

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITACOATIARA
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

KARINA ARAÚJO DE SOUZA

TOLERÂNCIA HÍDRICA FOLIAR DE *Aniba rosiodora* DUCKE

ITACOATIARA – AM

2022

KARINA ARAÚJO DE SOUZA

TOLERÂNCIA HÍDRICA FOLIAR DE *Aniba rosiodora* DUCKE

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Victor Alexandre Hardt Ferreira Santos

ITACOATIARA - AM

2022

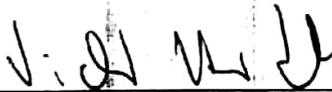
KARINA ARAÚJO DE SOUZA

TOLERÂNCIA FOLIAR AO ESTRESSE HÍDRICO DE *Aniba rosiodora* DUCKE

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal, do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara, da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Florestal.

Aprovada em 11 de outubro de 2022

BANCA EXAMINADORA



Victor Alexandre Hardt Ferreira
dos Santos – UEA
(Orientador)



Emanuel França Araújo
Membro Externo



Deolinda Lucianne Ferreira Garcia – UEA

AGRADECIMENTOS

À toda minha família, em especial minha avó Maria Badi, meus tios, Hilacy Araújo e Antônio Júlio e minha mãe Estelina Araújo pela educação, por acreditar no meu potencial e investir na minha formação. Às minhas tias Orlandina e Denilza Araújo pelo apoio incondicional à minha mãe na minha criação e de minhas irmãs e aos meus pequenos Arthur e Laura por me mostrarem que minha capacidade de ensinar e aprender sempre esteve além das minhas próprias expectativas.

À UEA pela oportunidade de cursar um curso superior e aos professores do curso de engenharia florestal, em especial às mulheres que nortearam a minha formação acadêmica, professoras Deolinda Garcia, Iane Gomes, Suzane Almeida e Giselle Rebouças.

À fazenda Simpatia pelas mudas cedidas para realização deste trabalho.

À Antony Martins e sua família pelos momentos abdicados para que eu pudesse concluir a monografia e tantas outras atividades acadêmicas, agradeço também, pela parceira, paciência, carinho e amizade.

À minha colega, amiga, cunhada e comadre Greicy Karen e toda sua família por todo suporte na criação e educação dos gêmeos, pelos momentos de motivação, apoio mútuo e carinho.

Aos colegas da equipe do Viveiro Florestal e Laboratório de Solos e Química do CESIT/UEA, em especial a Ana Clara, Daniele, Dário, Inarque, Giovanna, Fábio, Emmanuel, Roberto e Alexandre pelo apoio nas atividades que envolveram esse e outros projetos acadêmicos.

À Taynãna Campos, Marcelly Monteiro, Alícia Cursino, Kamilly Silva e Valeska Farias pela amizade, suporte e companhia nesses anos de formação.

Aos colegas de caminhada da Turma 14 por compartilhar vários momentos de aprendizado ao longo do curso.

Ao meu orientador Dr. Victor Alexandre Hardt Ferreira Santos por acreditar em mim, pela paciência, disponibilidade e pela tranquilidade em lidar com meus momentos de frustração.

A todos que não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram com minha formação acadêmica, agradeço.

RESUMO

A região Amazônica possui grande variedade de espécies com potencial econômico, mas a exploração predatória reduziu significativamente populações dessas espécies. Dentre as espécies, destaca-se *Aniba rosiodora* Ducke (Lauraceae), com grande relevância econômica, social e ambiental nessa região. O reflorestamento com *A. rosiodora* enfrenta alguns desafios, por exemplo, a elevada mortalidade de mudas em plantios durante seu estabelecimento inicial. As principais hipóteses para alta mortalidade são estresse hídrico e estresse à elevada irradiância, sendo essa segunda hipótese comprovada em estudos anteriores. Assim, neste trabalho buscou-se investigar a tolerância foliar ao estresse hídrico de mudas de *A. rosiodora*. O estudo foi conduzido no laboratório de Solos e Química do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara, com mudas de um ano de idade produzidas no viveiro da Fazenda Simpatia, no município de Itacoatiara (AM). Foi utilizada a metodologia de curvas pressão-volume, onde quinze folhas de cinco mudas foram imersas em água destilada por 12 horas em ambiente escuro e isolado, até hidratação total, para serem mensuradas a massa das folhas em balança analítica e o potencial hídrico usando bomba de pressão. Foram realizadas dez leituras de pressão e volume conforme a desidratação das folhas em bancada ao decorrer de períodos crescentes (05; 05; 10; 10; 15; 15; 25; 40 minutos; 06; 12 horas até completa desidratação). Após os registros dos valores de pressão e volume em desidratação foi ajustada a curva pressão-volume para determinar os valores do potencial osmótico no máximo turgor (P_o); potencial hídrico no ponto de perda de turgescência (Ψ_{PPT}) e módulo de elasticidade da folha (ϵ) e compara-los à outras espécies florestais já estudadas. Os valores de Ψ_{PPT} e P_o de *A. rosiodora* foram em média -2,07 MPa e -1,79 MPa, respectivamente. Esses valores foram menos negativos e mais distantes de zero do que a maioria das espécies arbóreas de bioma tropical úmido descritas na literatura. Essa constatação indica que *A. rosiodora* possui mecanismos foliares para tolerar níveis de estresse hídrico moderados à elevados. O valor médio do ϵ foi 14,50 Mpa, menor que grande parte de outras espécies já descritas, o que significa que as folhas são mais elásticas, portanto, mais resistentes a seca, uma vez que quanto maior o ϵ menor será a elasticidade. Essa pesquisa avança o conhecimento sobre a ecofisiologia de *A.*

rosiodora ao demonstrar seus mecanismos foliares de resistência ao estresse hídrico durante o estágio de muda. Por isso, presume-se que o estresse hídrico, isolado, não é capaz de causar a mortalidade das mudas, uma vez que a comprovada resistência foliar ao murchamento indica capacidade de manutenção dos processos fisiológicos que dependem do turgor (abertura estomática e absorção de água do solo). Estudar de forma isolada ou independente os fatores limitantes, como luz e água não é suficiente para identificar a causa das perdas da espécie durante seu estabelecimento; diante disso, recomenda-se a realização de estudos que verifiquem a interação desses fatores em diferentes ambientes, para analisar os mecanismos fisiológicos determinantes no estabelecimento inicial de *A. rosiodora*.

Palavras chave: Turgor celular. Estresse hídrico. Resistencia à seca.

ABSTRACT

The Amazon region has a great variety of species with economic potential, but predatory exploitation has significantly reduced populations of these species. Among the species, *Aniba rosiodora* Ducke (Lauraceae) stands out, with great economic, social, and environmental relevance in this region. Reforestation with *A. rosiodora* faces some challenges, for example, the high mortality of seedlings in plantations during their initial establishment. The main hypotheses for high mortality are water stress and high irradiance stress, the latter hypothesis having been proven in previous studies. Thus, this study investigated the leaf tolerance to water stress of *A. rosiodora* seedlings. The study was conducted in the Soil and Chemistry Laboratory of the Center for Higher Studies of Itacoatiara, with one-year-old seedlings produced in the nursery of Simpatia Farm, in Itacoatiara (AM). The methodology of pressure-volume curves was used, where fifteen leaves from five seedlings were immersed in distilled water for 12 hours in a dark and isolated environment, until total hydration, to be measured the mass of the leaves on an analytical scale and the water potential using a pressure pump. Ten readings of pressure and volume were taken as the leaves dehydrated on the bench during increasing periods (05; 05; 10; 10; 15; 25; 40 minutes; 06; 12 hours until complete dehydration). After recording the values of pressure and volume in dehydration, the pressure-volume curve was adjusted to determine the values of osmotic potential at maximum turgor (P_o), hydric potential at the point of loss of turgidity (Ψ_{PPT}) and leaf elasticity modulus (ϵ) and compare them to other forest species already studied. The values of Ψ_{PPT} and P_o of *A. rosiodora* were on average -2.07 MPa and -1.79 MPa, respectively. These values were less negative and more distant from zero than most tropical humid biome tree species described in the literature. This finding indicates that *A. rosiodora* possesses leaf mechanisms to tolerate moderate to high levels of water stress. The mean value of ϵ was 14.50 Mpa, lower than most other species already described, meaning that the leaves are more elastic, therefore, more resistant to drought, since the higher the ϵ , the lower the elasticity. This research advances knowledge about the ecophysiology of *A. rosiodora* by demonstrating its leaf mechanisms of resistance to drought stress during the seedling stage. Therefore, it is presumed that water stress alone is not capable of

causing seedling mortality, since the proven leaf resistance to wilting indicates the ability to maintain physiological processes that depend on turgor (stomatal opening and water uptake from the soil). Studying the limiting factors such as light and water in isolation or independently is not enough to identify the cause of the losses of the species during its establishment. Therefore, it is recommended that further studies be conducted to verify the interaction of these factors in different environments, to analyze the physiological mechanisms determining the initial establishment of *A. rosiodora*.

Key words: Cell turgor. Water stress. Drought resistanc

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Objetivos	11
1.1.1. Geral.....	11
1.1.2. Específicos	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. <i>Aniba rosiodora</i> Ducke	12
2.2. Ecofisiologia e estresse hídrico	16
2.3. Mensuração da tolerância foliar ao estresse hídrico	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Localização, ambiente e propágulos	19
3.2. Curvas pressão-volume das folhas	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Potencial hídrico no ponto de perda de turgor - Ψ_{PPT} (MPa).....	23
4.2. Potencial osmótico no máximo turgor – P_o (MPa)	25
4.3. Módulo de elasticidade - ϵ (MPa)	28
4.4 Implicações Silviculturais.....	32
5. CONCLUSÕES	34
6. REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

A região Amazônica possui uma grande variedade de espécies arbóreas com alto potencial econômico, mas o histórico de extrativismo exploratório contribuiu fortemente para a redução das populações naturais (SAMPAIO, 2003). Entre as espécies com histórico de exploração, o pau rosa (*Aniba rosiodora* Ducke) foi explorado de forma não sustentável e predatória, reduzindo seus estoques naturais e levando a espécie a compor a *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* - CITES, como uma espécie ameaçada de extinção.

