas duas coletas realizadas observou-se que o sabiá apresentou um padrão de resposta parecido para os pigmentos fotossintéticos, sendo as menores médias encontradas nas plantas reirrigadas (Tabela 5).

Esses dados também são confirmados por Santos (2014) em estudo com catingueira e angico, espécies da Caatinga, que apresentaram reduções dos teores de pigmentos fotossintéticos para o tratamento reirrigado.

O teor de clorofila *a* na primeira coleta (após 10 dias de suspensão da rega) em plantas de sabiá apresentou discreto aumento de 13% nas plantas

sem rega em relação ao tratamento controle, porém, quando as plantas foram reidratadas, essas tiveram reduções de 38,36% em relação ao tratamento controle (Tabela 5).

Na segunda coleta do sabiá, 15 dias após serem reirrigadas e permanecerem sem rega, o comportamento observado foi semelhante à primeira coleta em relação aos valores da clorofila *a*, com diferença das plantas do tratamento sem rega que apresentaram redução de 9% em relação ao controle.

Ainda em relação ao sábio o teor de clorofila *b* aumentou tanto na primeira coleta (36,90%) quanto na segunda coleta (22,32%) no tratamento sem rega em relação às plantas do tratamento controle. E como observado para clorofila *a*, houve diferença estatística para o teor de clorofila *b* na primeira e segunda coletas nas plantas do tratamento reidratado em relação às plantas controle, com redução de 42,86% e 17,21%, respectivamente (Tabela 5).

Os valores do teor de clorofila total apresentaram o mesmo padrão de resposta em relação aos teores de clorofila *b*, as plantas de sabiá do tratamento sem rega exibiram aumento na primeira e segunda coletas de 25,71% e 9,7%, respectivamente, em comparação ao tratamento controle. E reduções de 40,96% e 29,73% em relação às plantas reidratadas da primeira e segunda coletas, respectivamente, quando comparadas ao controle.

Tabela 5. Teores de pigmentos (mg/g) em mudas de sabiá em casa de vegetação, submetidas à estresse hídrico e posterior reirrigação. Primeira Coleta 10 dias sem rega; segunda coleta 15 dias sem rega.

Tratamentos			
Coletas	Controle	Sem Rega	Reirrigado
Clorofila <i>a</i>			
1ª Coleta	1,46 ± 0,39 aAB	1,65 ± 0,13 aA	0,90 ± 0,11 aB
2ª Coleta	1,45 ± 0,35 aA	1,32 ± 0,39 aAB	0,75 ± 0,15 aB
Clorofila <i>b</i>			
1ª Coleta	1,68 ± 0,35 aAB	2,30 ± 0,29 aA	0,96 ± 0,12 aB
2ª Coleta	2,15 ± 0,57 aA	2,63 ± 0,99 aA	1,78 ± 0,37 aA
Clorofila Total			
1ª Coleta	3,15 ± 0,75 aAB	3,96 ± 0,16 aA	1,86 ± 0,09 aB
2ª Coleta	3,60 ± 0,84 aA	3,95 ± 1,35 aA	2,53 ± 0,52 aA
Índice SPAD			
1ª Coleta	38,20 ± 1,27 bA	39,50 ± 3,60 aA	40,83 ± 1,46 aA
2ª Coleta	42,40 ± 1,90 aA	35,36 ± 1,87 bB	37,13 ± 0,76 bB

Letras minúsculas entre as coletas e maiúsculas entre os tratamentos. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 95% de significância. **Fonte:** Silva, 2015.

As plantas do mulungu apresentaram um aumento nos valores da clorofila *a* tanto no tratamento sem rega como no reirrigado superior a 100% em comparação ao tratamento controle. Os valores da clorofila *b* exibiram diminuição de 70,84% e 76,71% para o tratamento sem rega e reirrigado, respectivamente, em comparação ao controle. E como observado nos valores da clorofila *b*, em relação a clorofila total houve uma redução tanto para o tratamento sem rega (44,33%) como para o reirrigado (55,5%) quando comparado ao tratamento controle (Tabela 6).

