



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS II – AREIA-PB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

ESTER DOS SANTOS COELHO

**ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DE *Palicourea racemosa* (Aubl.) Borhidi EM FUNÇÃO DA
SAZONALIDADE**

**AREIA
2019**

ESTER DOS SANTOS COELHO

**ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DE *Palicourea racemosa* (Aubl.) Borhidi EM
FUNÇÃO DA SAZONALIDADE**

Trabalho de graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, do
Centro de Ciências Agrárias, da
Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento às exigências para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Bandeira
de Albuquerque

Coorientador: Me. João Everthon da
Silva Ribeiro

**AREIA
2019**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C672a Coêlho, Ester dos Santos.

Aspectos ecofisiológicos de *Palicourea racemosa* (Aubl.)
Borhidi em função da sazonalidade / Ester dos Santos
Coêlho. - Areia, 2019.

32 f. : il.

Orientação: Manoel Bandeira de Albuquerque.
Coorientação: João Everthon da Silva Ribeiro.
Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Sub-bosque. 2. Taxa fotossintética. 3. Respostas
ecofisiológicas. 4. Rubiaceae. 5. Disponibilidade
hídrica. I. Albuquerque, Manoel Bandeira de. II.
Ribeiro, João Everthon da Silva. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA


ESTER DOS SANTOS COELHO

**ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DE *Palicourea racemosa* (Aubl.) Borhidi EM
FUNÇÃO DA SAZONALIDADE**

Trabalho de graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, do
Centro de Ciências Agrárias, da
Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento às exigências para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 11/10/19

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque
Universidade Federal da Paraíba (UFPB - CCA)



Me. Arliston Pereira Leite
Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal da Paraíba (UFPB - CCA)



Me. Francisco Romário Andrade Figueiredo
Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

OFEREÇO

*A minha mãe,
Tereza Helena Silva Coêlho.*

*À minha família, que sempre abraça os meus sonhos com
todo apoio e compreensão que preciso.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, Autor e Consumador da minha fé por todas as obras realizadas na minha vida, pela graça, pela bondade constante e amor zeloso que me cerca. Por me proporcionar uma caminhada cheia de bênçãos e sobretudo, de desafios que me ensinam.

A minha mãe-vó Tereza Helena Silva Coêlho, por ser um porto seguro aqui na terra, me encorajando e dizendo palavras que preciso ouvir, por ter me feito uma menina-mulher sonhadora, e por ter me conduzido no melhor caminho da vida, o de Cristo.

Ao meu pai Marcillo e sua esposa Neuza Jorge, e as minhas tias Mariane Medeiros e Marcia Helena, por todo incentivo e força, por serem pessoas que posso contar em todas as situações, e que me ensinam o significado da palavra família, me impulsionando a seguir.

A minha irmã Ana Maíra, e meus primos Antonio Neto, Bernardo Medeiros, Maria Valentina e Pedro Henrique, por colorirem a minha vida com sorrisos sinceros, regando a minha alma com afeto contínuo, e me incluindo também em todas as suas conquistas e vitórias.

A minha mãe Glória Santos por ser exemplo de garra e humildade, me condicionando ensinamentos e lições, por toda preocupação e confiança, e aos meus irmãos Erick Santos e Andrey Lima por toda a torcida e amor, por compartilhar comigo sonhos e todos os momentos da vida.

A minha bisavó Luzia Rita e meu bisavô Geraldo Manoel (*in memoriam*), por serem exemplos de vida para mim, referencial de amor e justiça, por terem me ensinado valores e pela contribuição na construção do meu caráter.

Ao meu noivo Everthon Ribeiro, pela cumplicidade, amor, carinho e imensa paciência, por ser parceiro e encher os meus dias de afeto, sendo o melhor de Deus pra mim.

Ao meu amigo Ewerton Barbosa, por toda a amizade, sinceridade, carinho, por dividirmos desde o ensino médio nossas alegrias e dificuldades, sempre agindo com reciprocidade, e pelo amor de irmão que nos vincula.

A minha turma 2014.2, em especial aos amigos que a Agronomia me presenteou, Heloísa Martins, Josias Jerônimo, e Nathália Lima, poder conhecer e conviver com pessoas como vocês é presente divino, por podermos construir laços que vão além da graduação.

Aos meus amigos Huana Felix, Anderson Felix e Rafa Ribeiro, por celebrarem comigo vitórias alcançadas, pelo carinho e amor, e por sempre podermos contar uns com os outros.

Ao Prof. Dr. Manoel Bandeira, pela orientação, por todas as oportunidades que me concedeu, pela confiança e todos os ensinamentos transmitidos, a todos os integrantes do Laboratório de Ecologia Vegetal (LEV), em especial meu amigo Romário Figueiredo pela ajuda no desenvolvimento dos trabalhos.

Ao Centro de Ciências Agrárias (UFPB – Campus II) pelo apoio institucional, a todos os professores da minha graduação por todo conhecimento transmitido, cada um com sua particularidade, construindo princípios e fortalecendo ainda mais a minha paixão pela agronomia.

Aos funcionários do CCA – UFPB por toda educação e humildade com que tratam os alunos, sendo pessoas que ajudam e que torcem para nosso sucesso profissional.

Aos professores Walter Esfrain, Rejane Pereira e Thiago Jardelino, por terem concedido equipamentos fundamentais para a realização da pesquisa.

Aos membros da banca Me. Arliston Leite e Me. Romário Figueiredo, pela disponibilidade, e por toda a colaboração com a pesquisa.

A todos que contribuíram na minha formação profissional, que me ajudaram de maneira direta ou indireta, e a todos que torcem por mim.

Muito obrigada.

*“Não tenho palavras pra agradecer Tua bondade
Dia após dia me cercas com fidelidade
Nunca me deixes esquecer que tudo que tenho
Tudo o que sou
E o que vier a ser
Vem de Ti, Senhor.
Dependo de Ti, preciso de Ti
Sozinho nada posso fazer.” (Vem de Ti, Senhor – Diante do Trono)*

RESUMO

Palicourea racemosa é uma espécie de sub-bosque pertencente à família Rubiaceae que pode ter os aspectos fisiológicos afetados por mudanças sazonais do ambiente, as quais podem ocasionar a fotoinibição da fotossíntese em virtude de uma excessiva luminosidade. O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da sazonalidade nos aspectos ecofisiológicos de *P. racemosa*. Para isso, a mensuração das variáveis foi realizada mensalmente em 10 indivíduos ao longo de dez meses. As variáveis ambientais analisadas foram o índice de área foliar do dossel, radiação fotossinteticamente ativa, fração de céu visível, precipitação, umidade do solo, temperatura da superfície do solo (0 cm), temperatura do solo (20 cm), e temperatura do ar. As variáveis ecofisiológicas avaliadas foram a condutância estomática, taxa de fotossíntese, transpiração, carbono interno, eficiência do uso da água, eficiência intrínseca do uso da água, eficiência instantânea de carboxilação, clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total. Para análise dos dados, foi realizada Análise de Correlação Canônica (ACC) e Análise de Componentes Principais (ACP), para verificar associações entre o grupo I (variáveis ambientais) e o grupo II (variáveis ecofisiológicas). Em seguida, os dados ecofisiológicos foram submetidos a análise de variância e utilizou-se o teste de Tukey para comparação das médias. Houve uma forte associação da umidade do solo, precipitação e índice de área foliar com as variáveis ecofisiológicas. Com exceção da eficiência intrínseca do uso da água e eficiência instantânea de carboxilação, todas as variáveis ecofisiológicas diferiram significativamente ao longo dos meses. Portanto, a sazonalidade influencia nas respostas ecofisiológicas de *P. racemosa*.

Palavras-chave: Sub-bosque; Taxa fotossintética; Respostas ecofisiológicas; Rubiaceae; Disponibilidade hídrica.