A busca por essa espécie no mercado está relacionada a produção do óleo essencial rico em linalol, um importante fixador de fragrâncias utilizado nos produtos de perfumaria fina e para isso o óleo é extraído através da destilação da madeira (HOMMA, 2003). Devido a isso, a espécie possui alto potencial econômico e aliado a fortes tendências na busca por produtos de origem sustentável, incentivos e políticas públicas foram implantadas para trazer um novo tipo de manejo à *A. rosiodora* (SAMPAIO et al., 2016). Dessa forma, os plantios dessa espécie têm sido implantados para formar novos povoamentos e reduzir a pressão sobre as populações naturais.

Na formação de plantios florestais há a necessidade da aplicação de técnicas silviculturais que dependem do conhecimento acerca das características fisiológicas e ecológicas da planta. Os fatores ambientais, por exemplo, têm influência na sobrevivência e no desenvolvimento das espécies florestais (FONSECA, 2007). Entre os fatores ambientais que afetam o estabelecimento de árvores em plantios florestais, a disponibilidade de água, luz e nutrientes são fundamentais.

A maneira como as alterações ambientais agem sobre a fisiologia, influenciando no crescimento, reprodução, sobrevivência, abundância e distribuição geográfica e mortalidade das plantas é estudada pela ecofisiologia, e leva em consideração que esses processos são afetados pelas interações entre plantas com aspectos ambientais - físicos, químicos e bióticos (LAMBERS; OLIVEIRA, 2019).

Quando as condições ambientais não estão ótimas para que haja o desenvolvimento do vegetal, ocorre o desencadeamento de um estresse que irá induzir modificações e respostas no funcionamento do organismo, que podem tornar-se irreversíveis e levar a planta à morte (LARCHER, 2006). O estresse hídrico, principalmente ligado ao déficit hídrico causa significativas reduções em produtividade

de plantios agrícolas e florestais (MORANDO et al., 2014; ZONTA et al., 2017). A água é necessária para realização de funções vitais da planta e quando em déficit afeta características relacionadas à fisiologia, anatomia, bioquímica e morfologia do vegetal (TURNER; KRAMER, 1980). A disponibilidade de água na planta é conhecida por meio do status hídrico do vegetal, que por sua vez, pode ser indicado pelo potencial hídrico foliar (NOGUEIRA, 2001).

A perda do turgor foliar é medida por meio do potencial hídrico no ponto de perda de turgor, obtido pelo gráfico de potencial hídrico foliar relacionada ao conteúdo relativo de água na folha – a curva de pressão volume (P-V) (BARTLETT, 2014). Com o auxílio da curva PV é possível determinar o momento em que a turgescência da folha se perde, por isso é usado como um dos principais parâmetros para determinar a tolerância à seca, já que no momento da perda de turgor foliar ocorre a murcha celular, os estômatos fecham e as trocas gasosas cessam, afetando o crescimento da planta (LARCHER, 2006).

O potencial osmótico no máximo turgor e a elasticidade são, também, parâmetros relacionados a curva P-V. O primeiro indica o potencial hídrico em máxima hidratação gerado pela concentração de solutos presentes na célula, e a outra é dada pelo módulo de elasticidade da parede celular, que aponta a rigidez da parede celular, e, portanto, auxilia na resistência à desidratação (BARTLETT et al., 2012a).

O conhecimento de parâmetros relacionados à tolerância ao estresse hídrico em plantas com potencial silvicultural, tal como a *A. rosiodora*, é fundamental para estabelecer melhores diretrizes para plantio e condução de espécies florestais. Um dos principais gargalos do estabelecimento de povoamentos de *A. rosiodora* na Amazônia é a elevada mortalidade (>40%) nos anos iniciais de após o plantio (SILVA, 2021; FONSECA, 2007; ROSA et al., 1997). As principais hipóteses para essa alta mortalidade são o estresse hídrico e o estresse à elevada irradiância. O estresse associado à elevados valores de irradiância em mudas de *A. rosiodora* já foram demonstrados por Gonçalves et al., (2005); no entanto, pouco se conhece sobre a tolerância ao estresse hídrico de mudas da espécie.

1.1. Objetivos

1.1.1. Geral

Investigar a tolerância foliar ao estresse hídrico de mudas da espécie arbórea *A. rosiodora*.

1.1.2. Específicos

Determinar o potencial hídrico foliar no ponto de perda de turgescência de mudas de *A. rosiodora*.

Conhecer o potencial osmótico foliar no ponto de máxima turgescência de mudas de *A. rosiodora*.

Averiguar a elasticidade da parede celular - módulo de elasticidade foliar - de mudas de *A. rosiodora*.

Comparar a tolerância foliar ao estresse hídrico de *A. rosiodora* com outras espécies arbóreas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Aniba rosiodora* Ducke

Aniba rosiodora Ducke é uma árvore da família Lauraceae, conhecida como pau rosa, pau rosa itaúba, cara-cara, rosewood, bois-de-rose, bois-de-rose-femelle (CAMARGO; FERRAZ, 2016). Ocorre naturalmente no Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela. No Brasil, ocorre desde o Amapá até os estados do Amazonas e Pará (SAMPAIO, 2003).

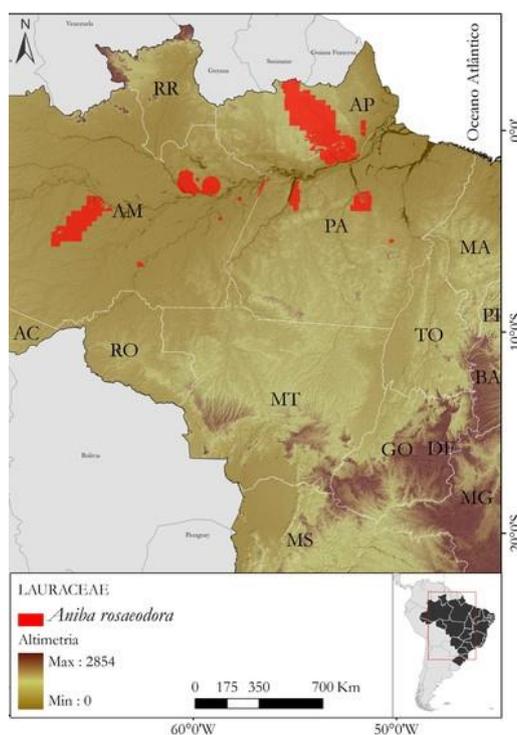


Figura 1 – Mapa de ocorrência da espécie.

Fonte: Centro Nacional de Conservação da Flora – CNCFLORA, 2012.

É uma espécie de grande porte, atinge até 30 metros de altura e 2 metros de diâmetro, apresenta fuste retilíneo e cilíndrico com casca de coloração avermelhada ou pardo-amarelada que forma grandes placas e se desprende do tronco (CAMARGO; FERRAZ, 2016). O ritidoma é bastante visível nos indivíduos adultos com cicatrizes de borda arredondada formadas pelo desprendimento das placas (RIBEIRO et al. 1994).

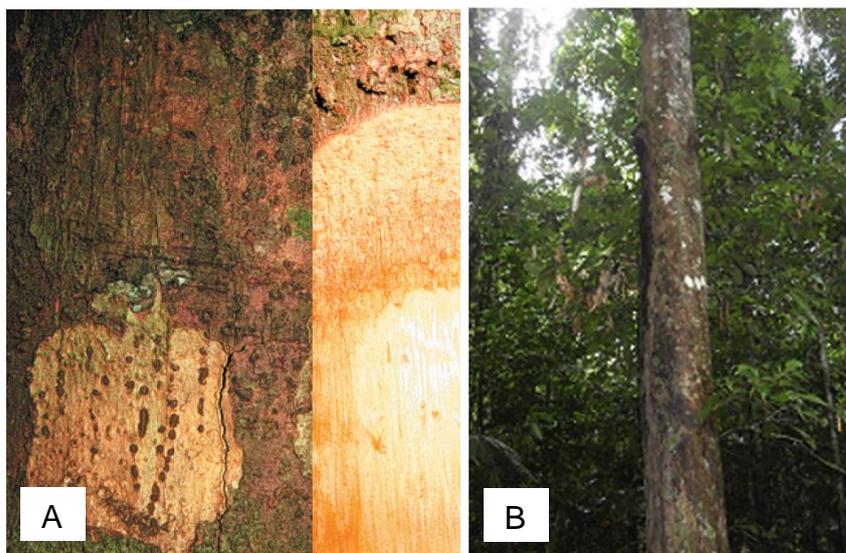


Figura 2: A – Ritidoma, B – Tronco de *A. rosiodora*.
 Fonte: A - Adaptado de Ribeiro et al. (1999). B – Maia; Mourão (2016).

As folhas possuem textura coriácea ou rígido-cartáceas de formato obovado a elíptico ou lanceolado, podendo variar seu tamanho de 6 a 25 cm de comprimento e 2,5 a 8 cm de largura, sua superfície adaxial é de coloração verde e textura glabra e a face abaxial apresenta coloração amarelo-pálida, papilosa. (KUBITZKI e RENNER, 1982).



Figura 3 – Folhas de *A. rosiodora*.
 Fonte: Souza, 2022.

Apresenta inflorescência em panículas com flores pequenas que medem de 1,5 a 1,8 mm de comprimento, com coloração amarelada ferrugínea, hermafroditas, reproduzem-se por fecundação cruzada. Os frutos são do tipo baga glabra de formato ovóide a elipsóide com tamanho de 2,4 a 3,1 cm de comprimento e 1,8 a 2,3 cm de diâmetro, sua coloração varia com a maturação, inicialmente verde passando a roxo-escuro (KUBITZKI e RENNER, 1982; RIBEIRO et al. 1999)



Figura 4 – Frutos e sementes de *A. rosiodora*.
Fonte: Sampaio et al. (2003).

Apresenta fenologia reprodutiva variável, ocorrendo anualmente ou não, e varia com a localização geográfica. A floração se dá principalmente nos meses de elevada precipitação, iniciando em outubro indo até fevereiro. Para a frutificação há ocorrências durante o ano todo, mas ocorre com maior intensidade nos meses de janeiro a agosto. Embora seja uma espécie perenifólia, de julho a dezembro há ocorrência de indivíduos com poucas folhas ou folhas novas e durante a frutificação ocorre mudança das folhas (MAGALHÃES; ALENCAR, 1979; OHASHI; ROSA, 2004; SAMPAIO, 2007).

