



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
CAMPUS DE PATOS - PB**



MICAELLY FERNANDES DA SILVA LOPES FERREIRA

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE PLANTAS DE CATINGUEIRA
E PEREIRO EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE SOB CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS**

PATOS – PARAÍBA – BRASIL

2024

MICAELLY FERNANDES DA SILVA LOPES FERREIRA

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE PLANTAS DE CATINGUEIRA
E PEREIRO EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE SOB CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Área de concentração: Ecologia e Manejo dos Recursos Florestais

Orientador: Prof. Dr. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire

PATOS – PARAÍBA – BRASIL

2024

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado Bibliotecas – SISTEMOTECA/UFCG**

F663a

Ferreira, Micaelly Fernandes da Silva Lopes

Aspectos fisiológicos e bioquímicos de plantas de Catingueira e Pereiro em função da sazonalidade sob condições semiáridas / Micaelly Fernandes da Silva Lopes Ferreira. – Patos, 2025.

38 f.

Orientador: Antonio Lucineudo de Oliveira Freire.

Mestrado (Dissertação) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais.

1. Estresse hídrico. 2. Caatinga. 3. Sazonalidade climática. I. Freire, Antonio Lucineudo de Oliveira, *orient.* II. Título.

CDU 630*38

Bibliotecário-documentalista: Bárbara Costa – CRB-15/806

MICAELLY FERNANDES DA SILVA LOPES FERREIRA

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE PLANTAS DE CATINGUEIRA E
PEREIRO EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE SOB CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos, PB, na área de Ecologia e Manejo dos Recursos Florestais, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Aprovada em: 29/08/2024

Prof. Dr. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire
Universidade Federal de Campina Grande (PPGCF/UFCG)
ORIENTADOR

Dr^a Angeline Maria da Silva Santos
Universidade Federal da Paraíba
1^a EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Cneila Deisy Ferreira
Universidade Federal de Campina Grande
2^a EXAMINADORA

FERREIRA, Micaelly Fernandes da Silva Lopes. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos de plantas de catingueira e pereiro em função da sazonalidade sob condições semiáridas**. 2024. 38f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, PB. 2024.

RESUMO

O bioma Caatinga, localizado no Nordeste do Brasil, é caracterizado por clima semiárido, alta incidência solar e baixa precipitação, o que gera um ambiente de déficit hídrico acentuado. A vegetação desse bioma é composta principalmente por árvores e arbustos que se adaptam às condições adversas, a exemplo da catingueira (*Cenostigma nordestinum* Gagnon & G. P. Lewis) e do pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart. & Zucc). O estudo teve como objetivo analisar o comportamento fisiológicas e bioquímicas de plantas dessas espécies durante os períodos chuvoso seco, em campo, no semiárido brasileiro. O experimento foi conduzido em árvores presentes na Fazenda Experimental Núcleo de Pesquisas para o Trópico Semiárido (NUPEÁRIDO), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Patos, Paraíba, adotando-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), esquema fatorial 6 x 2, referentes a seis meses de avaliação (março a maio – período chuvoso; julho a setembro – período seco) e dois anos (2022 e 2023), com 4 repetições. Foram avaliados os parâmetros teor relativo de água (*TRA*), taxa de transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), taxa de fotossíntese (*A*), Eficiência intrínseca do uso da água (*A/Cs*) e concentrações foliares de solutos orgânicos (açúcares solúveis totais e aminoácidos totais). As espécies apresentaram comportamento diverso entre os anos, em virtude da variação na pluviosidade entre eles, desenvolvendo estratégias fisiológicas diferentes. Durante o período seco, nos dois anos avaliados, as plantas de catingueira apresentaram valores de *E*, *gs* e *A* superiores àqueles verificados nas plantas de pereiro, denotando comportamento estomático mais eficiente. O ajustamento osmótico resultante de maior acúmulo dos açúcares solúveis e aminoácidos totais, durante o período seco, garantiu às plantas de pereiro maior hidratação celular, possibilitando maior *TRA* foliar e maior controle nas trocas gasosas.

Palavras-chave: Estresse hídrico; Caatinga; Sazonalidade climática.

FERREIRA, Micaelly Fernandes da Silva Lopes. **Physiological and biochemical aspects of 'catingueira' and 'pereiro' plants according to seasonality under semi-arid conditions.** 2024. 38p. Dissertation (Master in Forest Sciences) – Federal University of Campina Grande, Rural Technology and Health Center, Patos, PB. 2024.

ABSTRACT

The Caatinga biome, located in the Northeast of Brazil, is characterized by a semiarid climate, high solar incidence and low precipitation, which generates an environment of accentuated water deficit. The vegetation of this biome is composed mainly of trees and shrubs that adapt to adverse conditions, such as the *Cenostigma nordestinum* Gagnon & G. P. Lewis (catingueira) and the *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc (pear tree). The study aimed to analyze the physiological and biochemical behavior of plants of these species during the dry and rainy periods, in the field, in the Brazilian semiarid region. The experiment was conducted on trees present at the Experimental Farm of the Núcleo de Pesquisas para o Trópico Semiárido (NUPEARIDO), of the Federal University of Campina Grande (UFCG), in Patos, Paraíba, Brazil, adopting a completely randomized design, 6 x 2 factorial scheme, referring to six months of evaluation (March to May - rainy season; July to September - dry season) and two years (2022 and 2023), with 4 replicates. The parameters relative water content (*RWC*), transpiration rate (*E*), stomatal conductance (*gs*), photosynthesis rate (*A*), intrinsic water use efficiency (*A/gs*) and foliar concentrations of organic solutes (total soluble sugars and total amino acids) were evaluated. The species presented different behavior between years, due to the variation in rainfall between them, developing different physiological strategies. During the dry period, in both years evaluated, catingueira plants presented values of *E*, *gs*, and *A* rate higher than those observed in pear plants, indicating more efficient stomatal behavior. The osmotic adjustment resulting from greater accumulation of soluble sugars and total amino acids during the dry period ensured greater cellular hydration in pear plants, enabling greater leaf *RWC* and greater control over gas exchange.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Delimitação do Semiárido.....	6
Figura 2 — Localização dos Povoamentos no Núcleo de Pesquisa para o Trópico Semiárido (NUPEÁRIDO).....	15
Figura 3 - Precipitação média mensal durante o período de condução do experimento.....	17
Figura 4 - Teor relativo de água (<i>TRA</i>) das plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023	19
Figura 5 - Concentrações foliares de açúcares solúveis totais (<i>AST</i>) das plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023	20
Figura 6 - Concentrações foliares de aminoácidos livres totais açúcares solúveis totais (<i>AAT</i>) das plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023.....	21
Figura 7 - Taxa de transpiração de plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023	21
Figura 8 - Condutância estomática das plantas de catingueira (A) e pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023	23
Figura 9 - Taxa de fotossíntese das plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023	24
Figura 101 - Eficiência intrínseca do uso da água (<i>A/Cs</i>) das plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO SEMIÁRIDA	6
2.2 ESPÉCIES EM ESTUDO.....	8
2.2.1 Catingueira	8
2.2.2 Pereiro.....	10
2.3 FISILOGIA DAS PLANTAS E A DEFICIÊNCIA HÍDRICA.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	15
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	16
3.3 PARÂMETROS AVALIADOS.....	16
3.3.1 Análises Estomáticas	16
3.3.2 Teor Relativo de Água (TRA).....	17
3.3.3 Concentrações de Solutos Orgânicos.....	17
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	17
4 RESULTADOS	18
4.1 CONDIÇÕES AMBIENTAIS.....	18
4.2 TEOR RELATIVO DE ÁGUA (TRA).....	19
4.3 ACÚMULO DE SOLUTOS ORGÂNICOS	20
4.3.1 Açúcares solúveis totais (AST).....	22
4.3.2 Aminoácidos livres totais (AAT)	231
4.4 PARÂMETROS ESTOMÁTICOS.....	22
4.4.1 Taxa de transpiração (E).....	22
4.4.2 Condutância estomática (gs).....	23
4.4.3 Taxa de fotossíntese (A)	24
4.4.3 Eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s).....	25
5 DISCUSSÃO	26
6 CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	322

1 INTRODUÇÃO

Ocupando cerca de 912.000 km², correspondendo a cerca de 10% do território nacional, a Caatinga é o principal bioma da região Nordeste do Brasil (Silva *et al.*, 2017), apresentando clima semiárido e relativa riqueza biológica e de espécies endêmicas, sendo um Bioma exclusivamente brasileiro (IBGE, 2004).

Quando comparado aos demais biomas brasileiros, apresenta características bem peculiares, principalmente em relação aos parâmetros meteorológicos, como elevados níveis de incidência solar, temperatura e taxas de evaporação; baixos índices de precipitação e de umidade relativa do ar. A temperatura média anual varia de 26°C a 28°C, com precipitação pluviométrica variando entre 250 a 1500mm (Prado, 2003). Essa precipitação ocorre de forma irregular, sendo concentrada em 3 a 5 meses do ano, podendo, em apenas um único dia, ocorrer chuvas esperadas para um mês, além da ocorrência de períodos severos de seca (Sampaio *et al.*, 2017).

A vegetação de caatinga é constituída principalmente de árvores e arbustos, com presença de espinhos e folhas geralmente pequenas, que são perdidas no período de seca (Silva; Tavares; Cortez, 2012). Durante boa parte do ano, a vegetação sofre com déficit hídrico, sendo assim, influenciada diretamente, ocorrendo variação na sua flora e fisionomia (Silva; Almeida; Silva, 2017).

A água é um recurso primordial e importante para que a planta possa se desenvolver de maneira adequada (Campos; Santos; Nacarath, 2021). No semiárido brasileiro, durante o período da seca, esse déficit hídrico é mais acentuado em virtude da redução na quantidade de água disponível no solo, ocorrendo diminuição na sua absorção pelas raízes, desencadeando alterações fisiológicas, bioquímicas e morfológicas, cuja intensidade dependerá da espécie vegetal (Cavalcante; Cavallini; Lima, 2009). Tais alterações tem como objetivo garantir a sobrevivência das mesmas durante o período seco.

Dentre as espécies mais representativas desse bioma, encontram-se *Cenostigma nordestinum* Gagnon & G. P. Lewis (Catingueira) e *Aspidosperma pyrifolium* (Pereiro). No entanto, apesar de sua importância econômica e ecológica, poucos são os estudos desenvolvidos com o intuito de estudar o comportamento fisiológico das mesmas, principalmente em condições de campo, notadamente durante os meses de baixa disponibilidade hídrica.

Tais estudos justificam-se principalmente diante do cenário de alterações climáticas causadas pelo aquecimento global pelo qual o planeta Terra vem experimentando nos últimos anos, cujas projeções futuras não são nada animadoras, principalmente em relação à distribuição de chuvas em climas áridos e semiáridos.

Saber como as espécies nativas responderão a essas condições adversas é de vital importância no sentido de procurar estratégias que possam minimizar os seus efeitos, especialmente nas regiões semiáridas onde as condições se tornam cada vez mais hostis, comprometendo dessa forma a sobrevivência das plantas e o equilíbrio dos ecossistemas.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo verificar o comportamento sazonal de plantas adultas de catingueira e pereiro sob condições semiáridas, avaliando comparativamente as estratégias fisiológicas e bioquímicas desenvolvidas por essas plantas durante os períodos chuvoso e seco, em dois anos consecutivos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO SEMIÁRIDA

De acordo com as Resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene de nº 107, de 27/07/2017 e de nº 115, de 23/11/2017, o Semiárido brasileiro compreende 1.262 municípios de 10 estados do Brasil sendo eles Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (Figura 1) (SUDENE, 2017).