ABSTRACT

Due to its shaded habitat, *P. racemosa* is a species of understory belonging to the Rubiaceae family that may be affected by seasonal changes in the environment. The aim of the present study was to evaluate the effects of seasonality on ecophysiological aspects of *P. racemosa*. For this, the variables were measured monthly in 10 individuals over ten months. The environmental variables analyzed were leaf area index (IAF), photosynthetically active radiation (RFA), visible sky fraction (FCV), precipitation, soil moisture, soil surface temperature (0 cm), soil temperature (20 cm), and air temperature. The ecophysiological variables evaluated were stomatal conductance, photosynthesis rate, transpiration, internal carbon, water use efficiency, intrinsic water use efficiency, instantaneous carboxylation efficiency, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll. For data analysis, a Canonical Correlation Analysis (ACC) and Principal Component Analysis (ACP) were performed to verify associations between group I (environmental variables) and group II (ecophysiological variables). Then, the ecophysiological data were subjected to analysis of variance and the Tukey test was used to compare the means. It was observed a strong association of soil moisture, precipitation and LAI with ecophysiological variables. Except for the intrinsic water use efficiency and instantaneous carboxylation efficiency, all ecophysiological variables showed significant differences over the months. Therefore, the influence of seasonality on the ecophysiological responses of *P. racemosa*.

Keywords: Understory; Photosynthesis rate; Ecophysiological responses; Rubiaceae; Water availability.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Localização geográfica e indivíduos de *P. racemosa* no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia, Paraíba, Brasil..... 3
- Figura 2:** Precipitação pluviométrica e temperatura registradas na Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, município de Areia, PB, nos respectivos meses de coleta em 2018. (Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET))..... 3
- Figura 3:** Análise de Componentes Principais (PCA1 e PCA2) entre as variáveis ambientais e ecofisiológicas em indivíduos de *P. racemosa*. As abreviações estão contidas na Tabela 3..... 8
- Figura 4:** Precipitação (A), umidade do solo (B) e índice de área foliar do dossel (C) mensurados ao longo dos meses, no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia-PB..... 10
- Figura 5:** Taxa de fotossíntese- A (A), condutância estomática- gs (B), transpiração- E (C) e concentração de carbono interno- Ci (D) comparadas entre si pelo teste de Tukey, juntamente com a precipitação (mm), umidade do solo (%) e índice de área foliar do dossel (IAF) em *P. racemosa*, mensurados ao longo dos meses, no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia-PB..... 11
- Figura 6:** Eficiência do uso da água- EUA(A), eficiência intrínseca do uso da água EiUA (B) e eficiência instantânea de carboxilação- EiC (C) comparadas entre si pelo teste de Tukey, juntamente com a precipitação (mm), umidade do solo (%) e índice de área foliar do dossel (IAF) em *P. racemosa*, mensurados ao longo dos meses no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia-PB..... 12
- Figura 7:** Índice de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B) e clorofila total (C) comparadas entre si pelo teste de Tukey, juntamente com a precipitação (mm), umidade do solo (%) e índice de área foliar do dossel (IAF) em *P. racemosa*,

mensurados ao longo dos meses, no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia-PB.....	13
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Propriedades químicas e granulométricas do solo na profundidade de 0-20 cm no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia, PB.....	4
Tabela 2: Teste multivariado Lambda de Wilks (aproximação da distribuição F).....	6
Tabela 3: Correlações canônicas e par canônico entre características do grupo I (variáveis ambientais) e II (variáveis ecofisiológicas).....	6

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
INTRODUÇÃO	1
MATERIAL E MÉTODOS	2
Área de estudo	2
Coleta de dados.....	2
Trocas gasosas	4
Índices de clorofila	4
Índices de estrutura do dossel.....	4
Umidade e temperatura do solo	5
Análise dos dados	5
RESULTADOS E DISCUSSÃO	5
Influência de fatores ambientais na ecofisiologia de <i>P. racemosa</i>	5
Análise dos aspectos ecofisiológicos ao longo dos meses	8
CONCLUSÕES	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14

INTRODUÇÃO

A família Rubiaceae abrange 124 gêneros e 1.382 espécies nativas com ocorrência na maioria dos biomas brasileiros, sendo presente em diversos estratos de vegetação (Barbosa et al., 2015; BFG, 2015). Deste modo, esta família destaca-se devido sua diversidade em termos de características morfológicas, apresentando diferentes hábitos como árvore ou arbusto, erva e liana (Delprete; Jardim, 2012; Ferreira Junior; Vieira, 2015). Dentre os diversos gêneros que compõe a família, o *Palicourea* está representado por 66 espécies no Brasil, sendo 26 endêmicas, entre essas a *P. racemosa* (Taylor; Hollowell, 2016; Borhidi, 2017).

Palicourea racemosa (Aubl.) Borhidi. é uma espécie de sub-bosque distribuída do sul do México até a América do Sul e é caracterizada morfológicamente como um arbusto que geralmente atinge 2 metros de altura (Fajardo-Gutiérrez et al., 2012). A importância da espécie nas regiões de ocorrência se dá tanto para economia, através do uso de suas propriedades fitoquímicas para produção de fármacos, quanto na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas (Mendonça et al., 2013).

As espécies de sub-bosque podem ser influenciadas por vários fatores abióticos (Lage-Pinto et al., 2015), principalmente, luminosidade (Leal 2016), disponibilidade hídrica (Marengo et al., 2014) e temperatura (Taiz et al., 2017). Deste modo, esses fatores podem ser alterados de acordo com as diferentes condições do ambiente, e por essa razão podem modificar as respostas ecofisiológicas das plantas (Silva et al., 2010). A variação sazonal nas taxas de trocas gasosas envolve condições de déficit de pressão de vapor, temperatura do ar, precipitação e umidade do solo, que são características que passam por mudanças de acordo com cada estação do ano (Machado et al., 2006).

A intensidade luminosa e a disponibilidade hídrica afetam a atividade fotossintética das plantas (Marengo; Lopes, 2005). O mecanismo de abertura e fechamento estomático é regulado por esses fatores, bem como o controle da absorção de CO₂, afetando o desenvolvimento do vegetal (Costa; Marengo, 2007; Kaiser; Paoletti, 2014). A luminosidade no sub-bosque é decorrente da abertura repentina do dossel da floresta primária, geralmente ocasionada pela queda natural de folhas e/ou árvores, expondo as plantas à irradiância plena, podendo levar ao aumento da temperatura da folha, com possibilidades de promover a fotoinibição da fotossíntese (Houter; Pons, 2005; Kerbauy, 2012). Neste sentido, para análise da estrutura do dossel florestal, alguns índices vêm sendo utilizados para inferir sobre o grau de luminosidade no sub-bosque, a exemplo do

índice de área foliar do dossel, da fração de céu visível e da radiação fotossinteticamente ativa (Mendes et al., 2013).

As informações acerca da ecofisiologia de espécies de sub-bosque ainda são escassas, bem como os efeitos de fatores abióticos sobre a ecofisiologia de espécies florestais. Desta forma, o conhecimento da relação das plantas com o ambiente, pode contribuir para a elaboração de medidas que atuem na conservação das espécies, bem como das fitofisionomias em que ocorrem (Morellato et al., 2016). Diante disso, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da sazonalidade sobre os aspectos ecofisiológicos de *P. racemosa*.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A pesquisa foi realizada no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro (6°58'12" S e 35°42'15" W), localizado 5 km a oeste do município de Areia, estado da Paraíba, Nordeste do Brasil (Figura 1). A área de estudo apresenta cerca de 600 ha, a qual constitui uma unidade de conservação de domínio estadual (Barbosa et al., 2004). O clima da região é tropical, com temperatura média anual de 22°C, sendo classificado como Aw de acordo com Peel et al. (2007), o qual caracteriza-se como quente e úmido com chuvas de outono-inverno (Mayo; Fevereiro, 1982; Barbosa et al., 2004; Oliveira et al., 2006; Ribeiro et al., 2018). A precipitação anual varia em torno de 800 e 1.600 mm, e seu relevo é caracterizado como ondulado a forte ondulado (Silva et al., 2006).