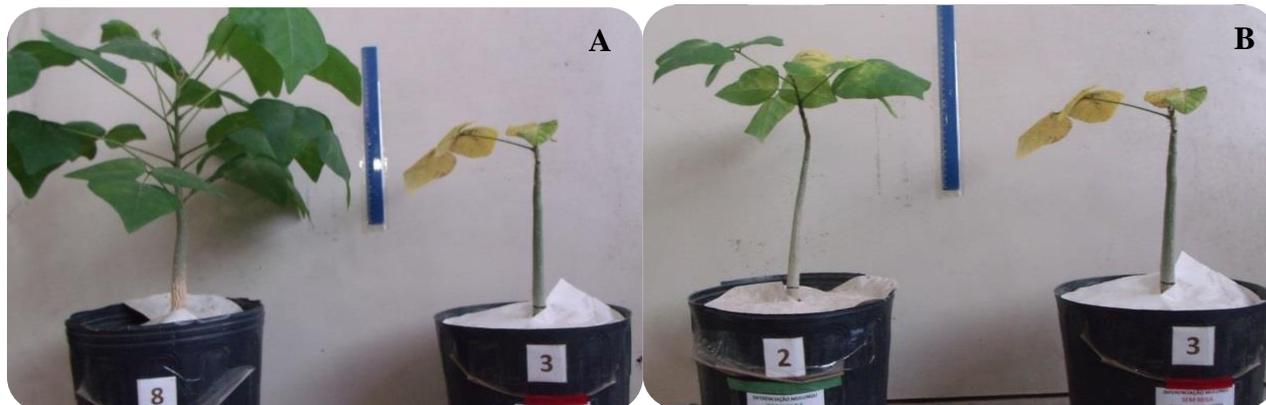
Tabela 6. Teores de pigmentos (mg/g) em mudas de mulungu em casa de vegetação, submetidas à estresse hídrico e posterior reirrigação. Foi realizada apenas uma coleta quando as plantas completaram 10 dias sem rega.

Controle	Tratamentos	
	Sem Rega	Reirrigado
Clorofila <i>a</i>		
0,17 ± 0,01 b	1,49 ± 0,27 a	1,19 ± 0,14 a
Clorofila <i>b</i>		
5,28 ± 0,36 a	1,54 ± 0,20 b	1,23 ± 0,22 b
Clorofila Total		
5,46 ± 0,37 a	3,04 ± 0,44 b	2,43 ± 0,08
Índice SPAD		
42,46 ± 3,18 a	33,96 ± 3,15 b	39,73 ± 0,65 ab

Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 95% de significância. **Fonte:** Silva, 2015.

Conforto e colaboradores (2014) em estudo sobre a germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plantas de mulungu afirmam que em períodos de veranico as plantas de mulungu apresentam caducifolia, por isso, não se realizaram as análises da segunda coleta, por falta de folhas, como pode ser observado na Figura 15.

Figura 15: Plantas jovens de mulungu submetidas a estresse hídrico. A) Tratamento controle em comparação com o tratamento sem rega; B) Tratamento sem rega após reirrigação.



Fonte: Silva, 2015.

5.5 Indicadores Fisiológicos Estudados

O estudo fisiológico de espécies vegetais com potencialidade econômica se faz necessário para a promoção de um manejo eficiente, garantindo a utilização adequada dos recursos, como por exemplo, a água que torna-se escassa em determinadas regiões. Nesse contexto, foram estudadas a *Erythrina velutina* Willd. conhecida popularmente como mulungu que apresenta potencial medicinal, ou seja, é comum a sua utilização pela população para tratamentos diversos e para reflorestamentos, e a *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (sabiá) espécie forrageira que apresenta rápido crescimento, alta capacidade de regeneração e resistência à seca e também características ornamentais, com madeira apropriada para usos externos devido à sua alta resistência fisicomecânica, como mourões, estacas, postes, lenha e carvão (LORENZI, 1992; DRUMOND et al., 1999; LORENZI, 1998; SILVA, 2000; LORENZI & MATOS, 2002; MAIA, 2004).

Assim, como observado na Tabela 7 os valores das variáveis estudadas para o mulungu se destacaram, entretanto, deve-se considerar que o sabiá é uma espécie forrageira que serve para alimentação animal em períodos de seca, apresentando recuperação nos valores do tratamento reirrigado.

Tabela 7. Análise das variáveis Fisiológicas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. e *Erythrina velutina* Willd.

