

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Geisa Mayana Miranda de Souza
Ana Carolina Sousa Costa
(Organizadoras)



Meio Ambiente: Inovação com Sustentabilidade

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Geisa Mayana Miranda de Souza
Ana Carolina Sousa Costa
(Organizadoras)

Meio Ambiente: Inovação com Sustentabilidade

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|---|
| M514 | Meio ambiente: inovação com sustentabilidade 1 [recurso eletrônico] / Organizadoras Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Geisa Mayana Miranda de Souza, Ana Carolina Sousa Costa. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Meio Ambiente. Inovação com Sustentabilidade; v. 1) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-645-4 DOI 10.22533/at.ed.454190110 1. Educação ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Meio ambiente – Preservação. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da. II. Souza, Geisa Mayana Miranda de. III. Costa, Ana Carolina Sousa. IV. Série. CDD 363.7 |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Meio Ambiente Inovação com Sustentabilidade*” engloba 58 trabalhos científicos, que ampliam o conceito do leitor sobre os ecossistemas urbanos e as diversas facetas dos seus problemas ambientais, deixando claro que a maneira como vivemos em sociedade impacta diretamente sobre os recursos naturais.

A interferência do homem nos ciclos da natureza é considerada hoje inequívoca entre os especialistas. A substituição de combustíveis fósseis, os disseminadores de gases de efeito estufa, é a principal chave para resolução das mudanças climáticas. Diversos capítulos dão ao leitor a oportunidade de refletir sobre essas questões.

Dois grandes assuntos também abordados neste livro, interessam bastante ao leitor consciente do seu papel de cidadão: Educação e Preservação ambiental que permeiam todos os demais temas. Afinal, não há consciência ecológica sem um árduo trabalho pedagógico, seja ele em ambientes formais ou informais de educação.

A busca por análises históricas, métodos e diferentes perspectivas, nas mais diversas áreas, as quais levem ao desenvolvimento sustentável do planeta é uma das linhas de pesquisas mais contempladas nesta obra, que visa motivar os pesquisadores de diversas áreas a estudar e compreender o meio ambiente e principalmente a propor inovações tecnológicas associadas ao desenvolvimento sustentável.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Geisa Mayana Miranda de Souza
Ana Carolina Sousa Costa

SUMÁRIO

I. MEIO AMBIENTE E PERCEPÇÃO AMBIENTAL

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| NA NATUREZA, AS HISTÓRIAS SÃO ASSIM | |
| <i>Eliana Santos do Nascimento Sousa</i> <i>Juliana de Oliveira Verro Coelho</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.4541901101 | |
| CAPÍTULO 2 | 7 |
| A PERCEPÇÃO DOS UNIVERSITÁRIOS A RESPEITO DA DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS | |
| <i>Ana Paula dos Santos Silva</i> <i>Carlos Otávio Rodrigues dos Santos</i> <i>Milla Cristina Santos da Cruz</i> <i>Raissa Jennifer da Silva de Sá</i> <i>Túlio Macus Lima da Silva</i> <i>Mateus Henrique Trajano Brasil</i> <i>Antônio Gabriel Sales de Souza</i> <i>Isabelle Brasil Félix</i> <i>Nathalia de Souza Lima</i> <i>Giliam de Matos Araújo</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.4541901102 | |
| CAPÍTULO 3 | 16 |
| PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS RESIDENTES SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA NOS BAIRROS PROMISSÃO II E TROPICAL NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS –PA | |
| <i>João Paulo Sousa da Silva</i> <i>Ana Vitoria Silva Barral</i> <i>Antônio Pereira Junior</i> <i>Edmir dos Santos Jesus</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.4541901103 | |
| CAPÍTULO 4 | 28 |
| PERCEPÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DA LAGUNA DA JANSEN EM DECORRÊNCIA DE AÇÕES ANTRÓPICAS | |
| <i>Ana Carolina Lopes Ozorio</i> <i>Bianca Estefane Paiva Veiga</i> <i>Marcelo Vieira Sodré Barbosa</i> <i>Thamia Cristina Rosa Sá</i> <i>Rafael Ferreira Maciel</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.4541901104 | |
| CAPÍTULO 5 | 34 |
| PERCEPÇÃO DO CONHECIMENTO DE AGRICULTORES DA COMUNIDADE DO CUBITEUA, CAPITÃO POÇO, PA, SOBRE A UTILIZAÇÃO DE AGROTÓXICOS: RISCOS E IMPACTOS | |
| <i>Paloma da Silva Oliveira</i> <i>Michele Menezes de Barros</i> <i>Juce Silva de Souza</i> <i>Thalita Christine de Lima Mendes</i> | |

Fernanda Carneiro Romagnoli

DOI 10.22533/at.ed.4541901105

CAPÍTULO 6 43

DIAGNÓSTICO DA PERCEPÇÃO TURÍSTICA NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
NA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO, EM PIAÇABUÇU-AL

Anderson Gonçalves Ramos

Karwhory Wallas Lins da Silva

Daniela Calumby de Souza Gomes

Alan César Vanderlei Moura

Fabiola de Almeida Brito

DOI 10.22533/at.ed.4541901106

II. IMPACTOS AMBIENTAIS

CAPÍTULO 7 54

ESTUDO SOBRE O IMPACTO CAUSADO NA ADOÇÃO DE MÓDULO ESTRUTURAL
EM TORA DE EUCALIPTO TRATADA QUIMICAMENTE

Carla Lopes Simonis Seba

Cristina Veloso de Castro

DOI 10.22533/at.ed.4541901107

CAPÍTULO 8 63

AValiação DO TEOR DE CARBONO EM AMOSTRAS DE SOLUÇÃO SOLO EM
DIVERSOS AGROSSISTEMAS DO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ AÇÚ – PARÁ

Leonardo Lemos Almeida

Patricia Silva dos Santos

Juliana Feitosa Felizzola

DOI 10.22533/at.ed.4541901108

CAPÍTULO 9 72

DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE 28 MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE
DO SUL

Ian Rocha de Almeida

Ana Raquel Pinzon de Souza

Paula Sulzbach Rilho

Carla Fernanda Trevizan

Dieter Wartchow

DOI 10.22533/at.ed.4541901109

CAPÍTULO 10 81

ABORDAGEM MULTIVARIADA DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS
RELACIONADOS COM ESTRESSE HÍDRICO EM ESPÉCIES FLORESTAIS

David de Holanda Campelo

Claudivan Feitosa de Lacerda

João Alencar De Sousa

Antônio Marcos Esmeraldo Bezerra

José Dionis Matos Araújo

Antônia Leila Rocha Neves

Carlos Henrique Carvalho Sousa

Diva Correia

Breno Leonan de Carvalho Lima

DOI 10.22533/at.ed.45419011010

CAPÍTULO 11 97

AGRICULTURA URBANA: CULTIVO VERTICAL DE *Talinum triangulare* e *Allium fistulosum*

Mário Marcos Moreira da Conceição
Ana Cláudia de Sousa da Silva
Estefani Danielle de Araújo Barros
Ruana Regina Negrão de Souza
Talyson de Lima Queiroz
John Enzo Vera Cruz da Silva
Matheus Henrique Trajano Brasil
Gabriela Brito de Souza
Túlio Marcus Lima da Silva
Antônio Pereira Júnior

DOI 10.22533/at.ed.45419011011

CAPÍTULO 12 106

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS SUB-BACIAS DO MUNICÍPIO DE FERNANDÓPOLIS – SP

Diéssica Talissa Burdo Timóteo da Silva
Luiz Sérgio Vanzela

DOI 10.22533/at.ed.45419011012

CAPÍTULO 13 110

ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DE UM MATADOURO FRIGORÍFICO

Mário Marcos Moreira da Conceição
Ana Cláudia de Sousa da Silva
Estefani Danielle de Araújo Barros
Talyson de Lima Queiroz
Daniel Batista Araújo Ferreira
John Enzo Vera Cruz da Silva
Matheus Henrique Trajano Brasil
Antônio Pereira Júnior
Túlio Marcus Lima da Silva

DOI 10.22533/at.ed.45419011013

CAPÍTULO 14 120

CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DE ONDAS, NO OESTE DA BAHIA

Joaquim Pedro Soares Néto
Newton Moreira de Souza
Maurício Leite Lopes
Heliab Bomfim Nunes