A área de estudo é caracterizada como um fragmento florestal denominado Brejo de Altitude, sendo um dos mais representativos em extensão, na região Nordeste do Brasil.

Coleta de dados

Para a coleta dos dados ambientais e ecofisiológicos, dez indivíduos adultos foram selecionados aleatoriamente, sendo marcados e devidamente georreferenciados (Figura 1). As avaliações ocorreram durante os meses de janeiro à outubro de 2018, cujos dados climáticos (precipitação e temperatura) estão apresentados no diagrama ombrotérmico (Figura 2).

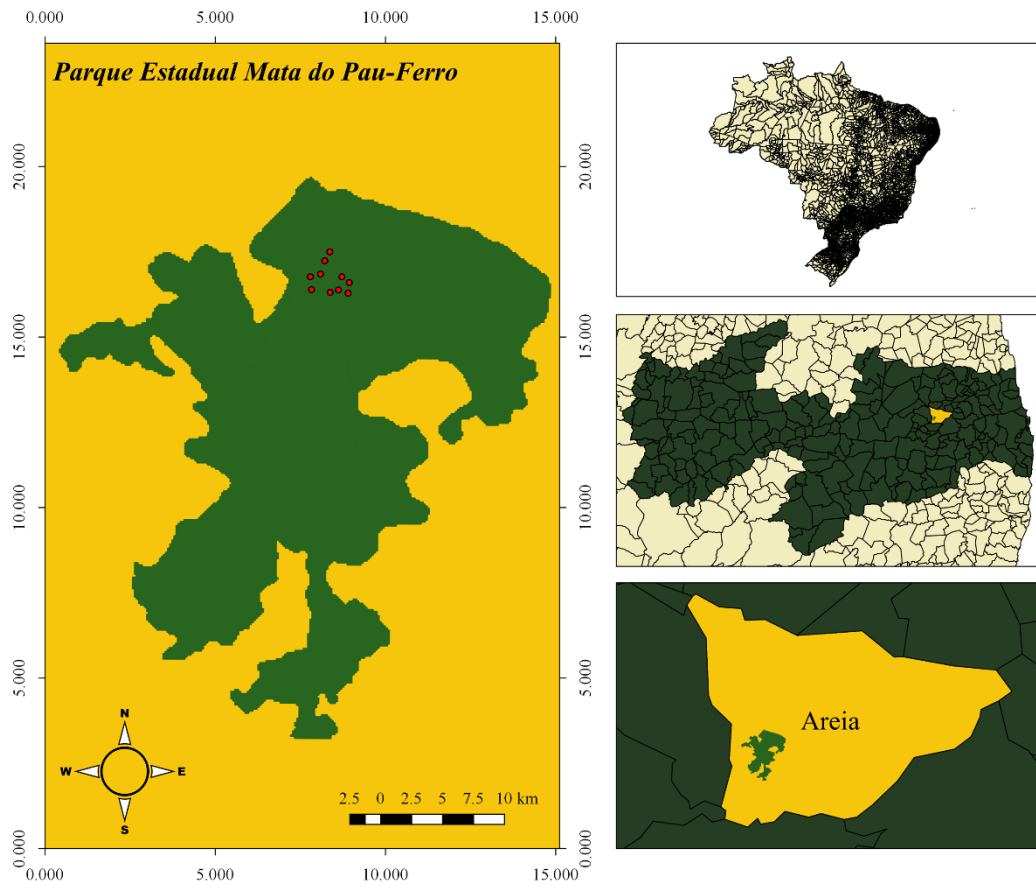


Figura 1: Localização geográfica dos indivíduos de *P. racemosa* no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia, Paraíba, Brasil.

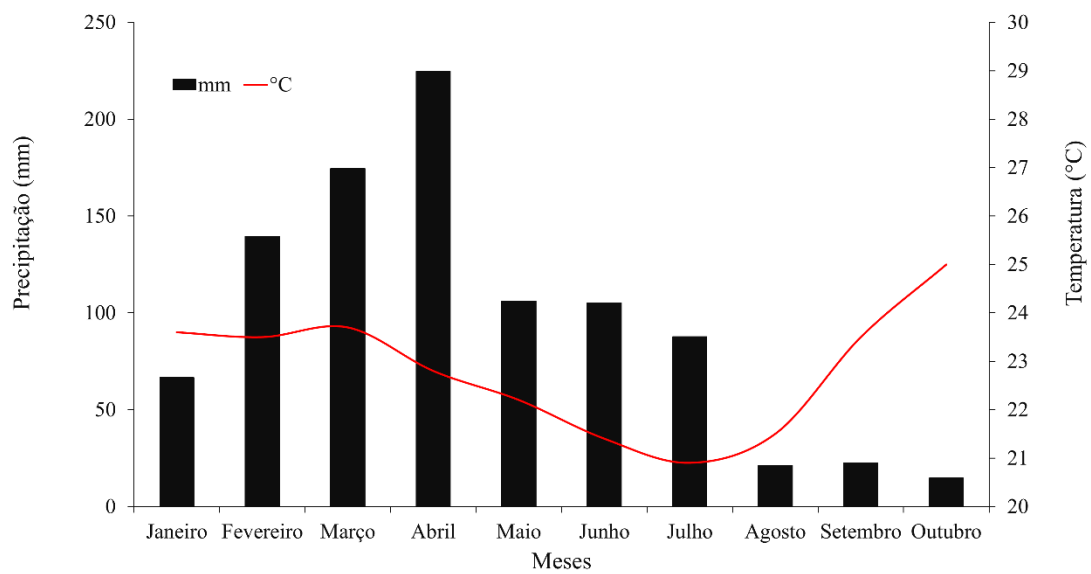


Figura 2: Precipitação pluviométrica e temperatura registradas na Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, município de Areia,

PB, nos respectivos meses de coleta em 2018 (Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)).

Como forma de caracterizar o solo da área, uma amostra superficial simples (0-20 cm de profundidade) foi coletada sob a copa de cada indivíduo de *P. racemosa*, e para submetê-las a análises físicas e químicas (Tabela 1) foram combinadas obtendo-se uma amostra composta.

Tabela 1: Propriedades químicas e físicas do solo na profundidade de 0-20 cm no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia, PB.

pH em H ₂ O	P	K	Na	H+Al	Al	Ca	Mg	SB	CTC	M.O.	Areia	Silte	Argila
	mg dm ³		cmolc dm ³							g kg ⁻¹	g kg ⁻¹		
5,21	6,76	104,89	0,08	9,74	0,75	0,50	3,55	8,44	18,18	58,55	650	163	187

SB= Soma de bases; CTC= Capacidade de trocas de cátions; MO= Matéria orgânica.

Trocas gasosas

As trocas gasosas foram medidas em folhas saudáveis localizadas no terço mediano de cada planta no período de 11:00 a 12:00 da manhã com um analisador de gás infravermelho- IRGA (LI-6400XT LI-COR®, Nebraska, USA). Foi mensurado a taxa de fotossíntese (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração de carbono interno (Ci) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$). A partir dos dados obtidos dessas variáveis, calculou-se a eficiência instantânea do uso de água (EUA, A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$], eficiência intrínseca do uso da água (EiUA, A/g) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e eficiência instantânea de carboxilação (EiC, A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$] (Zhang et al., 2001; Machado et al., 2005; Melo et al., 2009; Brito et al., 2012).

Índices de clorofila

A quantificação dos índices de clorofila *a*, *b* e total (Índice de Clorofila Falker, ICF) foram determinados pelo método não destrutivo, com um clorofilômetro portátil (ClorfiLOG®, modelo CFL 1030). Foram realizadas quatro leituras por planta, em folhas do terço médio, e em seguida calculou-se a média.