Variável	Especificidade	Função	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth. (sabiá)	<i>Erythrina velutina</i> Willd. (mulungu)
TRA	Constituição Hídrica do Vegetal	A presença de água atua como solvente, regulação térmica, está presente em praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos	Após período de estresse hídrico, o tratamento reirrigado demonstrou valores semelhantes ao tratamento controle o que denota tolerância a deficiência hídrica	Após período de estresse hídrico, o tratamento reirrigado apresentou valores melhores que o tratamento controle o que denota adaptação ao estresse hídrico
Potencial Hídrico Foliar	Constituição Hídrica nas Folhas	A presença de água nas folhas relaciona-se ao crescimento foliar, e a disponibilidade energética do sistema solo-planta-atmosfera	Após período de estresse hídrico, o tratamento reirrigado demonstrou valores semelhantes ao tratamento controle o que denota tolerância a deficiência hídrica	Após período de estresse hídrico, o tratamento reirrigado apresentou valores semelhantes ao tratamento controle o que denota adaptação ao estresse hídrico
Fotossíntese	Processo biológico de acumulação de energia solar e transformação em energia química	Formação de glicose (energia) através da luz solar, água, clorofila e dióxido de carbono	Observou-se um declínio na fotossíntese no tratamento sem rega, mas após reirrigação ocorreu recuperação	Observou-se um declínio na fotossíntese no tratamento sem rega, mas após reirrigação ocorreu recuperação
Transpiração	Perda de água na forma de vapor através dos estômatos	Está diretamente relacionada a regulação da temperatura e a disponibilidade de água no solo	Comportamento semelhante ao da fotossíntese, com recuperação após a reirrigação	Observou-se que o tratamento reirrigado apresentou recuperação total
Condutância Estomática	Comunicação direta do interior da planta com o ambiente através dos estômatos	Controle do vapor de água e balanço de energia entre o vegetal e o ambiente	Redução dos valores aos 9 e 10 dias no tratamento sem rega, ocasião que ocorreu o fechamento estomático	Ocorreu redução da condutância estomática até o 16º dia, ocasião que ocorreu o fechamento estomático
Teores de Pigmentos Fotossintéticos	Clorofilas são pigmentos presentes nos vegetais capazes de absorver a radiação visível	Desencadeiam as reações fotoquímicas da fotossíntese, processo essencial para a sobrevivência vegetal	As menores médias foram observadas nas plantas do tratamento reirrigado	Apenas os valores da clorofila <i>a</i> apresentaram aumento tanto para o tratamento sem rega como para o reirrigado

Fonte: Silva, 2015.

6 CONCLUSÕES

- Considerando o Teor Relativo de Água os melhores valores foram observados para o mulungu, pois, tanto o tratamento sem rega como o reirrigado demonstraram um equilíbrio quando comparados ao tratamento controle, entretanto, o sabiá no tratamento reirrigado apresentou recuperação exemplar em comparação aos valores do tratamento controle;
- Para o Potencial Hídrico Foliar o comportamento foi semelhante ao Teor Relativo de Água para as duas espécies estudadas, ou seja, para as plantas do sabiá houve recuperação do tratamento reirrigado que assemelharam-se aos valores do tratamento controle, e o mulungu nos valores dos três tratamentos demonstraram equilíbrio;
- Em relação às Trocas Gasosas o sabiá apresentou um equilíbrio tanto para os valores da fotossíntese, como transpiração e condutância estomática, ocorrendo uma recuperação após a reirrigação das mudas, caso semelhante ao mulungu;
- As menores médias estão relacionadas aos Teores de Pigmentos Fotossintéticos nas plantas do tratamento reirrigado do sabiá, tendo o mulungu apresentado valores superiores tanto para o tratamento sem rega como para o reirrigado em comparação ao controle;
- E com relação ao Grau de Resiliência das duas espécies, o mulungu se destaca em relação à tolerância a períodos de escassez hídrica, pois, apresenta capacidade de adaptação às mudanças ambientais, entretanto, o sabiá demonstrou recuperação após o período de suspensão hídrica e posterior reirrigação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

A condição social da população sertaneja é considerada o principal desafio no semiárido devido a sua carência em educação e mais empregos, e também a conservação da Caatinga que está entre as menores prioridades de investimento do governo, contudo, as estratégias regionais de conservação do bioma estão atualmente melhores do que no passado.

As periódicas secas observadas na região Nordeste ampliam o drama econômico e social conduzindo ao desemprego, forçando a crise da produção rural e assim colocando em risco a vida dos agricultores rurais e de seus rebanhos.

Porém, o combate à seca é uma ação limitada e ultrapassada, visto que o clima não se combate, sendo difundida atualmente a alternativa da convivência com o semiárido, cultura que dignifica os sertanejos, entretanto, não se pode obrigar os mesmos a conviverem com a miséria, a falta de hospitais, o desemprego e a fome.

Assim políticas públicas permanentes são apropriadas a região semiárida com o objetivo de superar estruturas de desigualdades socioeconômicas, incentivando o desenvolvimento regional através da geração de empregos, auxílios financeiros e de maior apoio a agricultura, considerando também a continuação dos estudos sobre a convivência harmoniosa com a Caatinga e o clima.

As reservas de água devem ser planejadas para mais tempo, dois anos ou mais, também a disponibilidade de plantas forrageiras, que servem para alimento de animais, não podem se esgotar dentro de poucos meses, e a desertificação no semiárido deve ser prevenida e combatida com mais ênfase tanto nas áreas em processo inicial quanto nas reconhecidas como muito graves.

