

# A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO INTERDISCIPLINAR NAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS 2



**ELÓI MARTINS SENHORAS  
(ORGANIZADOR)**

**Atena**  
Editora

Ano 2020

# A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO INTERDISCIPLINAR NAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS 2



**ELÓI MARTINS SENHORAS  
(ORGANIZADOR)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**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 Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – 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 Internazionale 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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
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 Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
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  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
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  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
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

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

P964 A produção do conhecimento interdisciplinar nas ciências ambientais  
2 [recurso eletrônico] / Organizador Eloi Martins Senhoras. –  
Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-81740-19-1

DOI 10.22533/at.ed.191201002

1. Agronomia – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente – Pesquisa –  
Brasil. I. Senhoras, Eloi Martins.

CDD 630

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

O livro intitulado “A Produção do Conhecimento Interdisciplinar nas Ciências Ambientais 2” trata-se de um pioneiro trabalho coletivo produzido por pesquisadores de todas as regiões brasileiras, findando abordar temáticas relevantes ao campo de Ciências Ambientais a partir de enfoques teórico-metodológicos absorventes e plurais que se materializam a partir de uma abordagem interdisciplinar.

As contribuições deste livro são oriundas, tanto da área de Ciências Ambientais stricto sensu, quanto, do campo de Ciências Ambientais lato sensu, conformado pela agregação de discussões das áreas de Gestão Ambiental, Ciências Florestais, Biologia, Engenharia, Desenvolvimento e Planejamento Territorial, Ecologia, Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Zootecnia, Biomedicina, Enfermagem, Ciências Agrárias.

Organizado em doze capítulos, o presente livro foi estruturado por meio de pesquisas laboratoriais e de campo que se utilizaram de diferentes técnicas de levantamento e análise de dados, sendo caracterizadas, de modo convergente, pelo uso de procedimentos metodológicos de natureza quali-quantitativa quanto aos meios e de natureza exploratória e descritiva quanto aos fins.

No primeiro capítulo, “Influência da vegetação em variáveis climáticas: estudo em bairros da cidade de Cascavel - PR”, a coleta de dados em áreas verdes da cidade de Cascavel trouxe como resultado a identificação de que a presença de vegetação tem grande influência no microclima local e que a região que possui maior quantidade de maciço arbóreo tem melhores condições climáticas sobre a região da cidade que tem menor quantidade de maciço arbóreo.

No segundo capítulo, “Incremento diamétrico, hipsométrico e de área de copa de espécies florestais na arborização de calçadas”, os resultados apresentados na pesquisa demonstram ser úteis para auxiliar o processo de criação de cenários de composição do plantio de árvores em áreas urbanas, visando analisar possíveis conflitos com estruturas urbanas e as possíveis soluções para plantar árvores nas calçadas.

No capítulo terceiro, “Árvores e arbustos utilizados na arborização do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Recife”, a avaliação das principais espécies arbustivo-arbóreas demonstrou que as espécies registradas proporcionam alimentação para fauna, suporte de conteúdo em aulas práticas e o embelezamento paisagístico e ambiental do campus, embora em um contexto de ausência de valorização da flora nativa na etapa de planejamento de arborização do campus.

No quarto capítulo, “Biomassa e macronutrientes em um povoamento de *Eucalyptus benthamii* no Sul do Brasil”, o objetivo foi quantificar o estoque de biomassa e macronutrientes em uma área de produção das sementes de *Eucalyptus benthamii*, em São Francisco de Assis – RS, sendo demonstrado que a quantificação de

macronutrientes na biomassa nesta área é proporcionalmente menor em comparação com estudos realizados em plantações comerciais devido ao menor número de árvores por ha.

No quinto capítulo, “Biomassa e micronutrientes em um povoamento de *Eucalyptus benthamii* no Sul do Brasil”, a quantificação do estoque de biomassa e de macronutrientes na mesma área do capítulo 4 possibilitou demonstrar que as maiores quantidades de micronutrientes estão na casca, folha, frutos, galhos e raízes, componentes que podem ser deixados no campo após a colheita, contribuindo para a ciclagem de nutrientes do local.

No sexto capítulo intitulado “Variações nos teores de clorofila e na dimensão da copa em árvores adultas de *Platanus x acerifolia*”, a pesquisa demonstrou que a intensidade de radiação solar gera influência sobre cada parte da copa das árvores de *Platanus x acerifolia*, assim como procedimentos de avaliação de árvores urbanas são importantes para pautar ações de manutenção, a fim de manter os serviços ecossistêmicos almejados com as árvores nas cidades.

No capítulo sétimo, “Uso do método adaptado de avaliação rápida e priorização do manejo (RAPPAM) para uma unidade de conservação”, as análises realizadas demonstraram que a área analisada requer a aplicação de planejamento das atividades, a implementação do que foi planejado e o monitoramento para verificação da eficácia de inúmeras etapas mencionadas no Plano de Manejo do Parque Estadual de Dois Irmãos, além dos impactos adversos precisarem ser mais focados por parte dos gestores.

No oitavo capítulo, “Estudo da utilização de resíduo de casca cerâmica de microfusão no concreto em substituição ao agregado graúdo e miúdo natural”, a pesquisa teve como objetivo a incorporação do resíduo de casca cerâmica no concreto, visando à preservação ambiental, a reciclagem e a redução no consumo de recursos naturais. O estudo demonstra que o uso de casca cerâmica tem grande potencial, devendo ser avaliado cada caso de substituição em função do produto a ser gerado.

No nono capítulo, “Estudo de autodepuração do córrego Batista, Perolândia – Goiás”, o estudo concluiu que este curso hídrico possui capacidade de autodepurar-se caso receba o lançamento de efluentes tratados pelo Sistema de Esgotamento Sanitário de Perolândia, conforme projetado, com eficiência de 90%, e continuará como Classe 2, conforme parâmetros da Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

No capítulo décimo, “Funções de pedotransferência de atributos físico-químicos em solos do Oeste baiano, Brasil”, objetivou-se determinar correlações diretas entre alguns atributos do solo do Oeste da Bahia (granulometria, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, carbono orgânico, densidade do solo e capacidade de troca de cátions), bem como desenvolver modelos matemáticos simples entre eles, em que um ou mais atributos servem de componentes principais da função para prever o outro.

No décimo primeiro livro, “Adsorção de cloridrato de metformina por meio de Ecovio® eletrofiado e carvão ativado”, a pesquisa analisou a metformina, que é o princípio ativo do medicamento utilizado para tratamento de diabetes mellitus tipo 2, de modo que sua presença em rios e lagos provoca a feminilização de peixes e pequenos animais. Com o objetivo de remover esse contaminante foram testados como adsorventes o carvão ativado obtido a partir do coração da bananeira *Musa cavendish* e o Ecovio® eletrofiado, sendo utilizadas metodologias alternativas a fim de aumentar sua capacidade de adsorção.

No décimo segundo capítulo, “Notificação de esquistossomose versus condições ambientais no município de São Bento, nos anos de 2015/2016”, com base na análise dos dados, o estudo demonstrou a necessidade de intervenção estatal para que a redução do número de casos de esquistossomose observada nos dois anos avaliados se mantenha, bem como ser imperativa a implementação de campanhas educativas visando a conscientização da população deste município maranhense.

Com base nos capítulos ora descritos, o seleto grupo de autores presentes no desenvolvimento desta obra demonstrou um forte e reticular trabalho coletivo de pesquisadoras e pesquisadores - não apenas com distintas formações acadêmicas, mas também oriundos de instituições de ensino superior público e privadas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste do Brasil - o que repercutiu em uma rica agenda de pesquisas ambientais comprometidas com as realidades locais.

Desejo uma ótima leitura! Abra os olhos de modo global a partir de transformações locais!