Índices de estrutura do dossel

A mensuração do índice de área foliar do dossel (IAF), fração de céu visível (FCV) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) deu-se por meio de imagens hemisféricas digitais, utilizando *Digital Plant Canopy Imager - CI-110 (CID)*. Essas medições foram realizadas acima dos indivíduos de *P. racemosa* presentes no sub-bosque da floresta. Tendo em vista, o alcance do maior contraste possível entre as folhas e o céu, as leituras foram realizadas em condições de luminosidade difusa (Whitford et al., 1995; Galvani; Lima, 2014).

Umidade e temperatura do solo

No período de leituras das variáveis ecofisiológicas, coletou-se amostras de solo para determinar o teor de umidade e temperatura. A umidade do solo (MS) foi mensurada a partir da equação gravimétrica, na qual: $U_{\text{solo}} (\%) = \frac{MU - MS}{MS} \cdot 100$, onde, MU = umidade do solo em %; MU = massa úmida da amostra (g); MS = massa seca da amostra (g) (Klein, 2008). A temperatura do solo foi obtida por meio do uso de um termômetro infravermelho digital portátil (Raytek, modelo MT6), a qual foi medida diretamente na superfície ($TS_{0\text{cm}}$) e na profundidade de 20 cm ($TS_{20\text{cm}}$).

Análise dos dados

Os dados foram submetidos a análise multivariada por meio da *Ánálise de Correlação Canônica (ACC)* e da *Ánálise de Componentes Principais (ACP)*, para verificar associações entre o grupo I (IAF, FCV, RFA, U_{solo} , $TS_{0\text{cm}}$, $TS_{20\text{cm}}$, Prec e T_{ar}) e grupo II (A, Ci, E, gs, EUA, EiUA, EiC, clorofila *a*, *b* e total). Utilizou-se, o teste multivariado de significância Lambda de Wilks (aproximação da distribuição F) para análise da significância das raízes canônicas. Para a análise das diferenças entre as variáveis ecofisiológicas ao longo dos meses, foi utilizado a análise de variância, e posteriormente o teste de Tukey para comparação das médias. A análise estatística foi realizada utilizando o software SAS[®] 9.3.5 (Cody, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Influência de fatores ambientais na ecofisiologia de *P. racemosa*

R1. De acordo com a ACC, houve correlação entre as variáveis ambientais e ecofisiológicas (Tabela 2). No entanto, apenas o primeiro e o segundo par canônico foram significativos, com R^2 de 0,979 e 0,784, respectivamente. Tais resultados são indicativos

da influência dos fatores ambientais sobre aspectos ecofisiológicos de *P. racemosa*. Ribeiro et al. (2018) em seu estudo encontrou resultados diferentes, com apenas um par canônico significativo.

Tabela 2: Teste multivariado Lambda de Wilks (aproximação da distribuição F).

Função canônica	R²	Fa	GL₁	GL₂	valor-p
1	0,979	7,35	80	528,6	< 0,0001
2	0,784	2,40	63	473,5	< 0,0001
3	0,500	1,15	48	417,3	0,238
4	0,435	0,82	35	359,9	0,754
5	0,248	0,41	24	301,2	0,994

Fa: valor de F aproximado; GL₁: graus de liberdade referente aos tratamentos; GL₂: graus de liberdade referente ao erro.

No primeiro par canônico, as variáveis de maior importância foram precipitação, umidade do solo e índice de área foliar do dossel (cc de 0,87, 0,79 e 0,69, respectivamente), correlacionando-se positivamente com condutância estomática (cc de 0,85), transpiração (cc de 0,80), clorofila *a* (cc de 0,75), clorofila total (cc de 0,74), clorofila *b* (cc de 0,72), carbono interno (cc de 0,70), taxa fotossintética (cc de 0,67), eficiência instantânea de carboxilação (cc de 0,65), eficiência instantânea do uso da água (cc de 0,63) e eficiência intrínseca do uso da água (cc de 0,59) (Tabela 3). De acordo com Hair et al. (2005) e Hair et al. (2009), a importância da variável é refletida no maior coeficiente canônico (cc).

Tabela 3: Correlações canônicas e par canônico entre características do grupo I (variáveis ambientais) e o grupo II (variáveis ecofisiológicas).

Variáveis	Par Canônico
Grupo I	
Índice de área foliar do dossel (IAF)	0,69
Fração de céu visível (FCV)	-0,19
Radiação fotossinteticamente ativa (RFA)	-0,06
Umidade do solo (U _{Solo})	0,79
Temperatura da superfície do solo (TS _{0cm})	-0,09

Temperatura do solo - 20 cm (TS _{20cm})	-0,45
Precipitação (Prec)	0,87
Temperatura (T _{ar})	-0,24
<hr/>	
Grupo II	
Taxa de fotossíntese (A)	0,67
Carbono interno (Ci)	0,70
Transpiração (E)	0,80
Condutância estomática (g _s)	0,85
Eficiência instantânea do uso da água (EUA)	0,63
Eficiência intrínseca do uso da água (EiUA)	0,59
Eficiência instantânea de carboxilação (EiC)	0,65
Clorofila <i>a</i> (Clor <i>a</i>)	0,75
Clorofila <i>b</i> (Clor <i>b</i>)	0,72
Clorofila total (Clor _{Total})	0,74
<hr/>	
R ²	0,98
Significância	**
<hr/>	
** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste do qui-quadrado; R = correlação canônica.	

A análise de componentes principais (ACP) concentrou 49,95% da variabilidade total dos dados nos dois primeiros eixos, com 32,89% (eixo 1) e 17,06% (eixo 2) (Figura 3). No eixo 1 (eixo principal), os autovetores de IAF, eficiência instantânea de carboxilação (EiC), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) estão agrupados na posição mais extrema à direita apresentando valores positivos, enquanto que RFA, TS_{0cm}, FCV, T_{ar}, TS_{20cm} estão agrupados na posição mais extrema à esquerda apresentando valores negativos, demonstrando dessa forma a distinção entre essas variáveis ambientais e as demais variáveis ecofisiológicas (Figura 3). É possível observar o registro de uma forte associação entre a condutância estomática (g_s), transpiração (E) e teor de clorofila total (Clor_{total}) com a precipitação, evidenciando a influência da disponibilidade hídrica no comportamento ecofisiológico em indivíduos de *P. racemosa* (Larcher, 2006; Marengo; Lopes, 2009). Do mesmo modo, constatou-se que a importância das condições hídricas para as plantas é essencial, visto que houve

também uma forte associação entre a umidade do solo (U_{solo}) com a clorofila a ($Clor_a$), clorofila b ($Clor_b$) e carbono interno (Ci) (Figura 3).

Por outro lado, o IAF apresentou associação com a eficiência instantânea de carboxilação (EiC), taxa fotossintética (A), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) (Figura 3). O IAF reflete a importância da avaliação da quantidade de luz em ambiente de floresta (Jarcuska, 2008), e a partir da análise dos resultados obtidos, fica evidente que a luminosidade interferiu nos aspectos ecofisiológicos de *P. racemosa* (Larcher, 2006; Marengo; Lopes, 2009; Taiz et al., 2017). De acordo com Campelo et al. (2015), a variação sazonal em aspectos ecofisiológicos de espécies florestais pode ser influenciada por meio de fatores edáficos, principalmente a disponibilidade hídrica.