DOI 10.22533/at.ed.45419011014

CAPÍTULO 15 136

CARACTERIZAÇÃO DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS PRODUZIDOS PELOS PROCESSADORES DE AÇAÍ NA ZONA URBANA DE CAPITÃO POÇO, PARÁ

Antonio Maricélio Borges de Souza
Ana Helena Henrique Palheta
Maria Sidalina Messias de Pina
Tiago Farias Peniche
Iolly Barbara dos Santos Mesquita

*Maria Lidiane da Silva Medeiros
Caio Douglas Araújo Pereira
Luã Souza de Oliveira
Wesley Nogueira Coutinho
Silas da Silva Guimarães Júnior
Bruno Maia da Silva
Leidiane Gonçalves Tavares*

DOI 10.22533/at.ed.45419011015

CAPÍTULO 16 145

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE MELAÇO DE CAJÚ
(*Anacardium occidentale* L.) PRODUZIDO ARTESALMENTE EM SALVATERRA,
PARÁ**

*Raiane Gonçalves dos Santos
Rayra Evangelista Vital
Aldejane Vidal Prado
Gerlainny Brito Viana
Jean Santos Silva
Filipe Portal Lima
João José Farias dos Anjos
Carmelita de Fátima Amaral Ribeiro*

DOI 10.22533/at.ed.45419011016

CAPÍTULO 17 151

**CO-DIGESTÃO DE RESÍDUOS DE FRUTAS E VEGETAIS E RESÍDUOS DE
RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS**

*Jhenifer Aline Bastos
João Henrique Lima Alino
Laércio Mantovani Frare
Thiago Edwiges*

DOI 10.22533/at.ed.45419011017

CAPÍTULO 18 158

**COMPARAÇÃO ENTRE PROCESSOS DE AMOSTRAGEM PARA ESTIMAR O
VOLUME EM UMA FLORESTAL NO MUNICÍPIO DE BARCARENA-PA**

*Mario Lima dos Santos
Larissa da Silva Miranda
Welton dos Santos Barros
Beatriz Cordeiro Costa
Eder Silva de Oliveira
Dione Dambrós Raddatz
Francisco de Assis Oliveira*

DOI 10.22533/at.ed.45419011018

CAPÍTULO 19 168

**CRESCIMENTO POPULACIONAL E GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: O CASO
DA REGIÃO NORTE**

*Mário Marcos Moreira da Conceição
Talyson de Lima Queiroz
Ana Cláudia de Sousa da Silva
Lucimar Costa Pereira
Gabriela Brito de Souza
Ayla Fernanda Muniz Miranda*

John Enzo Vera Cruz da Silva
Túlio Marcus Lima da Silva.
Antônio Pereira Júnior

DOI 10.22533/at.ed.45419011019

CAPÍTULO 20 177

OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS REGISTRADAS PELO CORPO DE BOMBEIRO MILITAR (1º GPA) E OS PRINCIPAIS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS, ARAGOMINAS – PA

Felipe da Silva Sousa
Antônio Pereira Junior

DOI 10.22533/at.ed.45419011020

III. MEIO AMBIENTE E SAÚDE

CAPÍTULO 21 187

O CATADOR DE LIXO E OS FATORES DE RISCO À SAÚDE EM UM LIXÃO DO MUNICÍPIO DE BARGARENA – PA

Lucas Mateus Coelho Nunes
Nildson Henrique Ferreira Silva
Danilo Assunção Almeida
Ana Clara Silva Garcia
Felipe da Costa da Silva
Raymundo David Pinheiro Fernandes Baia
Andréa Fagundes Ferreira Chaves

DOI 10.22533/at.ed.45419011021

CAPÍTULO 22 197

IMPORTÂNCIA DO MANEJO CORRETO DE RESÍDUOS GERADOS NOS SERVIÇOS DE SAÚDE

Vitor de Faria Alcântara
Maria Lúcia Vieira de Britto Paulino
Julielle dos Santos Martins
Michella Grey Araújo Monteiro
Jonas dos Santos Sousa
Alan John Duarte de Freitas
Jessé Marques da Silva Júnior Pavão
Joao Gomes da Costa
Aldenir Feitosa dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.45419011022

CAPÍTULO 23 204

RELAÇÃO ENTRE SANEAMENTO E DOENÇAS DIARREICAS AGUDAS: EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SEU PAPEL FUNDAMENTAL NO AUXÍLIO À PREVENÇÃO DE DOENÇAS

Francisco Rodrigo Cunha do Rego
Érica Joziélen Cunha da Silva
Joyce Torres de Souza
Maria Josiérika Cunha da Silva
Fernanda Carneiro Romagnoli

DOI 10.22533/at.ed.45419011023

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 24 | 212 |
| MELHORIA NA QUALIDADE DE VIDA EM AMBIENTES INTERNOS COM PLANTAS REMOVEDORAS DE FORMALDEÍDO DO AR | |
| <i>Ana Paula Ferreira</i> | |
| <i>Brennda Ribeiro Paupitz</i> | |
| <i>Débora Elisa Antunes de Mendonça</i> | |
| <i>Emmanuel Predestin</i> | |
| <i>Fernanda Amaral Della Rosa</i> | |
| <i>Gustavo Fernando da Silva</i> | |
| <i>Joice Lazarin Romão</i> | |
| <i>Keila Mileski Pontes</i> | |
| <i>Marcelo Teixeira Silva</i> | |
| <i>Helio Conte</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.45419011024 | |
| CAPÍTULO 25 | 223 |
| AGRAVOS À SAÚDE POR ACIDENTES COM ESCORPIÕES | |
| <i>Alex Henrique de Mello Feitosa</i> | |
| <i>Marco Antônio de Andrade Belo</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.45419011025 | |
| CAPÍTULO 26 | 233 |
| MOBILIDADE URBANA – A DIFÍCIL ARTE DE CAMINHAR | |
| <i>Renilson Dias de Souza</i> | |
| <i>Evandro Roberto Tagliaferro</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.45419011026 | |
| SOBRE AS ORGANIZADORAS | 237 |
| ÍNDICE REMISSIVO | 238 |

ABORDAGEM MULTIVARIADA DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS RELACIONADOS COM ESTRESSE HÍDRICO EM ESPÉCIES FLORESTAIS

David de Holanda Campelo

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)
Caxias – Maranhão

Claudivan Feitosa de Lacerda

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Agrícola
Fortaleza – Ceará

João Alencar De Sousa

Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza – Ceará

Antônio Marcos Esmeraldo Bezerra

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Fitotecnia
Fortaleza – Ceará

José Dionis Matos Araújo

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Fitotecnia
Fortaleza – Ceará

Antônia Leila Rocha Neves

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Agrícola
Fortaleza – Ceará

Carlos Henrique Carvalho Sousa

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Agrícola
Fortaleza – Ceará

Diva Correia

Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza – Ceará

Breno Leonan de Carvalho Lima

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife – Pernambuco

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de técnicas estatísticas multivariadas para a análise de características fisiológicas e para o agrupamento de indivíduos de seis espécies arbóreas florestais cultivadas em condições de sequeiro. Para tanto, foram avaliadas as variáveis de potencial hídrico foliar (Ψ_w), assimilação líquida de carbono (A); taxa de transpiração (E); condutância estomática (g_s); eficiência intrínseca no uso da água (A/g_s); eficiência momentânea no uso da água (A/E); a diferença entre a temperatura da folha e do ar ($T_f - a_r$); concentração interna/externa de CO_2 (C_i/C_a); a eficiência de carboxilação (A/C_i) e a eficiência do fotossistema II (F_v/F_m). Procedeu-se a Análise fatorial por componentes principais (AF) para avaliar a interação entre as variáveis e a respectiva quantia de variância explicada. Posteriormente, a Análise de Cluster (AC) foi realizada para obtenção de agrupamentos das espécies por similaridade características fisiológicas. A AF permitiu a extração de dois fatores que explicam juntos 91% da variância total dos dados. As variáveis de E , g_s , A , A/C_i e $T_f - a_r$ foram as que apresentaram maior relevância para explicar as diferenças

fisiológicas existentes entre as espécies nestas condições e para o agrupamento das mesmas. A AC permitiu a formação de três grupos de indivíduos pela similaridade das características fisiológicas, o primeiro, formado por indivíduos das espécies *C. brasiliense* e *S. macrophylla*, o segundo por *A. fraxinifolium*, *S. amara* e *H. impetiginosa* e o terceiro grupo formado por indivíduos da espécie *H. serratifolius*.