Fonte: SUDENE (2017).

Figura 1 — Delimitação do Semiárido.

Para essa delimitação, a SUDENE usa os seguintes critérios: a precipitação pluviométrica média anual que é igual ou inferior a 800mm; o déficit hídrico igual ou superior a 60%; e o índice de Aridez de *Thornthwaite* igual ou inferior a 0,50, o qual calcula a diferença entre a quantidade de chuva e a perda de água por todo o sistema, chamada de evapotranspiração.

Em decorrência da grande diversidade de clima, conformações de relevo, formações vegetais, tipos de rochas, a região do Nordeste do Brasil apresenta uma grande diversidade de ambientes, e de solos. E por apresentarem características físicas, químicas, mineralógicas e morfológicas marcantes, possibilita que esses solos sejam subdivididos de classes relativamente homogêneas. A região semiárida está localizada em áreas de bacias sedimentares, áreas de cristalino e em área de recobrimento do cristalino por sedimentos, com isso, encontram-se solos arenosos e profundos e também solos argilosos e rasos (Marques *et al.*, 2014).

Devido às duras condições climáticas, com baixos índices de precipitação pluviométrica, a hidrografia da região é frágil, sendo considerada insuficiente para sustentar rios extensos e com grande volume de água que se mantenham perenes nos períodos de estiagem, com exceção do rio São Francisco (IBGE, 2017).

A Caatinga, bioma predominante no semiárido brasileiro, ocupa cerca de 54% do território da região Nordeste e 11% do território brasileiro. Durante muito tempo, a Caatinga era retratada como um ambiente pobre, onde só se encontrava apenas chão seco e rachado, secas severas, cactos e calangos (Sena, 2011). De todos os biomas brasileiros, a Caatinga é o mais vulnerável às mudanças climáticas, uma vez que as projeções preveem aumento das temperaturas e redução nos níveis de chuva (Sampaio *et al.*, 2017).

O tipo de vegetação presente no semiárido nordestino é a vegetação de caatinga, amplamente adaptada às condições edafoclimáticas do semiárido, tais como elevados índices de radiação solar e temperatura, ventos fortes e baixos valores de umidade do ar e de pluviosidade (Costa *et al.*, 2009). Sena (2011) relata que a caatinga é heterogênea, principalmente em relação à fitofisionomia, encontrando-se a caatinga arbórea, onde as plantas alcançam cerca de 20 m de altura, e que em período chuvoso formam uma copa contínua; a caatinga arbustiva, caracterizada por plantas mais baixas, com cerca de 8 m de altura; a mata seca, que ocorre em topos de serras e nas encostas e o carrasco que é encontrado em chapadas, composto de arbustos de caule finos e emaranhados.

As espécies vegetais da caatinga apresentam adaptações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas que as permitem tolerar as condições adversas de água e temperatura (Costa *et al.*, 2009), o que as tornam singulares quando comparadas a espécies de outros biomas brasileiros, do ponto de vista da tolerância à seca.

Durante muito tempo a caatinga foi considerada como uma modificação de uma outra formação vegetal e que a origem da sua flora era resultante de um empobrecimento da biodiversidade da vegetação da Mata Atlântica circundante, através de processos de adaptação às duras condições semiáridas (Queiroz *et al.*, 2017). Esses autores relataram ainda que a diversidade aqui encontrada era baixa e que não se encontrava espécies endêmicas.

Ademais, vários mitos foram criados com relação à diversidade da vegetação do tipo caatinga, relatando que o mesmo possui uma biota pobre e que não possui espécies endêmicas, além do pensamento equivocado de que seria homogênea, fatos que levam a pensar que é uma região pouco alterada (Silva *et al.*, 2003). A Caatinga está entre um dos biomas brasileiros mais degradados pelas ações antrópicas, acerca desse fato, considerando-se as alterações causadas pelo desmatamento, fica em terceiro lugar, atrás apenas da Mata Atlântica e do Cerrado (Myers *et al.*, 2000).

Sendo assim, o bioma Caatinga sofre intensa degradação pelas práticas de exploração da vegetação de maneira intensiva, pois a maior parte é desmatada para obtenção de lenha, que somada à instabilidade decorrente do clima, convergiram para uma alta degradação ambiental e, além de perda da vegetação, com sérios danos causados à diversidade biológica. Uma área degradada, com algumas décadas pode passar a ser uma área desertificada, e quando abandonada, levará muito tempo para se recuperar e voltar ao seu estado primitivo (Sampaio *et al.*, 2017).

2.2 ESPÉCIES ESTUDADAS

2.2.1 Catingueira

A catingueira (*Cenostigma nordestinum* Gagnon & G. P. Lewis), da família Leguminosae, subfamília Caesalpinoideae, também conhecida como pau-de-rato, pau-de-porco, catingueiro-das-folhas-largas e catinga-de-porco, recebe essa denominação em decorrência do cheiro desagradável de suas folhas verdes (Alves *et al.*, 2007; Maia, 2012; CNIP, 2020). É uma espécie representativa da região semiárida do Nordeste, ocorrendo nos estados da Paraíba, Pernambuco, Piauí, Ceará, Alagoas,

Rio Grande do Norte, Sergipe e Bahia; apresenta adaptações ao período de seca, como a perda de suas folhas, porém em época chuvosa, estas são as primeiras a rebrotar, e com apenas cerca de um mês após o início da estação chuvosa, alcança a vegetação plena; durante a transição dos períodos seco-chuvoso ocorre a floração, seguida da frutificação (Alves *et al.*, 2007).

Pode ser encontrada em diversas associações vegetais e, quando presente em várzeas úmidas, geralmente tem alturas de 4 a 8 metros, mas pode chegar a cerca de 10 metros de altura e atingir 50 centímetros de diâmetro na base quando vegeta em várzeas úmidas (Maia, 2012). Já no Seridó semiárido, essa planta se reduz a arbustos com menos de 2 metros e alcança poucos centímetros de diâmetro na base do tronco (CNIP, 2020).

Possui folhas bipinadas, de onde da raque principal saem ramificações que sustentam os folíolos, também são bijugadas, possuindo dois pares de folíolos em pecíolo comum, e possuem também uma pina terminal, geralmente com 5 a 11 folíolos que são alternos, oblongos e obtusos. O caule, geralmente de cor cinza-claro, apresenta casca viva de espessura delgada, a qual, depois de morta, é rígida, com partes ásperas e lisas, apresentam pequenas lenticelas dispostas irregularmente e com espessura menor que 2mm. As flores possuem pétalas amarelas e apresentam pontos granuloso no dorso; possui inflorescência terminal ou axilar-terminal, paniculada. Suas sementes são ovaladas e achatadas e sua dispersão se dá por meio da síndrome balística, onde com deiscências lançam as sementes a uma certa distância (CNIP, 2020).

É uma espécie vegetal que possui importância econômica, cultural e ecológica, com potencialidade para ser utilizada em recuperação de áreas degradadas, uma vez que seu crescimento é rápido (Silva *et al.*, 2012) e tem a capacidade de fixar nitrogênio no solo. Nesse processo de restauração florestal, a espécie é indicada para a primeira e a segunda fase de recomposição florestal mista de áreas degradadas, apresentando ampla faixa de tolerância aos mais diversos tipos de solos e condições ambientais (Maia, 2012). Devido à queda das folhas e casacas na época seca do ano, é visível a sua contribuição no acúmulo da serapilheira, interferindo assim positivamente na fertilidade e proteção do solo.

As folhas jovens, logo após brotarem, podem ser utilizadas para a produção de feno, constituindo-se então em alternativa para a alimentação animal durante a estação seca (Maia, 2012; Loiola *et al.*, 2010; Braga, 2015). No entanto, deve-se evitar

as folhas maduras, uma vez que os animais as rejeitam devido o odor desagradável (Maia, 2004; Braga, 2015). O consumo dos frutos dessa árvore deve ser evitado, pois se ingerido, pode perfurar partes do trato digestivo, o que pode levar a morte dos animais (CNIP, 2020).

Silva *et al.* (2012) enfatizam a importância ecológica dessa espécie vegetal, relatando o uso do seu tronco para a construção de ninhos de espécies de abelhas sociais e abelhas solitárias; recomenda sua plantação em áreas de criação e conservação de abelhas. Outros animais como borboletas e beija-flores são visitantes florais que coletam néctar de suas flores. Apesar disso, são necessários estudos mais aprofundados sobre o seu valor como alimentação das abelhas (Maia, 2004).

Sua madeira é empregada como estacas, mourões, na construção de casas de taipa e como lenha, sendo a madeira preferida para queimar cerâmica, além da produção de carvão e confecção de cabos de ferramentas (Maia, 2004; Braga, 2015). Esses autores acrescentam ainda que na medicina caseira suas flores, folhas e cascas são utilizadas para tratamentos de infecções catarrais e digestivas, e, para uso veterinário, tem sido empregada no tratamento de verminoses dos animais domésticos.

2.2.2 Pereiro

O pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart. & Zucc), pertencente à família *Apocynaceae* (TROPICOS, 2022), espécie característica da região semiárida de Caatinga (Maia, 2012) e, apesar de ser nativa, não é uma planta endêmica do Brasil, ocorrendo também na Bolívia e Paraguai (TROPICOS, 2022). No Brasil, tem ocorrência na Região Norte; no Tocantins, na Região Sudeste; em Minas Gerais e em todos os estados das Regiões Nordeste e Centro-Oeste (Castello *et al.*, 2020).

O nome pelo qual é conhecida varia com a região em que é encontrada, a exemplo de pereiro-do-sertão e pereiro-branco (Alagoas), pau-pereiro, pereiro-branco e pereiro-preto (Ceará), peroba e trevo (Goiás), pereiro-vermelho e pereiro-paulista (Minas Gerais) e pau-pereiro, pereira-roxa, piquiá-preto (Piauí). Nos países em que ocorre é chamado popularmente de *jichituriqui*, lema-lema e peroba-rosa, na Bolívia e de *kirandi*, palo-de-rosa e palorrossa no Paraguai (Carvalho, 2010).

É uma planta de porte arbustivo-arbóreo, com tronco tortuoso que na parte superior se ramifica, contendo folhas simples, alternas ou sub-opostas, de formato elíptico e possui folhagem discolor, o que é caracterizado quando duas porções de

uma mesma estrutura possuem cores diferentes (Lorenzi, 1998). As flores são pequenas e com corola esbranquiçada, e cada inflorescência tem em média 10 a 15 flores que produzem um aroma agradável (Lorenzi, 1998; Maia, 2012). Os seus frutos medem cerca de 3,5 centímetros de largura e entre 4 a 6 centímetros de comprimento, de formato piriforme, os quais, durante a deiscência, se abrem em duas partes e liberam as sementes aladas (4 a 5 sementes por furto) (Maia, 2012).