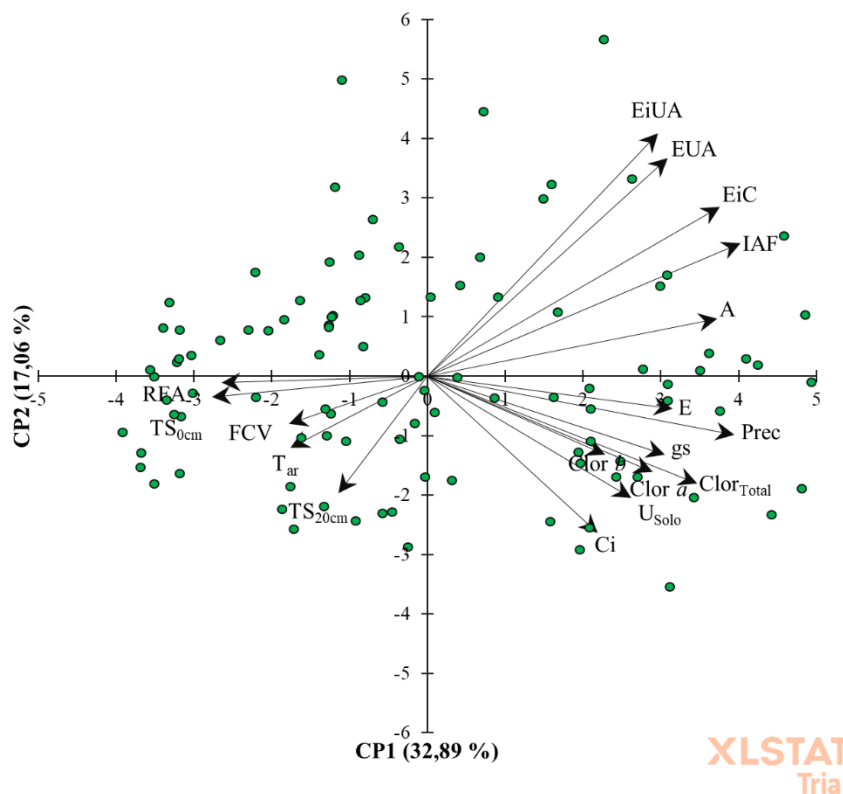


Figura 3: Análise de Componentes Principais (PCA1 e PCA2) entre as variáveis ambientais e fisiológicas em indivíduos de *P. racemosa*. As abreviações estão contidas na Tabela 3.

Análise dos aspectos ecofisiológicos ao longo dos meses

Os valores médios das variáveis ambientais que mais influenciaram nos aspectos ecofisiológicos de *P. racemosa* estão apresentados na Figura 4. Observou-se diferenças

significativas nas variáveis ecofisiológicas analisadas ao longo dos meses de estudo ($p \leq 0,05$), com exceção da eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) (Figura 5, 6 e 7).

Nas análises das trocas gasosas, os valores da taxa de fotossíntese (A) variaram entre $0,516 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (outubro) e $2,380 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (abril) (Figura 5A). Os maiores valores da taxa fotossintética foram encontrados nos meses de maior disponibilidade de água (Larcher, 2006; Tatagiba et al., 2008). A menor disponibilidade de luz no sub-bosque em virtude de maiores valores do índice de área foliar (IAF) em meses mais chuvosos, proporcionou resultados satisfatórios nas taxas fotossintéticas em plantas de *P. racemosa*. O IAF é determinante na interceptação de irradiância, sendo assim, uma redução do dossel, seja por ações antrópicas ou em épocas secas onde há perda das folhas, aumenta os níveis de irradiância no sub-bosque, ocasionando efeitos ecofisiológicos (Marengo; Vieira, 2005), como por exemplo a redução da taxa fotossintética em espécies que ocorrem neste estrato florestal.

A condutância estomática (gs) foi menor nos meses com menor disponibilidade hídrica e maior irradiância, variando de $0,019 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (setembro) à $0,082 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (abril) (Figura 5B). Segundo Mendes (2009), o mecanismo de abertura e fechamento estomático baseia-se na turgescência das células-guarda. Desta forma, evidencia-se que em épocas com excedente hídrico no solo, o qual aumenta a disponibilidade de água para as plantas, há uma maior abertura estomática o que pode ter contribuído para os maiores valores da taxa fotossintética encontrados no período chuvoso, contudo, quando submetidas a condições reduzidas de água e altas taxas de radiação solar, pode ser ocasionado o fechamento dos estômatos (Marengo; Lopes, 2007; Tatagiba et al., 2008).

Com relação a transpiração (E), observou-se tendência semelhante a condutância estomática (gs), os quais variaram entre $0,676 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (setembro) à $1,690 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (abril) (Figura 5C). A redução da transpiração deu-se nos meses com menor disponibilidade de água e menor IAF, o que pode ser explicado em decorrência do fechamento estomático, como sendo uma resposta da planta a redução hídrica disponível e a maior radiação solar (Alves et al., 2017). Tendo em vista esse aspecto, Ribeiro et. al. (2018) relatam em seu estudo em indivíduos de *Erythroxylum simonis* Plowman que o controle estomático menos rigoroso, em virtude de uma boa disponibilidade hídrica, acarreta maiores taxas transpiratórias.

A concentração de carbono interno (Ci) diminuiu em meses com menor IAF e menor quantidade de água disponível (Figura 5D). Os valores de carbono interno

variaram entre $241,24 \mu\text{mol mol}^{-1}$ e $407,51 \mu\text{mol mol}^{-1}$ (Figura 5D). A redução do carbono interno em virtude da maior irradiância e menor teor hídrico, pode ter ocorrido em razão de uma resistência à difusão do CO_2 nas folhas (Dias; Marengo, 2007), visto que a condutância estomática também diminuiu no mesmo período (Dalmagro et al., 2011). De acordo com Leal (2016), a intensidade da incidência de luz constitui-se como fator limitante no processo fotossintético, e pode ocasionar um declínio na aquisição de carbono. Sendo assim, a intensidade luminosa, disponibilidade hídrica e o carbono interno constituem fatores considerados limitantes para a fotossíntese, uma vez que restringem a movimentação de gás na folha (Kerbaui, 2012; Wehr et al., 2016; Aguiar-González et al., 2016).

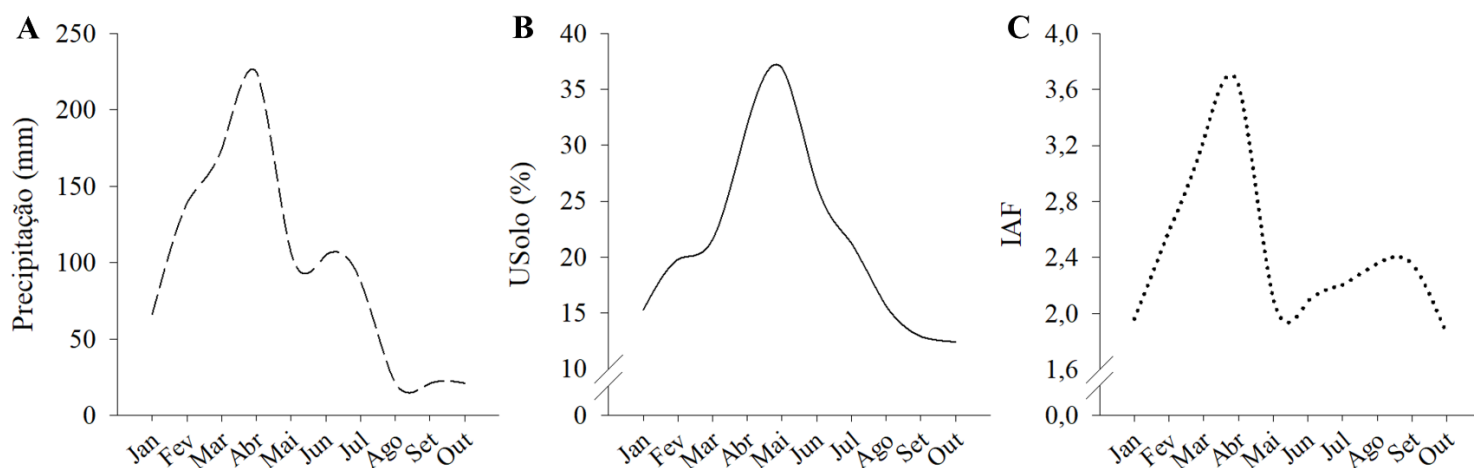


Figura 4: Precipitação (A), umidade do solo – USolo (B) e índice de área foliar do dossel - IAF (C) mensurados ao longo dos meses, no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia-PB.