Prof. Dr. Elói Martins Senhoras



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO EM VARIÁVEIS CLIMÁTICAS: ESTUDO EM BAIROS DA CIDADE DE CASCAVEL - PR	
Cinthia Thiesen Otani Décio Lopes Cardoso Ana Maria Damasio	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1912010021</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
INCREMENTO DIAMÉTRICO, HIPSOMÉTRICO E DE ÁREA DE COPA DE ESPÉCIES FORESTAIS NA ARBORIZAÇÃO DE CALÇADAS	
Rogério Bobrowski Jéssica Thalheimer de Aguiar Tarik Cuchi Elisiane Vendruscolo Sidnei Antonio Crovador Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1912010022</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>27</b>
ÁRVORES E ARBUSTOS UTILIZADOS NA ARBORIZAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO, CAMPUS RECIFE	
Nelio Domingos da Silva Marília Larocerie Lupchinski Magalhães Gunnar Jorg Kelsch Maria de Lourdes Almeida Gonçalves Pedro Henrique Monteiro Marinho Iara Cristina da Silva Santana Andréia Gregório da Silva Santos Angelica Alves Rodrigues Italo Leal Ferreira de Almeida Suzana Figueiredo de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1912010023</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>34</b>
BIOMASS AND MACRONUTRIENTS IN STAND OF <i>EUCALYPTUS BENTHAMII</i> IN SOUTHERN BRAZIL	
Huan Pablo de Souza Angélica Costa Malheiros Dione Richer Momolli Aline Aparecida Ludvichak Claudiney do Couto Guimarães José Mateus Wisniewski Gonsalves Mauro Valdir Schumacher	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1912010024</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>43</b>
BIOMASS AND MICRONUTRIENTS IN A <i>EUCALYPTUS BENTHAMII</i> MAIDEN STAND IN SOUTHERN BRAZIL	
Huan Pablo de Souza Angélica Costa Malheiros Dione Richer Momolli Aline Aparecida Ludvichak	

Claudiney do Couto Guimarães  
José Mateus Wisniewski Gonsalves  
Mauro Valdir Schumacher

**DOI 10.22533/at.ed.1912010025**

**CAPÍTULO 6 ..... 55**

VARIAÇÕES NOS TEORES DE CLOROFILA E NA DIMENSÃO DA COPA EM ÁRVORES ADULTAS DE *PLATANUS X ACERIFOLIA*

Rogério Bobrowski  
Fabiana Schmidt Bandeira Peres  
Jéssica Batista da Mata  
Daniela Sanson  
Kátia Cylene Lombardi

**DOI 10.22533/at.ed.1912010026**

**CAPÍTULO 7 ..... 65**

USO DO MÉTODO ADAPTADO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA E PRIORIZAÇÃO DO MANEJO (RAPPAM) PARA UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

Eduardo Antonio Maia Lins  
Edil Mota Lins  
Luiz Oliveira da Costa Filho  
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Sérgio Carvalho de Paiva  
Fábio José de Araújo Pedrosa  
Cecília Maria Mota Silva Lins  
Andréa Cristina Baltar Barros  
Maria Clara Pestana Calsa  
Adriane Mendes Vieira Mota  
Roberta Richard Pinto  
Daniele de Castro Pessoa de Melo

**DOI 10.22533/at.ed.1912010027**

**CAPÍTULO 8 ..... 77**

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CASCA CERÂMICA DE MICROFUSÃO NO CONCRETO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO GRAÚDO E MIÚDO NATURAL

Marina Tedesco  
Rejane Maria Candiota Tubino

**DOI 10.22533/at.ed.1912010028**

**CAPÍTULO 9 ..... 90**

ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO DO CÓRREGO BATISTA, PEROLÂNDIA – GOIÁS

Wanessa Silva Rocha  
Antônio Pasqualetto  
Diego Gustavo Nobre Dias  
Fábio de Souza Sales

**DOI 10.22533/at.ed.1912010029**

**CAPÍTULO 10 ..... 100**

FUNÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIA DE ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS EM SOLOS DO OESTE BAIANO, BRASIL

Joaquim Pedro Soares Neto  
Eder Alan do Nascimento de Oliveira  
Heliab Bomfim Nunes  
Tadeu Cavalcante Reis

Vandayse Abates Rosa

**DOI 10.22533/at.ed.19120100210**

**CAPÍTULO 11 ..... 111**

ADSORÇÃO DE CLORIDRATO DE METFORMINA POR MEIO DE ECOVIO® ELETROFIADO E CARVÃO ATIVADO

Ana Caroline Reis Meira  
Mônica Carminati Scariotto  
Douglas Cardoso Dragunski  
Aparecido Nivaldo Módenes  
Paulo Rodrigo Stival Bittencourt

**DOI 10.22533/at.ed.19120100211**

**CAPÍTULO 12 ..... 122**

NOTIFICAÇÃO DE ESQUISTOSSOMOSE VERSUS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NO MUNICÍPIO DE SÃO BENTO, NOS ANOS DE 2015/2016

Maria Eduarda Franco Costa  
Amanda Silva dos Santos Aliança  
Larissa Silva Oliveira  
Reginaldo Pereira Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.19120100212**

**CAPÍTULO 13 ..... 123**

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO TOCANTINS NO PERÍMETRO URBANO DE IMPERATRIZ – MA

Bruno Araújo Corrêa

**DOI 10.22533/at.ed.19120100213**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 130**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 131**

## INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO EM VARIÁVEIS CLIMÁTICAS: ESTUDO EM BAIROS DA CIDADE DE CASCAVEL - PR

Data de Submissão: 04/11/2019

Data de aceite: 30/01/2020

### Cynthia Thiesen Otani

Unioeste – Campus Toledo

Toledo, Paraná

<http://lattes.cnpq.br/4574742085691336>

### Décio Lopes Cardoso

Unioeste – Campus Cascavel

Cascavel, Paraná

<http://lattes.cnpq.br/3664350050000165>

### Ana Maria Damasio

Unioeste – Campus Toledo

Toledo, Paraná

<http://lattes.cnpq.br/7668798177847999>

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo analisar as áreas verdes da cidade de Cascavel-PR, com a utilização dos cálculos de Índice de Áreas Verdes (IAV), Índice de Áreas Verdes de Maciços Vegetais (IAV MV), Porcentagem de Áreas Verdes (PAV) e Porcentagem de Áreas Verdes de Maciços Vegetais (PAV MV). Todos estes dados foram obtidos dos 31 bairros da cidade afim de obter-se a informação do bairro com melhores e piores índices. Uma vez identificados estes bairros foram determinados pontos de coleta de dados para verificação se a vegetação urbana influencia nas variáveis climáticas de temperatura e umidade. Foram

estipulados pontos de coleta denominados P1, P2, P3 e P4, com a presença ou ausência de vegetação dos bairros determinados: Região do Lago, que obteve melhores índices e Pacaembu que obteve os piores índices. Com as coletas de dados com equipamentos pode-se observar que a presença de vegetação tem grande influência no microclima local e que a região que possui maior quantidade de maciço arbóreo tem melhores condições climáticas sobre a região da cidade que tem menor quantidade de maciço arbóreo, traduzindo estes resultados para uma melhoria de temperatura e umidade do ar, gerando melhores condições climáticas à população Cascavelense.

**PALAVRAS-CHAVE:** Áreas Verdes; Qualidade de Vida; Índice de Áreas Verdes.

### INFLUENCE OF VEGETATION IN CLIMATE VARIABLES: STUDY IN NEIGHBORHOODS OF THE CITY OF CASCAVEL – PR

**ABSTRACT:** The objective of this study was to analyze the green areas of the city of Cascavel/PR, using the calculations of Index of Green Areas (IAV/IGA), Green Areas Index of Vegetable Massifs (IAV MV/GAI VM), Percentage of green areas (PAV/PGA) and percentage of green areas of vegetal masons (PAV MV/ PGA VM). All these data were obtained from the 31 neighborhoods of the city in order to obtain the information of

the neighborhood with better and worse indexes. Once identified, these neighborhoods were determined collection points and data to verify if the urban vegetation influences the climatic variables of air temperature and humidity. Collection points denominated, P1, P2, P3 and P4 were stipulated, with the presence or absence of vegetation of the determined neighborhoods. Região do Lago (Lake Region), which obtained better indexes and Pacaembu, which obtained the worst indexes. With the data collected with equipment, it could be observed that the presence of vegetation has great influence in the local microclimate and that the region that has more amount of arboreal mass, have a better climatic conditions on the region of the city that has smaller massive amount of arboreal, translating these results to an improvement of air temperature and humidity of the air, generating better climatic conditions to the Cascavelense population.