A dispersão de sementes ocorre por ornitocoria, principalmente por pássaros psitacídeos e tucanos, que podem mover até a metade das sementes produzidas nas árvores, e também são consideradas predadores (MAGALHÃES; ALENCAR, 1979). *A. rosaeodora* é conhecida mundialmente pela produção de um dos produtos naturais com maior valor agregado no mercado internacional, o óleo linalol, caracterizado por odor forte, incolor, densidade inferior à água e por ser solúvel em solventes orgânicos

(AMARAL, 2019). É utilizado como fixador de fragrâncias e faz parte da composição de perfumes famosos, como o francês Chanel nº 5 (BIZZO et al, 2009).

A extração do óleo essencial do pau-rosa tem suas origens na Guiana Francesa, no entanto, a superexploração dos estoques naturais levou a extinção da espécie nessa região, em 1926, já havia iniciado a imigração da exploração para os povoados naturais brasileiros (HOMMA, 2016). No Brasil, o pau-rosa é uma riqueza natural explorada nos estados de Pará e Amazonas, que já exportaram, em um só ano, 444 toneladas do óleo. No entanto, atualmente, a média de exportação reduziu, conforme constata-se pela média abaixo de 2 toneladas no triênio 2012/2014 (HOMMA, 2003; HOMMA, 2016). A semelhança do que havia acontecido na Guiana Francesa, a superexploração da espécie no Brasil resultou na drástica redução das populações naturais e na entrada da espécie na lista de produtos controlados pela Convenção sobre Comércio Internacional de espécies Ameaçadas de Fauna e Flora (HOMMA, 2016).

Com as problemáticas geradas pela exploração das árvores em povoados nativos, algumas alternativas foram e estão sendo criadas para manter a produção de óleo de pau-rosa na Amazônia, no entanto, sem comprometer o futuro da espécie. Uma medida foi imposição de restrições legais à exploração da espécie, tais como, as estabelecidas pela Portaria 01/98 do IBAMA e a Instrução Normativa nº 002/06 da SDS do governo do Amazonas. Em 2011, o IBAMA publicou a instrução normativa nº 09, de 25 de agosto de 2011, que entre outros critérios, estabeleceu que apenas 66% das árvores com DAP maior que 25 cm devem ser exploradas e que um toco com no mínimo 50 cm deve ser deixado para possibilitar a rebrota da espécie.

Embora as restrições legais tenham sido um progresso para frear a superexploração da espécie, o maior avanço se deu na possibilidade de extração do óleo essencial a partir de folhas e ramos podados de árvores regeneradas artificialmente, o advento da silvicultura do pau-rosa (SAMPAIO et al., 2016). Em plantios, a biomassa das árvores, entre 4 e 6 anos de idade, é explorada por meio da poda da copa, deixando-se um toco residual que permitirá a rebrota e regeneração de uma nova biomassa que será explorada no futuro (SAMPAIO et al., 2007; KRAINOVIC, 2011).

2.2. Ecofisiologia e estresse hídrico

A ecofisiologia vegetal é um ramo experimental que busca conhecer as respostas fisiológicas em função de alterações ambientais em níveis bióticos e abióticos. Essa ciência visa oferecer esclarecimento acerca de questões ecológicas voltadas à sobrevivência, organização, distribuição, abundância, interações entre plantas e o desempenho do ecossistema. Dessa forma, o estudo da ecofisiologia pode auxiliar em pesquisas que busquem o desenvolvimento de culturas em condições de estresse ambiental, avaliando a maneira na qual as plantas resistem ou respondem à essas modificações ambientais (LAMBERS; OLIVEIRA, 2019)

Estresse em plantas é uma modificação do ambiente que reduz os níveis de alguma das condições ideais para o desenvolvimento em todos os níveis fisiológicos e funcionais da planta, como a fotossíntese ou crescimento, para níveis abaixo do que a planta poderia sustentar ou tolerar (LARCHER, 2006; LAMBERS; OLIVEIRA, 2019).

A falta de água, definida como déficit hídrico, é um dos principais tipos de estresse em plantas, pois a água é um dos principais constituintes da célula vegetal, que desempenha funções e processos vitais, como a manutenção do turgor, e reagente de reações químicas celulares (TAIZ; ZEIGER, 2017). O déficit hídrico ocorre quando a demanda hídrica da planta ultrapassa a oferta de água do sistema. Conforme as condições climáticas se alteram, os vegetais tendem a adaptar-se a essas novas condições e desenvolver recursos para responder à insuficiência de água (CAVALCANTE et al., 2009).

As modificações evolutivas dos vegetais, em sua maioria, correspondem à ajustes e melhorias na eficiência de uso da água (DOSS et al., 1960; DE MORAES CAMPOS et al. 2021). Essas modificações podem ser definidas, por meio do status hídrico da planta, descritos pelo potencial hídrico (Ψ_w), que conceitualmente é a capacidade das moléculas de água em se mover de maneira livre quando em solução, sendo influenciado pelo potencial osmótico (Ψ_π) e pela pressão hidrostática (Ψ_p) (LAMBERS; OLIVEIRA, 2019).

Habitualmente, o ponto referencial para potencial hídrico foi determinado em zero. Dessa maneira, o Ψ_π e Ψ_p podem reduzir ou aumentar o potencial hídrico. Geralmente, o Ψ_w é dado em valores negativos, o que indica que as forças que

atuam para reduzir a energia livre da água predominam em relação as que aumentam (HOPKINS, 2000).

As plantas podem, então, desenvolver mecanismos diferentes para tolerar ao estresse hídrico. Acumular solutos nas folhas, reduz o Ψ_w , e conseqüentemente aumenta a capacidade de absorver água do solo e diminui os impactos do déficit hídrico na quantidade de água na planta (PAGTER et al., 2005).

Os estudos de Cordeiro et al. (2009) com *Swietenia macrophylla* e de Gonçalves et al. (2009) com *Carapa guianensis* demonstraram que essas espécies têm tolerância à deficiência hídrica e que a indução à períodos de déficit hídrico reduziram o Ψ_w para valores entre -2,0 e -3,0 MPa, respectivamente. Em Lima (2006), foi evidenciado que folhas de plantas adultas de *Aniba rosiodora* desenvolvem potenciais hídricos mais negativos durante o período de menor precipitação; portanto, demonstrando a capacidade dessa espécie a se aclimatar as condições de estresse hídrico.

2.3. Mensuração da tolerância foliar ao estresse hídrico

Dentre as técnicas utilizadas para avaliar a tolerância foliar ao estresse hídrico, tem se destacado a curva pressão-volume (PV). As curvas pressão-volume são construídas utilizando os valores do potencial hídrico foliar (pressão) em função do conteúdo relativo de água (volume) mensurados em folhas submetidas à desidratação. Com a construção dessa curva é possível dissociar o potencial hídrico da folha em potencial osmótico e potencial de pressão (BARTLETT et al. 2012a).

A partir da montagem da curva pressão-volume é possível obter valores de alguns parâmetros, tais como, o potencial osmótico no máximo turgor (o ponto de interseção no eixo Y da reta formada pelos pontos após a perda de turgescência); o potencial hídrico no ponto de perda de turgor (ponto de inflexão da curva pressão-volume); e o módulo de elasticidade (razão entre a amplitude do potencial de pressão e a amplitude do conteúdo relativo de água antes da perda de turgescência) (BARTLETT et al. 2012b).

O ponto de perda de turgescência da folha (Ψ_{PPT}) é o potencial hídrico no momento em que ocorre a murcha foliar, e é dado como um parâmetro de resistência a seca, já que valores mais negativos do Ψ_{PPT} representam um acréscimo na

amplitude do potencial hídrico foliar onde a folha, e conseqüentemente, a planta inteira permanece funcional (SACK et al. 2003).

O potencial osmótico no máximo turgor (P_o) é um dos principais atributos que influencia o Ψ_{PPT} em diferentes espécies e também nas mudanças no Ψ_{PPT} para certas espécies em períodos de seca sazonais; portanto, o P_o e Ψ_{PPT} são fortes atributos para presumir a tolerância à seca de espécies (BARTLETT et al. 2012b).

O módulo de elasticidade (ϵ) determina de que forma os valores médios do turgor celular reduzem o potencial hídrico foliar (SAITO; TERASHIMA, 2004). Sabe-se que valores maiores de ϵ , no geral estão associados à valores baixos de P_o e Ψ_{PPT} , e permite ajustes de potencial hídrico foliar maiores, mas com mudanças sutis no conteúdo relativo de água, e, conseqüentemente, facilita a aquisição de água do solo (NIINEMETS, 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização, ambiente e propágulos

O experimento foi conduzido no laboratório de Solos e Química do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara (CESIT), pertencente à Universidade do Estado do Amazonas, sob as coordenadas 3° 08' 01.65" S 58° 26' 19.04" O. Foram utilizadas mudas de um ano de idade produzidas no viveiro da Fazenda Simpatia, Km 06 ramal da SUDAM, Itacoatiara, Amazonas. As mudas foram produzidas em recipientes plásticos ("saquinhos"), com capacidade de 2 litros (18 x 22 cm) e preenchidos com substrato formado por esterco bovino, cinza e serragem comportados. As sementes utilizadas para a produção das mudas eram procedentes de árvores matrizes nativas localizadas nos municípios de Maués – AM e Nova Olinda do Norte – AM.

3.2. Curvas pressão-volume das folhas

Foram selecionadas cinco mudas no viveiro da fazenda Simpatia, que foram conduzidas ao viveiro de mudas do CESIT e permaneceram em casa de vegetação. Dessas mudas foram coletadas manualmente três folhas, em toda região da muda, para padronização do fator de idade das folhas, elas foram colocadas em sacos plásticos para evitar perda de água e encaminhadas ao Laboratório de Química e Solos do CESIT.

Para parametrização das curvas pressão-volume, cada folha permaneceu por 12 horas com o pecíolo imerso em água destilada, em uma caixa térmica (ambiente escuro e isolado), para garantir a completa hidratação foliar. Após esse período, a massa das folhas foi aferida em balança analítica e o potencial hídrico foi medido usando uma bomba de pressão (PMS, Pressure Chamber Instrument, Oregon, USA).

A mensuração do potencial hídrico consistiu na aplicação de pressão com gás nitrogênio até o momento da projeção da exsudação da seiva bruta contida nos vasos do xilema por meio de um corte no pecíolo da folha, no momento da projeção da exsudação foi realizada e registrada a leitura da pressão empenhada pela bomba (TURNER, 1981). A projeção da exsudação foi observada com auxílio de uma lupa com 10x de aumento. Posterior a primeira medida, as folhas permaneceram na

bancada para a desidratação por 5 minutos, em seguida, foi realizada mais uma leitura do potencial hídrico e mensuração de massa foliar. Foram realizadas, dez leituras de pressão e volume conforme ocorria a desidratação das folhas. Os tempos de desidratação, entre cada medida, foram crescentes (05; 05; 10; 10; 15; 15; 25; 40 minutos; 06; 12 horas para garantir a completa desidratação).