O pereiro tem elevada importância econômica, cultural e ecológica, sendo utilizada para diversos fins, como o madeireiro para a produção de lenha e carvão, e também no paisagismo e arborização urbana, destacando-se pela sua floração branca, além do uso na alimentação animal. Sua madeira é pesada e de qualidade; resistente a ataque de fungos e cupins, sendo assim utilizada na marcenaria, carpintaria e construção civil (Lorenzi, 1998; Maia, 2004). Na medicina popular é usada como remédio para o estômago e também utilizada na área da veterinária para tratamentos de sarnas e carrapatos (Carvalho, 2010; Santos, 2010).

Caracteriza-se como uma espécie vegetal de potencial elevado na criação de abelhas; podendo ser usada também como enriquecimento e recuperação de áreas degradadas e em sistemas agroflorestais, na formação de faixas arbóreas e quebra vento (Maia 2012; Silva, 2012).

Quanto à sua fenologia, é caracterizada como uma espécie que perde completamente as suas folhas no período de estiagem, mas que logo rebrota após as primeiras chuvas. Sua polinização ocorre principalmente por pequenos insetos e abelhas e suas sementes são dispersas por anemocoria, ou seja, através do vento. Geralmente a sua floração ocorre entre os meses de outubro a novembro e sua frutificação entre os meses de agosto e setembro (Lorenzi, 1998; Maia, 2012).

2.3 FISILOGIA DAS PLANTAS SOB DEFICIÊNCIA HÍDRICA

A água é o dos principais fatores para a manutenção da vida na terra (Pimentel, 2004). Para que a planta cresça e se desenvolva de maneira adequada, ela necessita de água disponível, porém, na região semiárida existem fatores como a elevada taxa de evapotranspiração e as baixas taxas de precipitação anual, o que fazem com que a quantidade de água disponível seja abaixo do que o necessário a ser utilizada pela planta (Sampaio *et al.*, 2017).

Além do estresse hídrico, as plantas ainda passam por outros tipos de estresse ambiental, a exemplo de elevadas temperaturas e radiação solar, salinidade dos solos, supressão de nutrientes no solo, deficiência de oxigênio no ambiente radicular, entre outros, os quais limitam seu crescimento (Dias, *et al.*, 2019).

O semiárido nordestino é uma região com sérios problemas de seca, que é a condição meteorológica natural de maior ocorrência no mundo considerada um fenômeno natural. Na região semiárida essa condição é decorrente da sua vulnerabilidade hídrica devido à irregularidade na distribuição das chuvas e também às temperaturas elevadas, que oscilam acima das temperaturas globais consideradas normais (Silva *et al.*, 2013).

Como as plantas acabam sofrendo muito tempo essa pressão do meio, elas tendem a responder cada uma a sua maneira, ocorrendo alterações morfológicas, anatômicas e fisiológicas, resultando em adaptações que possibilitem sobreviver aos períodos mais severos de ausência de água e temperatura (Sampaio *et al.*, 2017). Dentre as estratégias podem ser citadas redução da área foliar e aumento no sistema radicular, alteração na espessura foliar (morfológicas) (Albuquerque *et al.*, 2013), fechamento dos estômatos com conseqüente redução da transpiração (fisiológicas) (Calbo; Moraes, 2000) e acúmulo de solutos osmoticamente ativos (bioquímicas) (ajustamento osmótico) (Monteiro *et al.*, 2014).

Como reflexo de tais estratégias, ocorre a diminuição no conteúdo de água celular, resultando no decréscimo na expansão foliar, a qual é considerada como a primeira linha de defesa contra a seca, pois haverá redução na perda de água por transpiração (Taiz *et al.*, 2017). Paralelamente a isso, ocorre um aumento no crescimento das raízes, resultando em exploração de um volume maior de solo e, conseqüentemente, na absorção de água.

As espécies vegetais encontradas nas regiões semiáridas geralmente apresentam valores de potencial hídrico foliar (Ψ_w) inferiores aos verificados em plantas de florestas pluviais, mesmo quando em condições hídricas adequadas, evidenciando que esse parâmetro fisiológico é característico de cada espécie (Silva *et al.*, 2003).

Avaliando o crescimento de plantas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) sob diferentes níveis de disponibilidade de água, Scalón *et al.* (2011) verificaram redução na produção de massa seca à medida que o nível de água utilizado decrescia, e que as mesmas investiram maior quantidade de fotoassimilados nas raízes em detrimento

da parte aérea, sendo 25% da capacidade de vaso considerado um nível restritivo para o crescimento da planta.

Essa maior alocação de fotoassimilados para as raízes na muda em condição de déficit hídrico sugere uma priorização do crescimento radicular, o que favorece a absorção de água e menor perda de água por transpiração (Figueirôa *et al.*, 2004; Taiz *et al.*, 2017). Os padrões de partição de fotoassimilados podem variar em função da espécie, idade e condições climáticas a que são submetidas.

Para que a planta possa sobreviver e realizar de forma eficiente as suas atividades metabólicas, é necessário que haja um balanço hídrico positivo e uma relação de equilíbrio entre a perda e absorção de água (Taiz *et al.*, 2017), uma vez que a escassez de água trará prejuízos para a planta. Essas condições são obtidas através dos estômatos, em que as plantas são capazes de regular suas taxas de transpiração de acordo com suas necessidades do balanço hídrico. Segundo Queiroz (2018), um grande desafio enfrentado pelas plantas é o fato de contrabalancear as suas taxas transpiratórias e o fornecimento de gás carbônico (CO₂) primeiro está relacionado a elevada demanda evaporativa e o segundo é necessário para o processo fotossintético.

Em relação à economia de água durante os períodos de déficit hídrico, o fechamento estomático se constitui na principal estratégia adotada pelas plantas, o qual pode ser influenciado por fatores endógenos, como a nutrição e hormônios vegetais, e por fatores exógenos, como a concentração de gás carbônico (CO₂), disponibilidade de água, presença ou ausência de luz e temperatura (Paulilo; Viana; Randi, 2015).

Quando ocorre o fechamento dos estômatos, ocorre uma redução na abertura do poro estomático, e isso restringe a troca de gases entre a atmosfera e o interior da folha, causando assim a diminuição de assimilação do CO₂ utilizado no processo de fotossíntese (Chaves; Maroco; Pereira, 2003; Chaves; Oliveira, 2004; Chaves; Flexas; Pinheiro, 2009).

Dessa forma, em decorrência da redução no Ψ_w e do teor relativo de água (TRA) ocorre diminuição na taxa fotossintética (Farooq *et al.*, 2009), que pode ser devido a fatores estomáticos, em consequência da redução na condutância estomática, restringindo as trocas gasosas entre a planta e o meio externo, ou por fatores não estomáticos, como decréscimo da atividade enzimática do ciclo de Calvin (Monakhova; Chernyad'ev, 2004). Além disso, podem ocorrer danos no aparato

fotoquímico, com diminuição na taxa de transporte de elétrons no fotossistema II (PSII), reduzindo a síntese de ATP e também queda na taxa de regeneração da enzima Rubisco (Flexas; Medrano, 2002).

Decréscimos na transpiração, condutância estomática e fotossíntese em plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e favela (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.) em decorrência do déficit hídrico foram relatados por Costa *et al.* (2015) e Ramos e Freire (2019), respectivamente. Em plantas de ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC)), Pessoa, Freire e Costa (2017) verificaram redução rápida e progressiva em *TRA*, condutância estomática, transpiração, a eficiência de carboxilação e a fotossíntese em função do déficit hídrico imposto.

O acúmulo de substâncias orgânicas e inorgânicas (ajustamento osmótico) em decorrência do déficit hídrico proporciona a diminuição no potencial osmótico celular, garantindo assim a absorção de água e aumento na pressão de turgescência celular, o que pode acabar contribuindo com a manutenção de processos fisiológicos como a fotossíntese, expansão celular e abertura e fechamento dos estômatos (Sakamoto; Murata, 2002).

Dentre os solutos orgânicos que se acumulam, os principais são proteínas, aminoácidos e açúcares solúveis, porém, a quantidade e o tipo de soluto acumulado dependerão da duração do período de estresse em que a planta foi submetida e também ao tipo de espécie vegetal (Pinheiro; Chaves; Ricardo, 2001).

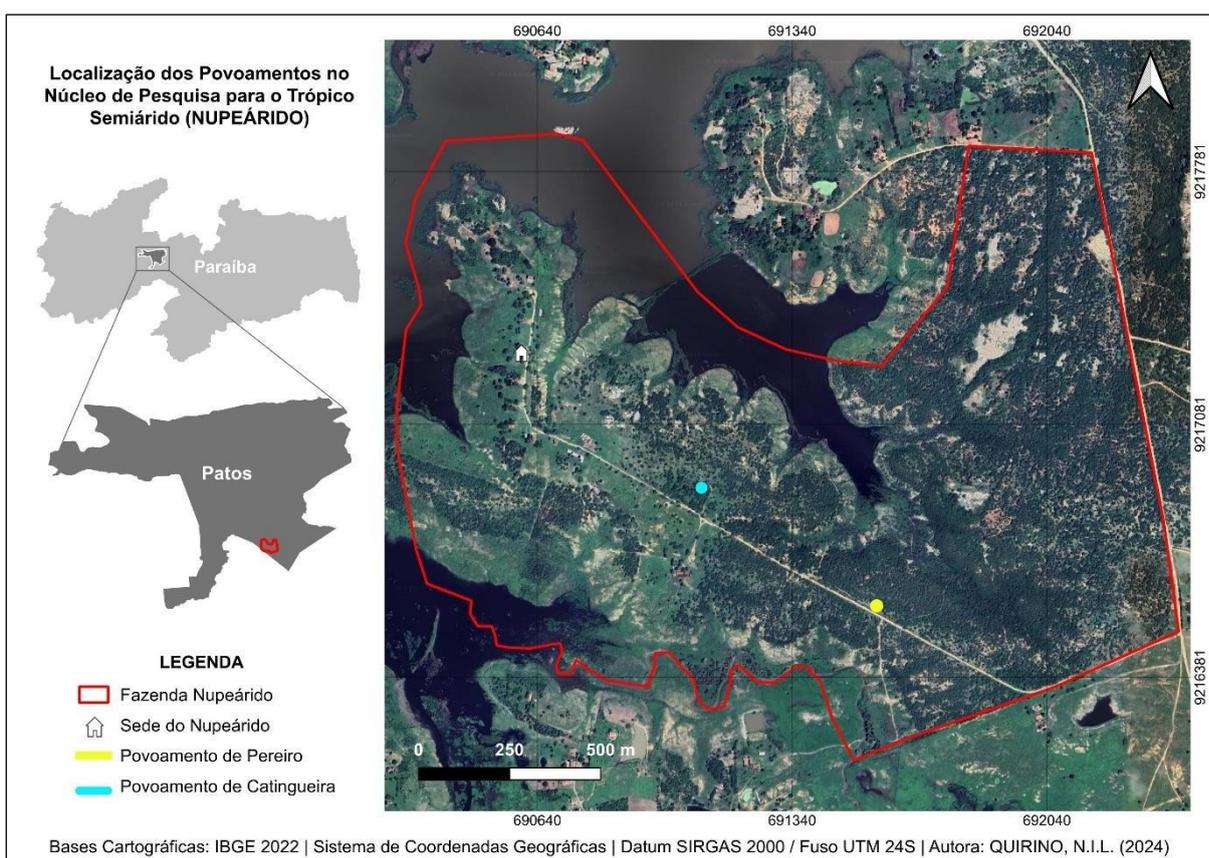
Portanto, a capacidade de lidar com a escassez de água, bem como o grau de tolerância e as estratégias de adaptação são importantes determinantes na seleção natural das plantas e sua distribuição (Oliveira; Braga; Walker, 2015). Ademais, diante do cenário atual em que se encontra a Caatinga, uma vez que a água é um fator limitante para o desenvolvimento das espécies, torna-se fundamental ampliar pesquisas que tenham como objetivo promover a recomposição de áreas degradadas ou afetadas pela seca com espécies nativas resistentes, com o propósito de evitar que os impactos causados contribuam para processos de degradação do Bioma (Santos *et al.*, 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Trópico Semiárido (NUPEÁRIDO), pertencente ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Patos, Paraíba.