PALAVRAS-CHAVE: trocas gasosas, plantas lenhosas, análise de componentes principais, análise de cluster.

MULTIVARIATE APPROACH OF PHYSIOLOGICAL PARAMETERS RELATED TO WATER STRESS IN FOREST SPECIES

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the potential of multivariate statistical techniques for the analysis of physiological characteristics and the grouping of individuals of six forest tree species grown under rainfed conditions. For that, the variables of leaf water potential (Ψ_w), net carbon assimilation (A) were evaluated; transpiration rate (E); stomatal conductance (g_s); intrinsic efficiency in water use (A/g_s); momentary water use efficiency (A/E); the difference between leaf and air temperature ($T_f - a_r$); internal / external CO_2 concentration (C_i/C_a); the carboxylation efficiency (A/C_i) and the efficiency of photosystem II (F_v/F_m). The principal component factor analysis (FA) was used to evaluate the interaction between the variables and the respective amount of variance explained. Subsequently, Cluster Analysis (CA) was performed to obtain clusters of species by similarity physiological characteristics. The AF allowed the extraction of two factors that together account for 91% of the total variance of the data. The variables of E , g_s , A , A/C_i and $T_f - a_r$ were the most relevant to explain the physiological differences between the species under these conditions and their grouping. The CA allowed the formation of three groups of individuals by the similarity of the physiological characteristics, the first one formed by individuals of the species *C. brasiliense* and *S. macrophylla*, the second by *A. fraxinifolium*, *S. amara* and *H. impetiginosa* and the third group formed by individuals of the species *H. serratifolius*.

KEYWORDS: gas exchange, woody plants, principal component analysis, cluster analysis.

1 | INTRODUÇÃO

O cenário futuro de mudanças climáticas previstas pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) e suas implicações em florestas tropicais tem sido alvo de diversas pesquisas em todo o mundo (IPCC, 2014). Uma das principais preocupações diz respeito à redução disponibilidade hídrica, por ser o principal fator que influencia a produtividade vegetal nos trópicos (WAGNER *et al.*, 2012). Nesse sentido, a análise de parâmetros fisiológicos relacionados ao estado hídrico em plantas arbóreas pode ser considerada uma ferramenta importante para o planejamento de estratégias de manejo em florestas plantadas, principalmente em regiões onde os eventos de

precipitação são de difícil prognóstico como nas regiões tropicais semiáridas ou subúmidas secas (KLEIN *et al.*, 2014).

Segundo Taiz e Zeiger (2013), o estresse hídrico ocasiona efeitos diretos na produção vegetal, por comprometer processos fisiológicos e morfológicos vitais nas plantas. Entre os principais efeitos, pode-se citar implicações no processo de assimilação de CO₂, status de água na folha e no aproveitamento da energia luminosa pelo fotossistema II (COSTA; MARENCO, 2007; GONÇALVES *et al.*, 2010; CAMPELO *et al.*, 2015). O nível de comprometimento desses processos pode variar entre espécies, dependendo dos mecanismos de adaptações fisiológicas que estas desenvolvem sob tais condições (LARCHER, 2006). Mesmo plantas da mesma espécie podem apresentar diferentes níveis de resistência à seca dependendo das condições climáticas em que se desenvolvem (FINI *et al.*, 2013).

As características adaptativas dependem de diversos fatores, incluindo estratégias de melhoria de utilização da água para os processos fisiológicos e de crescimento (WAGNER *et al.*, 2012; CAMPELO *et al.*, 2018). Nesse sentido, a análise multivariada de dados tem sido utilizada para variados fins em pesquisas florestais. Dentre as técnicas multivariadas utilizadas, a análise fatorial por componentes principais tem mostrado resultados satisfatórios na análise da inter-relação de variáveis relacionadas ao estado nutricional e morfofisiológicas em espécies florestais (CUNHA *et al.*, 2009; MARTINEZ *et al.*, 2011). Do mesmo modo, a análise de agrupamento tem se mostrado uma ferramenta eficiente para a classificação de espécies em grupos que apresentam características semelhantes, como por exemplo, as características morfoanatômicas e as propriedades físico-anatômicas e tecnológicas da madeira (LOBÃO *et al.*, 2011; MELO *et al.*, 2013; BÜNDCHEN *et al.*, 2015). Neste sentido, a análise conjunta de parâmetros fisiológicos pode ser utilizada para caracterizar e agrupar espécies com base em suas diferentes estratégias quando submetidas ao estresse hídrico (GRANDA *et al.*, 2014). Segundo Nath *et al.* (2006), o agrupamento de espécies de acordo com estratégias de crescimento em ambientes com recursos limitados, incluindo disponibilidade de água no solo, é de suma importância para a melhoria do manejo de florestas tropicais secas.

Dessa forma, o trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de técnicas estatísticas multivariadas na análise de variáveis fisiológicas e no agrupamento de indivíduos de seis espécies arbóreas florestais cultivadas em condições de sequeiro, no município de Acaraú, Ceará.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em florestas plantadas em uma área experimental da Embrapa, localizado no município de Acaraú, Ceará, Brasil, com coordenadas de 3°

27' 06" de latitude Sul, 40° 08' 48" de longitude Oeste e altitude média de 60m. O clima da região segundo a classificação de Köppen é o Aw (Tropical Chuvoso), com precipitação média anual de 900 mm, temperatura média anual 28,1°C, insolação de 2.650 h ano⁻¹, umidade relativa média anual 70%, velocidade média dos ventos 3,0 m s⁻¹ e evaporação média anual de 1.600 mm (DNOCS, 2013) (Figura 1).

Os dados meteorológicos do período de setembro de 2012 a setembro de 2013 foram fornecidos por dois postos climatológicos da FUNCEME e INMET, localizados no município de Acaraú, Ceará (Figura 2). Nesse período foi observado uma precipitação total acumulada de 667 mm, concentrado nos meses de abril (243 mm) e maio (166 mm) do ano de 2013.

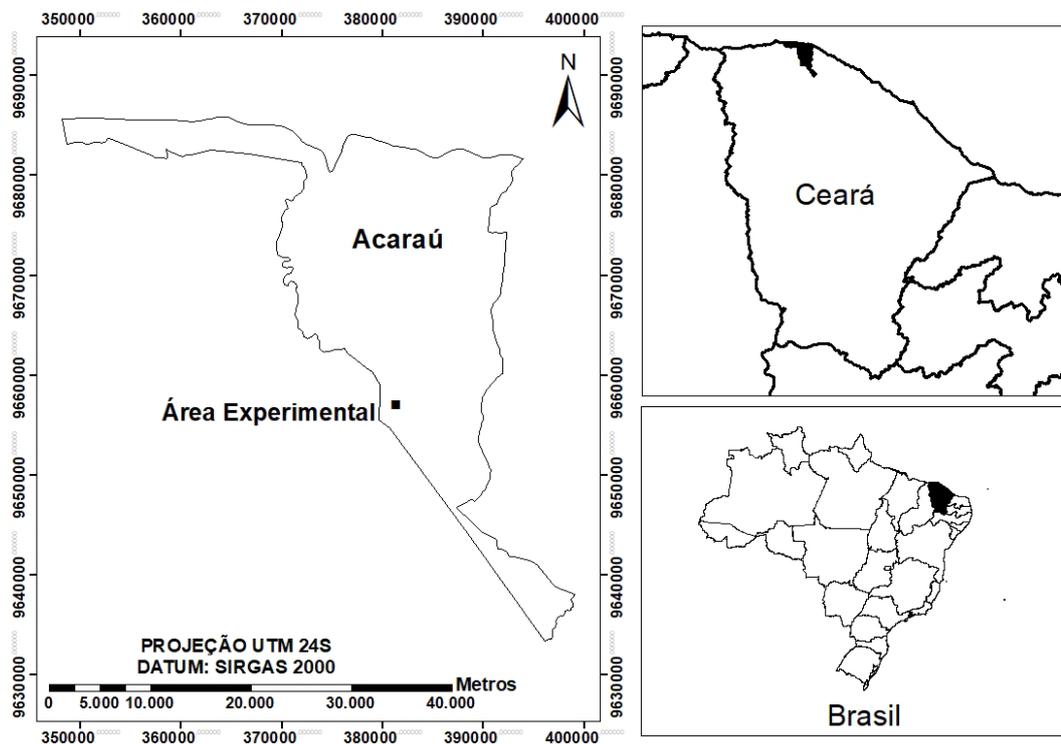


Figura 1. Localização da área experimental.