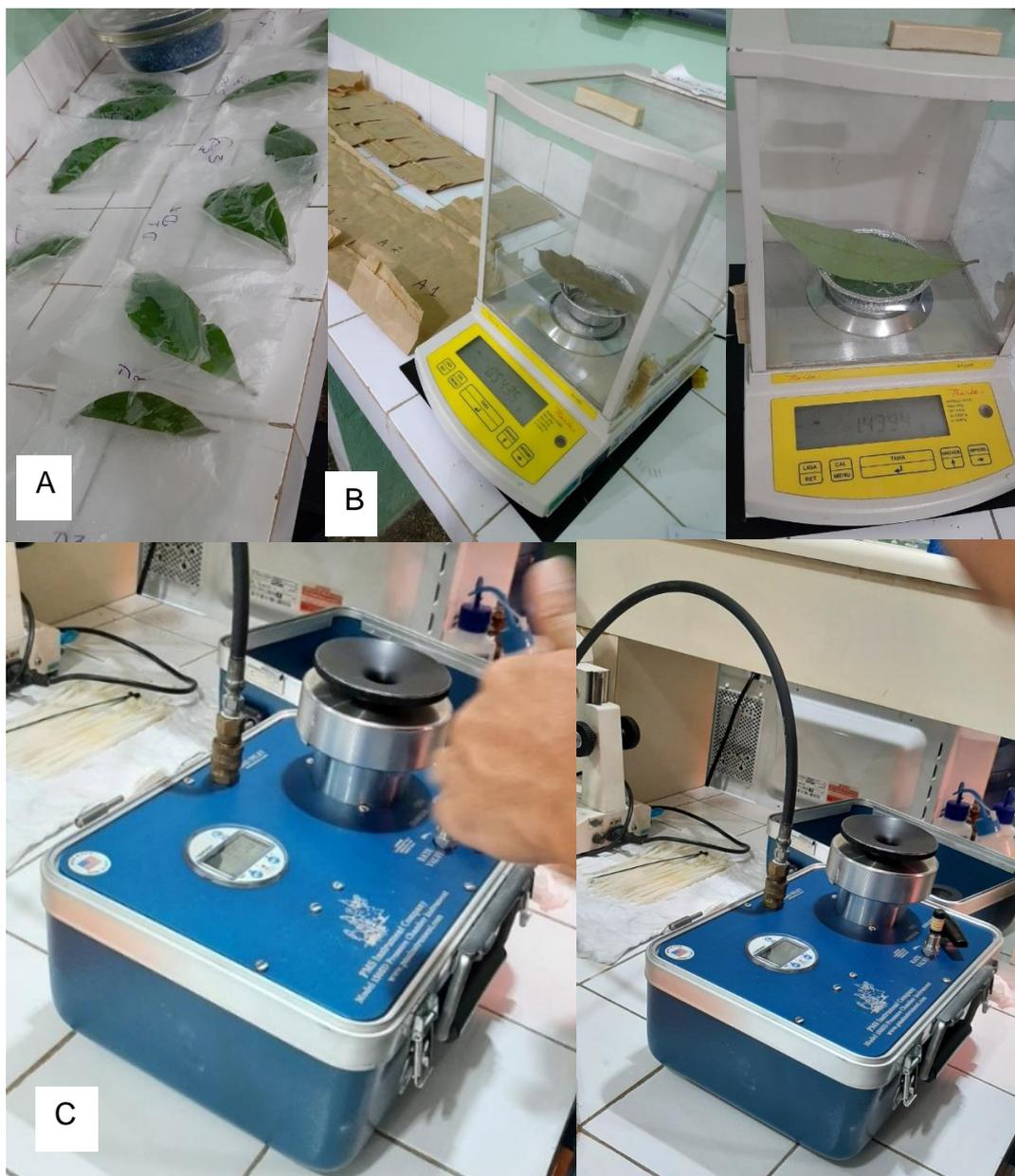


Figura 6 – A- Folhas em sacos plásticos sob bancada. Bancada. B- Mensuração de massa foliar em balança analítica. C – Mensuração do potencial hídrico em bomba de pressão.
Fonte: Souza, 2022.

Os registros dos valores de pressão e volume em desidratação foram usados no ajuste da curva pressão-volume a fim de determinar os valores do potencial

osmótico no máximo turgor (P_o); potencial hídrico no ponto de perda de turgescência (Ψ_{PPT}) e módulo de elasticidade médio da folha (ϵ) por meio do protocolo publicado por (SACK et al. 2011).

Na Figura 7 está sumarizada a curva pressão-volume com os parâmetros utilizados na presente pesquisa. Os eixos do gráfico são a pressão em Mpa (Y) e o conteúdo relativo de água (X). O potencial hídrico foliar (Ψ_{folha} , curva verde) é formado pelo potencial de turgor (Ψ_p , curva amarela) e potencial osmótico (Ψ_{π} , curva azul). O potencial de turgor é positivo, pois, exerce a pressão “de dentro para fora” mantendo as células túrgidas. O potencial osmótico é negativo, pois, atua direcionando a difusão de água do ponto de menor concentração de solutos (apoplasto) para região de maior concentração (simplasto: citosol e vacúolo). Conforme a folha desidrata (aumento do V no eixo X que representa 100 - conteúdo relativo de água), o potencial hídrico foliar diminui em decorrência da diminuição do potencial de turgor e do potencial osmótico. Em um determinado ponto da desidratação, o potencial de turgor chega a zero e então a folha murcha; o valor de potencial hídrico foliar observado nesse ponto representa o potencial hídrico no ponto de perda de turgescência (Ψ_{PPT}). O potencial osmótico no máximo turgor (P_o) é obtido na interpolação do eixo Y no estado de maior hidratação foliar, ou seja, $V = 0$. O módulo de elasticidade (ϵ) é obtido pela inclinação da ($\Delta P/\Delta V$) curva do potencial de pressão antes do ponto de murchar.

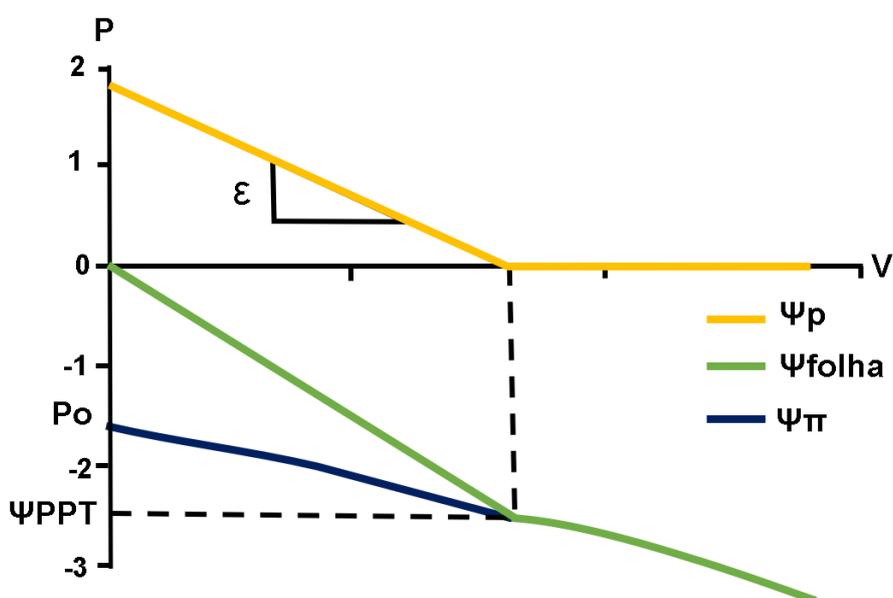


Figura 7 – Ilustração do gráfico da curva de pressão-volume. O eixo x representa a pressão e o eixo y, o conteúdo relativo de água da folha. O Ψ_p é o potencial de turgor ou pressão, Ψ_{folha} é potencial hídrico foliar, Ψ_{π} é o potencial osmótico, o Ψ_{PPT} representa o potencial hídrico no ponto de perda de turgescência, P_o indica o potencial osmótico no máximo turgor e ϵ aponta o módulo de elasticidade.
Fonte: Adaptado de Bartlett et al., (2012a).

A fim de comparar os dados adquiridos nesse trabalho com outras espécies e ambientes já estudadas foram utilizados dados da revisão realizada por Bartlett et al. (2012a). Na referida pesquisa, os autores utilizaram dados de 316 espécies herbáceas, arbóreas e samambaias encontradas em nove tipos de ambientes diferentes (coníferas temperada, costeiro, mangue, semi desértico, temperado, temperado seco, tropical seco, tropical úmido e tundra) descritas em 76 artigos. Levando em consideração a espécie desse estudo, os dados de Bartlett et al. (2012a) foram filtrados para que somente espécies arbóreas fossem comparadas a *A. rosiodora*. Além disso, por ser uma espécie natural de ambiente tropical, foi dada maior relevância às espécies de biomas tropical seco e tropical úmido.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Potencial hídrico no ponto de perda de turgor - Ψ_{PPT} (MPa)

Os valores de potencial hídrico no ponto de perda de turgor serão apresentados e discutidos considerando que valores mais negativos, distantes de zero, representam maior resistência ao murchamento, ou seja, a espécie tolera potenciais hídricos mais negativos, condições de maior estresse hídrico, antes que a folha murche. Enquanto, valores menos negativos, mais próximos de zero, indicam que a espécie perde a turgescência nas folhas de forma antecipada em condições de estresse hídrico.

Os valores para o potencial hídrico no ponto de perda de turgescência foram em média -2,07 MPa. Entre os resultados analisados, o menor valor encontrado nas folhas foi -2,29 e o maior -1,83 MPa. Entre as plantas, os resultados médios oscilaram entre -2,21 MPa e -1,90 MPa, apresentando uma variação de 0,32 MPa (Tabela 1).

Lima (2006) estudando as características fisiológicas e conteúdo de óleos voláteis em folhas de pau-rosa em diferentes períodos de precipitação, encontrou o Ψ_{PPT} para a espécie de -1,81 MPa em períodos mais secos, causa do ajustamento osmótico da espécie.