**KEYWORDS:** Green Area; Quality of life; Green Areas Index.

## 1 | INTRODUÇÃO

A urbanização desenfreada, a intensa movimentação da especulação imobiliária, o imediatismo da tomada de decisões em planejamentos municipais e individuais resultam na diminuição das áreas verdes. Como consequência dessa perda, ressalta-se a diminuição na qualidade de vida (HENKE-OLIVEIRA, 1996), resultando em impactos negativos tanto sociais quanto ambientais. As áreas verdes estão cada dia mais perdendo seu espaço para o asfalto, o concreto e as construções.

Para Henke-Oliveira (1996), a vegetação tem inúmeros benefícios: controle microclimático (barreiras acústicas com atenuação sonora, diminuição da temperatura, manutenção da umidade do ar), sociais (interação homem-meio), ambientais (controle de poluição, conservação do solo), benefícios econômicos, entre outros.

Nucci (2008) defende que o planejamento da vegetação é de extrema importância para minimização ou resolução de alguns dos problemas pelos quais nossas cidades estão passando, e ainda defende que somente o paisagismo doméstico não é capaz de suprir os problemas ecológicos das grandes cidades, necessitando dos parques, praças, arborização de margens de rios e arborização em vias públicas.

Sobre os benefícios da vegetação, destaca-se ainda:

As áreas verdes urbanas, pelos seus atributos, tendem a promover o conforto térmico, acústico e visual, contribuindo para o bem estar da população. É importante que a cobertura vegetal bem distribuída no interior das cidades, formando assim o denominado sistema de áreas verdes. Além disso, é fundamental que as gestões públicas mantenham o verde ainda existente, ampliando e valorizando a diversidade fitogeográfica (RESENDE et al, 2009).

Feiber (2004) afirma que “o uso das áreas verdes urbanas é eficiente na questão da amenização dos impactos ambientais (...) e devem estar aliadas ao seu processo de produção visando o resgate do bem estar da população dentro do ambiente urbano”.

Cavalheiro et al (1999) explicam que “as áreas verdes são um tipo essencial

de espaços livres onde o elemento fundamental de composição é a vegetação. Elas devem satisfazer três objetivos principais: ecológico-ambiental, estético e de lazer”.

Para Kliass & Magnoli (2006):

A exigência humana de, no mínimo, manter um contato com os elementos da natureza é comprovada pela inusitada demanda e mesmo congestionamentos dos meios de transporte intermunicipais em fins de semana e feriados; pela venda, as prestações irrisórias de lotes pequeniníssimos em praias e serras longínquas, e pelas varandas mirins cheias de latas de plantas.

Além dos benefícios mencionados, a presença das áreas verdes contribui para “a valorização de determinada cidade se comparada a outras em condições inferiores de componentes e atrativos paisagísticos” (FEIBER, 2005).

O objetivo do trabalho é relacionar a quantidade de áreas verdes por bairro no Município de Cascavel-PR com as variáveis climáticas (temperatura e umidade do ar) e verificar o quanto a vegetação ou a ausência dela influencia no micro clima urbano.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo compreende a área urbana do município de Cascavel, situado nas coordenadas geográficas de 24° 57' 2" Sul e 53° 27' 19" Oeste, estando localizado na Região Oeste do Estado do Paraná e na região Sul do Brasil (Figura 1). De acordo com os últimos dados demográficos publicados, Cascavel possuía uma população de 286.205 habitantes em 2010 e uma população estimada para o ano de 2016 de 316.226 habitantes (IBGE, 2017).



Figura 1. Localização de Cascavel-PR

Fonte: Rodoparaná, 2018.

Dos 286.205 habitantes do Censo 2010 apenas 19.370 habitantes residem em áreas rurais, resultando em 266.835 habitantes residindo em áreas urbana. Segundo o Portal do Município de Cascavel, a cidade é estruturada em 31 bairros (Figura 2) somando uma área urbana de 96,43km<sup>2</sup> (IBGE, 2017).

Segundo o Portal do Município, a densidade demográfica, ou seja, o número de habitantes por km<sup>2</sup> é em média de 2.767 habitantes.

## 2.2 Cálculos dos índices

O trabalho de mapeamento foi desenvolvido com base em uma imagem do Município de Cascavel-PR, uma imagem de satélite de 2014 cedida gentilmente pela prefeitura Municipal.

O processamento da imagem foi realizado em um Sistema de Informações Geográficas – SIG com o software ArcGIS, pelo laboratório de Topografia e Geoprocessamento (GeoLab) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, campus Cascavel-PR em 2014 e concedido de forma gratuita para a presente pesquisa. Neste mapeamento foram identificadas todas as áreas verdes do perímetro urbano, sendo elas árvores públicas, praças, parques, bosques, excluindo deste mapeamento as vegetações rasteiras e em propriedades particulares (WERLE, 2017), por meio do uso de ferramentas computacionais CAD.

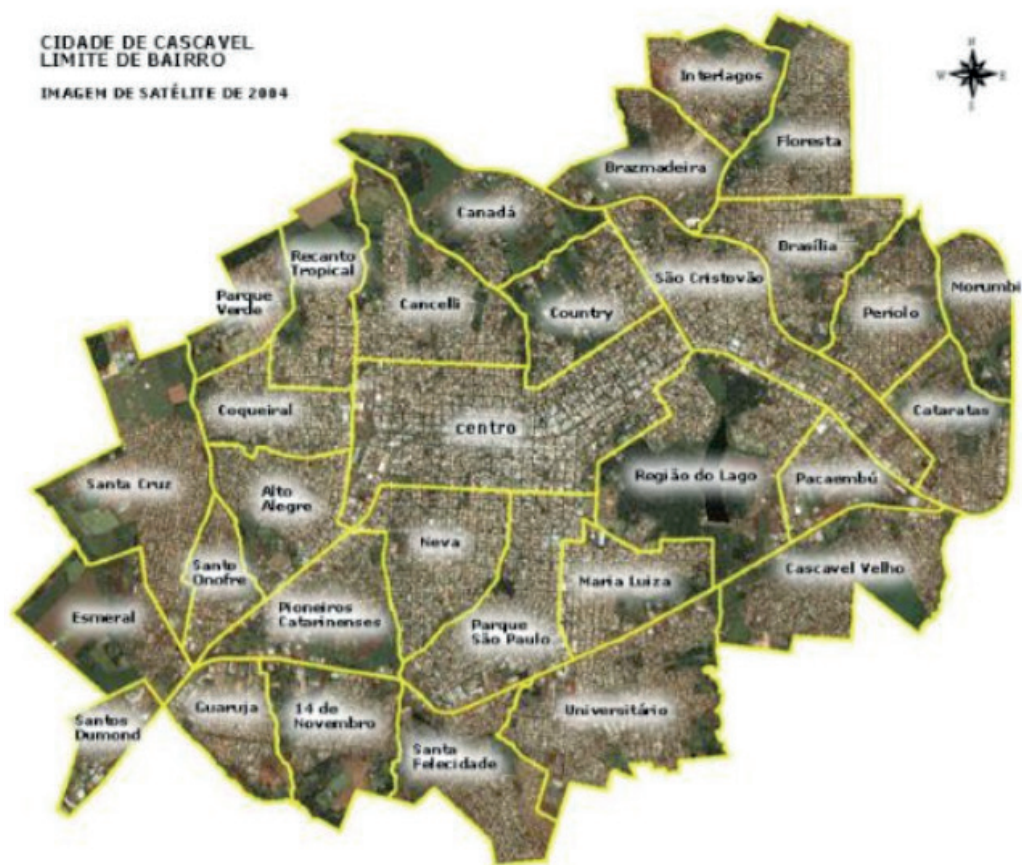


Figura 2. Bairros do Município

Fonte: Portal do Município de Cascavel, 2018.