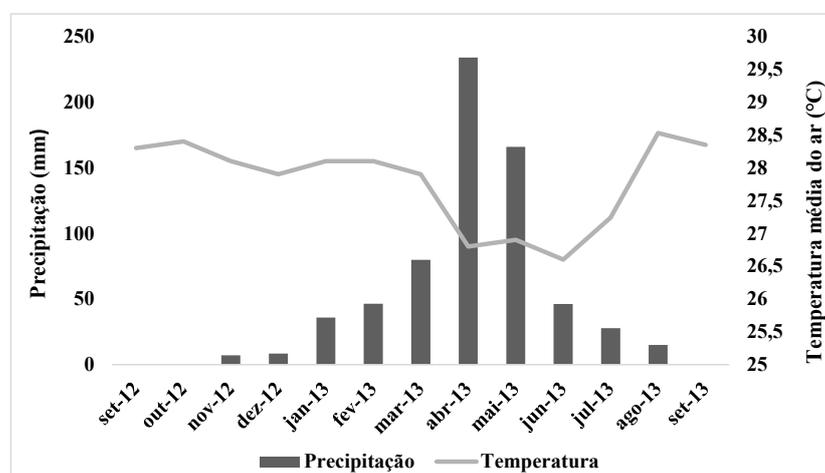


Figura 2. Totais de precipitação e valores médios mensais de temperatura do ar no município de Acaraú, Ceará.

2.2 Espécies estudadas

No presente estudo foram analisadas as características fisiológicas de seis diferentes espécies com três anos de idade, a saber: Gonçalo Alves (*Astronium fraxinifolium* Schott); Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.); Ipê-Amarelo (*Handroanthus serratifolius* (Vahl.); Ipê-Rosa (*Handroanthus impetiginosa* (Mart.) Matos.); Marupá (*Simarouba amara* Aubl.) e Mogno (*Swietenia macrophylla* King).

2.3 Coleta dos dados fisiológicos

As avaliações foram realizadas em 09/09/2013, durante a estação seca, em 36 indivíduos, sendo seis de cada espécie avaliada. Primeiramente, foram realizadas medições potencial hídrico foliar (Ψ_w) em câmara de bomba de pressão modelo 3035 da “Soil Moisture Equipment Corp.” (Santa Bárbara, Ca, USA). As medições foram realizadas no período do “*predawn*” que compreende o horário aproximadamente das 04:00 às 06:00 horas da manhã. Em seguida, no período entre 8:00 e 12:00 horas, foram realizadas leituras de trocas gasosas foliares com um analisador de gás infravermelho (IRGA Modelo LI-6400XT, Licor, USA), sob luz saturante ($1400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e sob condições ambientais de temperatura e concentração de CO_2 . Foram determinadas as variáveis de assimilação líquida de carbono (A); taxa de transpiração (E); condutância estomática (g_s); eficiência intrínseca no uso da água (A/g_s); eficiência momentânea no uso da água (A/E); a diferença entre a temperatura da folha e do ar ($T_f - a_r$); concentração interna/externa de CO_2 (C_i/C_a) e a eficiência de carboxilação (A/C_i). Concomitantemente, foram realizadas medições de fluorescência da clorofila-*a* utilizando um fluorômetro portátil (Plant Efficiency Analyser – MK2 – 9600, Hansatech, Norfolk, UK), para obtenção da variável de máxima eficiência do fotossistema II (F_v/F_m). Todas as coletas foram feitas em folhas completamente expandidas e com bom estado fitossanitário, localizadas no terço médio a partir do ápice do ramo e situadas na altura mediana das plantas.

2.4 Análise estatísticas

Para avaliar a interação entre as variáveis fisiológicas e a respectiva quantia de variância explicada, foi utilizado análise fatorial por componentes principais (AF). Para tanto, os valores originais foram normalizados para média igual 0 e variância igual a 1, a fim de compor as variáveis utilizadas na AF. Para a seleção de atributos significativos na matriz de correlação, adotou-se o nível de significância de 0,06 de probabilidade. Na AF, os fatores com autovalores maiores que 1,0 foram extraídos por componentes principais, e os eixos fatoriais foram rotacionados pelo método Varimax utilizando o software STATISTICA 13.0. Adicionalmente, os resultados das variáveis foram submetidos a uma análise de dissimilaridade (distância euclidiana), a fim de obter agrupamentos de espécies pela semelhança das características fisiológicas

(análise de Cluster).

3 | RESULTADOS

3.1 Dados fisiológicos

As médias das características fisiológicas analisadas para as seis espécies encontram-se na Tabela 1.

| Espécie | ID | E | g_s | A | A/g_s | A/E | C_i/C_a | A/C_i | $T_{f,ar}$ | F_v/F_m | Ψ_w |
|---------------|----|------|-------|-------|---------|-------|-----------|---------|------------|-----------|----------|
| Gonçalo-alves | GA | 5,07 | 0,23 | 12,21 | 2,43 | 54,03 | 0,62 | 18,60 | 0,13 | 0,84 | -3,88 |
| Guanandí | GU | 2,28 | 0,07 | 5,54 | 2,43 | 77,92 | 0,57 | 40,82 | 0,86 | 0,79 | -5,54 |
| Ipê-amarelo | IA | 3,43 | 0,12 | 5,43 | 1,60 | 46,22 | 0,71 | 46,89 | 0,60 | 0,78 | -8,16 |
| Ipê-rosa | IR | 5,99 | 0,36 | 16,15 | 2,70 | 46,10 | 0,62 | 14,40 | -0,08 | 0,83 | -3,63 |
| Marupá | MA | 4,82 | 0,21 | 9,43 | 1,97 | 45,26 | 0,68 | 26,55 | 0,22 | 0,82 | -5,48 |
| Mogno | MO | 2,24 | 0,07 | 5,53 | 2,51 | 78,21 | 0,56 | 36,01 | 0,92 | 0,80 | -5,75 |

Tabela 1. Figura 3. Valores médios observados para os parâmetros fisiológicos das espécies estudadas.

Verificou-se que o ipê-rosa apresentou os maiores valores para as variáveis de transpiração, condutância estomática, fotossíntese e diferença entre a temperatura da folha e do ar. Dentre as espécies avaliadas, as que apresentaram os maiores valores de eficiência intrínseca e momentânea, foram o ipê-rosa e mogno. Já as menos eficientes foram o ipê-amarelo e marupá. Os valores da relação carbono interno/externo variaram entre 0,56 a 0,71, nas plantas de mogno e ipê-amarelo, respectivamente. Para a eficiência de carboxilação a variação foi de 14,40 a 46,89 para o ipê-rosa e ipê-amarelo, respectivamente. Quanto a eficiência do fotossistema II, os maiores valores foram observados para o gonçalo-alves e menores para ipê-amarelo. O potencial hídrico foliar variou de -8,16 a -3,36 para no ipê-rosa e ipê-amarelo, respectivamente.

3.2 Análise fatorial

Os resultados da análise fatorial das características fisiológicas para as seis espécies encontram-se na Tabela 2.

| Variável | Eixo fatorial | |
|----------|------------------|-------------|
| | 1 | 2 |
| | Cargas fatoriais | |
| E | 0,91 | -0,36 |
| g_s | 0,93 | -0,24 |
| A | 0,97 | 0,05 |
| A/g_s | 0,39 | 0,86 |
| A/E | -0,52 | 0,84 |

| | | |
|-------------------------|--------------|--------------|
| <i>Ci/Ca</i> | 0,06 | -0,98 |
| <i>A/Ci</i> | -0,91 | -0,23 |
| <i>T_{f-ar}</i> | -0,92 | 0,35 |
| <i>Fv/Fm</i> | 0,78 | 0,13 |
| Ψ_w | 0,812 | 0,47 |
| Autovalores | 6,11 | 3,02 |
| Variância total (%) | 61,16 | 30,24 |
| Variância acumulada (%) | 61,16 | 91,41 |

Tabela 2. Eixos fatoriais para parâmetros fisiológicos de seis espécies arbóreas florestais com suas respectivas cargas fatoriais, autovalores, variância total e variância acumulada.