Nesse contexto, sabe-se que o semiárido possui uma irregularidade de chuvas, sendo necessário, portanto, uma agricultura adaptada ao clima que demande menos água para irrigação e um planejamento de reservas de água que permaneçam por mais tempo.

Para tanto é interessante manejar os recursos naturais de forma consciente e equilibrada, sendo importante considerar um desenvolvimento voltado para os modelos sustentáveis, que garanta a preservação dos recursos ambientais, como a água doce, por mais tempo.

A valorização da Caatinga e a sua utilização sustentável são essenciais para solucionar os graves problemas ambientais observados na região semiárida, entretanto, é necessário o reconhecimento e utilização de todo o seu potencial possibilitando a sua conservação e garantindo a qualidade de vida dessa e das demais gerações.

Assim, incentivos à agricultura e melhoria dos indicadores sociais, com ênfase para educação, permitirão um aproveitamento maior de parte do potencial produtivo da região semiárida brasileira que poderá contribuir para uma maior competitividade do País, gerando emprego, renda e bem estar.

Referências

AB'SÁBER, A. A originalidade da Terra. **Ciência Hoje**, v. 3, n. 18, p. 43-52, 1998.

AB'SÁBER, A. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Revista Eletrônica Estudos Avançados**, São Paulo, v. 13, n. 36, mai/ago 1999.

AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003, 158 p.

ALEPE – Assembleia Legislativa do Estado de Pernambuco. Lei assegura preservação da caatinga e dos manguezais. **Diário Oficial do Estado**, mar. 2008. Disponível em: <
<http://www.alepe.pe.gov.br/paginas/?id=3620&dep=40&paginapai=3596&doc=5A202F735CC3D59D03257405005ACCEF> > Acesso em: 12. jun. 2014.

ALVES, E. U.; SADERI, R.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, A. U. Dormência e desenvolvimento de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.5, p.655-662, 2004.

ALTIERI, M. A. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista Nera**, n. 16, p. 22-32, 2012.

AMORIM, L. B.; SALCEDO, I. H.; ANTONINO, A. C. D. **Status hídrico de solo e planta em ambiente semiárido associado com a interceptação pluvial**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Energia Nuclear/Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2013.

ANDRADE, A. P. de; SOUZA, E. S. de; SILVA, D. S. da; SILVA, I. de F. da; LIMA, J. R. S. **Produção animal no bioma caatinga: paradigmas dos “pulsos-reservas”**. In: SIMPÓSIO DA 43ª REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. CD-ROM.

ANA – Agência Nacional de Águas, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Água, Fatos e Tendências da ANA**. Brasília: TCU, 2009, 36 p. Disponível em: <
http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf > Acesso em: 29. ago. 2014.

ARAÚJO FILHO, J.A. E.; CARVALHO, F. C. Sistemas de produção agrossilvipastoril para o semi-árido nordestino *In: Sistemas Agroflorestais Pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001, p. 101-110.

ARTIGO 2º da Lei nº 9.433/1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasil/Presidência da República. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm > Acesso em: 25. jan. 2015.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A. D. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.

BARBOZA, L. M. V.; MARANGON, M. A.; MANCINI, S. G.; MOREIRA, T.; GUELFi, W. P. **Educação Ambiental para Escolas Sustentáveis. Processo Formador em Educação Ambiental a Distância: módulo 1 e 2 – Educação a Distância, Educação Ambiental**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade, 2009, p. 33-63.

BURITY, H. A.; LYRA, M. do C. C. P. de; SOUZA, E. S. de; MERGULHÃO, A. C. do E. S.; SILVA, M. L. R. B. da. Efetividade da inoculação com rizóbios e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p.801-807, 2000.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3 ed. Mossoró: ESAM 1976, 540p.

BRASIL. Ministério da integração Nacional, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **Relatório Final - Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semi-árido Nordestino e do Polígono das Secas**. Brasília, 2005, 118p.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Segurança Hídrica no Semiárido**. Relator Ministro Aroldo Cedraz. Brasília: TCU, 2009, 61 p. Disponível em: < http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3514/Livro_Seguran%C3%A7a-h%C3%ADrica-no-Semi%C3%A1rido_TCU.pdf?sequence=1 > Acesso em: 29. ago. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga** / Maria Auxiliadora Gariglio... [et al.], organizadores. _ Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010, 368p.