Quando confrontados com os resultados da revisão de Bartlett et al. (2012a) em diferentes biomas, evidencia que a *A. rosiodora* obteve resultado médio mais negativos que a média de espécies arbóreas em bioma tropical úmido (-1,82 MPa), Costeiro (-1,52 MPa) e Tundra (-1,48 MPa). Entretanto, para os biomas Mangue (-2,36MPa), Semi Deserto (-2,18MPa), Temperado Seco (-2,18 MPa), Coníferas Temperadas (-2,12 MPa) e Tropical Seco (-2,12 MPa) os valores foram mais negativos que a *A. rosiodora* (Tabela 2).

Tabela 1. Valores médios de Potencial hídrico no ponto de perda de turgor - Ψ_{PPT} (MPa), Potencial osmótico no máximo turgor - P_o (MPa) e Módulo de elasticidade - ϵ (MPa) para as plantas de *A. rosiodora* estudadas.

	A	B	C	D	E
Ψ_{PPT} (MPa)	-1,89	-2,08	-2,07	-2,21	-2,06
P_o (MPa)	-1,68	-1,79	-1,83	-1,85	-1,78
ϵ (MPa)	18,21	13,51	13,55	12,51	14,73

Segundo Bartlett et al. (2012 a) as espécies arbóreas de bioma tropical úmido e com hábito decíduo *Ficus concinna*, *Cordia dentata* e *Cordia collococca* apresentaram valores de potencial hídrico no ponto de perda de turgescência mais negativos que a espécie *A. rosiodora* -2,32 (HAO et al. 2010); -2,14 e -2,09 MPa (CHOAT et al. 2007), respectivamente. Por outro lado, sete espécies de mesma forma de crescimento, hábito e bioma apresentaram valores menos negativos aos encontrados neste trabalho para *A. rosiodora* (Tabela 3).

Os resultados encontrados em 26 espécies arbóreas de bioma tropical úmido foram menos negativos que os valores encontrados para *A. rosiodora*. Apenas o Ψ PPT de *Ligustrum confusum* (-2,56 MPa) foi mais negativo (SHRESTHA et al. 2007). Foi encontrado também Ψ PPT de -2,06 MPa para a espécie *Hymenosporum flavum* (SCOFFONI et al. 2008), valor muito próximo ao potencial hídrico no ponto de perda de turgescência da *A. rosiodora*, conforme Tabela 4.

Em bioma tropical seco, 11 espécies arbóreas perenifólias apresentaram valores superiores - menos negativo - aos de *A. rosiodora*, sendo a espécie *Lantana camara* com maior valor -1,37 (SCOFFONI et al. 2011). Outras 29 espécies do mesmo bioma evidenciaram valores mais negativos que a espécie estudada. Dentre estas *Morisonia americana* com -4,08 MPa (SOBRADO, 1986), menor valor encontrado para este bioma (Tabela 5).

Tabela 2. Valores médios de Potencial osmótico no máximo turgor - P_o (MPa), Potencial hídrico no ponto de perda de turgor - Ψ PPT (MPa) e Módulo de elasticidade - ϵ (MPa)

Biomias	Ψ PPT (MPa)	P_o (MPa)	ϵ (MPa)
Coníferas temperada	-2,12	-1,71	15,94
Costeiro	-1,52	-1,74	4,81
Mangue	-2,35	-1,76	16,14
Semi desértico	-2,18	-1,71	9,67
Temperado	-2,11	-1,70	15,81
Temperado seco	-2,17	-1,71	14,70
Tropical Seco	-2,10	-1,69	16,23
Tropical Úmido	-1,81	-1,35	13,87
Tundra	-1,47	-1,25	4,84

Fonte: Adaptado de Bartlett et al. (2012).

Analisando as diferentes médias entre os biomas percebe-se que no ambiente tropical seco a média do Ψ_{PPT} das árvores avaliadas foi mais negativa do que em ambiente tropical úmido, indicando que tropicais úmidas possuem menor resistência ao murchamento, pois não passam por altos níveis de estresse hídrico, por conta da alta disponibilidade de água no ambiente. Já as espécies de clima tropical seco, passam por restrições hídricas maiores, com grandes períodos de seca, por isso, essas plantas desenvolvem mecanismos para tolerar o estresse hídrico, como aumentar a resistência ao murchamento das folhas, apontado pelo valor mais negativo de Ψ_{PPT} .

Para espécies arbóreas decíduas de bioma tropical seco, descritas na Tabela 6, foram identificadas 11, com valores de potencial hídrico no ponto de perda de turgor, menos negativos que o valor médio de *A. rosiodora*. *Bursera simaruba* foi a espécie com o valor menos negativo encontrado – 0,69 (OLIVARES; MEDINA, 1992). Outras 16 espécies apresentaram valores mais negativos quando comparadas à *A. rosiodora*, o valor mais negativo encontrado foi o da espécie *Erythroxylon cumanensis*, -3,02 MPa (OLIVARES; MEDINA, 1992).

Tabela 3. Valores do Potencial hídrico no ponto de perda de turgor – Ψ_{PPT} (MPa), Potencial osmótico no máximo turgor - P_o (MPa), e Módulo de elasticidade - ϵ (MPa) para diferentes espécies arbóreas decíduas de bioma tropical úmido.

Espécies	Ψ_{PPT} (MPa)	P_o (MPa)	ϵ (MPa)	Referências
<i>Bertholletia excelsa</i>	-1,47	-1,20667	7,418	Moreira, 2021
<i>Cordia alliodora</i>	-1,76	-1,97	13,05	Choat et al. 2007
<i>Cordia collococca</i>	-1,8	-2,09	9,01	Choat et al. 2007
<i>Cordia dentata</i>	-1,88	-2,14	11,86	Choat et al. 2007
<i>Ficus auriculata</i>		-0,86		Hao et al. 2010
<i>Ficus bejamina</i>		-1,65		Hao et al. 2010
<i>Ficus concinna</i>		-2,32		Hao et al. 2010
<i>Ficus religiosa</i>		-1,69		Hao et al. 2010
<i>Ficus tinctoria</i>		-1,82		Hao et al. 2010
<i>Palaquium sumatranum</i>	-1,66	-1,88	24,88	Baltzer et al. 2008
<i>Vatica odorata</i>	-1	-1,27	20,27	Baltzer et al. 2008

Fonte: Adaptado de Bartlett et al. (2012).

4.2. Potencial osmótico no máximo turgor – P_o (MPa)

Os resultados encontrados para o potencial osmótico no máximo turgor, em média foram -1,79 MPa. Variando entre as folhas, o maior valor encontrado foi -1,6202 e o menor valor -1,97 MPa. As médias dos resultados obtidos entre as plantas foram de -1,8573 a -1,69 MPa (Tabela 1).

Patakas et al. (2002), a redução do potencial osmótico, em reposta ao déficit hídrico, está relacionada concentração de solutos, que é consequência da acumulação de solutos na folha e desidratação da célula. A acumulação dos compostos complexos de ácidos orgânicos, açúcares e aminoácido (solutos) causada pelo ajuste osmótico regula a manutenção de processos, tais como expansão celular, aberturas e fechamentos estomáticos, ajustes fotossintéticos, auxilia no crescimento vegetal, reduz o potencial hídrico, e após o estresse permite que haja um arranque no crescimento da planta (NOGUEIRA, SILVA JR. 2001).

Os valores do potencial osmótico no máximo turgor indicam a porção de solutos presentes na célula vegetal, quanto mais negativo for o P_o maior a capacidade celular em manter o turgor, ainda que a quantidade de água na folha seja baixa. (WHITE et al., 2000; BARTLETT et al., 2012a). Esses valores relacionam-se com o potencial hídrico no ponto de perda de turgor. Nas análises de Bartlett et al., (2012) foi observado que o P_o é o principal elemento que determina o Ψ_{PPT} em diferentes espécies e também as mudanças no Ψ_{PPT} que ocorrem em certas espécies em períodos de seca. Por isso, o P_o e Ψ_{PPT} são atributos valiosos que podem indicar e prever a tolerância à seca de espécies.

Comparando aos dados encontrados por Bartlett et al. (2012a) em diferentes biomas, *A. rosiodora* obteve valor médio mais negativos que todos os biomas estudados. A média das árvores do bioma Mangue foi o que mais se aproximou dos valores de *A. rosiodora* -1,79 MPa, e mais distante do P_o da espécie, encontrava-se a média das árvores do bioma Tundra com -1,25 MPa (Tabela 2).

No que se refere às árvores de bioma tropical úmido, com hábito decíduo, as espécies *Cordia dentada* e *Cordia collococca* estudadas por Choat et al. (2007), apresentaram valores de P_o mais negativo que a espécie deste estudo, -1,88 e -1,8 MPa, respectivamente. Por outro lado, quatro espécies de mesmo bioma demonstraram valores menos negativos para P_o , são elas *Cordia alliodora* (-1,76 MPa; CHOAT et al., 2007), *Palaquium sumatranum* (-1,66 MPa; Baltzer et al., 2008), *Vatica*

odorata (-1 MPa; Baltzer et al., 2008) e *Bertholletia excelsa* (-1,47; MOREIRA, 2021), de acordo com Tabela 3.

Em relação às árvores perenifólias do bioma tropical úmido I foi observado que 20 espécies apresentaram valores para P_o menos negativos quando comparadas à *A. rosiodora*, dentre essas, está a espécie *Shorea macroptera* que demonstrou o valor menos negativo, -0,78 MPa (BALTZER et al. 2008). Neste mesmo levantamento, a espécie *Ligustrum confusum* foi a única a apresentar P_o mais negativo que a espécie, -2,14 MPa (SHRESTHA et al. 2008), além disso, uma espécie com valor similar à *A. rosiodora* também foi constatada, a *Cordia panamensis* com -1,79 MPa (CHOAT et al. 2007) de P_o , conforme Tabela 4.

Tabela 4. Valores do Potencial hídrico no ponto de perda de turgor – Ψ_{PPT} (MPa) Potencial osmótico no máximo turgor - P_o (MPa) e Módulo de elasticidade - ϵ (MPa) para diferentes espécies arbóreas perenifólias de bioma tropical úmido.