## 2.3 Índices de Áreas Verdes – IAV

A metodologia para o cálculo do índice de áreas verdes é conhecida e utilizada por muitos autores (HENKE-OLIVEIRA, 1996; HARDER, 2002; COSTA e FERREIRA, 2009) referindo-se ao total de áreas verdes em metros quadrados dividido pelo número de habitantes da referida área estudada (ROSSET, 2005).

Logo usa-se a equação (1):

$$\text{IAV} = \text{Áreas verdes totais} / \text{N}^\circ \text{ de habitantes da área (1)}$$

No entanto, Nucci (2008) relata que tentar comparar os índices de áreas verdes entre municípios é errôneo sem a definição clara do termo “áreas verdes”. Com isso muitas comparações perdem sua validade, pois alguns autores consideram parâmetros diferenciados para isso e adotam diferentes metodologias. Ademais, defende que: “a falta de definição clara do termo ‘área verde’ e seus correlatos pode levar a falsas interpretações”. Para isso, adotou-se para o cálculo do Índice de Áreas Verdes o seguinte método (equação 2):

Área verde total

= praças + parques + parque linear + verde viário  
+ espaço livre público + equipamentos públicos  
+ jardim de reprenção + áreas públicas parceladas  
+ arborização urbana (2)

Sobre os índices existem estudos (TROPMAIR, 2006), que defendem que a Organização das Ações Unidas - ONU, a Assistência Multidisciplinar da Saúde - AMS e a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação - FAO consideram que as cidades deveriam ter no mínimo 12m<sup>2</sup> de área verde por habitante (Cavalheiro e Del Picchia, 1992), como o exemplo da cidade de São Paulo, que adota esse valor. NUCCI (2008) porém, reporta que:

Nas pesquisas, por carta, que fizemos junto a essas organizações, foi constatado que este índice não é conhecido, como não o é, entre as faculdades de paisagismo da República Federal da Alemanha. Somos levados a supor, depois de termos realizado muitos estudos, que esse índice se refira tão somente às necessidades de parque de bairro e distritais/setoriais, já que são os que, dentro da malha urbana, devem ser sempre públicos e oferecem possibilidade de lazer ao ar livre (Cavalheiro e Del Picchia, 1992).

Para Lira Filho (2012), “toda área urbana ou porção de território, situada em espaços livres, com predomínio de vegetação e que tenham um valor social, pode ser considerada área verde” e destaca que nesse conceito “estão contidos bosques, campos, matas, jardins, alguns tipos de praças, parques...”, defendendo que a importância social das áreas verdes é imensa na população.



A definição de Lima et al (1994) para áreas verdes são espaços onde:

[...] há predomínio de vegetação arbórea; engloba as praças, os jardins públicos e os parques urbanos. Os canteiros centrais e trevos de vias públicas, que tem apenas função estética e ecológica, devem, também, conceituar-se como Área Verde.

Essa oferta de áreas verdes urbanas pode ocorrer de diversas maneiras, podendo ser em forma de parques, unidades de conservação e mananciais protegidos. Contudo, segundo Lira Filho (2012), “as praças, os canteiros centrais de avenidas e os jardins não são expressivos em termos quantitativos”.

Para Spangenberg (2008), “árvores isoladas e até mesmo fileiras de árvores têm um impacto bastante pequeno na diminuição de temperaturas do ar e, portanto, aparentemente um potencial limitado para atenuar as temperaturas do ar”.

Por isso, adota-se então também a metodologia de cálculo de Índice de Áreas Verdes de Maciços Vegetais – IAV MV (equação 3).

$$\text{IAV MV} = \frac{\text{Áreas verdes de maciços vegetais}}{\text{Nº de habitantes da área}} \quad (3)$$

## 2.4 Percentuais de Áreas Verdes – PAV

Com o intuito de corroborar com a pesquisa foram calculados também os Percentuais de Áreas Verdes – PAV dos 31 bairros. Para tanto, soma-se todas as Áreas Verdes e calcula-se o quanto as mesmas representam em percentuais na extensão territorial urbana, no caso, a extensão de cada bairro (BARGOS, 2010). Resulta-se (equação 4):

$$\text{PAV} = \frac{\text{Áreas verdes totais}}{\text{Área territorial urbana do bairro}} \quad (4)$$

Foram calculados também resultados de Percentuais de Áreas Verdes sobre os Maciços Vegetais – MV para melhor obtenção de resultados e dados, tendo o seguinte (equação 5):

$$\text{PAV MV} = \frac{\text{Áreas verdes de Maciços Vegetais}}{\text{Área territorial urbana do bairro}} \quad (5)$$

## 2.5 Estimativa Populacional – EP

Os dados de população utilizados para os cálculos anteriores foram do Censo 2010, último Censo publicado, já que o mesmo somente é realizado a cada 10 anos (IBGE, 2018). Os mapas utilizados foram mapeados em 2014. Para tentar minimizar a diferença cronológica entre os dados foi feita uma Estimativa Populacional para 2014. O Censo anterior, feito em 2000, não contemplou a contagem de população de Cascavel dividida pelos bairros, portanto dificultou o cálculo mais real dos dados. Esta

estimativa então foi realizada somando-se a média de crescimento populacional geral do município de Cascavel-PR, que foi de 1,74% ao ano, conforme dados estimados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018).

Para cada bairro foi estimada a população para 2014 somando-se à população de 2010 1,74% por 4 vezes. Verifica-se que este dado não alterou os resultados, pois aumentou a quantidade populacional por igual para todos os bairros, tem-se então um crescimento de dados para todos os bairros de maneira proporcional, não afetando os resultados da pesquisa sobre os índices.

### 3 | RESULTADO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

O quadro abaixo (Quadro 01) demonstra os resultados finais compilados:

Setor	Bairro	Hab. 2010	Est. Pop. 2014	km <sup>2</sup>	Área Verde	Maçios V	IAV	IAV MV	IAV EP	IAV MVEP	PAV	PAV MV
12	Alto Alegre	7.961	8.530	2,18	350.329	120.969	44,01	15,20	41,07	15,19520161	16,03	5,54
19	Brasília	11.300	12.107	2,56	412.387	205.579	36,48	18,19	34,06	18,19283186	16,09	8,02
16	Brazmadeira	6.827	7.315	1,81	324.094	122.877	47,47	18,00	44,31	17,9986817	17,86	6,77
15	Canadá	4.292	4.599	4,68	656.223	290.935	152,89	67,79	142,70	67,78541473	14,01	6,21
2	Cancelli	10.257	10.990	3,49	996.687	346.582	97,17	33,79	90,69	33,78980209	28,54	9,93
23	Cascavel Velho	13.392	14.349	7,87	1.752.551	1.260.244	130,87	94,10	122,14	94,10424134	22,27	16,01
22	Cataratas	5.909	5.903	2,13	315.147	125.654	57,21	22,81	53,39	22,80885823	14,77	5,89
1	Centro	24.534	26.287	6,13	714.186	29.529	29,11	1,20	27,17	1,203595011	11,66	0,48
13	Coqueiral	7.884	8.447	1,79	212.227	28.964	26,92	3,67	25,12	3,67376966	11,88	1,62
3	Country	4.415	4.730	2,03	632.948	334.887	143,36	75,85	133,80	75,85209513	31,24	16,53
30	Esmeralda	5.515	5.909	3,39	363.518	268.705	65,91	48,72	61,52	48,7225748	10,68	7,89
29	Fag/ Santo Inácio	1.900	1.607	1,56	151.503	145.845	101,00	97,23	94,27	97,23	9,72	9,35
18	Floresta	13.173	14.114	3,09	396.736	99.673	30,12	7,57	28,11	7,566461702	12,82	3,22
27	Guarujá	8.474	9.079	1,71	238.968	121.418	28,20	14,33	26,32	14,32829832	13,92	7,07
17	Interlagos	12.664	13.569	2,86	384.417	86.445	30,36	6,83	28,33	6,826042325	13,44	3,02
7	Maria Luiza	5.095	5.459	1,74	323.856	174.253	63,56	34,20	59,33	34,20078508	18,61	10,01
21	Morumbi	5.353	5.735	4,71	767.298	442.240	143,34	82,62	133,78	82,61535588	16,34	9,42
9	Neva	11.712	12.549	2,59	308.482	43.441	26,34	3,71	24,58	3,709101776	11,89	1,67
5	Pacaembu	5.374	5.758	2,43	211.998	0	39,45	-	36,82	0	8,73	-
8	Parque São Paulo	10.371	11.112	3,12	371.999	63.581	35,87	6,13	33,48	6,130652782	11,94	2,04
14	Parque Verde	5.575	5.973	2,17	432.884	324.429	77,65	58,19	72,47	58,1935426	19,84	14,87
20	Periolo	9.544	10.226	2,1	344.186	114.927	36,06	12,04	33,66	12,04180637	16,36	5,46
10	Pioneiros Catar.	4.781	5.123	2,56	245.303	26.862	51,31	5,62	47,89	5,618489856	9,99	1,05
26	14 de Novembro	4.973	5.328	2,56	628.473	473.529	126,38	95,22	117,95	95,21988793	24,51	18,46
31	Recanto Tropical	5.963	6.389	2,76	528.737	363.556	88,67	60,97	82,76	60,96863995	18,39	12,64
6	Região do Lago	7.478	8.012	5,34	2.810.807	1.789.446	375,88	239,29	350,82	239,2847312	52,59	33,48
11	Santa Cruz	14.719	15.770	3,13	329.888	18.538	22,41	1,26	20,92	1,259460561	10,56	0,59
25	Santa Felicidade	14.432	15.463	4,41	1.030.401	651.856	71,40	45,17	66,64	45,16740576	23,42	14,81
28	Santos Dumont	1.983	2.125	1	142.885	33.983	72,05	17,14	67,25	17,13716591	14,40	3,42
4	São Cristóvão	9.050	9.697	2,88	370.384	30.764	40,99	3,40	38,20	3,399337017	12,86	1,07
24	Universitário	12.735	13.645	5,65	1.809.624	1.462.563	142,10	114,85	132,62	114,8459364	31,98	25,85

Quadro 01. Resultados dos Índices

Fonte: A Autora

- O bairro **Pacaembu** (setor 5) obteve o pior resultado em quatro (4) índices: Porcentagem de Áreas Verdes – **PAV**, Índice de Áreas Verdes de Maciços Vegetais – **IAV MV**, Porcentagem de Áreas Verdes de Maciços Vegetais para Estimativa Populacional – **IAV MV EP**.
- O bairro **Santa Cruz** (setor 11) obteve o pior resultado em dois (2) dos índices: Índice de Áreas Verdes – **IAV** e Índice de Áreas Verdes com Estimativa

Populacional – IAV EP.

- O bairro **Região do Lago** (setor 6) obteve o melhor resultado em todos os índices aplicados.

Assim, aplica-se os resultados encontrados para a próxima fase do trabalho, sendo considerados para esta análise o bairro **Região do Lago** pela obtenção dos 5 (cinco) melhores índices e o bairro **Pacaembu** pela obtenção de maior parte 4 (quatro) piores índices.

## 4 | IDENTIFICAÇÕES DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

### 4.1 Temperatura do Ar

Temperatura do ar: “Temperatura reinante em um ponto da atmosfera próximo à superfície da Terra (...) que devem ser efetuadas a uma altura de 1,25m a 2,00m acima do terreno” (VAREJÃO, 2006). Foi utilizada a unidade de medida em escala Celsius (°C).

Para Joaquim (2016):

A temperatura pode ser entendida como a condição que determina o fluxo de calor que passa de um corpo, ou substância, para outro. As temperaturas máximas e mínimas, que ocorrem em uma determinada região, estão associadas a outras variáveis meteorológicas, como disponibilidade de energia solar, nebulosidade, umidade do ar e do solo, vento e parâmetros geográficos como topografia, altitude e latitude do local, além da cobertura e tipo de solo.

Ainda completa que:

É uma das variáveis meteorológicas mais importantes, pois desempenha um papel primordial na caracterização climática de uma região, além de ser um dos elementos determinantes da distribuição e adaptação de plantas e animais, afetando diretamente seus processos físicos, químicos e biológicos (JOAQUIM, 2016).

### 4.2 Umidade do Ar

Umidade do ar: “é consequência da evaporação das águas e da transpiração das plantas” (FROTA e SHIFFER, 2003).

Para Souza et. al (2012):

A umidade relativa do ar desempenha a função de transferir calor entre o indivíduo e o meio através da evapotranspiração, cujos processos fisiológicos para manter o equilíbrio térmico se dão através do suor da pele e da respiração.

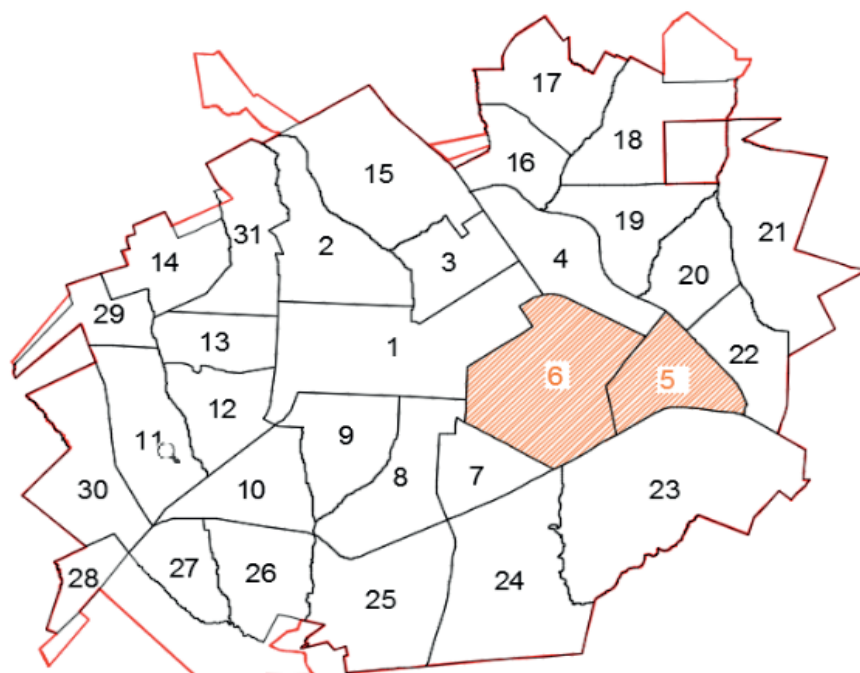
## 5 | CARACTERIZAÇÃO DAS MEDIDAS

As medições foram realizadas nos dias 29/07 a 02/08 do ano de 2018, em três (3) horários distintos, 9h, 15h e 21h de Brasília que correspondem às 12,18 e 24 horas GMT, conforme recomendações da OMM - Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1983). A escolha dos horários de medição é condicionada para identificar as possíveis alterações que possam ocorrer diferenças térmicas entre os dois pontos medidos. Foram realizadas duas (2) medidas simultâneas no bairro Região do Lago e no Bairro Pacaembu, em condições de pleno sol e à sombra, em um período de cinco (5) dias consecutivos a fim de analisar a influência da vegetação nas variáveis climáticas, resultando em 60 medições de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade das correntes do ar, somando 180 dados a serem tabulados em próxima etapa.

As coletas de dados foram realizadas somente neste período por se caracterizar tempo suficiente para ser verificado as possíveis alterações que as vegetações possam interferir nos microclimas urbanos.