A AF permitiu extrair dois (2) fatores com autovalor acima de 1 e que explicam juntos 91% da variação dos dados. As variáveis (*E*), (*A*), (*gs*), (*A/Ci*), (*Tf-ar*), (*Fv/Fm*) e (Ψ_w) tiveram maior peso no fator 1, que explicou 61,16% da variância acumulada. Neste fator, a *A* e *gs* obtiveram as maiores cargas fatoriais com 0,97 e 0,92, respectivamente. Já as variáveis relacionadas com a eficiência do uso de água (*A/gs*) e (*A/E*), juntamente com a relação de carbono interno/externo (*Ca/Ci*) dominaram o fator 2, que representa 30,24% da variação dos dados.

No fator 1, foi observado a correlação positiva entre as variáveis de *E*, *gs*, *A*, *Fv/Fm* e Ψ_w . Para esse mesmo fator (1), a *A/ci* e *Tf-ar* foram negativamente correlacionadas com as demais variáveis do componente. No fator 2, foram retidas variáveis que dizem respeito a gestão do CO₂ assimilado pelas plantas, nesse componente, a *Ci/Ca* foi negativamente correlacionada com as variáveis de *A/gs* e *A/E*.

Levando em consideração a importância da variável para explicar as variações existentes entre as espécies florestais, verifica-se, que no fator 1, as variáveis de *E*, *gs*, *A*, *A/Ci* e *Tf-ar* tem maior relevância para diferenciar as espécies, enquanto que *Fv/Fm* e Ψ_w apresentam menor importância. No fator 2, a *Ci/Ca* foi a variável que mostrou maior importância, e por conseguinte, maior contribuição para o agrupamento de espécies (Tabela 2, Figura 3).

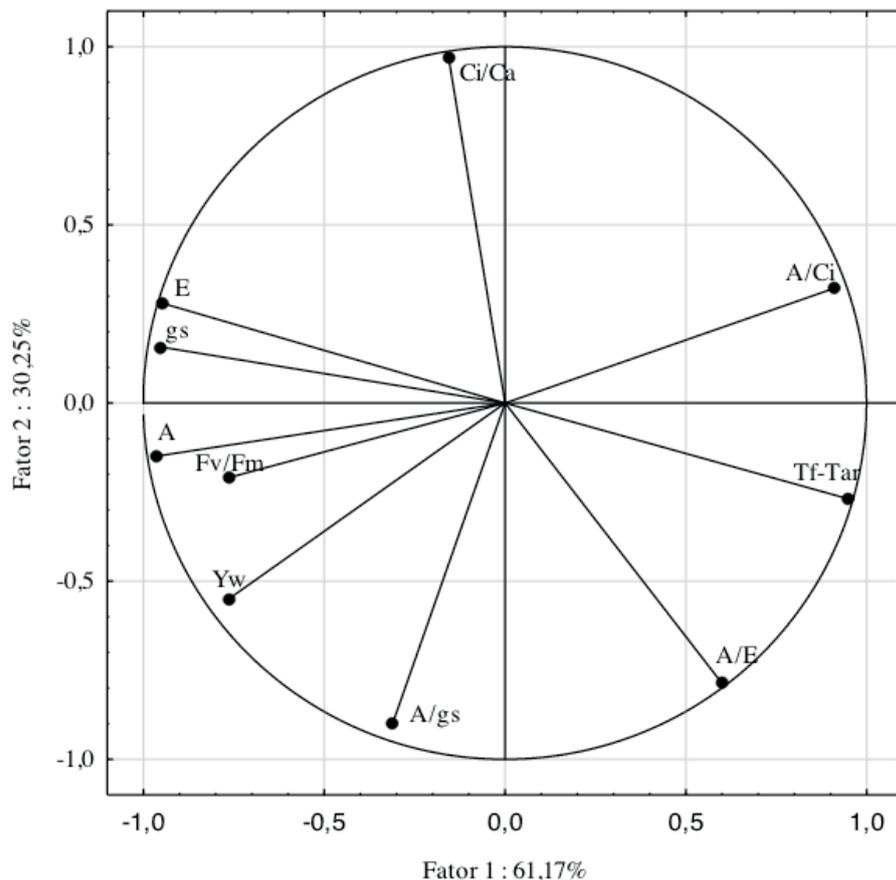


Figura 3. Diagrama de ordenação dos dois fatores retidos na análise de componentes principais.

Na Figura 4 encontra-se as cargas fatoriais dos 36 casos em função das duas primeiras componentes principais extraídas que apresentaram os maiores autovalores (Fatores 1 e 2) baseadas nas variáveis fisiológicas avaliadas. Observou-se a discriminação de três grupos distintos de espécies. O 1º grupo foi constituído por 12 indivíduos das espécies *C. brasiliense* Cambess. (GU) e *S. macrophylla* King. (MO). O 2º grupo foi formado por 18 indivíduos das espécies *A. fraxinifolium* Schott. (GA), *H. impetiginosa* Mart. (IR) e *S. amara* Aubl. (MA). O 3º grupo foi constituído por indivíduos isolados da espécie *H. serratifolius* Vahl. (IA).

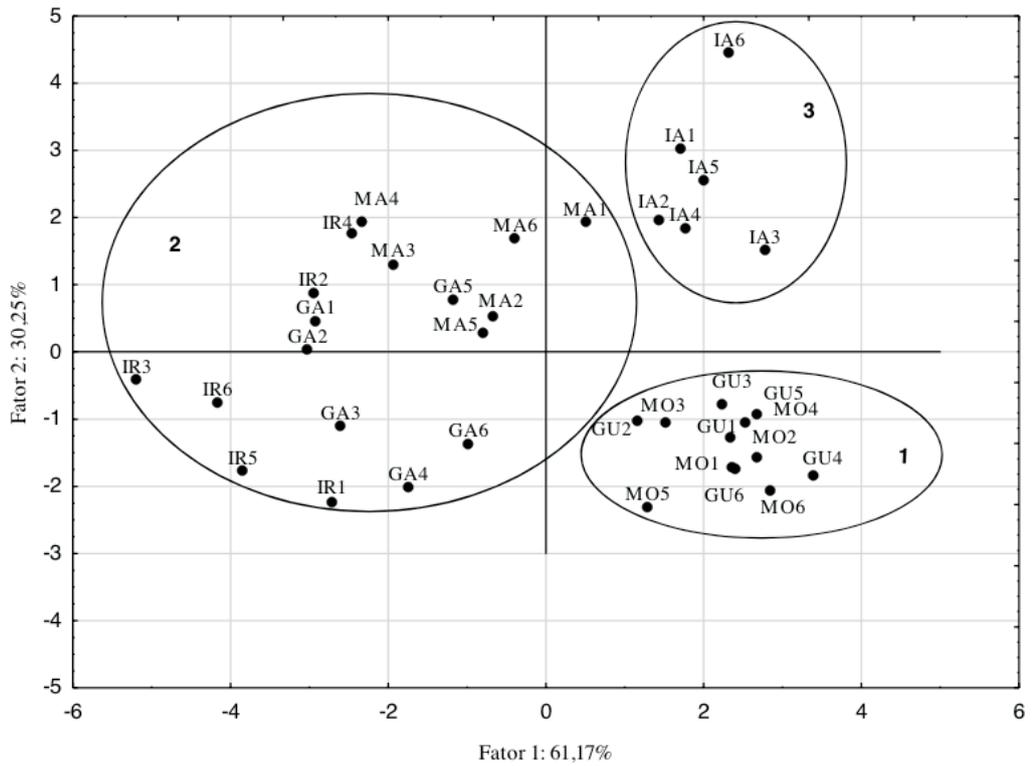


Figura 4. Cargas fatorais dos casos em função das duas componentes principais com a indicação dos grupos de espécies.

3.3 Análise agrupamento (cluster)

Os resultados da análise de agrupamento com base nos escores fatoriais para as seis espécies encontram-se na Figura 5.