BRASIL. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas – ANA. **A Questão da Água no Nordeste**. Brasília, DF: CGEE, 2012, 436p.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite**. Acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA. Brasília, 2011. Disponível em: < www.mma.gov.br > Acesso em: 03. jan. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Boletim informativo do Instituto Nacional de Meteorologia**, 2013. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/> > Acesso em: 29. jul. 2014.

BRASILEIRO, R. S. Alternativas do desenvolvimento sustentável do semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**, v. 5, n. 5, 2009.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – 1988. **Nosso Futuro Comum** (Relatório Brundtland). Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CAATINGA: um bioma exclusivamente brasileiro... e o mais frágil. **Revista do Instituto Humanistas Unisinos - IHU**. São Leopoldo: ed. 389, 2012. Disponível em: < www.ihu.unisinos.br > Acesso em: 28. dez. 2012.

CAMARGO, L., NEUMAIER, N., GIANELLI, F., FÁVARO, F., PINHEIRO, B., TOLEDO, C., ... & FARIAS, J. **Teor relativo de água em cultivares de soja sob três níveis de disponibilidade hídrica no solo**. Londrina/PR: Embrapa, V Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, 2010, 5p.

CÂNDIDO, M. J. D.; ARAÚJO, G. G. L. de; CAVALCANTE, M. A. B. Pastagens no ecossistema semi-árido brasileiro: atualização e perspectivas futuras. In: **Simpósio sobre pastagens nos ecossistemas brasileiros: alternativas viáveis visando à sustentabilidade dos ecossistemas de produção de ruminantes nos diferentes ecossistemas**. Anais da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Goiânia, 2005. Disponível em: < www.neef.ufc.br/pal05.pdf > Acesso em: 15. mar. 2015.

CARVALHO, P.E.R. **Mulungu (*Erythrina velutina*)**. Embrapa: Circular Técnica nº160. Colombo: Embrapa Florestas. 2008, 8p.

CARVALHO, P.E.R. **Sabiá - *Mimosa caesalpinifolia***. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 10p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 135).

CENAMO, M. C. Mudanças Climáticas, o Protocolo de Quioto e Mercado de Carbono. **CEPEA, ESALQ-USP**, v. 14, n. 06, 2004, 20p. Disponível em: < http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/protocolo_quioto.pdf >. Acesso em: 20. abr. 2015.

CONFORTO, E. D. C.; FACINCANI, A., LIMA, C. S.; NANYA, L. H.; TRALLI, M. P.; LIMA, N. M. M. D.; ANDREOLI, R. P. Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de *Erythrina mulungu* (Mart. ex. Benth). **Agrarian**, p. 197-204, 2014.

COSTA, M. G. da. **O sabiá**. Mossoró, 1988. 16p. (Col. Mossoroense, 514; série B).

CHACON, S. S.; OLIVEIRA, F. C. de. Breve discussão sobre os impactos das mudanças climáticas no território do Semiárido brasileiro. **Boletim da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica - Mudanças Climáticas**, Edição Especial, n. 23/24, p. 49 - 56, 2010.

DANTAS, M. C.; OLIVEIRA, F. S. de; BANDEIRA, S. M.; BATISTA, J. S.; SILVA Jr., C. D.; ALVES, P. B.; ANTONIOLLI, A. R.; MARCHIORO, M. Central nervous system effects of the crude extract of *Erythrina velutina* on rodents. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 94, issue 1, pages 129-133, 2004.

DE MORAES, Gustavo Inácio. **Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo de equilíbrio geral computável**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, 2010.

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; RUIZ, R. M. **Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na região Nordeste**. Belo Horizonte: Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2008, 25 p.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R.; LIMA, M. F. **Mimosa caesalpinifolia: Estudos de melhoramento genético realizados pela Embrapa Semi-Árido**. In: Embrapa Semi-Árido e Embrapa Recursos Genéticos. (Org.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste do Brasil. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido e Embrapa Recursos Genéticos, 1999.

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. C. de; OLIVEIRA, V. R. de; ALBUQUERQUE, S. G. de; NASCIMENTO, C. E. de S.; CAVALCANTI, J. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. **Seminário para avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga**. Anais... EMBRAPA/CPATSA, UFPE e Conservation International do Brasil, Petrolina, 2000.

FACHIM, E.; GUARIM, V. L. M. S. Conservação da biodiversidade: espécies da flora de Mato Grosso. **Acta Botanica Brasilica**, v. 9, n. 2, p. 281-302, 1995.

FERRAZ, J. S. F. **Análise da vegetação de caatinga arbustivo-arbórea em Floresta, PE, como subsídio ao manejo florestal**. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, 131 p., 2011.