As duas espécies estudadas são encontradas em abundância na Fazenda Experimental, justificando sua utilização no experimento. As plantas de catingueira foram plantadas no ano de 2006, em uma área de um projeto de restauração florestal, ao passo que as plantas de pereiro estavam localizadas na área destinada ao pastejo do rebanho bovino do NUPEÁRIDO, conforme ilustrado na Figura 2.



Fonte: Quirino, N.I.L. (2024).

Figura 2 — Localização dos Povoamentos no NUPEÁRIDO.

De acordo com a classificação de Köppen, revisada por Alvares *et al.* (2014), o clima da região central da Paraíba caracteriza-se como Bsh (semiárido quente). As temperaturas médias anuais são elevadas e pouco variáveis, situando-se entre 25°C

e 30°C. As chuvas são irregulares e concentram-se principalmente entre os meses de fevereiro e abril; no entanto, tanto a distribuição quanto a intensidade das precipitações são variáveis, com médias oscilando entre pouco menos de 300 mm e pouco mais de 1000 mm.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Em virtude das plantas estarem sob as mesmas condições ambientais e sem terem sido submetidas a nenhum tratamento externo, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo os tratamentos correspondendo a um esquema fatorial 6 x 2, correspondendo a seis avaliações (meses), sendo três no período chuvoso (março a maio) e três no período seco (julho a setembro) e dois anos (2022 e 2023), com quatro repetições, as quais corresponderam à média de quatro avaliações por repetição.

Para a coleta de dados, foram marcadas plantas, respeitando-se a homogeneidade quanto à altura, ramificações da copa e condições fitossanitárias, tendo sido escolhidas as quatro mais uniformes, de cada espécie.

As avaliações das espécies foram realizadas na primeira quinzena dos meses de março, abril e maio (período chuvoso) e julho, agosto e setembro (período seco).

3.3 PARÂMETROS AVALIADOS

3.3.1 Análises Estomáticas

Foram avaliadas a taxa de transpiração (E), a condutância estomática (C_s), a taxa de fotossíntese (A) e a concentração interna de CO_2 (C_i). Essas leituras foram realizadas entre 10h e 11h da manhã, em folhas completamente expandidas (quatro folhas por planta), localizadas nos ramos mais basais das plantas e em bom estado fitossanitário, utilizando-se o analisador portátil de fotossíntese LCpro-SD (ADC BioScientific Ltd.).

De posse dos valores de A , E e C_s , foram calculadas as razões A/E e A/C_s e, com os dados de A e C_i , a eficiência de carboxilação (A/C_i). Após as avaliações estomáticas, foram colhidas folhas, que foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em caixa de isopor contendo gelo para envio ao Laboratório de Fisiologia Vegetal (CSTR/UFCG).

3.3.2 Teor Relativo de Água (TRA)

Das folhas coletadas no campo (quatro folhas por planta), foram retirados discos foliares (três amostras por folha) e submetidos à pesagem para a determinação do peso da matéria fresca (MF). Em seguida, os discos foram imersos em água, colocados sobre folha de papel de filtro em placas de Petri, e mantidos em geladeira a 5 °C por 72 horas. Após esse período, os discos foram retirados, levemente secos com papel absorvente e pesados para a obtenção do peso da matéria túrgida (MT). Posteriormente, foram levados para secagem em estufa a 65 °C, durante 72 horas e, em seguida, pesados para a determinação do peso da matéria seca (MS). O teor relativo de água foi calculado de acordo com a Equação 1.

$$\text{TRA} = \frac{\text{MF} - \text{MS}}{\text{MT} - \text{MS}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

3.3.3 Concentrações de solutos orgânicos

Das folhas coletadas, foram retiradas amostras de 200 mg (quatro folhas por planta e duas amostras por folha), colocadas em papel alumínio e mantidas em congelador para determinação das concentrações dos solutos. Para as análises, as amostras foram maceradas em almofariz contendo 12 mL de MCA (metanol:clorofórmio:água, proporção 12:5:3), conforme descrito por Bielecki e Turner (1966).

As concentrações foliares de açúcares solúveis totais, proteínas e aminoácidos livres totais foram determinadas de acordo com metodologias propostas, respectivamente, por Yemm e Willis (1954), Bradford (1976) e Yemm e Cocking (1955).

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software ASSISTAT versão 7.7 (Silva; Azevedo, 2016), sendo que as comparações foram feitas entre os anos, em cada mês avaliado.

4 RESULTADOS

4.1 CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Nas Figuras 3 e 4 constam, respectivamente, os valores médios mensais de precipitação e temperatura, nos anos 2022 e 2023 obtidos em Estação Meteorológica localizada na Fazenda Experimental NUPEÁRIDO, local da área de estudo (07° 08' Sul; 37° 27' Oeste).

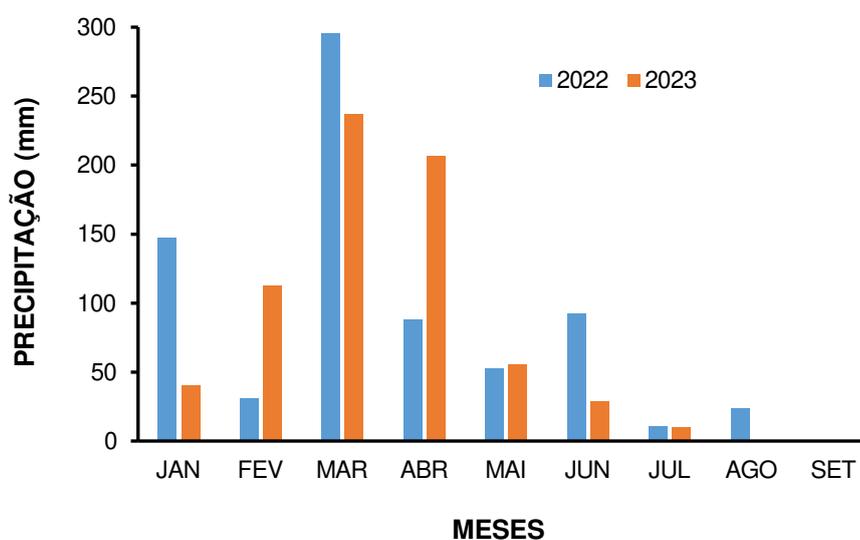


Figura 3 - Precipitação média mensal durante o período de condução do experimento.

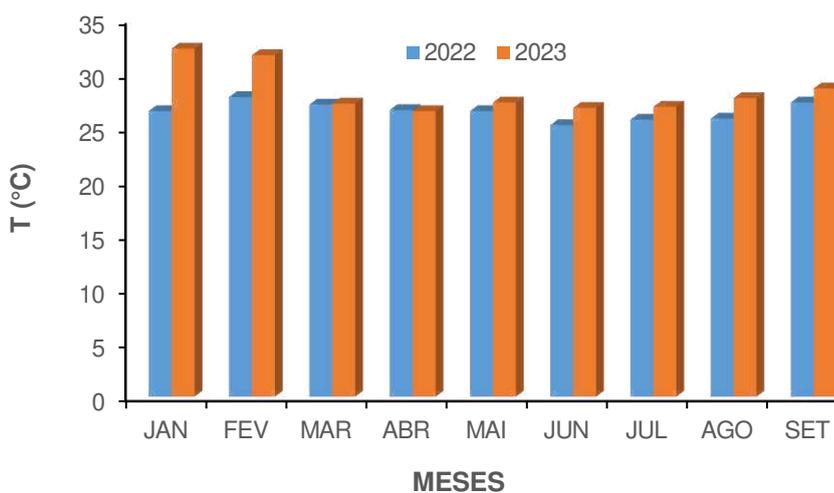


Figura 4 – Temperatura média mensal durante o período de condução do experimento.

A primeira coleta de dados ocorreu no mês de março de 2022 e, nesse ano, o acumulado de janeiro e fevereiro foi de 178,2 mm e, entre março e maio, meses considerados no período chuvoso nesse estudo, a precipitação total foi de 435,4 mm. No ano de 2023, o acumulado de chuvas de janeiro e fevereiro foi 152,5 mm, enquanto que a precipitação do período chuvoso (março a maio) totalizou 498 mm. Percebe-se, então, que o ano de 2023 foi mais seco e os meses mais quentes do que 2022.

4.2 TEOR RELATIVO DE ÁGUA (*TRA*)

Nas plantas de catingueira (Figura 5A), durante o período chuvoso, exceto no mês de abril, ocorreu redução no *TRA*, comparando-se os anos, nos meses de março e maio, com decréscimos de 19% e 11%, respectivamente; não tendo sido detectada diferença estatística entre os anos, durante o período seco.

Nas plantas de pereiro (Figura 5B), diferença estatística entre os anos foi verificada apenas no mês de março (estação chuvosa), enquanto que no período seco, nos meses de julho e setembro, ocorrendo reduções de 14% e 28%, respectivamente, entre 2022 e 2023.

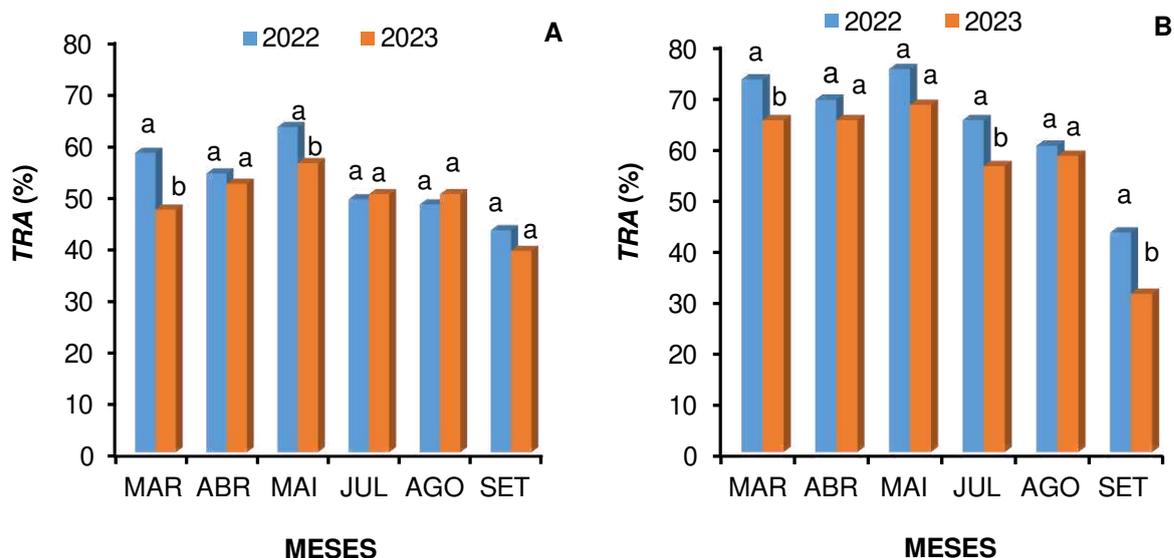


Figura 5 - Teor relativo de água (*TRA*) das plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023. As letras comparam os anos, em cada mês de avaliação, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Porém, apesar de ter ocorrido menor volume de chuvas, no mês de maio (Figura 3) ocorreu maior valor de TRA, tanto no ano de 2022 quanto em 2023, em ambas as espécies (Figuras 5A e 5B). Além disso, os valores de *TRA* obtidos nas plantas de pereiro são, no geral, maiores do que os da catingueira.