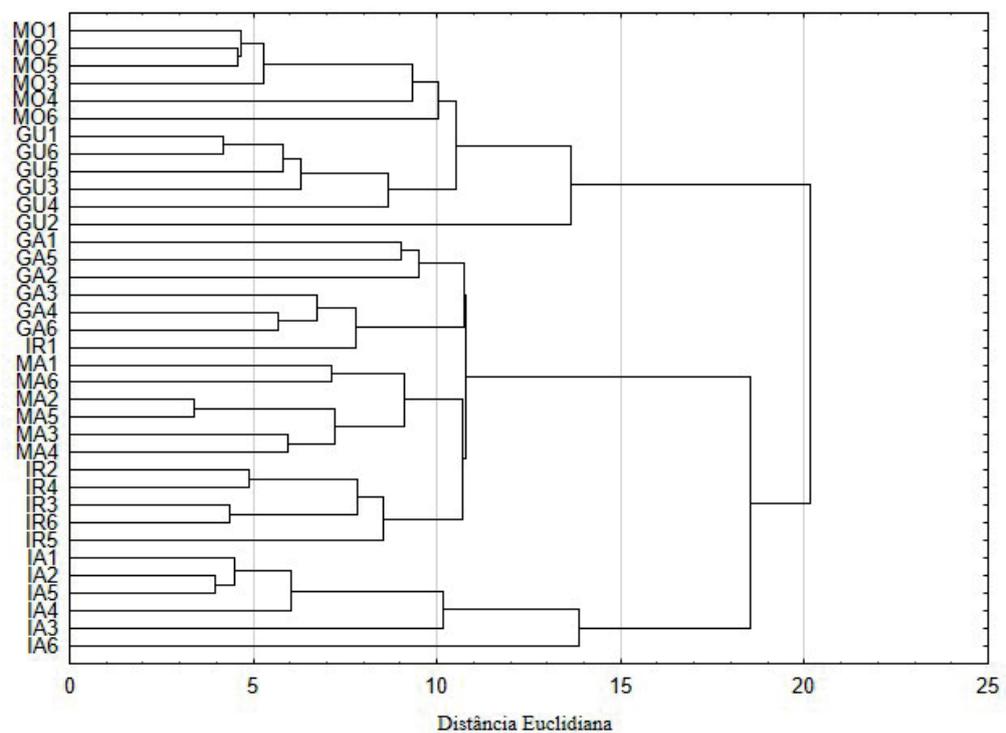


Figura 5. Dendrograma de similaridade (distância euclidiana) em relação aos parâmetros fisiológicos das espécies florestais.

A análise confirmou a formação dos três grupos homogêneos de espécies de acordo com similaridade de suas características fisiológicas indicado na análise de componentes principais. No grupo 1 foram alocados indivíduos que apresentaram interligação a uma distância euclidiana inferior à 14, (exceto espécies presentes nos grupos 2 e 3) sendo formado por 12 indivíduos das espécies *C. brasiliense* Cambess. (GU) e *S. macrophylla* King. (MO). O segundo grupo foi considerado espécies que apresentaram interligação a uma distância euclidiana inferior à 11, composta por 18 indivíduos das espécies *A. fraxinifolium* Schott (GA), *H. impetiginosa* Mart. (IR) e *S. amara* Aubl. (MA). No terceiro grupo foram incluídas apenas seis espécies isoladas de *H. serratifolius* Vahl. (IA), sendo considerada interligação a uma distância euclidiana inferior à 14 (exceto as espécies incluídas nos grupos antecessores) (Figura 5).

4 | DISCUSSÃO

Os resultados evidenciaram variações significativas nas variáveis fisiológicas entre as espécies avaliadas. Os padrões de resposta às condições de baixa disponibilidade hídrica acontecem de maneira diferente entre as espécies. Tais diferenças estão associadas a características específicas de cada espécie, como particularidades fisiológicas e anatômicas (MARENCO *et al.*, 2015; CAMPELO *et al.*, 2018).

A elevada porcentagem de explicação encontrada no Fator 1 (61,16 %), deve-se principalmente as variáveis correspondes as trocas gasosas (E , gs , A), que são altamente responsivas ao déficit hídrico. Sob condições de baixa disponibilidade hídrica, ocorre a diminuição do fluxo de vapor d'água para a atmosfera na planta, ocasionado pelo fechamento estomático, provocando, conseqüentemente, a redução drástica da fixação fotossintética de carbono e da transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2013). A redução da taxa fotossintética por meio do fechamento estomático, pode ser entendido como uma estratégia para evitar a perda de água na folha (SILVA *et al.*, 2009). Dessa forma, o ajustamento estomático é considerado um dos principais indicadores do comportamento das espécies em relação a gestão interna de água (GRANDA *et al.*, 2014).

A Fv/Fm apresentou menor carga fatorial e foi correlacionado positivamente E , gs , A . A Fv/Fm é considerada um indicador direto da fotoinibição, sendo utilizada para avaliar eventuais alterações no processo fotoquímico ocasionado por fatores abióticos (GONÇALVES *et al.*, 2010). Dessa forma, há uma relação direta entre a redução da capacidade de assimilação de CO_2 e a Fv/Fm . A relação entre a queda da Fv/Fm e a limitação estomática foi observado por Gonçalves *et al.* (2009), em plantas jovens de *Carapa guianensis*. Neste caso, os autores atribuem a redução da atividade fotoquímica à diminuição da gs ocasionada pelo estresse hídrico e relatam

que a fotoinibição ocorre em condições de seca mais severa. No presente estudo, essa variável apresentou o menor poder de explicação da variação dos dados, frente as demais variáveis, no Fator 1.

O Ψ_w apresentou maior importância que F_v/F_m e foi também correlacionado positivamente com E , g_s , A . Segundo Costa e Marengo (2007), variações do Ψ_w estão diretamente relacionados com a dinâmica do fechamento estomático. Isto porque, se a planta perde água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte, o potencial hídrico da folha diminui, levando ao fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese. Silva *et al.* (2003) em estudo com três espécies lenhosas cultivadas sob déficit hídrico, verificaram a redução do potencial hídrico foliar com a diminuição da E e g_s , sendo considerado um bom indicador dos efeitos do estresse hídrico.

A A/C_i e $Tf-ar$ apresentaram elevadas cargas fatoriais com -0,91 e -0,92, respectivamente. Ambas se mostraram negativamente correlacionadas com as demais variáveis retidas no Fator 1. A A/C_i é uma variável utilizada como indicador do uso interno de CO_2 pelas plantas e possui relação direta com a eficiência da enzima ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (rubisco) (FARQUHAR; SHARKEY, 1982). A correlação negativa com as outras variáveis indicou que o fechamento estomático, induzido pela deficiência hídrica, ocasionou de forma proeminente a limitação de CO_2 para a assimilação, reduzindo sua difusão da atmosfera para os sítios de carboxilação nos cloroplastos, conforme citado por Galle *et al.* (2009). Dessa forma, a concentração interna de CO_2 diminuiu, porém não houve efeito compensatório nas taxas de assimilação, ocasionando quedas nos valores de A/C_i . Quanto a $Tf-ar$, esta variável está diretamente relacionada a processos fisiológicos, como a transpiração, condutância estomática e potencial hídrico foliar, e por isso pode ser considerado um indicador sensível de estresse hídrico em plantas (ZARCO-TEJADA *et al.*, 2012). Segundo Oliveira *et al.* (2005), o fechamento dos estômatos restringe a transpiração e, conseqüentemente, a troca de calor, ocasionando a elevação da temperatura da folha. Este aumento para além da temperatura do ar está ligado aos processos à resistência difusiva de CO_2 e tem implicações diretas nas trocas gasosas, principalmente na assimilação de carbono (DAY, 2000; MORAIS *et al.*, 2017). As relações inversas entre $Tf-ar$ e fechamento estomático foram observadas por Cordeiro *et al.* (2009) em plantas de *Swietenia macrophylla* e por Zarco-Tejada *et al.* (2012) em *citrus* sob deficiência hídrica. Do mesmo modo, a tendência do aumento $Tf-ar$ com a elevação do potencial hídrico foliar foram observadas em plantas de *Prunus persica* em função de diferentes tratamentos hídricos (WANG; GARTUNG 2010).

No fator 2, foram retidas variáveis relacionadas com a gestão interna de água e CO_2 nas plantas. A C_i/C_a que representa o balanço entre entrada e saída de CO_2 , apresentou maior relevância. No entanto, a C_i/C_a e as variáveis que representam a eficiência no uso da água (A/g_s e A/E), são essencialmente relacionadas (PINHO-PESSOA *et al.*,

2018). A eficiência do uso da água pode ser entendida como a relação entre a taxa de assimilação de moléculas de CO_2 para cada unidade de água transpirada. Segundo Taiz; Zeiger (2013), em situações de estresse hídrico, algumas plantas tendem a reduzir primeiramente a g_s antes da taxa fotossintética, sendo assim mais eficiente na utilização da água disponível. Dessa forma, a melhor relação entre absorção de CO_2 e perda de H_2O é alcançada quando os estômatos estão parcialmente fechados, diminuindo a concentração interna de CO_2 , conseqüentemente, ocasionando a queda na C_i/C_a . A correlação negativa entre a concentração interna de CO_2 e as variáveis de A/E e A/g_s foram observados Santos *et al.* (2013) em plantas de *Jatropha curcas* L. cultivadas em condições do semiárido. Apesar de serem consideradas indicadoras do nível de estresse hídrico nas plantas e da sua adaptação nesses ambientes, no presente estudo, estas variáveis apresentaram menor poder de explicação em relação as variáveis retidas no fator 1.