## 6 | CARACTERIZAÇÕES DOS PONTOS DE COLETA

As coletas de dados climáticos foram realizadas nos bairros Pacaembu revelou ser o bairro de menores índices de vegetação (setor 5), e Região do Lago (setor 6) por caracterizar-se o bairro com os maiores índices de vegetação, resultados desta pesquisa (mapa 1).



Mapa 1. Bairro Pacaembu e Região do Lago

Fonte: Portal do Município de Cascavel, 2018 (adaptado pela autora).

No bairro Região do Lago foi identificado o local dos pontos de coleta P1 e P2 que atendessem os critérios de pontos com local com a presença de arborização e ponto com local sem a presença de arborização.

No bairro Pacaembu foram identificados o local dos pontos de coleta Ponto 3 (P3) e Ponto 4 (P4) que atendessem os critérios de pontos com local com a presença de arborização e ponto com local sem a presença de arborização.

## 6.1 Equipamentos utilizados para Coleta de Dados

Para o levantamento de dados foram utilizados dois (2) aparelhos Termo-Higrômetro Digital portátil, marca Instrutherm, modelo HT-600 (figura 17), medindo a temperatura do ar (TA) em duas escalas, a Celsius (°C) e Fahrenheit (°F), sendo para este estudo a escala em Celsius (°C) adotada, tendo o equipamento variação de escala de -20°C a 60°C e resolução de 0,1°C de -200°C a 999°C. A umidade relativa do ar (URA), é representada em porcentagens de vapor de água contida no ar. O equipamento registra entre 10% e 95% a URA, com resolução de 1%.

Segundo a OMM as medições devem ser realizadas com o aparelho em uma altura entre 1,20, e 2,00m acima do solo (WMO, 1983).

## 7 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as análises de condições climáticas realizadas, durante o período de coleta, entre os dias 29 de julho de 2018 a 02 de agosto de 2018, foram calculados em tabelas e mostraram a influência da vegetação em variáveis estudadas.

### 7.1 Temperatura do ar

Foram realizadas coletas as 9h, as 15h e as 21h nos bairros onde resultam nos quadros abaixo.

Dia	Temp (°C) Ponto 01	Temp (°C) Ponto 02	Temp (°C) Ponto 03	Temp (°C) Ponto 04	Dif Térmica Com arborização	Dif Térmica Sem arborização
29/jul	14,1	18,2	15,3	18,5	-1,2	-0,3
30/jul	7,8	11,1	8,8	11,3	-1	-0,2
31/jul	18,5	20,8	19,3	21	-0,8	-0,2
01/ago	12,2	18,5	14,4	18,9	-2,2	-0,4
02/ago	13,3	19,1	14,8	19,6	-1,5	-0,5

Quadro 2. Diferença de Temperatura às 9 horas entre bairros

Fonte: A Autora (2018).

Dia	Temp (°C) Ponto 01	Temp (°C) Ponto 02	Temp (°C) Ponto 03	Temp (°C) Ponto 04	Dif Térmica Com arborização	Dif Térmica Sem arborização
29/jul	19,1	28,5	20,6	29	-1,5	-0,5
30/jul	22,2	32,9	24,8	34	-2,6	-1,1
31/jul	22,3	29,8	23,3	30,2	-1	-0,4
01/ago	18,5	28	21,1	29,7	-2,6	-1,7
02/ago	21,2	32,5	22,9	33,1	-1,7	-0,6

Quadro 3. Diferença de Temperatura às 15 horas entre bairros

Fonte: A Autora (2018).

Dia	Temp (°C) Ponto 01	Temp (°C) Ponto 02	Temp (°C) Ponto 03	Temp (°C) Ponto 04	Dif Térmica Com arborização	Dif Térmica Sem arborização
29/jul	14,6	11,7	14,5	11,5	0,1	0,2
30/jul	14,5	13,9	14,3	13,8	0,2	0,1
31/jul	18,1	15,3	17,8	15	0,3	0,3
01/ago	13,4	9,1	13,1	8,6	0,3	0,5
02/ago	15,5	11,5	15,4	11,2	0,1	0,3

Quadro 4. Diferença de Temperatura às 21 horas entre bairros

Fonte: A Autora (2018).

As análises revelam que onde há mais arborização há mais redução da temperatura do que bairro com menos arborização, com reduções de 1°C.

Coletas realizadas às 21 horas mostraram resultados inversos aos horários das 9h e 15h. Isso acontece pelo fato de que neste horário não há incidência solar, fazendo com que a vegetação cumpra papel inverso, o de manter a temperatura por maior tempo, período onde essa temperatura é mais precisa. Para Mascaró e Mascaró (2010) “a influência da vegetação na temperatura do ar está relacionada com o controle da radiação solar”.

## 7.2 Umidade Relativa do ar

Para Mascaró & Mascaró (2009):

A vegetação não somente intercepta a radiação solar e modifica as características do vento, mas também reduz a incidência da precipitação sobre o solo e altera a concentração da umidade na atmosfera e nas superfícies adjacentes.

Dia	Umid (%) Ponto 01	Umid (%) Ponto 02	Umid (%) Ponto 03	Umid (%) Ponto 04	Dif Umid Com arborização	Dif Umid Sem arborização
29/jul	67	58	70	61	-3	-3
30/jul	71	61	73	64	-2	-3
31/jul	60	50	61	52	-1	-2
01/ago	75	59	79	66	-4	-7
02/ago	79	72	81	76	-2	-4

Quadro 5. Diferença de Umidade Relativa do Ar às 9 horas entre bairros

Fonte: A Autora (2018).

Dia	Umid (%) Ponto 01	Umid (%) Ponto 02	Umid (%) Ponto 03	Umid (%) Ponto 04	Dif Umid Com arborização	Dif Umid Sem arborização
29/jul	49	33	40	27	9	6
30/jul	46	31	38	26	8	5
31/jul	47	30	41	24	6	6
01/ago	50	28	42	21	8	7
02/ago	43	22	37	19	6	3

Quadro 6. Diferença de Umidade Relativa do Ar às 9 horas entre bairros

Fonte: A Autora (2018).

Dia	Umid (%) Ponto 01	Umid (%) Ponto 02	Umid (%) Ponto 03	Umid (%) Ponto 04	Dif Umid Com arborização	Dif Umid Sem arborização
29/jul	78	85	75	83	3	2
30/jul	75	81	73	80	2	1
31/jul	73	79	70	77	3	2
01/ago	78	87	74	81	4	6
02/ago	71	80	70	79	1	1

Quadro 7. Diferença de Umidade Relativa do Ar às 9 horas entre bairros

Fonte: A Autora (2018).

Entre os bairros, verifica-se que a Região do Lago teve porcentagem de umidade mais elevada do que o bairro Pacaembu devido à maior presença de vegetação local, que contribui para que a umidade diminua gradativamente com o decorrer das horas do dia.

## 8 | CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que a arborização urbana contribui e influencia na temperatura do ar e na umidade relativa do ar nos bairros de Cascavel-PR, favorecendo assim um microclima local e melhoria da qualidade de vida de seus habitantes. Assim, justifica-se a preocupação com estudos da vegetação urbana pelo seu importante papel no conforto ambiental.

Sugere-se este estudo para mais cidades confrontando com outros estudos já realizados, assim como a coleta das variações climáticas em outros bairros da cidade de Cascavel-PR afim de verificar como a vegetação influencia no clima na cidade em sua total extensão.