4.3 ACÚMULO DE SOLUTOS ORGÂNICOS

Não foi diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso nas espécies estudadas.

4.3.1 Açúcares solúveis totais (*AST*)

Durante o período chuvoso, nos três meses avaliados, não ocorreu diferença significativa da concentração de *AST* entre os anos, nas plantas de catingueira (Figura 6A), sendo detectadas diferenças apenas no período seco, com elevação de 45% (julho), 40% (agosto) e 22% (setembro), do ano 2022 para 2023.

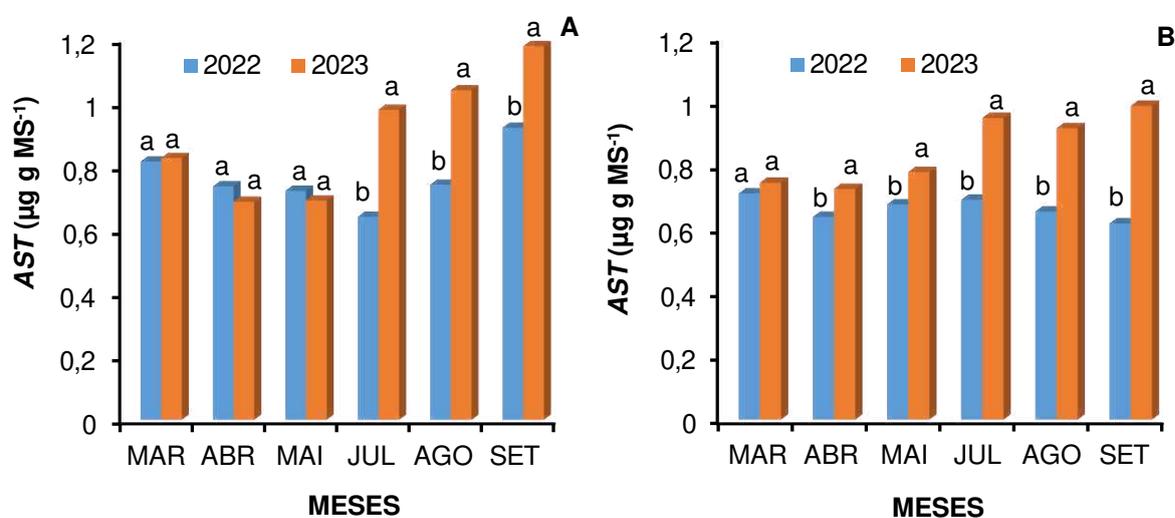


Figura 6 - Concentrações foliares de açúcares solúveis totais (*AST*) das plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023.

Nas plantas de pereiro, apenas nos meses de abril e maio (período chuvoso) foram detectadas diferenças estatísticas em *AST*, com aumentos de 14% e 16%, respectivamente (Figura 6B), enquanto que no período seco, os valores obtidos em

2023 foram superiores estatisticamente às de 2022, com aumentos de 38% (julho), 41% (agosto) e 60% (setembro) nas concentrações dos açúcares.

4.3.2 Aminoácidos livres totais (AAT)

Semelhante ao relatado nas concentrações de *AST* (Figura 6A), não houve diferença estatística entre os anos, nas concentrações de aminoácidos totais (*AAT*) das plantas de catingueira, durante a período chuvosa (Figura 7A).

Porém, no período seco, ocorreu aumento na concentração desses solutos no ano de 2023 em relação ao ano de 2022, apesar da variação ser menor do que naquela obtida nos açúcares solúveis. Nos meses de julho, agosto e setembro, as concentrações de *AAT* obtidas em 2023 foram, respectivamente, 18%, 17% e 28% superiores ao ano de 2022.

Em relação ao pereiro, o comportamento diferiu do verificado nas plantas de catingueira, com concentrações superiores, principalmente no período seco do ano 2023 (Figura 7B).

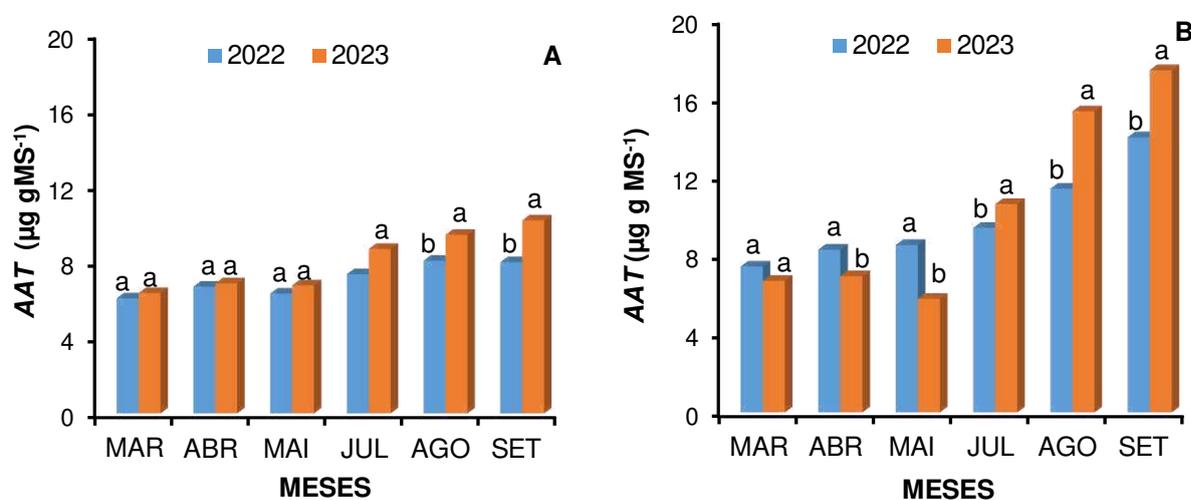


Figura 7 - Concentrações foliares de aminoácidos totais (*AAT*) de plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023.

No período chuvoso de 2022, as concentrações de *AAT* reduziram de 8,28 µg g MS⁻¹ e 8,52 µg g MS⁻¹, para 6,94 µg g MS⁻¹ e 5,88 µg g MS⁻¹ no ano de 2023, respectivamente nos meses de abril e maio. Contrariamente, durante a período seco,

os valores obtidos em 2022 foram inferiores aos de 2023, com acréscimos de 13%, 34% e 23%, respectivamente nos meses de julho, agosto e setembro.

4.4 Parâmetros estomáticos

4.4.1 Taxa de transpiração (E)

A figura 8 apresenta os dados de taxa de transpiração das plantas de catingueira (A) e pereiro (B) durante os meses de avaliação.

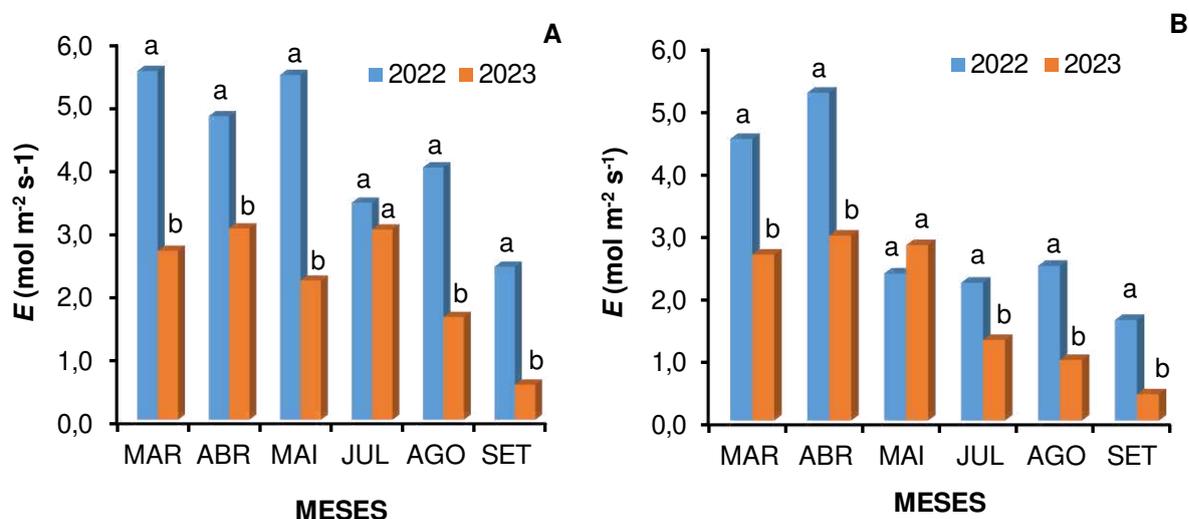


Figura 8 - Taxa de transpiração (E) de plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023.

Conforme ilustrado na Figura 8A, durante a período chuvosa (março a maio), as plantas de catingueira apresentaram variação considerável na taxa de transpiração (E) entre os anos de 2022 e 2023. Esses valores de E reduziram, respectivamente nos anos de 2022 e 2023, de $5,54 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $2,68 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (março), de $4,82 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $3,0 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (abril) e de $5,47 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $2,21 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (maio). Esses valores representaram decréscimos de, respectivamente, 52%, 37% e 60% aproximadamente.

No entanto, durante o período seco, os decréscimos nos valores de E foram menores, reduzindo de $4,01 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $3,02 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (julho), $3,45 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $1,63 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (agosto) e $2,43 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,56 \text{ mol}$

$\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (setembro), respectivamente nos anos 2022 e 2023 (Figura 7). Em termos percentuais, esses decréscimos corresponderam a 25%, 53% e 77%.

Nas plantas de pereiro (Figura 8B), nas avaliações do período chuvoso, respectivamente nos anos 2022 e 2023, ocorreram reduções de 41% nos valores de E ($4,51 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para $2,65 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (março) e 43% ($5,25 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para $2,96 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (abril), enquanto no mês de maio a taxa de transpiração aumentou de $2,35 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para $2,81 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, representando elevação de 19%.

Na estação seco, a taxa de transpiração das plantas de pereiro, no ano de 2022 foram superiores aos obtidos em 2023, ocorrendo decréscimos da ordem de 42% ($2,21 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para $1,29 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (julho), 61% ($2,48 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para $0,97 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (agosto) e 74% ($1,61 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para $0,42 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (setembro).