FERNANDES, B. R. **É a economia que deve se adaptar a sustentabilidade, não o contrário**. São Paulo, 15. abr. 2011. Disponível em: <<http://www.akatu.org.br/Temas/Sustentabilidade/Posts/E-a-economia-que-deve-se-adaptar-a-sustentabilidade-nao-o-contrario> > Acesso em: 25. fev. 2013.

FIGUEIRÔA, J. M. de; PAREYN, F. G. C.; DRUMOND, M.; ARAÚJO, E. de L. Madeireiras. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; PAREYN, F.G.C.; FIGUEIRÔA, J.M. de; SANTOS JÚNIOR, A.G. (Eds.). **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2005. p. 101 - 133.

FRANKE, A. E.; DORFMAN, R. Viabilidade econômica da irrigação, sob condições de risco, em regiões de clima subtropical. I. Cultura do milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 33, n. 12, p. 2003-2013, 1998.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. de S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Serviço Florestal Brasileiro-SFB, 2010.

GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; HARLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**, p. 48-90, 2004.

GUIMARÃES FILHO, C.; SABOURIN, E.; SILVA, P. C. G. CORREIA, R. C. A pesquisa em agricultura familiar no semi-árido: métodos alternativos de diagnóstico e validação de tecnologias. In: **Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**, Foz do Iguaçu, 1999, 10 p.

GOMES, J. A. F.; LEITE, E. R.; RIBEIRO, T. P. Alimentos e Alimentação de Ovinos e Caprinos no Semiárido Brasileiro. Sobral/CE, **Embrapa Caprinos**, 2007, 40 p.

GHINI, R. Mudanças climáticas globais e doenças de plantas. Jaguariúna/SP: **Embrapa Meio Ambiente-Livros científicos**, 2005, 104 p.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M.; TABARELLI, M.; LACHER JR.; T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Revista Megadiversidade**, v. 1, n. 1, jul. 2005.

LICHTENTHALER, H.K.; BUSCHMANN, C. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, F4.3.1-F4.3.8, 2001.

LINDOSO, D.; EIRÓ, F.; ROCHA, J. D. Desenvolvimento sustentável, Adaptação e Vulnerabilidade à Mudança Climática no Semiárido Nordestino: Um Estudo de Caso no Sertão do São Francisco. **Revista Economia NE**, Fortaleza/CE, v. 44, n. especial, p. 301-332, jun. 2013.

LINHARES, S.; GEWANDSZBAJDER, F. **Biologia Hoje**. São Paulo: Ed. Ática, v. 3, 1998. Fundação Oswaldo Cruz.

LIMA, I. C. A. R. de.; LIRA, M. de. A.; MELLO, A. C. L. de.; SANTOS, M. V. F. dos.; FREITAS, E. V. de.; FERREIRA, R. L. C. Avaliação de sabiazeiro (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) quanto a acúleos e preferência por bovinos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, p. 289-294, 2008.

LIMA, A. L. A.; MELO, A. L.; MENEZES, T. G. C.; FARIAS, S. G. G.; LIMA, L. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. **Estrutura e Funcionamento da Vegetação Lenhosa**. In: Parque Estadual Mata da Pimanteira: Riqueza Natural e Conservação da Caatinga. Editores Ednilza Maranhão dos Santos ...[et al.]. Recife: EDUFRPE, 2013, 257 p.

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

LOPES, C. R. F. R.; LIMA, T. C.; NUNES, R.S.; SOUZA, D. P. *Erythrina velutina* Willd. fabaceae: uma revisão. **BioFar – Revista de Biologia e Farmácia**, v. 6, n. 2, p. 1-13, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Editora Plantarum, 1992.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1998.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002, 512p.

LUCENA, R. F. P.; ALBUQUERQUE, U. P.; MONTEIRO, J.; ALMEIDA, C. F. C. B. R. FLORENTINO, A.; FERRAZ, J. S. F. Useful Plants of semi-arid northeastern region of Brazil: a look at their conservation and sustainable use. **Springer Science**, n. 290, v. 1, p. 281-290, 2007.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z Computação Gráfica Editora, 2004, 413p.

MAIA, A. L.; GURGEL, T. C. N. P. Um olhar sobre a utilização de plantas forrageiras da caatinga como estratégia de convivência com a seca no alto-ocidente potiguar. **Revista Geotemas**, v. 3, n. 1, p. 31-43, 2013.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 1, n. 27, p. 149-176, 2008.

MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L. Crescimento inicial de mudas de mulungu (*Erythrina velutina* Wild.) sob diferentes níveis de luminosidade. **Revista Ambiente Guarapuava**, v.4, n.1, p.67-77, 2008.

MENDES, B. V. **Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.): valiosa forrageira arbórea e produtora de madeira das caatingas**. Mossoró: ESAM (Coleção Mossoroense Série B, 660), 1989, 31p.