## REFERÊNCIAS

- BARGOS, D. C. **Mapeamento e análise das áreas verdes urbanas como indicador da qualidade ambiental urbana: estudo de caso de Paulínia-SP**. 2010. 151 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/ SP, 2010.
- CAVALHEIRO, F.; DEL PICCHIA, P.C.D. - **Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4. Vitória-ES, de 13 a 18 de set/92. Anais I e II, 1992, p.29-38.
- CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J.C; GUZZO, P.; ROCHA, Y.T. **Proposição de terminologia para o verde urbano**. Boletim Informativo da SBAU (Sociedade Brasileira de Arborização Urbana), ano VII, n. 3 - Jul/ago/set de 1999, Rio de Janeiro, p. 7.
- COSTA, R.G.S. e FERREIRA, C.C.M. **Avaliação do Índice de Áreas Verdes (IAV) em 26 regiões urbanas na Região central da cidade de Juiz de Fora, MG**. 2009.
- FEIBER, F. N. **Áreas Verdes: Identidade e Gestão Urbana**. **Dissertação** (Mestrado em Gestão Urbana) Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba: 2005.
- FEIBER, S. D. **Áreas Verdes Urbanas Imagem e Uso - O Caso do Passeio Público de Curitiba-Pr**. R. RA'E GA, Curitiba, n. 8, p. 93-105, 2004. Editora UFPR.
- FROTA, A. B. e SCHIFFER, S.R. **Manual do conforto térmico**. 8ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.
- HARDER, I.C.F. **Inventário Quali-Quantitativo da Arborização e Infraestrutura das Praças da cidade de Vinhedo (SP)**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP, 2002.
- HENKE – OLIVEIRA, C. **Planejamento ambiental na Cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnósticos e propostas**. Dissertação (Mestrado), UFSCar. São Carlos, SP, 1996.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e estatística**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pr/cascavel/panorama>>. Acesso em: 19 jun. 2017.
- JOAQUIM, Thiago D'orazio. **Modelagem Termohigrométrica por Software Envimet de um Parque Urbano em Cuiabá-MT**. 2016. Disponível em: <<http://repositorio.pgsskroton.com.br/handle/123456789/1496>>. Acesso em: 20 jul. 2018.



- KLIASS, R. G.; MAGNOLI, M. M. **Áreas verdes de recreação**. Paisagem e Ambiente, São Paulo, FAU/USP, n. 21, p. 245-256, 2006.
- LIMA, A. M. L. P.; CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J.C.; SOUSA, M.A.L.B.; FILHO, N. DEL PICCHIA, P.C.D. **Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos**. In: CONGRESSO DE ARBORIZAÇÃO URBANA. 2, 1994, São Luís, MA. p. 539-553.
- LIRA FILHO, José Augusto de. **Paisagismo: Princípios Básicos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2012.
- MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J.J. **Ambiência urbana**. 3. Ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2009.
- MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J.J. **Vegetação urbana**. 3. Ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2010.
- NUCCI, J.C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. 2ª ed. - Curitiba: O Autor, 2008. 150 p.; il.
- PORTAL DO MUNICÍPIO DE CASCAVEL. **Mapas do Município de Cascavel**. Disponível em: <<http://geocascavel.cascavel.pr.gov.br/geo-view/index.ctm>> Acesso em: 18 jul. 2018.
- RESENDE, W. X.; SOUZA, H. T. R.; SOUZA, R. M.; **Índice de áreas verdes públicas: uma avaliação fitogeográfica da qualidade ambiental em Aracaju**. In Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada, Viçosa, 2009.
- RODOPARANÁ. **Localização de Cascavel-PR**. Disponível em: <<http://www.caminhoesecarretas.com.br/v2Sitepersonalizado/custom/empresa.aspx?id=812>> Acesso em 18 jul. 2018.
- ROSSET, F. Procedimentos metodológicos do índice de áreas verdes públicas. Estudo de caso: Erechim - RS. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). São Carlos: UFSCar, 2005.
- SPANGENBERG J, SHINZATO P, JOHANSSON E, DUARTE D. **Simulation of the influence of vegetation on microclimate and thermal comfort in the city of Sao Paulo**. Revista SBAU 2008; 3: 1–19.
- SOUZA, Débora Moreira de; NERY, Jonas Teixeira. **O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica**. *Geografia* (Londrina), v. 21, n.2. p.65-83, maio/ago. 2012. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/9798>>. Acesso em: 20 jul. 2018.
- TROPPIAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 7ª ed. Rio Claro: Divisa, 2006.
- VAREJÃO, M. A. S. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital. Recife-PE, 2006.
- WERLE, João Felipe Martins et al. **Mapeamento de área arbórea urbana no município de Cascavel**. Disponível em: <[midas.unioeste.br/sgev/eventos/587/downloadArquivo/26311](http://midas.unioeste.br/sgev/eventos/587/downloadArquivo/26311)>. Acesso em: 24 out. 2017.
- WMO (1983). **Guindace to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. World Meteorological Organization N°8, 5th edition, Geneva Switzerland.

## INCREMENTO DIAMÉTRICO, HIPSOMÉTRICO E DE ÁREA DE COPA DE ESPÉCIES FORESTAIS NA ARBORIZAÇÃO DE CALÇADAS

*Data de aceite: 30/01/2020*

### **Rogério Bobrowski**

Universidade Estadual do Centro-Oeste,  
Departamento de Engenharia Florestal,  
Laboratório de Silvicultura Urbana  
Irati-Paraná

### **Jéssica Thalheimer de Aguiar**

Universidade Estadual do Centro-Oeste,  
Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Florestais, Laboratório de Silvicultura Urbana  
Irati-Paraná

### **Tarik Cuchi**

Universidade Estadual do Centro-Oeste,  
Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Florestais, Laboratório de Silvicultura Urbana  
Irati-Paraná

### **Elisiane Vendruscolo**

Universidade Estadual do Centro-Oeste,  
Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Florestais, Laboratório de Silvicultura Urbana  
Irati-Paraná

### **Sidnei Antonio Crovador Junior**

Universidade Estadual do Centro-Oeste,  
Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Florestais, Laboratório de Silvicultura Urbana  
Irati-Paraná

principalmente quando se visa inserir árvores nas calçadas. Para isso, informações sobre o crescimento das árvores, principalmente em altura e área de copa, são importantes para elaborar cenários de composição visando analisar possíveis conflitos com estruturas urbanas e as possíveis soluções para plantar árvores nas calçadas. Dados provenientes de remedição de parcelas de um inventário da arborização de calçadas, realizado em Curitiba, demonstraram que houve diferença de incremento em DAP, altura total e área de copa, entre espécies com árvores remanescentes entre as duas ocasiões de medição. Os incrementos em altura total e área de copa são afetados por práticas de manejo como a poda drástica, o que gerou coeficientes de variação elevados para algumas espécies que sofreram com mais frequência este tipo de intervenção. Os resultados apresentados demonstram-se úteis para auxiliar o processo de criação de cenários de composição do plantio de árvores em áreas urbanas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Crescimento das árvores; gestão da floresta urbana; composição do plantio;

**RESUMO:** Para se promover a gestão da floresta urbana, o planejamento da composição de espécies deve ser um processo minucioso,

## DIAMETER, HEIGHT AND CROWN AREA INCREMENT OF FOREST SPECIES PLANTED ON SIDEWALKS

**ABSTRACT:** In order to promote the urban forest management, species composition planning must be a thorough process, especially when it comes to planting trees on sidewalks. For this, information on tree growth, especially in height and canopy area, is important to elaborate composition scenarios aiming to analyze possible conflicts with urban structures and possible solutions to plant trees on sidewalks. Data from remeasured plots of a street tree inventory conducted in Curitiba showed that there was a difference in increment in DBH, total height and crown area between species with remaining trees between the two measurement occasions. Increases in total height and crown area are affected by management practices such as topping, which led to high coefficients of variation for some species that most frequently suffered this type of intervention. The results presented are useful to help the process of creating tree planting composition scenarios in urban areas.