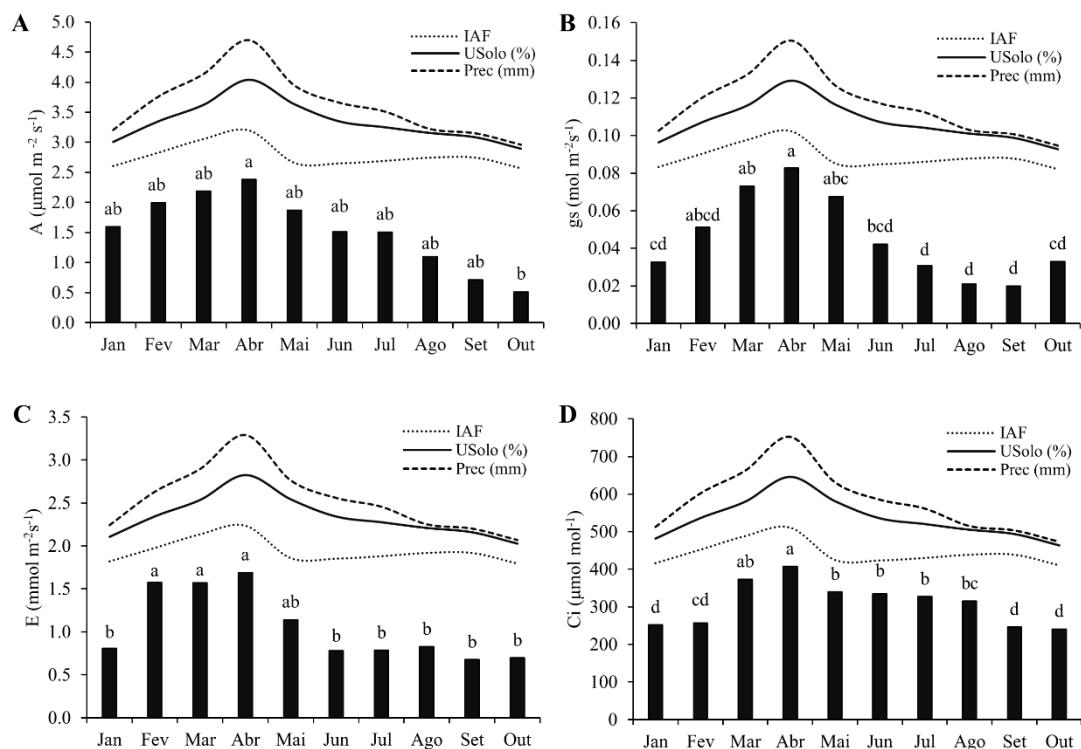


Figura 5: Taxa de fotossíntese- A (A), condutância estomática- gs (B), transpiração- E (C) e concentração de carbono interno- Ci (D) comparadas entre si pelo teste de Tukey, juntamente com a precipitação (mm), umidade do solo (%) e índice de área foliar do dossel (IAF) em *P. racemosa*, mensurados ao longo dos meses, no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia-PB.

A eficiência do uso da água (EUA) apresentou diferenças significativas ao longo dos meses de estudo, onde pôde-se observar reduções de 66% entre o maior valor: 2,420 [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] obtido no mês de junho; e o menor valor: 0,819 [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] registrado no mês de outubro (Figura 6A). Com isso, Larcher (2006), Melo et al. (2010) e Taiz et al. (2017) afirmam que as condições do ambiente, no que se refere aos fatores abióticos, influenciam diretamente nas trocas gasosas das plantas. Tendo em vista esse aspecto, as diminuições observadas na EUA, estão relacionadas as condições ambientais, em meses com uma maior redução da umidade e maior radiação solar (Ferraz et al., 2012; Ribeiro et al., 2018).

A eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) e a eficiência instantânea de carboxilação (EiC) não apresentaram diferenças significativas ao longo dos meses (Figura 6B e C). Altos valores registrados na taxa fotossintética e condutância estomática, quando associados, podem proporcionar um aumento na eficiência intrínseca do uso da água

(Battie-Laclau et al., 2016; Wieser et al., 2018). Contudo, no presente estudo observou-se resultados distintos, em que a EiUA permaneceu constante durante todo o estudo. Da mesma forma pode ocorrer com eficiência instantânea de carboxilação (EiC), onde os elevados valores encontrados na concentração interna de CO₂ e condutância estomática, podem ser indicadores para o aumento da EiC (Silva, 2012; Silva et al., 2015), no entanto, divergiu do presente estudo em que foram constatados valores constantes de EiC.

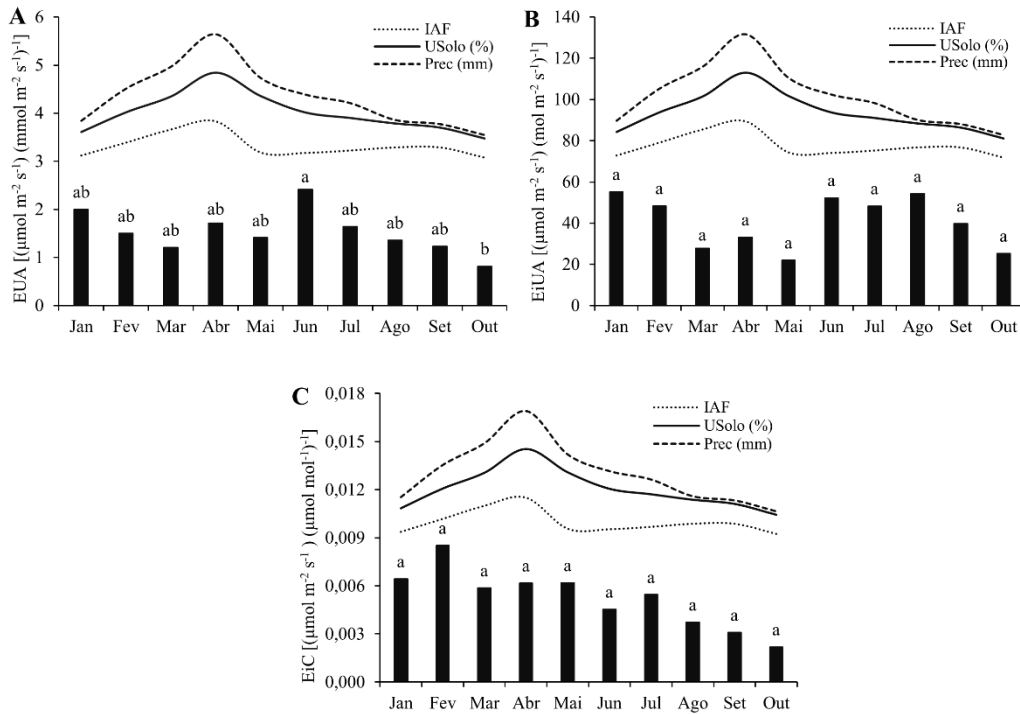


Figura 6: Eficiência do uso da água- EUA (A), eficiência intrínseca do uso da água- EiUA (B) e eficiência instantânea de carboxilação- EiC (C) comparadas entre si pelo teste de Tukey, juntamente com a precipitação (mm), umidade do solo (%) e índice de área foliar do dossel (IAF) em *P. racemosa*, mensurados ao longo dos meses no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia-PB.

Os índices de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total foram superiores em meses com alto índice pluviométrico e maior irradiância, diferindo-se significativamente ao longo dos meses (Figura 7).