Espécies	Ψ_{PPT} (MPa)	P_o (MPa)	ϵ (MPa)	Referências
<i>Aporosa globifera</i>	-1,46	-1,15	7,57	Baltzer et al. 2008
<i>Aporosa microstachya</i>	-1,68	-1,49	24,87	Baltzer et al. 2008
<i>Aporosa symplocoides</i>	-1,22	-1,15	9,46	Baltzer et al. 2008
<i>Cordia cymosa</i>	-1,5	-1,34	11,13	Choat et al. 2007
<i>Cordia lasiocalyx</i>	-1,63	-1,48	11,96	Choat et al. 2007
<i>Cordia lucidula</i>	-1,4	-1,29	10,46	Choat et al. 2007
<i>Cordia panamensis</i>	-2	-1,79	12,46	Choat et al. 2007
<i>Ficus curtipes</i>	-1,47			Hao et al. 2010
<i>Ficus esquiroliana</i>	-1,15			Hao et al. 2010
<i>Ficus hispida</i>	-1,23			Hao et al. 2010
<i>Ficus racemosa</i>	-1,44			Hao et al. 2010
<i>Ficus semicordata</i>	-1,52			Hao et al. 2010
<i>Hymenosporum flavum</i>	-2,06	-1,38	5,88	Scoffoni et al. 2008
<i>Irvingia malayana</i>	-1,83	-1,69	38,38	Baltzer et al. 2008
<i>Ligustrum confusum</i>	-2,56	-2,14	15,14	Shrestha et al. 2008
<i>Mallotus penangensis</i>	-1,15	-1,02	27,57	Baltzer et al. 2008
<i>Millettia atropurpurea</i>	-1,12	-1,01	19,59	Baltzer et al. 2008
<i>Neoscortechenia kingii</i>	-1,71	-1,5	7,57	Baltzer et al. 2008
<i>Parashorea densiflora</i>	-1,83	-1,7	37,03	Baltzer et al. 2008
<i>Quercus semiserrata</i>	-1,42	-1,18	34,05	Baltzer et al. 2008
<i>Rinorea anguifera</i>	-1,74	-1,39	17,84	Baltzer et al. 2008

<i>Shorea guiso</i>	-1,38	-1,21	32,43	Baltzer et al. 2008
<i>Shorea lepidota</i>	-1,34	-1,21	23,78	Baltzer et al. 2008
<i>Shorea macroptera</i>	-0,93	-0,78	25,14	Baltzer et al. 2008
<i>Shorea parvifolia</i>	-1,1	-0,99	17,57	Baltzer et al. 2008
<i>Vatica bela</i>	-1,16	-1,03	9,19	Baltzer et al. 2008
<i>Xanthophyllum affine</i>	-1,8	-1,59	26,76	Baltzer et al. 2008

Fonte: Adaptado de Bartlett et al. (2012a).

Para ambientes de bioma tropical seco foi verificado que 25 espécies perenifólias possuíam P_0 mais negativos que a *A. rosiodora*, sendo que a espécie *Morisonia americana* foi identificado com valor de P_0 de -3,28 Mpa, o mais negativo dentre as espécies desse bioma (OLIVARES E MEDINA, 1992). Outras 16 espécies mostraram P_0 menos negativo que a *A. rosiodora*, de modo que a *Lantana camara*, entre essas espécies, foi a que apresentou o P_0 menos negativo (-1,1 MPa) em relação ao valor encontrado para espécie deste estudo (Tabela 5; SCOFFONI et al. 2011)

Espécies decíduas de bioma tropical seco, como a *Bursera simaruba*, foram identificadas com P_0 menos negativos que a *A. rosiodora*, de forma que a espécie já citada foi a que demonstrou o valor menos negativo, -0,55 MPa, em comparação com outras 12 espécies. Por outro lado, valores mais negativos também foram relatados em 14 outras espécies de ambiente semelhante, dentre as quais destaca-se a *Tocoyena formosa* com P_0 de -2,38 MPa (WENHUI 1998), valores identificados na Tabela 6.

4.3. Módulo de elasticidade - ϵ (MPa)

Para o módulo de elasticidade, a média dos resultados obtidos foi 14,50 MPa. Nas folhas analisadas, os resultados foram 23,59 MPa assumindo maior valor e 6,30 MPa, menor valor obtido. Em relação aos valores médios obtidos por planta, o maior valor para ϵ obtido foi 18,21 MPa e o menor valor 12,51 MPa (Tabela 1).

Lima (2008) a espécie apresentou módulo de elasticidade de 16,20 MPa em período chuvoso e 21,69 MPa em períodos mais seco, em média valores que se aproximam ao desse estudo, principalmente em relação ao período de menor precipitação.

Da Matta et al. (1993) afirmam que em períodos de seca prolongada, indivíduos reduzem o módulo de elasticidade por conta de mudanças que ocorrem nas paredes celulares e por isso alteraram seu tamanho e contribuí para o controle do volume do protoplasma. Atroch (2008) em seu estudo demonstrou que a *A. rosiodora* suporta longos períodos de seca e a redução da disponibilidade hídrica não altera o rendimento de óleos da planta.

Em uma folha, o módulo de elasticidade indica a rigidez das paredes celulares, por isso se torna um forte indicador de resistência à seca. Quanto maior for a elasticidade da parede, menor será o valor do ϵ . À medida que há a desidratação da folha, o seu potencial hídrico fica mais negativo e para folhas com maior módulo de elasticidade, isso ocorre com mais intensidade, logo, valores menores do ϵ da parede celular indicam maior redução de potencial hídrico por unidade de água transpirada (KOIDE *et al.*, 1989; TYREE; HAMMEL, 1972).

Tabela 5. Valores de Potencial osmótico no máximo turgor - P_o (MPa), Potencial hídrico no ponto de perda de turgor - Ψ_{PPT} (MPa) e Módulo de elasticidade - ϵ (MPa) para diferentes espécies arbóreas perenifólias de bioma tropical seco.

Espécies	Ψ_{PPT} (MPa)	P_o (MPa)	ϵ (MPa)	Referências
<i>Annona coriácea</i>	-2,16	-2,35	23,71	Wenhui 1998
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	-2,39	-2,88	20,94	Wenhui 1998
<i>Bowdichia virgilioides</i>	-2,09	-2,5	18,25	Wenhui 1998
<i>Byrsonima sericea</i>	-1,54	-2,03	9,45	Rosado & De Mattos 2010
<i>Campomanesia aromatica</i>	-2,31	-2,7	23,92	Wenhui 1998
<i>Capparis aristiquetae</i>	-2,83	-3,28	15,95	Sobrado 1986
<i>Capparis flexuosa</i>	-2,28	-3,79		Olivares & Medina 1992
<i>Capparis verrucosa</i>	-2,97	-3,65	14,4	Sobrado 1986
<i>Caryocar brasiliense</i>	-1,71	-2,2	11,34	Wenhui 1998
<i>Casearia sylvestris</i>	-2,46	-2,73	26,27	Wenhui 1998
<i>Connarus suberosus</i>	-2,25	-2,63	18,01	Wenhui 1998
<i>Didymopanax vinosum</i>	-1,95	-2,35	14,81	Wenhui 1998
<i>Dugetia furfuracea</i>	-2,89	-3,33	44,72	Wenhui 1998
<i>Erythroxylum ovalifolium</i>	-1,77	-2,31	8,98	Rosado & De Mattos 2010
<i>Eugenia casearioides</i>	-2,87	-4		Olivares & Medina 1992
<i>Eugenia umbelliflora</i>	-1,66	-2,01	10,65	Rosado & De Mattos 2010
<i>Hymenaea martiana</i>	-2,03	-2,32		Hao et al. 2008
<i>Hymenaea stignocarpa</i>	-2,35	-2,64		Hao et al. 2008

<i>Lantana câmara</i>	-1,1	-1,37	4,85	Scoffoni et al. 2011
<i>Manilkara subsericea</i>	-1,91	-2,33	10,79	Rosado & De Mattos 2010
<i>Maytenus obtusifolia</i>	-2,6	-3,08	19,06	Rosado & De Mattos 2010
<i>Memora axillaris</i>	-2,96	-3,35	25,28	Wenhui 1998
<i>Miconia albicans</i>	-1,77	-2,48	10,34	Wenhui 1998
<i>Miconia cuspidata</i>	-2,23	-2,66		Hao et al. 2008
<i>Miconia ligustroides</i>	-2,03	-2,1	17,2	Wenhui 1998
<i>Miconia pohliana</i>	-1,42	-1,75		Hao et al. 2008
<i>Morisonia americana</i>	-3,28	-4,08	13,9	Sobrado 1986
<i>Myrsine ferrugínea</i>	-1,63	-1,79		Hao et al. 2008
<i>Myrsine guianensis</i>	-1,53	-1,76		Hao et al. 2008
<i>Myrsine parvifolia</i>	-1,94	-2,33	15,32	Rosado & De Mattos 2010
<i>Ocotea motata</i>	-2,01	-2,09	14,79	Rosado & De Mattos 2010
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	-1,4	-1,75	10,86	Wenhui 1998
<i>Protium icariba</i>	-2,32	-2,47	14,98	Rosado & De Mattos 2010
<i>Solanum lycocarpum</i>	-1,23	-1,98	14,4	Wenhui 1998
<i>Styrax camporum</i>	-2,65	-2,9	29,47	Wenhui 1998
<i>Styrax ferrugineus</i>	-2,12	-2,49	19,66	Hao et al. 2008
<i>Symplocos lanceolata</i>	-1,29	-1,45		Hao et al. 2008
<i>Symplocos mosenii</i>	-1,68	-1,95		Hao et al. 2008
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	-1,55	-1,88	9,27	Rosado & De Mattos 2010
<i>Woodfordia fruticosa</i>	-1,7	-2,17	6,55	Shrestha et al. 2008
<i>Ziziphus mauritiana</i>	-1,52		6,2	Clifford et al 1998

Fonte: Adaptado de Bartlett et al. (2012a).

Os valores de ϵ encontrados por Bartlett (2012a) associados a diferentes biomas, demonstram que os biomas Tropical seco, Mangue, Coníferas Temperadas, Temperado e Temperado seco eram mais elevados que o ϵ da *A. rosiodora*, sendo eles 16,23 MPa, 16,14 MPa, 15,94 MPa, 15,81 MPa, 14,70 MPa, respectivamente. Os biomas Tropical úmido, Semi deserto, Tundra e Costeiro apresentaram valores abaixo do módulo de elasticidade da espécie estudada, com os respectivos valores 13,87 MPa, 9,67 MPa, 4,84 MPa e 4,81 MPa, respectivamente, conforme Tabela 2.