4.4.2 Condutância estomática (g_s)

Na condutância estomática (Figura 9), verificou-se que as diferenças entre os anos foram mais elevadas do que na taxa de transpiração (Figura 8), em ambas as espécies. Comparando-se os anos 2022 e 2023, durante a período chuvosa, na catingueira, a condutância estomática decresceu de $0,62 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para $0,17 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (março), $0,52$ e $0,42 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (abril) e de $0,52$ e para $0,13 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (maio), equivalendo a queda de 72%, 81% e 75%, respectivamente (Figura 9A).

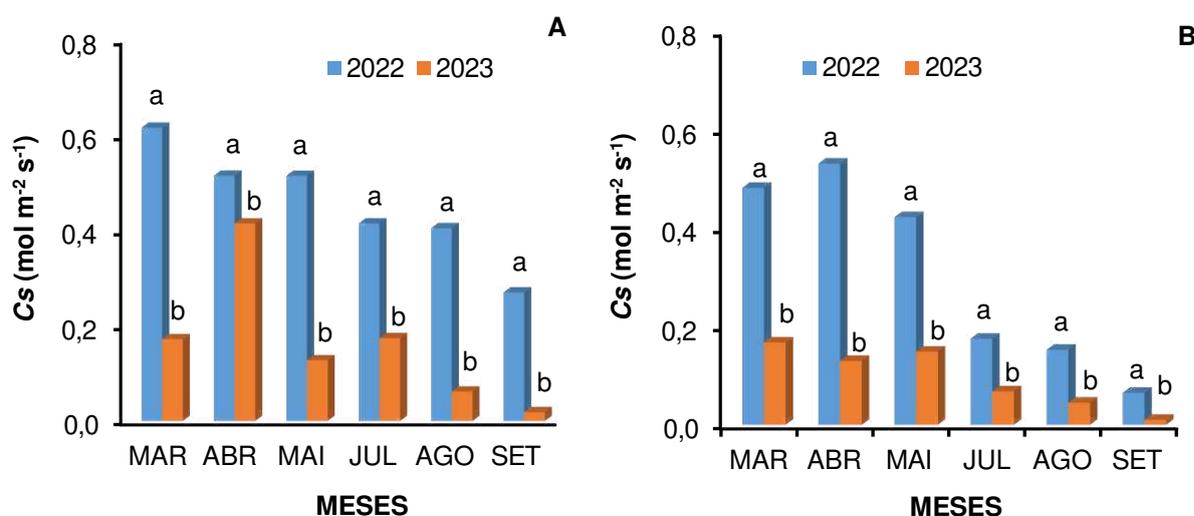


Figura 9 - Condutância estomática (g_s) das plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023.

Considerando o período seco, os decréscimos na condutância estomática foram de 59% ($0,42 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,17 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (julho), 85% ($0,41$ para $0,062 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (agosto) e 92% ($0,27 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,022 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (setembro).

Durante o período chuvoso, a variação dos valores de condutância estomática entre os anos, nas plantas de pereiro (Figura 9B), representaram redução de 65% ($0,48 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,17 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (março), 75% ($0,53 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,13 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (abril) e 64% ($0,42 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,15 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (maio). Nas avaliações durante o período seco, foram detectadas reduções de 62% ($0,18 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para $0,068 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (julho), 70% ($0,15 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,045 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (agosto), intensificando-se para 86% ($0,07 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,01 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (setembro).

4.4.3 Taxa de Fotossíntese (A)

De acordo com a Figura 10A, durante o período chuvoso, no ano de 2022, as taxas de fotossíntese das plantas de catingueira foram $33,01 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (março), $31,43 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (abril) e $33,18 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (maio) e, em 2023, foram $11,78 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $20,61 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $15,33 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, equivalente a decréscimos de 64%, 34% e 54%, respectivamente.

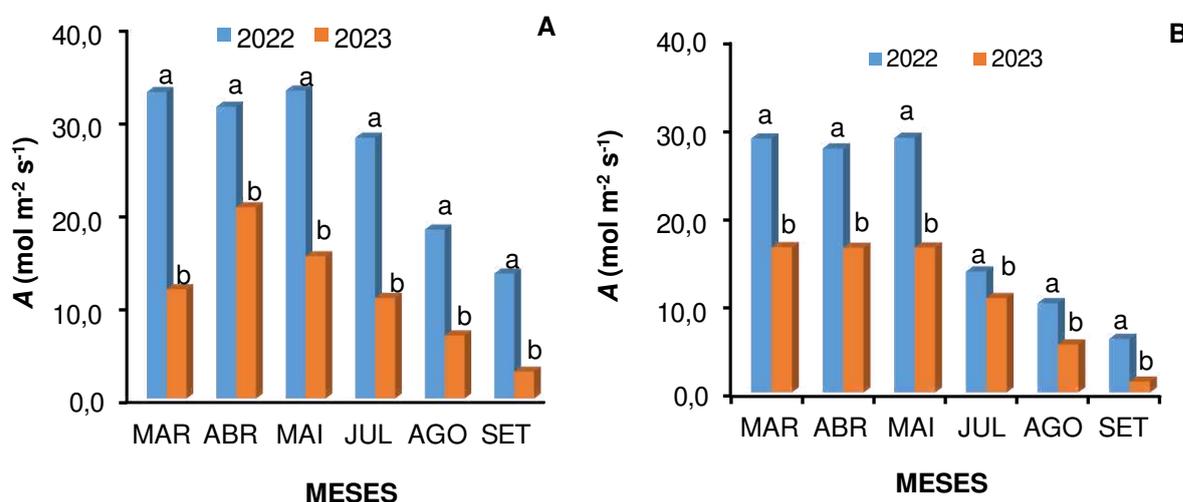


Figura 10 - Taxa de fotossíntese (A) das plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023.

Durante a período seco, em 2022, foram verificadas taxas fotossintéticas de $28,1 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (julho), $18,21 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (agosto) e $13,47 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (setembro),

sendo, em 2023, $10,84 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $6,80 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $2,90 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, representando queda de 61%, 63% e 78%, respectivamente, nesse parâmetro estomático.

Analisando-se os valores mensurados nas plantas de pereiro (Figura 10B), no período chuvoso, comparando-se os anos 2022 e 2023, foram notados decréscimos de 43% ($28,76 - 16,45 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (março), 24% ($21,64 - 16,39 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e 43% ($28,84 - 16,42 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (maio). Durante o período seco, os percentuais de queda na taxa fotossintética foram de 22% ($13,70 - 10,70 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (julho), 46% ($10,12 - 5,43 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (agosto) e atingindo 79% ($6,07 - 1,24 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) no mês de setembro.

4.4.4 Eficiência intrínseca do uso da água (A/C_s)

Ocorreram acréscimos na razão A/C_s das plantas de catingueira (Figura 11A), entre os anos 2022 e 2023, nos meses de março (28%) e maio (87%) e decréscimo de 18% em abril (período chuvoso), com acréscimo de 87%, enquanto que no período seco, nos meses de agosto e setembro, elevação de 144% e 213%, respectivamente.

Nas plantas de pereiro (Figura 11B), houve diferença significativa entre os anos, em todos os meses avaliados, com acréscimos de 64,6% (março), 129% (abril) e 62% (maio), no período chuvoso, e de 101% (julho), 82% (agosto) e 35% (setembro), no período seco, do ano de 2023 em relação a 2022.

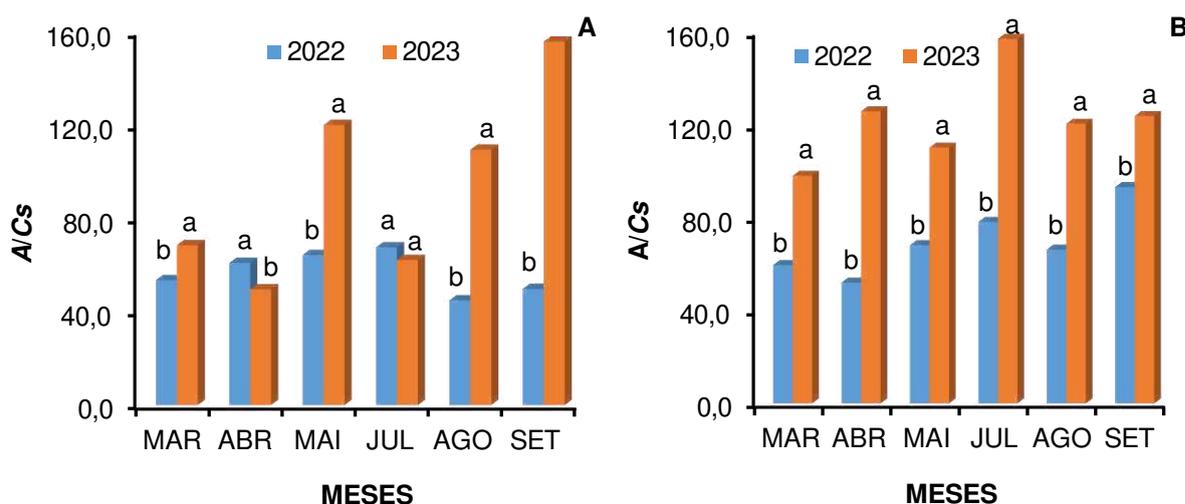


Figura 11 - Eficiência intrínseca do uso da água (A/C_s) das plantas de catingueira (A) e de pereiro (B) durante os períodos chuvoso e seco, anos 2022 e 2023.

5 DISCUSSÃO

As condições hídricas do solo, proporcionadas pelas chuvas no período anterior às avaliações no período chuvoso, nos dois anos estudados, possibilitaram às plantas de catingueira a manutenção de valores mais altos de *TRA* (Figura 5A), com pouca redução nos valores entre os períodos chuvoso e seco. Além disso, percebe-se que ocorreu diferença significativa entre os anos, no *TRA* foliar, apenas nos meses de março e maio.

Durante o período seco, foi constatada igualdade estatística entre os anos, no *TRA* das plantas de catingueira (Figura 5A), enquanto que nas plantas de pereiro (Figura 5B) ocorreu diferença estatística em julho e setembro. Como era de se esperar, os valores de *TRA* no período chuvoso foram superiores aos obtidos no período seco, em ambas espécies. No entanto, no ano de 2023, os valores de *TRA* das plantas de catingueira, exceto no mês de maio, ficaram próximos do valor considerado crítico (50%), segundo Pardo (2010), que afirma que valores de *TRA* entre 85-95% são encontrados em tecidos bem hidratados e abaixo de 50% é considerado crítico, podendo levar à morte da planta.

No geral, as plantas de pereiro apresentaram *TRA* superior às plantas de catingueira, exceto em setembro (Figuras 5A e 5B), evidenciando a variação na habilidade dessas espécies na manutenção da hidratação celular, mesmo sob condições hídricas adversas, até que ocorra a completa abscisão foliar. No esse comportamento pode variar com a espécie, pois em faveleira (*Cnidocolus quercifolius* Pohl), espécie típica desse bioma, Ramos e Freire (2019) verificaram que o *TRA* caiu de 81% no período chuvoso para 51% no período seco, representando decréscimo de 37%, valores superiores aos constatados nesse estudo.