Os maiores valores da clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total seguiram a mesma tendência, onde os maiores valores foram registrados no mês de março (43,53 ICF; 25,70 ICF e 69,44 ICF, respectivamente) (Figura 7A, B e C). A tendência desses pigmentos em plantas de sub-bosque baseia-se em seu aumento de acordo com a diminuição da

irradiância (Lima et al., 2010; Souza et al., 2011), além disso, quando somadas a condições de seca, podem gerar a degradação das clorofilas (Reddy et al., 2004).

De acordo com Santos (2016), espécies de plantas presentes no sub-bosque apresentam elevadas concentrações de pigmentos, como a clorofila *a* e *b*, de modo que essa condição de aumento na concentração foliar dos pigmentos associa-se a manutenção da redução da irradiância. Sendo assim, esta característica das plantas de sub-bosque, é favorável para que haja o balanço positivo de carbono (Valladares e Niinemets, 2008).

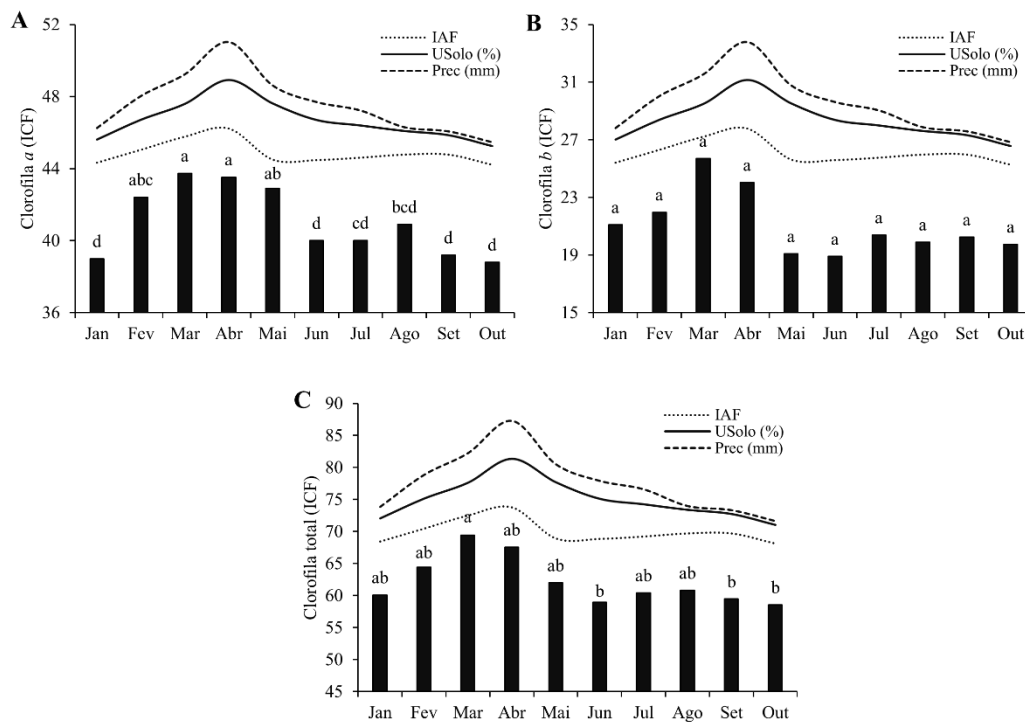


Figura 7: Índice de clorofila *a* (A), (B) clorofila *b* (B) e clorofila total (C) comparadas entre si pelo teste de Tukey, juntamente com a precipitação (mm), umidade do solo (%) e índice de área foliar do dossel (IAF) em *P. racemosa*, mensurados ao longo dos meses, no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia-PB.

CONCLUSÕES

As variáveis ecofisiológicas de *P. racemosa* são influenciadas pela umidade do solo, precipitação e índice de área foliar do dossel;

A fração de céu visível, temperatura do ar, temperatura do solo e radiação fotossinteticamente ativa não influencia nas variáveis ecofisiológicas de *P. racemosa*;

A sazonalidade influencia nas respostas ecofisiológicas de *P. racemosa*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR-GONZÁLEZ, B.; PONSONI, L.; RIDDERINKHOF, H.; AKEN, H. M. V.; RUIJTER, W. P. M.; MAAS, L. R. M. Variação sazonal do giro tropical do sul da Índia. **Pesquisa em alto mar**. v. 110, p. 123-140, 2016.
- ALVES, M. M.; ALBUQUERQUE, M. B.; PEREIRA, W. E.; ARAÚJO LUCENA, M. D. F.; SILVA AZEVEDO, J. P. Morpho-physiological analyses of *Allamanda blanchetii* A. DC. seedlings under water deficit. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 5, p. 1134-1143, 2017.
- BARBOSA, M. R.; ZAPPI, D.; TAYLOR, C.; CABRAL, E.; JARDIM, J. G.; PEREIRA, M. S.; CALIÓ, M. F.; PESSOA, M. C. R.; SALAS, R.; SOUZA, E. B.; DI MAIO, F. R.; MACIAS, L.; ANUNCIAÇÃO, E. A.; GERMANO FILHO, P.; OLIVEIRA, J. A.; BRUNIERA, C. P.; GOMES, M.; DE TONI, K.; FIRENS, M. **Rubiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14210>>. Acesso em: 20 jul. 2019.
- BATTIE-LACLAU, P.; DELGADO-ROJAS, J. S.; CHRISTINA, M.; NOUVELLON, Y.; BOUILLET, J. P.; PICCOLO, M. C.; MOREIRA, M. Z.; GONÇALVES, J. L. M.; ROUPSARD, O.; LACLAU, J. P. Potassium fertilization increases water-use efficiency for stem biomass production without affecting intrinsic water-use efficiency in *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**. v. 364, p. 77–89, 2016.
- BFG (BRAZIL FLORA GROUP). Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**. v. 66, n. 4, p. 1085-1113, 2015.
- BRITO, M. E. B.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, D. P.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; MELO, A. S. Comportamento fisiológico de combinações copa / porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 7, p. 857-865, 2012.
- BORHIDI, A. L. El subgénero *Heteropsychotria* (Rubiaceae, Palicoureeae) en México y Mesoamerica. **Acta Botanica Hungarica**. v. 59, n. 1-2, p. 25-61, 2017.
- CAMPELO, D. H.; LACERDA, C. F.; SOUSA, J. A.; CORREIA, D.; BEZERRA, A. M. E.; ARAÚJO, J. D. M.; NEVES, A. L. R. Trocas gasosas e eficiência do fotossistema II em plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. **Revista Árvore**. v. 39, p. 973-983, 2015.

- CODY R. **An introduction to SAS® university edition**. Cary: SAS Institute, 2015. 49 p.
- COSTA G. F.; MARENCO R. A. Photosynthesis, stomatal conductance and leaf water potential in young trees of andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazon**. v. 28, p. 101-126, 2007.
- DALMAGRO, J. H.; ALMEIDA LOBO, F.; ORTÍZ, C. E. R.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S.; VOURLITIS, G. L.; PINTO JUNIOR, O. B. Trocas gasosas de uma espécie lenhosa na floresta de transição Amazônia - Cerrado. **Ciência e Natura**, v. 33, n. 2, p. 147-165, 2011.
- DELPRETE, P. G.; JARDIM, J. G. Systematics, taxonomy and floristics of Brazilian Rubiaceae: an overview about the current status and future challenges. **Rodriguésia**, v. 63, n. 1, p. 101-128, 2012.
- DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 42, n. 3, p. 305-311, 2007.
- FAJARDO-GUTIÉRREZ F.; LEGUIZAMO C.; BURBANO M. B. R. Efecto de la herbivoría sobre la producción de frutos en *Psychotria racemosa* Rich. (Rubiaceae). In: Bonilla M.A.; Dirzo R. (Ed.). **Interacciones planta-animal: Ecología evolutiva y conservación**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2012. p. 28-34.
- FERRAZ, R. L S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; JÚNIOR, E. D. S. N. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.
- GALVANI E.; LIMA N. G. B. Fotografias hemisféricas em estudos microclimáticos: Referencial teórico-conceitual e aplicações. **Ciência e Natura**. v. 36, p. 215-221, 2014.
- HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.
- HAIR, J. F.; BLACK, W.; BABIN, B.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.
- HOUTER, N. C.; PONS, T. L. Gap size effects on photoinhibition in understorey saplings in tropical rainforest. **Plant Ecology**, v. 179, p. 43-51, 2005.
- JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCIA-NUNEZ, C.; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of plaitain cv. 'Hartón' (Musa AAB) under different soil water

conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**. v. 104, n. 1, p. 79-89, 2005.