A espécie perenifólia de clima tropical úmido *Irvingia malayana* obteve de acordo com Baltzer et al. (2008) um ϵ de 38,38 MPa e destacou-se de outras 12 espécies que apresentaram ϵ mais elevados que à *A. rosiodora*. Nessas mesmas condições, *Hymenosporum flavum* apresentou ϵ de 5,88 MPa, o menor valor, junto à outras nove espécies comparadas à *A. rosiodora* (Tabela 3).

Quanto a espécies decíduas de bioma tropical úmido, identificadas na Tabela 4, *Palaquium sumatranum* e *Vatica odorata* foram identificadas com valores de ϵ maiores que *A. rosiodora*, respectivamente, 24,88 MPa e 20,27 MPa (BALTZER et al. 2008). Em contrapartida, três espécies do gênero *Cordia* estudadas por Choat et al. (2007) mostraram valores de ϵ abaixo dos valores da *A. rosiodora*, sendo eles 13,05 MPa para *C. alliodora*, 11,86 MPa para *C. dentata* e 9,01 MPa para *C. collococca*, esses valores estão em conformidade com a tabela 4.

Em bioma tropical seco, 16 espécies de hábito perenifólio foram encontradas com ϵ superiores à espécie deste estudo, incluindo *Dugetia furfuracea* com ϵ de 44,72 MPa (WENHUI, 1998). Em contraste com *Latana camara* cujo ϵ foi de 4,85 MPa (SCOFFONI et al. 2011), além de mais 13 espécies com ϵ abaixo dos encontrados para *A. rosiodora* (Tabela 5).

Já para as espécies decíduas de clima tropical seco, o maior ϵ comparado à *A. rosiodora* foi detectado para *Anadenanthera falcata*, de 26,1 MPa (WENHUI, 1998) precedido de outras 6 espécies. *Cussonia barteria* e outras nove espécies apresentaram ϵ menor em comparação à espécie estudada, esta apresentou 3,83 MPa, de acordo com Le Roux e Bariac (1998), identificadas na Tabela 6.

Tabela 6. Valores do Potencial hídrico no ponto de perda de turgor – Ψ_{PPT} (MPa), Potencial osmótico no máximo turgor - P_o (MPa), e Módulo de elasticidade - ϵ (MPa) para diferentes espécies decíduas de bioma tropical seco.

Biomias	Ψ_{PPT} (MPa)	P_o (MPa)	ϵ (MPa)	Referências
<i>Aegiphila lhotzkiana</i>	-1,05	-1,25		Hao et al. 2008
<i>Aegiphila selloArbóreoiana</i>	-1,08	-1,2		Hao et al. 2008
<i>Anacardium nanum</i>	-1,36	-1,45	12,76	Wenhui 1998
<i>Anadenanthera falcata</i>	-2,25	-2,6	26,1	Wenhui 1998
<i>Astronium graveolens</i>	-1,15	-2,07		Olivares e Medina 1992
<i>Bauhinia holophylla</i>	-1,52	-1,98	8,03	Wenhui 1998
<i>Bauhinia variegata</i>	-1,54	-1,93	5,04	Shrestha et al. 2008
<i>Bursera simaruba</i>	-0,55	-0,69		Olivares e Medina 1992
<i>Crossopteryx febrifuga</i>	-1,44	-1,73	11,48	Le Roux e Bariac 1998
<i>Cussonia barteria</i>	-1	-1,37	3,83	Le Roux e Bariac 1998
<i>Erioteca gracilipes</i>	-2,1	-2,75	17,73	Wenhui 1998
<i>Erythroxylon cumanensis</i>	-2,11	-3,02		Olivares e Medina 1992
<i>Erythroxylon densum</i>	-2,07	-2,94		Olivares e Medina 1992
<i>Erythroxylon orinocense</i>	-1,08	-1,64		Olivares e Medina 1992

<i>Erythroxylum suberosum</i>	-2,12	-2,6	20,07	Wenhui 1998
<i>Humboldtella arborea</i>	-1,97	-2,46	7,34	Sobrado 1986
<i>Lonchocarpus dipteroneurus</i>	-1,84	-2,32	9,54	Sobrado 1986
<i>Mansoa verrucifera</i>	-2,23	-2,51	9,94	Sobrado 1986
<i>Qualea dichotoma</i>	-2,36	-2,7	22,45	Wenhui 1998
<i>Qualea grandifolia</i>	-1,91	-2,2	17,54	Wenhui 1998
<i>Sapindus saponaria</i>	-1,58	-2,14		Olivares e Medina 1992
<i>Stryphnodendron barbadetima</i>	-2,2	-2,55	25,68	Wenhui 1998
<i>Stryphnodendron obovatum</i>	-1,99	-2,5	14,44	Wenhui 1998
<i>Styrax pohlii</i>	-2,07	-2,46		Hao et al. 2008
<i>Tabebuia chrysantha</i>	-0,99	-1,49		Olivares e Medina 1992
<i>Tibouchina stenocarpa</i>	-1,32	-1,69	9,38	Wenhui 1998
<i>Tocoyena formosa</i>	-2,38	-2,8	20,83	Wenhui 1998

Fonte: Adaptado de Bartlett et al. (2012a).

4.4 Implicações Silviculturais

A espécie *A. rosiodora*, nos primeiros anos de seu estabelecimento, sofre com altos índices de mortalidade (ROSA et al., 1997; FONSECA, 2007; SILVA, 2021) que acarreta em altos custos para o produtor com a manutenção do plantio e replantio de mudas mortas. Essa alta taxa de mortalidade pode estar relacionada a condições de estresse biótico e/ou abiótico (luz, água e nutrientes).

Quanto à estresse abiótico, causado pela elevada irradiância, Gonçalves et al. (2005) demonstraram que *A. rosiodora* não tolera condições de alta irradiância e que apresenta maior acúmulo de biomassa em condições intermediárias de luminosidade e quando é submetida a condições de baixa ou alta luminosidade tende a inibir o crescimento e as taxas fotossintéticas. Diante disto, fica evidente que a exposição da espécie em campo à alta luminosidade, como geralmente ocorre em plantios, pode promover perdas de mudas e redução de desenvolvimento.

Além disso, Atroch (2008) demonstrou que mesmo que haja declínio de crescimento e redução de trocas gasosas, a *A. rosiodora* apresenta capacidade de recuperar-se de estresses hídricos, somados ao resultados obtidos nessa pesquisa, as mudas dessa espécie são capazes de tolerar de moderados a elevados níveis de estresse hídrico e, portanto, não é um fator que, isoladamente, pode afetar o estabelecimento inicial da mesma.

Dado o exposto, é indiscutível a necessidade de realizar estudos que investiguem a interação entre os fatores luz e água, tanto em ambientes controlados, como casas de vegetação, quanto em plantios, para que se possa compreender os mecanismos fisiológicos que atuam no desempenho das mudas em estabelecimento inicial e para que seja possível separar os efeitos dos fatores de estresse.

5. CONCLUSÕES

A espécie *Aniba rosiodora* Ducke demonstra que é capaz de tolerar moderados níveis de estresse hídrico, mantendo a funcionalidade da planta que é dependente do turgor foliar, tais como, abertura dos estômatos e absorção de água do solo.

Este estudo evidencia que, provavelmente, o estresse hídrico isolado não é um fator limitante ao estabelecimento inicial das mudas de *A. rosiodora* em condições de plantios. Ademais, esses resultados demonstram que estudar isoladamente os fatores ambientais não é suficiente para definir as causas das altas taxas de mortalidade em campo, por isso, recomenda-se novos estudos que aliem condições de estresse hídrico e estresse por luz, em diferentes ambientes para a *A. rosiodora*, para que seja possível conhecer as implicações causadas por esses fatores.

6. REFERÊNCIAS

AMARAL, Bianca Cristina dos Santos Oliveira Rolim do. OS ÓLEOS ESSENCIAIS NO COMÉRCIO EXTERIOR: INDICADORES DO ANO DE 2015. **Perspectiva: Educação, Gestão e Tecnologia**. FATEC, Itapiranga. v.8 n.15, janeiro-junho, 8 p. 2019.

BALTZER, Jennifer L. et al. The role of desiccation tolerance in determining tree species distributions along the Malay–Thai Peninsula. **Functional Ecology**, v. 22, n. 2, p. 221-231, 2008.

BARTLETT MK, SCOFFONI C, ARDY R, Zhang Y, Sun S, Cao K, Sack L. Rapid determination of comparative drought tolerance traits: using an osmometer to predict turgor loss point. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 3, n. 5, p. 880-888, 2012b.

BARTLETT MK, SCOFFONI C, SACK L. The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: a global meta-analysis. **Ecology Letters**, v. 15, n. 5, p. 393-405, 2012a.

BARTLETT MK, ZHANG Y, KREIDLER N, Sun S, Ardy R, Cao K, Sack L. Global analysis of plasticity in turgor loss point, a key drought tolerance trait. **Ecology Letters**, v. 17, n. 12, p. 1580-1590, 2014.

BIZZO, Humberto R.; HOVELL, Ana Maria C.; REZENDE, Claudia M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. Rio de Janeiro. **Quim. Nova**, Vol. 32, No. 3, 588-594, 2009.

CAMARGO, José Luís Campana; FERRAZ, Isolde Dorothea Kossmann. Notas taxonômicas de *Aniba rosaeodora* Ducke. **Uso E Conservação Do Pau-Rosa-Aniba Rosaeodora Ducke**. EDUA. 2016. 9-17 p.

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

CHOAT, Brendan; SACK, Lawren; HOLBROOK, N. Michele. Diversity of hydraulic traits in nine *Cordia* species growing in tropical forests with contrasting precipitation. **New Phytologist**, v. 175, n. 4, p. 686-698, 2007.

CLIFFORD, Sean C. et al. The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphus mauritiana* (Lamk.). **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 323, p. 967-977, 1998.

CORDEIRO, Yvens EM et al. Physiological and morphological responses of young mahogany (*Swietenia macrophylla* King) plants to drought. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 7, p. 1449-1455, 2009.

CNCFlora. *Aniba rosaeodora* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em

<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aniba_roseodora>. Acesso em 18 outubro 2022.

DA MATTA, F. M. et al. Water relations of coffee leaves (*Coffea arabica* and *C. canephora*) in response to drought. **Journal of Horticultural Science**, v. 68, n. 5, p. 741-746, 1993.