Com relação a classificação das espécies de acordo com as características fisiológicas, constatou-se a formação de três grupos homogêneos. O primeiro grupo formado por indivíduos das espécies *C. brasiliense* (GU) e *S. macrophylla* (MO), são caracterizados como sensíveis a diminuição da condutância estomática e fotossíntese quando submetidas a baixa disponibilidade hídrica (CUNHA *et al.*, 2013; ROCHA *et al.*, 2016). No presente estudo, estas espécies apresentaram os menores valores de A , E e g_s e maiores de A/E , contribuindo para o isolamento de ambas no mesmo grupo (TABELA 1). Tais espécies ocorrem preferencialmente em ambientes com alta disponibilidade hídrica, o que explica os baixos valores de trocas gasosas e *status* de água na folha observados, porém, ambas apresentam mecanismos de osmorregulação em condições de déficit hídrico, indicando plasticidade fisiológica nestas espécies (CUNHA *et al.*, 2013; REIS *et al.*, 2018). A maioria dos indivíduos foram alocados no segundo grupo, formados pelas espécies *A. fraxinifolium* (GA), *S. amara* (MA) e *H. impetiginosa* (IR). Com relação as espécies inclusas neste grupo, Campelo *et al.* (2015) constataram que estas espécies mostram adaptações similares a baixa disponibilidade hídrica no solo, com regulação na abertura estomática e controle nas taxas transpiratórias em épocas de menor precipitação. Entre as três espécies, a *H. impetiginosa* (IR) apresentou os maiores valores de A , g_s e E e o melhor controle da $T_f\text{-ar}$ ($-0,08$ °C) frente as demais. Além disso, esta espécie, tem a capacidade de reduzir o seu potencial hídrico foliar em condições de baixa disponibilidade hídrica, aumentando a eficiência do uso de água e tem mostrado alta capacidade de recuperação da capacidade fotossintética após um período de estresse hídrico severo (DOMBROSKI *et al.*, 2014). O terceiro grupo foi formado por indivíduos da espécie *H. serratifolius* (IA), que caracteristicamente, mostra-se sensível a baixa disponibilidade de água no solo, com reduções nas trocas gasosas, na eficiência fotoquímica do fotossistema II e em características morfofisiológicas, como área foliar

específica e conteúdo de N, P e K nas folhas (CAMPELO *et al.*, 2015; CAMPELO *et al.*, 2018). De fato, esta espécie apresentou taxas medianas de *A*, *E* e *gs* (5,43, 012, 3,43, respectivamente) e o menor valor de Ψ_w , com -8,16 Mpa entre todas as espécies avaliadas, o que contribuiu para o isolamento deste grupo (TABELA 1).

5 | CONCLUSÕES

Os resultados encontrados permitem concluir que a análise fatorial por componentes principais é uma ferramenta eficaz para a avaliação das inter-relações de variáveis fisiológicas em espécies florestais sob condições de baixa disponibilidade hídrica. As variáveis de *E*, *gs*, *A*, *A/ci* e *Tf-ar* são as que apresentam maior relevância para explicar as variações existentes entre as espécies nestas condições.

A análise de cluster permitiu a formação de três grupos de indivíduos pela similaridade das características fisiológicas, o primeiro, formado por indivíduos das espécies *C. brasiliense* e *S. macrophylla*, o segundo por *A. fraxinifolium*, *S. amara* e *H. impetiginosa* e o terceiro grupo formado por indivíduos da espécie *H. serratifolius*. Estas informações podem ser utilizadas em estudos de seleção de espécies adaptadas a ambientes com baixa disponibilidade de água no solo.

REFERÊNCIAS

- BÜNDCHEN, M.; BOEGER, M. R. T.; REISSMANN, C. B. Estrutura foliar de espécies lenhosas de dossel e sub-bosque em uma floresta subtropical do sul do Brasil. **Iheringia. Série Botânica**. v. 70, n. 1, p. 105-114, 2015.
- CAMPELO, D. H.; LACERDA, C. F.; SOUSA, J. A.; BEZERRA, A. M. E.; ARAÚJO, J. D. M.; NEVES, A. L.R.; SOUSA, C. H. C. Características morfofisiológicas foliares e estado nutricional de seis espécies lenhosas em função da disponibilidade de água no solo. **Ciência Florestal (01039954)**, v. 28, n. 3, 2018.
- 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**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 973-983, set. 2015.
- CORDEIRO, Y. E. M.; PINHEIRO, H. A.; SANTOS FILHO, B. G.; CORRÊA, S. S.; SILVA, J. R. R.; DIAS-FILHO, M. B. 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.
- COSTA, G.F.; MARENCO, R.A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, v.37, p.229-234, 2007.
- CUNHA, G M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; VELLOSO, A. C. X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da Mata Atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1175-1185, 2009.

CUNHA, R. L. M.; SANTOS FILHO, B. G.; COSTA, R. C. L.; VIÉGAS, I. D. J. M. Physiological assessment in young Brazilian and African mahogany plants during the dry and rainy seasons in northeastern Para state, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 3, p. 255-260, 2013.

DAY, M. E. Influence of temperature and leaf-to-air vapor pressure deficit on net photosynthesis and stomatal conductance in red spruce (*Picea rubens*). **Tree Physiology**, v. 20, n. 1, p. 57-64, 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS - DNOCS. Grupos de Coordenação Executiva das Operações Agrícolas (GOA). Situação em 30/04/1991. Fortaleza, 1991. DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS - DNOCS. Perímetro irrigado baixo-acaraú. Fortaleza 2012. Disponível em: http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce/baixo_acarau.html. Acesso em 8 de abril de 2013.

DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, R. M. O. D.; TOMCZAK, V. E.; PINTO, J. R. D. S.; FARIAS, R. M. D. Ecophysiology of water stressed *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex. DC) Mattos) Seedlings. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101, p.155-163, 2014.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual review of plant physiology**, v. 33, n. 1, p. 317-345, 1982.

FINI, A.; BELLASIO, C.; POLLASTRI, S.; TATTINI, M.; FERRINI, F. Water relations, growth, and leaf gas exchange as affected by water stress in *Jatropha curcas*. **Journal of Arid Environments**, v. 89, p. 21-29, 2013.

GALLE, A.; FLOREZ-SARASA, I.; TOMAS, M.; POU, A.; MEDRANO, H.; RIBAS-CARBO, M.; FLEXAS, J. The role of mesophyll conductance during water stress and recovery in tobacco (*Nicotiana sylvestris*): acclimation or limitation?. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 8, p. 2379-2390, 2009.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. B.; DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Rev. Bras. De Eng. Agrícola**, Campina Grande, v. 14, n.4, p. 378-386, 2010.

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

GRANDA, V.; DELATORRE, C.; CUESTA, C.; CENTENO, M. L.; FERNÁNDEZ, B.; RODRÍGUEZ, A.; FEITO, I. Physiological and biochemical responses to severe drought stress of nine *Eucalyptus globulus* clones: a multivariate approach. **Tree physiology**, v. 34, n. 7, p. 778-786, 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

KLEIN, T.; YAKIR, D.; BUCHMANN, N.; GRÜNZWEIG, J. M. Towards an advanced assessment of the hydrological vulnerability of forests to climate change-induced drought. **New phytologist**, v. 201, n. 3, p. 712-716, 2014.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006. 531p.

LOBÃO, M. S.; CASTRO, V. D.; RANGEL, A.; SARTO, C.; FILHO M. T.; JUNIOR, F. G. S.; NETO, L. C.; BERMUDEZ, M. A. R. C. Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 92, p. 469-477, 2011.

MARENCO, R. A.; MAGALHÃES, N. D. S.; GOUVÊA, P. R. D. S.; ANTEZANA-VERA, S. A. Juvenile tree growth correlates with photosynthesis and leaf phosphorus content in central Amazonia. **Revista Ceres**, v. 62, n. 2, p. 175-183, 2015.