JARČUŠKA, B. Methodological overview to hemispherical photography, demonstrated on an example of the software GLA. **Folia Oecologica**. vol. 35, n. 1, p. 1-4, 2008.

KAISER H.; PAOLETTI E. Dynamic Stomatal Changes. In: TAUSZ M.; GRULKE N. (eds.). **Trees in a Changing Environment. Plant Ecophysiology**. Springer: Dordrecht, 2014. v. 9, p. 61-82.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 431 p.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Ediupf, 2008. 212 p.

LAGE-PINTO, F.; BERNINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; NASCIMENTO, M. T.; VITÓRIA, A. P. Ecofisiologia de duas espécies tropicais em uma plantação de eucalipto abandonada: efeito da remoção de serapilheira e sazonalidade. **Biotemas**. v. 28, p. 27-37, 2015.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 531p.

LEAL, Raiene de Oliveira. **Aspectos ecofisiológicos de espécies arbustivas-arbóreas em condições contrastantes de luminosidade**. 2016. 42 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016.

LIMA, A. L. S.; ZANELLA, F.; CASTRO, L. D. M. Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. E *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Amazônica**. v. 40, n. 1, p. 43-48, 2010.

MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a um fator ambiental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 40, p. 1161-1170, 2005.

MACHADO, I. C.; LOPES, A. V.; SAZIMA, M. Plant sexual systems and a review of the breeding system studies in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. **Annals of Botany**. v. 97, n. 2, p. 277-287, 2006.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 486 p.

MARENCO, R. A.; VIEIRA, G. Specific leaf area and photosynthetic parameters of tree species in the forest understory as a function of the microsite light environment in central Amazonia. **Journal of Tropical Forest Science**. v.17, n.2, p. 265-278, 2005.

- MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F.; SANTOS, J. K. S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, v.61, p. 786-799, 2014.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 451p.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas nutrição mineral**. 2. ed. Minas Gerais: Editora UFV, 2007. 469 p.
- MAYO, S. J.; FEVEREIRO, V. P. B Mata do Pau-Ferro, a pilot study of the brejo forest. **Royal Botanic Gardens**, 1982.
- MELO, A. S.; JUNIOR, C. D. S.; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira em condições de fertirrigação. **Ciência Rural**. v. 39, p. 733-741, 2009.
- MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SUASSUNA, A. F.; AGUIAR NETTO, A. O. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 32, p. 73-79, 2010.
- MENDES, K. R.; MARENCO, R. A.; MAGALHÃES, N. S. Crescimento e eficiência fotossintética de uso do nitrogênio e fósforo em espécies florestais da Amazônia na fase juvenil. **Revista Árvore**. v. 37, p. 707-716, 2013.
- MENDES, Keila Rêgo. **Efeito da sazonalidade do crescimento e trocas gasosas em espécies arbóreas em floresta de terra firme da Amazônia Central**. 88 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Curso de Pós-Graduação em Biologia e Recursos Naturais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2009.
- MENDONÇA, A. C. A. M.; SILVA, M. A. P.; SEIXAS, E. N. C.; SANTOS, M. A. F. Rubiaceae: aspectos ecológicos e reprodutivos. **Caderno de Cultura e Ciência**. v. 12, n. 2, p. 8-19, 2013.
- MORELLATO, L. P. C.; ALBERTON, B.; ALVARADO, S. T.; BORGES, B.; BUISSON, E.; CAMARGO, M. G. G.; CANCIAN, L. F.; CARSTENSEN, D. W.; ESCOBAR, D. F. E.; LEITE, P. T. P.; MENDOZA, I.; ROCHA, N. M. W. B.; SOARES, N. C.; SILVA, T. S. F.; STAGGEMEIER, V. G.; STREHER, A. S.; VARGAS, B. C.; PERES, C. A. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**. v. 195, p. 60-72, 2016.

OLIVEIRA, F. X.; ANDRADE, L. A.; FÉLIX, L.P. Comparações florísticas e distintas entre comunidades Ombrófila Aberta com diferentes idades, no Município de Areia, PB, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 20, p. 861-873, 2006.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**. v. 11, p. 1633-1644, 2007.

REDDY, A. R.; CHAITANYA, K. V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of plant physiology**. v.161, p. 1189-1202, 2004.

RIBEIRO, J. E. S.; BARBOSA, A. J. S.; LOPES, S. F.; PEREIRA, W. E.; ALBUQUERQUE, M. B. Seasonal variation in gas exchange by plants of *Erythroxylum simonis* Plowman. **Acta Botanica Brasilica**. v. 32, n. 2, p. 287-296, 2018.

SANTOS, Victor Alexandre Hardt Ferreira. **Ecofisiologia de espécies arbóreas no dossel e sub-bosque de uma floresta ombrófila densa na Amazônia Central em ano de El Niño**. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) - Curso de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2016.

SILVA, A. S.; OLIVEIRA, J. G.; CUNHA, M.; VITÓRIA, A. P. Desempenho fotossintético e adaptações anatômicas em *Byrsonima sericea* DC. sob condições de luz contrastantes em um remanescente da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v. 22, p. 245-254, 2010.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência de clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 19, p. 946-952, 2015.

SILVA, Flaviana Gonçalves. **Comportamento fisiológico da berinjela cultivada em ambiente protegido sob taxas de reposição hídrica**. 2012. 47 f. Monografia (Licenciatura em Ciências Agrárias) - Curso de Licenciatura em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2012.

SILVA, M. C.; QUEIROZ, J. E. R.; ARAÚJO, K. D.; PAZERA-JR, E. Rascunhos ambientais da Reserva Ecológica Estadual da Mata do Pau-Ferro, Areia - PB. **Geografia**. v. 15, p. 51-63, 2006.

SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S.; FERREIRA, D. R. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de

Mikania laevigata Schultz Bip. ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. **SEMINA: Ciências Agrárias**. v. 32, n. 1, p.1843-1854, 2011.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MØLLER, I. M., MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

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**. v. 38, n. 2, p. 387-400, 2008.

TAYLOR, C. M.; HOLLOWELL, V. C. Rubiacearum Americanarum Magna Hama Pars XXXV: The New Group *Palicourea* sect. *Nonatelia*, with Five New Species (*Palicoureaeae*). **Novon**. v. 25, p. 69-110, 2016.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, Ü. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**. v. 39, p. 237-257, 2008.

WEHR, R.; MUNGER, J. W.; MCMANUS, J. B.; NELSON, D. D.; ZAHNISER, M. S.; DAVIDSON, E. A.; WOFSEY, S. C.; SALESKA, S. R. Seasonality of temperate forest photosynthesis and daytime respiration. **Nature**. v. 534, p. 680-683, 2016.

WHITFORD, K. R.; COLQUHOUN, I. J.; LANG, A. R. G.; HARPER, B. M. Leaf area index measurement in a sparse eucalyptus forest: a comparison of direct measurement estimates, hemispheric photography, sunlight transmission and allometric regression. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 74, p. 237-249, 1995.

WIESER, G.; OBERHUBER, W.; WALDBOTH, B.; GRUBER, A.; MATYSSEK, R.; SIEGWOLF, R. T. W.; GRAMS, T. E. E. Long-term trends in leaf level gas exchange mirror tree-ring derived intrinsic water-use efficiency of *Pinus cembra* at treeline during the last century. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 248, p. 251-258, 2018.