DE MORAES CAMPOS, Anna Júlia; SANTOS, Sarah Medeiros; NACARATH, Inaia Rhavene Freire Fagundes. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 15, pág. e311101523155-e311101523155, 2021.

DOSS, Basil D.; ASHLEY, D. A.; BENNETT, O. L. Effect of Soil Moisture Regime on Root Distribution of Warm Season Forage Species 1. **Agronomy Journal**, v. 52, n. 10, p. 569-572, 1960.

ATROCH, Eva Maria Alves Cavalcanti. Efeitos da disponibilidade hídrica e de diferentes condições de irradiância sobre o crescimento, características fotossintéticas e o acúmulo de óleos voláteis em plantas de *Aniba roseodora* Ducke e *Aniba canelilla* (Kunth) Mez (Lauraceae). 2008.

FONSECA, Gisele Cândida Freitas da et al. Análise da Sobrevivência e Desenvolvimento de Mudas de Pau-Rosa (*Aniba roseodora* Ducke) em Clareiras Artificiais. **Dissertação** (Mestrado). 2007.

GONÇALVES, J. F. de C. et al. Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba roseodora* Ducke) under different light intensities. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 3, p. 325-334, 2005.

GONÇALVES, José Francisco de Carvalho; SILVA, Carlos Eduardo Moura da; GUIMARÃES, Diogo Gato. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 44, p. 8-14, 2009.

HAO, Guang-You et al. Differentiation of leaf water flux and drought tolerance traits in hemiepiphytic and non-hemiepiphytic *Ficus* tree species. **Functional Ecology**, v. 24, n. 4, p. 731-740, 2010.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. O extrativismo do óleo essencial de pau-rosa na Amazônia. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**. Belém. 32 p. 2003.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. **Políticas para expansão do plantio de Pau-rosa na Amazônia**. Uso e Conservação do Pau-rosa-*Aniba roseodora* Ducke. INPA, 2026, v.1, p. 137-147.

HOPKINS WG. Introduction to Plant Physiology. **2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.**, 512p, 2000.

KOIDE, R. T.; ROBICHAUX, R. H.; MORSE, S. R.; SMITH, C. M. Plant water status, hydraulic resistance and capacitance. *In*: PEARCY, R. W.; EHLERINGER, J. R.; MOONEY, H. A.; RUNDEL, P. W. (orgs.). **Plant Physiological Ecology: Field methods and instrumentation**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1989. p. 161–183.

KRAINOVIC, Pedro Medrado. Plantios de pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) estabeleci idos em áreas com histórico de uso por atividades agrícolas e pecuárias. **Dissertação Ciências de Florestas Tropicais (CFT)**. 116 p. 2011.

KUBITZKI, Klaus; RENNER, Susanne. Lauraceae I (*Aniba* e *Aiouea*). **Flora Neotropica**. New York. US.: New York Botanical Garden. 1982. v. 31, 25 p.

LAMBERS, Hans; OLIVEIRA, Rafael S. **Plant Physiological Ecology**. Springer, Cham,. 384 p. 2019.

LARCHER W. **Ecofisiologia vegetal**. Translation: Prado CHBA. 1st ed. São Carlos: Rima. 2006.

LIMA, Renata Braga Souza. Características fisiológicas e conteúdo de óleos voláteis em folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em diferentes períodos de precipitação, na Amazônia Central. Dissertação Biologia Tropical e Ciências Florestais- **INPA**, 83 p. 2006.

MAIA, José Guilherme S.; MOURÃO, Rosa Helena V. Amazon rosewood (*Aniba rosaeodora* Ducke) oils. *In*: **Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety**. Academic Press, 2016. p. 193-201.

MAGALHÃES, L. M. S.; ALENCAR, J. C. Fenologia do pau0srosa (*Aniba duckeii* Kostermans),Lauraceae, em floresta primária na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 9, n. 2, p. 227-232, 1979.

MORANDO R,Silva AO, Carvalho LC, Pinheiro MPMA. Déficit hídrico: efeito sobre a cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.3, n. especial, p.114-129, 2014.

MOREIRA, K. A. S. Mecanismos hidráulicos de tolerância à seca de *Bertholletia excelsa* Bonpl. 2021. 48 fls. **Monografia**. Universidade do Estado do Amazonas, Itacoatiara, Amazonas, 2021.

NIINEMETS, Ülo. Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area, density, and thickness in trees and shrubs. **Ecology**, v. 82, n. 2, p. 453-469, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M.C. ; SILVA JR, J. R. Resistência estomática, tensão de água no xilema e teor de clorofila em genótipos de gravioleira. **Scientia Agrícola**, v. 58, p. 491-495, 2001.

OHASHI, Selma Toyoko; ROSA, Leonilde dos Santos; MEKDECE, Fátima Silva. Influência do diâmetro e da altura de corte das cepas na brotação de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). **Revista de Ciências Agrárias - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, n. 41, p. 137-144, 2004.

OLIVARES, Elizabeth; MEDINA, Ernesto. Water and nutrient relations of woody perennials from tropical dry forests. **Journal of Vegetation Science**, v. 3, n. 3, p. 383-392, 1992.

PATAKAS, A. et al. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. **Plant science**, v. 163, n. 2, p. 361-367, 2002.

PAGTER, Majken; BRAGATO, Cláudia; BRIX, Hans. Tolerância e respostas fisiológicas de *Phragmites australis* ao déficit hídrico. **Botânica Aquática**, v. 81, n. 4, pág. 285-299, 2005.

DA RIBEIRO, J. E. L. S, Hopkins M, Vicentini A, Sothers C, da Costa MA S, de Brito JM, et al. **Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA-DFID, 1999.

ROSA, L. dos S. et al. Crescimento e sobrevivência de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) oriundas de três procedências, em função de diferentes níveis de sombreamento, em condições de viveiro. **Boletim**. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, v. 28, p. 37-62, 1997.

ROSADO, Bruno Henrique P.; DE MATTOS, Eduardo A. Interspecific variation of functional traits in a CAM-tree dominated sandy coastal plain. **Journal of Vegetation Science**, v. 21, n. 1, p. 43-54, 2010.

ROUX, X. Le; BARIAC, Thierry. Seasonal variations in soil, grass and shrub water status in a West African humid savanna. **Oecologia**, v. 113, n. 4, p. 456-466, 1998.

SACK, L., Cowan, P.D., Jaikumar, N. & Holbrook, N.M. (2003). The hydrology of leaves: co-ordination of structure and function in temperate woody species. **Plant Cell Environ.**, 26, 1343–1356.

SACK, L.; PASQUET-KOK, J.; CONTRIBUTORS, P. Leaf pressure-volume curve parameters. **PrometheusWiki website: <http://prometheuswiki.org/tiki-index.php>**, 2011. Acesso em: 16 de set. 2022.

SAITO, T.; TERASHIMA, I. Decréscimos reversíveis no módulo de elasticidade do volume de folhas maduras de espécies decíduas *Quercus* submetidas a dois tratamentos de seca. **Plant, Cell & Environment**, v. 27, n. 7, pág. 863-875, 2004.

SAMPAIO, Paulo de Tarso B. et al. Avaliação rebrota da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em sistema de podas sucessivas. **Acta Amazonica**, v. 37, p. 55-60, 2007.

SAMPAIO, Paulo de Tarso B. et al. **Uso e Conservação do pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke)**. EDUA, 164 p. 2016.

SAMPAIO, Paulo de Tarso Barbosa et al. Silvicultura do pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). In: HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; SAMPAIO, P. de TB; MARENCO, RA; FERRAZ, J.; SALES, PC de; SAITO, M.; MATSUMOTO, S.(Org.). **Projeto Jacaranda fase II: pesquisas florestais na Amazônia Central**. Manaus: Inpa, 179-190p. 2003.

SCOFFONI, Christine et al. Decline of leaf hydraulic conductance with dehydration: relationship to leaf size and venation architecture. **Plant Physiology**, v. 156, n. 2, p. 832-843, 2011.

SCOFFONI, Christine et al. The rapid light response of leaf hydraulic conductance: new evidence from two experimental methods. **Plant, Cell & Environment**, v. 31, n. 12, p. 1803-1812, 2008.

SHRESTHA, Bharat B. et al. Phenology and water relations of eight woody species in the Coronation Garden of Kirtipur, central Nepal. **Himalayan Journal of Sciences**, v. 4, n. 6, p. 49-56, 2007.

SILVA, G. P. Estabelecimento inicial de *Aniba rosaeodora* Ducke em plantios comerciais sobre solo com variações texturais na Amazônia Central. 43 fls. **Monografia**. Universidade do Estado do Amazonas, Itacoatiara, Amazonas, 2021.

SOBRADO, M. A. Tissue water relations and leaf growth of tropical corn cultivars under water deficits. **Plant, Cell & Environment**, v. 9, n. 6, p. 451-457, 1986.

TAIZ L; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal. 6º edição - Artmed**, Porto Alegre; 2017.

TURNER NC; KRAMER PJ. Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stresses. **New York: Wiley Interscience**, p. 383-399, 1980.

TURNER, Neil C.; BEGG, John E. Plant-water relations and adaptation to stress. **Plant and soil**, v. 58, n. 1, p. 97-131, 1981.

TYREE, M. T.; HAMMEL, H. T. The Measurement of the Turgor Pressure and the Water Relations of Plants by the Pressure-bomb Technique. **Journal of experimental botany**, v. 23, n. 1, p. 267-282, 1 fev. 1972. Acesso em: 25 set. 2022.

VIEIRA, Gil; SPIRONELLO, Wilson Roberto; SAMPAIO, Paulo de Tarso Barbosa. Ecologia reprodutiva do pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). **Uso E Conservação Do Pau-Rosa - *Aniba rosaeodora* Ducke**, p. 19-32, 2016.

WENHUI, Zhang. Water relations balance parameters of 30 woody species from Cerrado vegetation in the wet and dry season. **Journal of Forestry Research**, v. 9, n. 4, p. 233-239, 1998.

WHITE, Don A.; TURNER, Neil C.; GALBRAITH, Jeffrey H. Leaf water relations and stomatal behavior of four allopatric Eucalyptus species planted in Mediterranean southwestern Australia. **Tree Physiology**, v. 20, n. 17, p. 1157-1165, 2000.

ZONTA JH, BRANDÃO ZN, JIS, Sofiatti V. Resposta do algodoeiro ao déficit hídrico em diferentes fases de crescimento. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 980-990, 2017.