MARTINEZ, G. B.; MOURÃO, M.; BRIENZA JUNIOR, S. Respostas morfofisiológicas de plantas de açacu (*Hura crepitans* L.) provenientes de várzeas do rio Amazonas: efeito da anoxia do solo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1155-1164, 2011.

MELO, R. R.; ARALDI, D. B.; STANGERLIN, D. M.; MÜLLER, M. T.; GATTO, D. A. Uso das características tecnológicas da madeira para o agrupamento de espécies florestais. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 1-7, 2013.

MORAIS, R. R.; ROSSI, L. M. B.; HIGA, R. C. V. Trocas gasosas de plantas jovens de taxi-branco submetidas à variação de temperatura foliar e suspensão da irrigação. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, 2017.

NATH, C. D.; DATTARAJA, H. S.; SURESH, H. S.; JOSHI, N. V.; SUKUMAR, R. Patterns of tree growth in relation to environmental variability in the tropical dry deciduous forest at Mudumalai, southern India. **Journal of Biosciences**, v. 31, n. 5, p. 651-669, 2006.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. D. J. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p. 86-95, 2005.

PINHO-PESSOA, A. C.; MENDES, K. R.; JARMA-OROZCO, A.; PEREIRA, M. P. S.; SANTOS, M. A.; MENEZES, R. S. C.; OMETTO, J. P.; PEREIRA E. C.; POMPELLI, M. F. Interannual Variation in Temperature and Rainfall can Modulate the Physiological and Photoprotective Mechanisms of a Native Semiarid Plant Species. **Indian Journal of Science and Technology**, v. 11, p. 42, 2018.

REIS, L. C.; FORESTI, A.; SCALON, S. D. P. Q.; DRESCH, D. M.; PEREIRA, Z. V. Effect of water deficit and abscisic acid on photosynthetic and antioxidant metabolism in seedlings of *Calophyllum brasiliense* (CAMBESS.). **Cerne**, v. 24, n. 4, p. 387-396, 2018.

ROCHA, M. A. M.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; BARBOSA, F. E. L.; FEITOSA, H. O.; SOUSA, C. H. C. Physiological responses of three woody species seedlings under water stress, in soil with and without organic matter. **Revista Árvore**, v. 40, n. 3, p. 455-464, 2016.

SANTOS, C. M.; VERISSIMO, V.; WANDERLEY FILHO, H. C. L W.; FERREIRA, V. M.; CAVALCANTE, P. G. S.; ROLIM, E. V.; ENDRES, R. L. Seasonal variations of photosynthesis, gas exchange, quantum efficiency of photosystem II and biochemical responses of *Jatropha curcas* L. grown in semi-humid and semi-arid areas subject to water stress. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 203-213, 2013.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J.; VALE, F. H.; ARAÚJO, F. P. D.; PIMENTA, M. A. Stomatal changes induced by intermittent drought in four umbu tree genotypes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 21, n. 1, p. 33-42, 2009.

SILVA, E.C.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; AZEVEDO NETO, A.D.; SANTOS, V. F. Comportamento

estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 2, p. 231-246, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 918p.

WAGNER, F.; ROSSI, V.; STAHL, C.; BONAL, D.; HERAULT, B. Water availability is the main climate driver of neotropical tree growth. **PloS one**, v. 7, n. 4, p. e34074, 2012.

WANG, D.; GARTUNG, J. Infrared canopy temperature of early-ripening peach trees under postharvest deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 11, p. 1787-1794, 2010.

ZARCO-TEJADA, P. J.; GONZÁLEZ-DUGO, V.; BERNI, J. A. Fluorescence, temperature and narrow-band indices acquired from a UAV platform for water stress detection using a micro-hyperspectral imager and a thermal camera. **Remote Sensing of Environment**, v. 117, p. 322-337, 2012.

SOBRE AS ORGANIZADORAS

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos: Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPI (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. E-mail para contato: raissasalustriano@yahoo.com.br Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

Geisa Mayana Miranda de Souza: Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco (2010). Foi bolsista da FACEPE na modalidade de Iniciação Científica (2009-2010) e do CNPq na modalidade de DTI (2010-2011) atuando na área de Entomologia Aplicada com ênfase em Manejo Integrado de Pragas da Videira e Produção Integrada de Frutas. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba, na área de concentração em Agricultura Tropical, linha de pesquisa em Biotecnologia, Melhoramento e Proteção de Plantas Cultivadas. Possui experiência na área de controle de insetos sugadores através de joaninhas predadoras. E-mail para contato: geisamayanas@gmail.com Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5484806095467611>

Ana Carolina Sousa Costa: Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009). Mestre em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - PB (2012), com bolsa da CAPES. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - PB (2017), com bolsa da CAPES. Tem experiência na área de Fisiologia, com ênfase em Pós-colheita, atuando principalmente nos seguintes temas: qualidade, atmosfera modificada, vida útil, compostos de alto valor nutricional. E-mail para contato: anna_karollina@yahoo.com.br Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9930409169790701>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Análise de cluster 82, 93
Análise de componentes principais 82, 88, 90
Aprendizagem 1, 3, 6, 9

C

Ciências 1, 2, 6, 9, 12, 16, 27, 42, 54, 62, 71, 94, 104, 106, 136, 151, 165, 196, 199, 211, 223, 231, 232, 233

D

Danos 12, 17, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 36, 39, 107, 110, 111, 117, 137, 138, 142, 169, 194, 201, 202, 213, 215

E

Ensino 1, 6, 7, 11, 14, 15, 21, 38, 192, 204, 206, 207, 208, 210, 211
Eucalipto tratado 54, 55, 57, 58, 60

F

Fluxo de carbono 63, 70
Funasa 80, 176

H

Hortaliças 3, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 141, 153

I

Impacto ambiental 8, 55, 140, 178, 189, 201
Impacto positivo 54, 55
Impactos ambientais 9, 12, 14, 15, 29, 32, 34, 46, 59, 110, 111, 112, 118, 119, 137, 138, 142, 169, 170, 173, 178, 179, 193, 196
Intoxicação 34, 36, 39, 40, 41, 215, 229

L

Laguna da Jansen 28, 29, 30, 31, 32

M

Manejo de bacias hidrográficas 106
Microbacias paraenses 63, 65
Módulo 54, 55, 56, 57, 60
Municípios 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 106, 138, 200, 203, 207, 216

N

Natureza 1, 2, 7, 10, 12, 48, 49, 51, 52, 97, 100, 122, 152, 168, 177, 179, 188, 196, 201, 225

P

Piaçabuçu 43, 44, 45, 46, 50, 51, 52

Plantas 1, 2, 3, 4, 17, 40, 64, 82, 83, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 101, 102, 141, 201, 212, 214, 216, 217, 218, 219

Plantas lenhosas 82

Preservação 5, 28, 30, 43, 45, 47, 48, 49, 51, 55, 59, 60, 121, 195, 214, 216

Produção 4, 5, 15, 35, 38, 42, 55, 56, 60, 61, 62, 83, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 131, 132, 133, 134, 137, 138, 141, 143, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 154, 155, 157, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 178, 180, 188, 189, 197, 198, 206, 213, 214, 217

Produção sustentável 110, 111, 118

R

Recursos hídricos 102, 106

Redução do calor 16, 23, 26

Resíduos sólidos 8, 9, 13, 15, 31, 33, 62, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 110, 112, 115, 116, 117, 118, 137, 152, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 187, 188, 189, 195, 196, 198, 199, 200, 201, 202, 203

Riscos à saúde 34, 39, 110, 115, 137, 138, 142, 169, 187

S

Sensibilização 7, 8, 9, 14, 16, 26, 116, 118

Sistematização 110, 111, 118

Solução solo 63, 66

Sombra 16, 22, 23, 26

Sustentabilidade 2, 5, 9, 14, 33, 50, 54, 61, 62, 71, 97, 98, 106, 129, 176

T

Trabalhadores do turismo 43, 46, 47

Trocas gasosas 82, 85, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 218

U

Universidade 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 27, 34, 41, 52, 53, 54, 62, 71, 73, 81, 97, 106, 110, 120, 136, 143, 145, 147, 150, 151, 153, 158, 165, 168, 177, 187, 197, 203, 204, 211, 212, 223, 231, 232, 233, 236

V

Visitantes excursionistas 43, 45, 46, 47, 49, 50

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-645-4



9 788572 476454