MENDES, B. V. **Preservação da biodiversidade e, em particular, das caatingas do semi-árido do Nordeste do Brasil**. Mossoró, 1992. 29p. (Coleção Mossoroense, 1196; série B).

MIELKE, M. S.; HOFFMAN, A.; ENDRES, L.; FACHINELLO, J. C. Comparação de métodos de laboratório e de campo para estimativa da área foliar em fruteiras silvestres. **Scientia agricola**, v. 52, n. 1, p. 82-88. 1995.

MINOLTA CAMERA CO. Ltd., **Chlorophyll meter SPAD-502**. Instruction Manual. Radiometric Instruments Divisions, Osaka, Minolta, p. 22. 1989.

MORAIS, L. G. B. de L. **Atividades produtivas e reflexos socioambientais no espaço rural de São João do Cariri-PB: uma discussão geográfica.** Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2012, 118 p.

MOREIRA, J. N.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L.; MISTURA, C. Pastos e manejo do pastejo de áreas dependentes de chuva. **Embrapa Semiárido - Capítulo em livro técnico-científico (ALICE)**, 2012.

NASCIMENTO, H. H. C. **Mecanismos fisiológicos e bioquímicos em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), sob condições adversas.** Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Departamento de Ciências Florestais, Recife/PE, 162p., 2013.

NEILL, A. D. Experimental studies on species relationships in *Erythrina* (Leguminosae: Papilionoideae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, 75: 886-969 p., 1988.

NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas: Mecanismos fisiológicos e moleculares. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, v. 23, 12-18p., 2001.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Revista Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Revista Parcerias estratégicas**, v. 6, n. 12, p. 239-258, 2010.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA JUNIOR, J. F.; BEZERRA, E. F.; LEDERMAN, I. E.; BURITY, H. A.; SANTOS, V. F. Comportamento estomático y tensión de água em el xilema de dos genótipos de pianga (*Eugenia uniflora* L.) cultivados bajo estrés hídrico. *Investigacion Agrária: Production y Proteccion Vegetal*, n.15, v.3, 49-61 p., 2000.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. **Aspectos Ecofisiológicos de Tolerância à Seca em Plantas da Caatinga.** *In: Estresses Ambientais: danos e benefícios em plantas.* Editores Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira, Elcida de Lima Araújo, Lília Gomes Willadino, Uided Maaze Tiburcio Cavalcante. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005, 500 p.

PARTEKA, L. A.; DA SILVA, É. N.; SERVILHERI, J. G.; PEREIRA, V.; DE OLIVEIRA, A. A. P.; DE PAIVA AFFONSO, I. Mudanças Climáticas na Atualidade - Discutindo o Aquecimento Global. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 8, n. 3, 2013.

PATRIOTA, P. **Bioma brasileiro: Caatinga.** Ambiente Brasil, Centro Universitário de Brasília – Uniceub, 2012. Disponível em: <

<http://ambientalsustentavel.org/2012/bioma-brasileiro-caatinga/> > Acesso em: 02. jan. 2013.

PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. de A.; CÉZAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, 2013.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Coordenadores). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, 2003, 73 p.

RDH – Relatório de Desenvolvimento Humano. **Além da Escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água**. 2006. Disponível em < http://www.pnud.org.br/hdr/arquivos/rdh2006/rdh2006_br_odm.pdf > Acesso em: 16. jul. 2014.

REBOUÇAS, A. C. Água na Região Nordeste: desperdício e escassez. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, V. R.; DRUMOND, M. A. **Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) árvore de múltiplo uso no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 4p. (Comunicado técnico, n.104).

RIZZINI, C. T. **Plantas do Brasil árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1978. 296 p.

ROCHA, D. **Caatinga: o bioma esquecido**. Salvador - BA, 2010. Disponível em: < <http://esetalmeioambiente.com/caatinga-o-bioma-esquecido/> > Acesso em: 07. jan. 2013.

SAMPAIO, E. V. S. B. et al. (Ed.). **Vegetação e flora da caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste – APNE, Centro Nordestino de Informações sobre Plantas – CNIP, 2002. 176 p.

SANTOS, C. A. dos. **Grau de Resiliência em Duas Espécies do Semiárido submetidas a estresses abióticos**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Departamento de Ciências Florestais, Recife/PE, 2014, 78p.

SANTOS, L. W. S.; COELHO, M. F.; AZEVEDO, R. A. B.; LIMA, A. K. B.; SOUZA, J. W. N. *Erythrina velutina* Willd. - Fabaceae: Árvore de múltiplos usos no nordeste brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 72 - 80, (Edição Especial) dezembro, 2013.