A manutenção do conteúdo de água e a turgescência celular sob condições adversas pode ser alcançada através do ajustamento osmótico ou osmorregulação, conseguido pela produção e acúmulo de substâncias osmoticamente ativas, um mecanismo importante em várias espécies para a tolerância à falta de água (Santos Lima; Morgado, 2010; Subbarao *et al.*, 2000).

Esse ajustamento osmótico pode ter ocorrido principalmente nas plantas de pereiro, favorecendo a manutenção de valores mais altos de *TRA* devido ao acúmulo de *AST* (Figura 6) e *AAT* (Figura 7), uma vez que, nas duas espécies, ocorreu aumento na concentração desses solutos osmoticamente ativos, principalmente durante o período seco. Essa estratégia foi mais intensificada no ano de 2023, em que

a precipitação pluviométrica foi menor do que em 2022, no período anterior às avaliações do período seco (Figura 3).

Diversos estudos mostram um padrão semelhante no aumento de *AST* sob condição de déficit hídrico, a exemplo de Dias *et al.* (2015) em plantas do umbuzeiro, e Costa *et al.* (2015), em plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão).

Dichio *et al.* (2009), em oliveira (*Olea europaea* L.) submetidas a déficit hídrico, verificaram que os açúcares predominantes foram manitol e glicose, os quais contribuíram para o potencial osmótico celular e o ajustamento osmótico das plantas.

O aumento nas concentrações de aminoácidos totais (Figura 7) pode ser explicado pela não utilização desses para a síntese de proteínas, uma vez que não houve diferença na concentração de proteínas. Comparando as espécies, a catingueira parece exibir uma capacidade maior de acumular aminoácidos totais durante a período seco (Figura 7A), sugerindo diferenças nas estratégias de adaptação ao estresse hídrico entre as duas espécies.

Os principais aminoácidos que se acumulam sob estresse hídrico são prolina e glicina betaína, ambas atuando no ajustamento osmótico (Zhu *et al.*, 2005). Porém, esses aminoácidos podem desempenhar outras funções, a exemplo da prolina, que é fonte de Carbono (C) e Nitrogênio (N) e pode contribuir para estabilização de macromoléculas, enquanto a glicina betaína pode proteger as enzimas sob condições de estresse hídrico (Rhodes; Hanson, 1993; Raymond; Smirnov, 2002).

Os aminoácidos atuam fornecendo energia, compensando as perdas que ocorrem no processo de respiração e contribuem para a capacidade celular de absorver nutrientes e água (Baqir, Zeboon, Al-Behadili, 2019).

A taxa de transpiração das plantas (*E*) foi, no geral, maior no ano de 2022, independente da época avaliada; porém, constata-se que, mesmo mantendo maiores valores de *TRA*, as plantas de pereiro (Figura 7B) apresentaram menor taxa de transpiração, principalmente no período seco, em ambos os anos, ocorrendo assim menor perda de água e manutenção da hidratação dos tecidos foliares. Esse comportamento reflete o uso de estratégias de conservação de água, essenciais para a sobrevivência em um ambiente semiárido.

Nas plantas de catingueira, comparando-se a média da taxa de transpiração das três avaliações nos períodos chuvoso (março a maio) ($5,28 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e seco (julho a setembro) ($3,30 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), no ano 2022, percebe-se redução de 37,3%, enquanto que em 2023, as médias foram, $2,64 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $1,74 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$,

respectivamente, equivalendo a decréscimo de 34% (Figura 7A). Nas plantas de pereiro, mesmo os valores verificados sendo menores do que os da catingueira, independente do ano analisado, os percentuais de decréscimos entre os períodos chuvoso e seco foram maiores, equivalendo a 46% em 2022 e 68% em 2023 (figura 7B).

A transpiração atua no controle de temperatura das plantas; porém, como há perda de água para atmosfera, torna-se necessário que haja uma reposição contínua de água para que a planta mantenha um nível satisfatório de hidratação (Marenco, 2005). Verifica-se, então, a relação direta entre a disponibilidade hídrica e a abertura estomática.

Nesse sentido, em estudo realizado em 6 espécies em área de Caatinga (*Mimosa caesalpiniiifolia*, *Caesalpinia piramidales*, *Auxemma oncocalyx*, *Caesalpinia ferrea*, *Calliandra spinosa* e *Tabebuia caraiba*), Dombroski *et al.* (2011) verificaram decréscimo progressivo na transpiração das plantas à medida que o potencial hídrico decrescia.

No tocante à condutância estomática (*gs*) (Figura 8), verificou-se comportamento idêntico da taxa de transpiração (Figura 7), sendo maior no ano de 2022 e também ocorrendo decréscimo no período seco em relação ao chuvoso, em ambas as espécies. Os percentuais de redução nos valores, do período chuvoso para o seco, foram de 33% (2022) e 64% (2023) para a catingueira (Figura 8A), enquanto que no pereiro, foram de 73% nos dois anos (Figura 8B).

A condutância estomática indica a capacidade das folhas em realizar as trocas gasosas com o meio ambiente, sendo medida pela abertura dos estômatos, os quais respondem rapidamente a qualquer mudança no meio ambiente, sendo seu comportamento altamente dependente de fatores externos e internos (Kramer e Boyer, 1995; Jones, 1992).

O comportamento estomático é um importante mecanismo de controle de perda de água por parte das plantas, tornando-se um bom indicador de déficit hídrico (Mc Dermitt, 1990). Durante o período seco, a diminuição na disponibilidade de água compromete a turgescência celular, promovendo o fechamento dos estômatos (Flexas, Medrano, 2002), comportamento amplamente relatado em estudos de deficiência hídrica, como os realizados por Costa *et al.* (2015) em aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e por Pessoa, Freire e Costa (2017) em ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos), os quais demonstraram redução

na taxa de transpiração e na condutância estomática à medida que o déficit hídrico progredia.

Como reflexo do comportamento da condutância estomática (Figura 8), as taxas fotossintéticas no período chuvoso foram superiores às do período seco, em ambas as espécies, independente do ano avaliado (Figura 9). Na catingueira, ocorreram reduções 39% e 57% na taxa de fotossíntese, respectivamente nos anos 2022 e 2023 (Figura 9A), enquanto que no pereiro foram 65% e 55% (Figura 9B), comparando-se o período seco em relação ao chuvoso.

Dessa forma, percebe-se que, apesar da redução nesses parâmetros estomáticos durante o período seco devido à baixa disponibilidade hídrica, as plantas de catingueira, ao contrário do pereiro, mesmo mantendo menor *TRA*, conseguiu apresentar maiores valores de condutância estomática, taxas de transpiração e de fotossíntese. Isso mostra que a redução na fotossíntese das plantas não é apenas de caráter estomático, afetando a absorção de CO_2 , mas também de caráter não estomático.

O fechamento dos estômatos sob déficit hídrico contribui para diminuição da perda de água por transpiração, podendo prejudicar, no entanto, a absorção e a disponibilidade de CO_2 à enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) e, conseqüentemente, a fotossíntese, caracterizando o efeito estomático nesse processo (Flexas *et al.*, 2004; Chaves; Flexas; Pinheiro, 2009; Jacinto Júnior *et al.*, 2019). No entanto, podem ocorrer limitações não estomáticas, a exemplo de prejuízos na regeneração da Rubisco (Flexas; Medrano, 2002; Chaves; Flexas; Pinheiro, 2009), ou redução na eficiência do fotossistema II devido à limitação da quantidade de água absorvida, o que resulta em diminuição na produção de ATP e NADPH e, conseqüentemente, na produção de açúcares (Pinheiro; Chaves, 2011).

Em virtude dos efeitos mais intensos da deficiência hídrica na condutância estomática em relação à fotossíntese, os valores de Eficiência intrínseca no uso da água (*A/Cs*) foram elevados no ano 2023, principalmente na estação seca, em ambas as espécies (Figura 10). Percebe-se, também, que as plantas de pereiro apresentaram maior Eficiência intrínseca no uso da água (Figura 10B), indicando que essas conseguiram manter níveis elevados de fotossíntese mesmo com a restrição estomática (*Cs*) às trocas gasosas.

Segundo Larcher (2000), a capacidade fotossintética é específica para cada espécie vegetal, as quais respondem de maneiras diversas às flutuações ambientais,

como luz, temperatura e umidade do solo. Cavalcante e Conforto (2006) verificaram redução nos valores de g_s , E e A em clones de seringueira e sugeriram que as condições hídricas desfavoráveis no período seco afetaram tanto a fase bioquímica como a fotoquímica da fotossíntese. Acrescentaram, ainda, que redução nos valores de g_s e de E indicaram comportamento preventivo à desidratação do tecido, evitando dessecação maior no período seco, aumentando, conseqüentemente, a Eficiência no uso da água.

Limitações às trocas gasosas em decorrência da baixa disponibilidade hídrica também foram relatadas por diversos pesquisadores, a exemplo de Tatagiba, Pezzopane e Reis (2008) em clones de eucalipto (*Eucalliptus* sp), Sapeta *et al.* (2013) em pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), Costa *et al.* (2015) em aroeira-do-sertão (*M. urundeuva*), Ataíde *et al.* (2018) em taxi-branco (*Tachigali vulgaris* L.G.) e Ramos e Freire (2019) em faveleira (*C. quercifolius*).

A manutenção da abertura estomática em períodos com baixa disponibilidade hídrica é resultante da capacidade das plantas em manter a absorção de água de maneira suficiente para compensar as perdas, habilidade característica de plantas com sistemas radiculares profundos (Cavalcante; Conforto, 2006).

6 CONCLUSÕES

As espécies apresentaram comportamento diverso entre os anos, em virtude da variação na pluviosidade entre eles, desenvolvendo estratégias fisiológicas diferentes.

Durante o período seco, nos dois anos avaliados, as plantas de catingueira apresentaram valores de taxa de transpiração, condutância estomática e taxa de fotossíntese superiores àqueles verificados nas plantas de pereiro, denotando comportamento estomático mais eficiente.

O ajustamento osmótico resultante de maior acúmulo dos açúcares solúveis e aminoácidos totais, durante o período seco, garantiu às plantas de pereiro maior hidratação celular, possibilitando maior *TRA* foliar e maior controle nas trocas gasosas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. P. F. *et al.* Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 1, pp. 9-16, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000100002>
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2014. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf. Acesso em: 21 ago. 2024.
- ALVES, E. D. *et al.* Superação da dormência em sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 405-415, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000300006>
- ATAÍDE, W. *et al.* Crescimento e trocas gasosas de *Tachigali vulgaris* submetida à deficiência hídrica. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 3, p. 191-200, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17231>
- BAQIR, H. A.; ZEBOON, N. H.; AL-BEHADILI, A. A. J. The role and importance of amino acids within plants: a review. **Plant Archives**, v. 19, n. 2, p. 1402-1410, 2019. Disponível em: [https://plantarchives.org/SPL%20ISSUE%20SUPP%202,2019/244%20\(1402-1410\).pdf](https://plantarchives.org/SPL%20ISSUE%20SUPP%202,2019/244%20(1402-1410).pdf) Acesso em: 22 jun. 2024
- BIELESKI, R. I.; TURNER, N. A. Separation and estimation of amino acids in crude plants extracts by thin-layer electrophoresis and chromatography. **Analytical Biochemistry**, v. 17, p. 278-293, 1966.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste – especialmente do Ceará**. 3 ed. Mossoró: Fundação Vinght-um Rosado, 2015. 527p.
- CALBO, M. E. R.; MORAES, J. A. P. V. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açai). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 225-230, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000300001>
- CAMPOS, A. J. M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23155>
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Embrapa. v.4, 2010.
- CASTELLO, A. C. D. *et al.* *Aspidosperma*. In: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB15551> Acesso em: 24 mai. 2022.
- CAVALCANTE, A. C. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. B. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 50 p., 2009. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/748148/1/doc89.pdf>
Acesso em: 11 jun. 2024.