SANTOS, E. M.; ALMEIDA, G. V. L.; OLIVEIRA, L. L. D. S. S.; MENESES, M. V. G.; SACRAMENTO, A. C.; BEZERRA, G. S. C.; BRITO, J. V. A.; SANTOS, J. C. **O Parque Estadual da Pimenteira – Primeira Unidade de Conservação Estadual na Caatinga de Pernambuco**. In: Parque Estadual Mata da

Pimanteira: Riqueza Natural e Conservação da Caatinga. Ednilza Maranhão dos Santos ...[et al.]. Recife: EDUFRPE, 2013, 257 p.

SILVA, E. C. da; NOGUEIRA, R. J. M. C.; DE AZEVEDO NETO, A. D.; DOS SANTOS, V. F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta bot. bras.**, v. 17, n.2, p. 331-246, 2003.

SILVA, D. F. da; SILVA, A. M. A., LIMA, A. B.; MELO, J. R. M. **Exploração da Caatinga no Manejo Alimentar Sustentável de Pequenos Ruminantes.** Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária, Belo Horizonte – 12 a 15 de setembro de 2004.

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, 201-205 p., 2004.

SILVA, D. S. da; ANDRADE, A. P. de. Tecnologia para o Cultivo e Uso de Forrageiras Nativas. Associação Brasileira de Zootecistas, João Pessoa/PB, UFPB. **Revista Zootec**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2008.

SILVA, F. P. **Aspectos ecológicos e econômicos de *Mimosa caesalpinifolia Benth.* (Leguminosae – Mimosoideae) no distrito de Nova Betânia, município de Farias Brito, Ceará-Brasil.** Monografia (Especialização em Botânica) – Universidade Regional do Cariri, Crato, 2000, 40f.

SILVA JÚNIOR, V. T. 2005. **Biometria, germinação e crescimento inicial de *Erythrina velutina Willd* (Leguminosae-Papilionoideae) ocorrente em caatinga e brejo de altitude (PE).** Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, 2005, 70f.

SILVA, L. M. Gestão ambiental de recursos hídricos: pressupostos básicos, conceitos, modelos e instrumentos. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 36, p. 207-223, dez/2010.

SILVA, M. E. S.; GUETTER, A. K. Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná. **Terra Livre, São Paulo**, v. 1, n. 20, p. 111-126, 2003.

SILVA, M. B. R.; VIÉGAS, R. A.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, S. A. R. Estresse salino em plantas da espécie florestal sabiá. **Caminhos de Geografia**, v. 10, n. 30, p. 120-127, 2009.

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**, v. 4, n. 3, p. 338-342. 2000.

SOUZA, C. S. M. de. **Diretrizes para conservação da espécie *Mimosa caesalpinifolia* Benth.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Biociências, Macaíba/RN, 2012, 78f.

SCHISTEK, H. **Caatinga, um bioma desconhecido e a convivência com o Semi-Árido.** São Leopoldo - RS, Unisinos, 2012. Disponível em: < <http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/508737-caatingaumbiomadesconhecidoeaqconvivenciacomosemi-aridoqentrevistaespecialcomharoldoschistek> > Acesso em: 02. jan. 2013.

SCHOBER, J. Preservação e uso racional do único bioma exclusivamente nacional. **Ciência e Cultura**, v. 54, n. 2, São Paulo, 2002.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v.148, n.3668, p.339-346, 1965.

SISTEMA NACIONAL de Informações Florestais - SNIF. **Caatinga: Biomas e Suas Florestas.** Brasília, 2007. Disponível em: < <http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/os-biomas-e-suas-florestas> > Acesso em: 02. jan. 2013.

TORRES NETO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J.G. & BRESSAN SMITH, R.E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, 104:199-209, 2005.

VASCONCELOS, S. M. M.; OLIVEIRA, G. R.; CARVALHO, M. M.; RODRIGUES, A. C. P.; ROCHA, S. E.; FONTELES, M. M. F.; SOUSA, F. C. F.; VIANA, G. S. B. 2003. Antinociceptive activities of the hydroalcoholic extracts from *Erythrina velutina* and *Erythrina mulungu* in mice. **Biol. Pharm. Bull.**, 26(7): 946 -949.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações.** Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 433-34 p. 1991.

VIZEU, F.; MENEGHETTI, F. K.; SEIFERT, R. E. **Por uma crítica ao conceito de desenvolvimento sustentável.** Caderno EBAPE, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 569-583. 2012.

WEATHERLEY, P.E. Studies in the water relations of the cotton plant. I- The field measurements of water deficits in leaves. **New Phytologist**, v.49, pp.81-97. 1950.