CAVALCANTE, J. R., CONFORTO, E. C. Fotossíntese e relações hídricas de duas cultivares jovens de seringueira. **Brazilian Journal of Botany**, v. 29 n. 4, p. 701–708, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000400019>

CNIP - CENTRO NORDESTINO DE INFORMAÇÕES SOBRE PLANTAS.

Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), 2020. Disponível em:
<http://www.cnip.org.br/PFNMs/catingueira.html>. Acesso em: 25 mai. 2024.

CHAVES, M. M.; OLIVEIRA, M. M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, p. 2365-2384, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erh269>

CHAVES, M. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, Sydney, v. 30, n. 3, p. 239-264, 2003. DOI:10.1071/FP02076

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, Oxford, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcn125>

COSTA, A. S. *et al.* Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) ao déficit hídrico e posterior recuperação. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 705-717, 2015. DOI: 10.15809/irriga.2015v20n4p705.

COSTA, K, C. *et al.* Flora vascular e formas de vida em um hectare de caatinga no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, vol. 4, n. 1, pp. 48-54, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v4i1a8>

DIAS, A. S. *et al.* Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of west indian cherry under salt stress na potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 429-439, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n216rc>

DICHIO, B. *et al.* Changes in water status and osmolyte contents in leaves and roots of olive plants (*Olea europaea* L.) subjected to water deficit. **Trees**, v. 23, p. 247-256, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-008-0272-1>

DOMBROSKI, J. L. D. *et al.* Water relations of Caatinga trees in the dry season. **South African Journal of Botany**, v. 77, p. 430-434, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.11.001>

FAROOQ, M. *et al.* Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 195, n. 4, p. 237-246, 2009. DOI: 10.1111/j.1439-037X.2009.00365.x

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000300015>

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C₃ plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. **Annals of Botany**, v. 89, n. 2, p. 183–189, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcf027>

FLEXAS, J. *et al.* Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. **Plant Biology**, v. 6, n. 3, p. 269-279, 2004. DOI: 10.1055 / s-2004-820867

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** – Biomas do Brasil – 1:5 000 000, 2004. Disponível em: https://geofp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/documentos/Sintese_Descricao_Biomas.pdf Acesso em: 29 abr. 2024.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** – Semiárido Brasileiro, o que é. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=o-que-e> Acesso em: 19 mai. 2024.

JACINTO JÚNIOR, G. S. *et al.* Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 34, n. 3, p. 413-422, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786343047>

JONES, H. G. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology**. 2 ed. Cambridge University. Cambridge. 428p. 1992.

KRAMER, P. J; BOYER. J. S. **Water relations of plants and soils**. Academic Press. San Diego. 495p., 1995.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, São Paulo. Editora Rima, 531p. 2000.

LOIOLA, M. I. B. *et al.* Leguminosas e seu potencial de uso em comunidades de São Miguel do Gostoso - RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 3, p. 59-70, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1741/4593> Acesso em: 22 mai. 2024.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, p21, 1998.

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

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1 ed. São Paulo: D&Z Computação gráfica e Editora, 2004.

MARASCHIN-SILVA, F.; ÁQUILA, M. E. A. Potencial alelopático de *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 60, n. 1, p. 92–98, 2005. Disponível em: <https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/208/215> Acesso em: 08 jun 2024.

MARENCO, R. A. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Artmed. 451p., 2005

MARQUES, F. A. *et al.* **Solos do Nordeste**. Embrapa Solos-Folderes/Folhetos/Cartilhas. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003864/solos-do-nordeste>. Acesso em: 22 mai. 2024.

- MCDERMID, D. K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 12, p. 1538-1548, 1990. DOI: 10.21273/HORTSCI.25.12.1538
- MONAKHOVA, O. F.; CHERNYAD'EV, L. I. Effects of cytokinin preparations on the stability of the photosynthetic apparatus of two wheat cultivars experiencing water deficiency. **Applied Biochemical and Microbiology**, v. 40, n. 6, p. 573-580, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:ABIM.0000046993.38857.3e>
- MONTEIRO, J.G. *et al.* Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 1, p. 18-25, 2014. DOI:10.1590/S0100-204X2014000100003
- MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n. 403, p. 853-859, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1038/35002501>
- OLIVEIRA, A. R.; BRAGA, M. B; WALKER, A. M. Comportamento vegetativo e qualidade tecnológica de cultivares de cana-de-açúcar submetidas ao estresse hídrico em condições semiáridas do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 6, p. 1187-1195, 2015. DOI:10.26848/rbgf.v8.0.p525-541
- PARDO, J. M. Biotechnology of water and salinity stress tolerance. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 21, n. 2, p. 185-196, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2010.02.005>
- PAULILO, M. T. S.; VIANA, A. M.; RANDI, A. M. **Fisiologia Vegetal**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 128p, 2015. Disponível em: <https://uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Fisiologia-Vegetal.pdf> Acesso em: 26 mai. 2024.
- PESSOA, J. L.; FREIRE, A. L. O.; COSTA, A. S. Trocas gasosas de plantas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos submetidas ao déficit hídrico e posterior reidratação. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 3, p. 269-276, 2017. DOI: 10.5965/223811711632017269
- PIMENTEL, P. A. **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ. Edur, 191p, 2004.
- PINHEIRO, C.; CHAVES, M. M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 3, p. 869-882, 2011. DOI: 10.1093/jxb/erq340.
- PINHEIRO, C.; CHAVES, M. M.; RICARDO, C. P. Alterations in carbon and nitrogen metabolism induced by water deficit in the stems and leaves of *Lupinus albus* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 358, p. 1063-1070, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1093/jexbot/52.358.1063>
- PRADO, D. E. **As Caatingas da América do Sul**. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (eds.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Ed. Universitária da UFPE, Recife. p.3-73. 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/252321916_As_caatingas_da_America_do_Sul Acesso em: 29 jun. 2024.

QUEIROZ, L. P. *et al.* Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. *In: SILVA, J. M. C. da.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. Caatinga*. Springer International Publishing. p. 23-63. 2017.

QUEIROZ, J. C. P. **Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do Pajeú (*Triplaris gardneriana* Wedd.) submetido ao déficit hídrico**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de PósGraduação em Ecologia e Conservação. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/8005/2/JESSICA_CHAPELEIRO_PEIXOTO_QUEIROZ.pdf Acesso em: 26 mai. 2024.

RAMOS, F. R.; FREIRE, A. L. O. Physiological responses to drought of *Cnidocolus quercifolius* Pohl in semi-arid conditions. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 6, n. 1, p. 493-499, 2019. DOI: 10.34062/afs.v6i1.5735

RAYMOND, M.J.; SMIRNOFF, N. Proline metabolism and transport in maize seedlings at low water potential. **Annals of Botany**, v. 89, p. 812-823, 2002. DOI: 10.1093/aob/mcf082.

RHODES, D.; HANSON, A.D. Quaternary ammonium and tertiary sulfonium compounds in low water potential. **Annals of Botany**, v. 89, p. 812-823, 2002. DOI: 10.1093/aob/mcf082

SAKAMOTO, A.; MURATA, N. The role of glycine betaine in the protection of plants from stress: clues from transgenic plants. **Plant, Cell & Environment**, v. 25, n. 2, p. 163-171, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00790.x>

SAMPAIO, E. V. S. B. *et al.* Sustainable agricultural uses in the Caatinga. *In: SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. Caatinga*, Springer International Publishing. p. 412-427. 2017.

SANTOS, P. B. dos. **Contribuição ao estudo químico, bromatológico e atividade biológica de Angico *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. Var. *cebil* (Gris.) Alts e pereiro *Aspidosperma pyrifolium* Mart.** 2010. Dissertação (Mestrado) - Programa de PósGraduação em Zootecnia, Área de Concentração em Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-Árido, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.

SANTOS, J. B. *et al.* Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 7, n. 1, p. 86-96, 2016. DOI: 10.14295/CS.v7i1.1158

SANTOS, C. F.; LIMA, G. P. P.; MORGADO, L. B. Tolerância e caracterização bioquímica em feijão-caupi submetido a estresse hídrico na pré-floração. **Naturalia**, Botucatu, v. 33, p. 34-44, 2010.

SAPETA, H. *et al.* Drought stress response in *Jatropha curcas*: Growth and physiology. **Environmental and Experimental Botany**, v. 85, p. 76-84, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.08.012>.

SCALON, S. P. Q. *et al.* Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de Mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050984510>

SENA, L. M. M. de. **Conheça e Conserve a Caatinga – O Bioma Caatinga**. V.1, Fortaleza: Associação Caatinga. 2011. 54p.

SILVA, B. L. R.; TAVARES, F. M.; CORTEZ, J. S. A. Composição florística do comportamento herbáceo de uma área de caatinga – Fazenda Tamanduá, Paraíba, Brasil. **Revista de Geografia**, Recife, v. 29, n. 3, p. 54-64, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228960/23369> Acesso em: 29 abr. 2024.

SILVA, J. M. C. *et al.* The Caatinga: Understanding the Challenges. *In*: Silva, JMC, Leal, IR, Tabarelli, M. (eds) **Caatinga**. Springer, Cham. [s. n.], cap.1, p. 3-19, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3_11.

SILVA, K. S. T.; ALMEIDA, A; M.; SILVA, T. S. F. Influência de determinantes ambientais na vegetação da Caatinga. **Sociedade e Território**, v. 29, n.1, p.183-198, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/10807/8983> Acesso em: 29 jun. 2024.

SILVA, J. M. C. *et al.* **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco. 382 p. 2003.

SILVA, E. C. *et al.* Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n.3, p. 231-246, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000200006>

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016. DOI <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>.

SILVA, V. M. A. *et al.* O desastre da seca no nordeste brasileiro. **Polêmica**, v.12, n.2, p 284-293, 2013. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/6431/4839> Acesso em: 25 mai. 2024.

SUBBARAO, G. V.; CHAUHAN, Y. S.; JOHANSEN, C. Patterns of osmotic adjustment in pigeonpea—its importance as a mechanism of drought resistance. **European Journal of Agronomy**, v. 12, n. 3-4, p. 239-249, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00050-2](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00050-2)

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. 2017. **Delimitação do semiárido**. Disponível em <http://antigo.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 01 jun. 2024.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Relações hídricas e trocas gasosas na seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p.387-400, 2008. DOI:<http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v38i2.11633>.

TROPICOS. *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc. Disponível em: <http://legacy.tropicos.org/Name/1800149>. Acesso em: 24 mai. 2022.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino acid with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, p. 209-213, 1955.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-14, 1954.

ZHU, X. *et al.* Different solute levels in two spring wheat cultivars induced by progressive field water stress at different development stages. **Journal of Arid Environments**, v. 62, p. 1-14, 2005. DOI:10.1016/j.jaridenv.2004.10.010