**KEYWORDS:** Tree growth; urban forest management; planting composition

### 1 | INTRODUÇÃO

O processo de gestão da floresta urbana, em suas diferentes tipologias (parques, praças, jardins residenciais, jardins institucionais e arborização de calçadas) envolve uma série de etapas para concretizar a oferta e a promoção de serviços ecossistêmicos, com reduzidos problemas e riscos às pessoas. Para isso, os gestores florestais urbanos podem e tem adotado a elaboração de planos diretores, a fim de ponderar orientações e regramentos para as práticas de implantação e manejo do patrimônio arbóreo nas cidades. De acordo com Pinheiro et al. (2018), o plano diretor da arborização é um documento que legitima o processo de gestão do patrimônio arbóreo da cidade, pois especifica ações de intervenção e planejamento, a partir de um diagnóstico pormenorizado.

Dentre as etapas de um plano diretor, o planejamento da composição arbórea é aquele que pode controlar, de início, os problemas que possam surgir em função da incompatibilidade do espaço disponível ao crescimento e a maximização da oferta de benefícios com as árvores implantadas em determinado local. Para que se possa determinar possíveis incompatibilidades tem-se que ter em mãos informações sobre o crescimento das espécies com potencial de plantio. Entretanto, essas informações, para auxiliarem a elaboração de cenários de composição, deveriam ser pautadas não apenas no crescimento máximo das árvores quando em condição de maturidade, mas também no crescimento periódico das variáveis de interesse como o DAP, a altura total e a área de copa, o que também pode contribuir para a determinação de espaços de plantio mais adequados, sem densificar o dossel em curto espaço de tempo.

Quando se faz um comparativo entre a evolução da composição das árvores em remanescentes florestais e talhões de produção florestal com as árvores na arborização

de calçadas, constata-se que as árvores nas calçadas também apresentam padrões de mudança que representam as modificações na composição de árvores (introdução de espécies, crescimento das árvores, remoção de árvores e mortalidade), as interações de competição entre as árvores de uma rua e as influências sofridas pelas práticas de manejo, principalmente a poda, e as ações danosas de origem antrópica (vandalismo, poda drástica, corte de raízes, alterações no solo, dentre outras).

Para determinar o quanto pode crescer uma árvore, em DAP, altura total e área de copa, seria necessário realizar avaliações periódicas da arborização de calçadas, por meio de parcelas permanentes. Porém, ainda não se tem informações sobre qual o melhor intervalo de tempo entre medições para este tipo de avaliação, tendo em vista o dinamismo das modificações na malha urbana e as interferências sobre as árvores, bem como as alterações microclimáticas e ambientais decorrentes da expansão das cidades. Neste sentido, Sheil e May (1996) afirmaram que as remediações de parcelas para estudos de dinâmica (taxa do ingresso, incremento e mortalidade) em grandes áreas de estudo geram estimativas mais apropriadas quanto maior o intervalo de medição.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação do crescimento das árvores na arborização de calçadas foi realizada a partir de dados provenientes de duas ocasiões de coleta em Curitiba, Paraná, uma realizada em 1984 e outra em 2010, em 15 unidades amostrais de 500 x 500 m. Segundo Milano (1984), o grande porte da cidade inviabilizou, por razões práticas e econômicas, a realização de um inventário total (censo) das árvores nas calçadas na primeira ocasião de medição, tendo sido adotada a amostragem da população total considerada. À época, a população amostral correspondia à área da cidade com urbanização consolidada e ruas arborizadas, totalizando 271 unidades amostrais correspondentes a  $\frac{1}{4}$  da superfície do mapa oficial do município. O processo de inventário correspondeu a 5% da população total considerada, para um limite de erro de 15% e probabilidade de 95%.

Para a localização e remediação das parcelas foram utilizadas cópias dos croquis de campo elaborados por Milano (1984). Estes croquis possuíam pontos de amarração demarcados, correspondentes a distâncias entre o eixo periférico da parcela a as esquinas, de cada lado das ruas avaliadas (Figura 1).

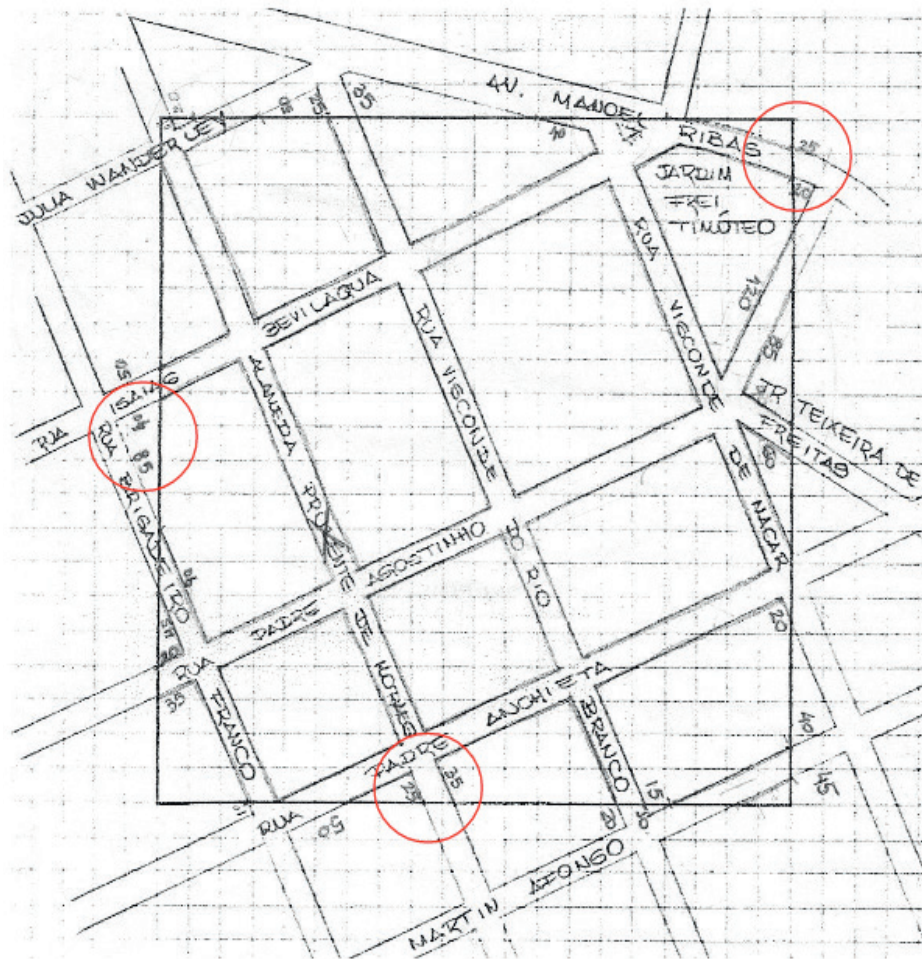


Figura 1 – Croqui de delimitação com pontos de amarração, em cada esquina, para localização dos limites da unidade amostral.

Fonte: Milano (1984)

As variáveis mensuradas foram circunferência à atura do peito, com fita métrica, e posterior conversão em DAP (m), atura total, em metros, por meio de um hipsômetro de Blume-Leiss e quatro raios de projeção da copa, com trena, sendo dois paralelos ao meio-fio (direita e esquerda, em relação à rua) e dois transversais (para rua e para construção), para posterior determinação da área de projeção de copa, em metros quadrados.

A identificação das espécies foi realizada prioritariamente a campo, no momento da coleta de dados. Para as espécies não identificadas, ramos com folhas foram coletados, preparados e encaminhado ao Museu Botânico da Prefeitura Municipal de Curitiba para identificação, por meio de comparação de exsicatas. A nomenclatura das espécies foi conferida e atualizada de acordo com as informações do projeto Re flora (2019), para as espécies nativas, e Missouri Botanical Garden (2019), para as espécies exóticas.

Todos os dados coletados foram compilados em planilha do Microsoft Office Excell 2007 para que se pudesse efetuar as comparações e análises necessárias em relação à reamostragem efetuada.

Para se proceder à análise do crescimento em DAP, altura total e área de copa,

preliminarmente foram identificadas todas as árvores remanescentes, plantadas e removidas entre 1984 e 2010.

A identificação das árvores remanescentes foi feita por meio dos números prediais indicados, em cada inventário, juntamente com a distância entre árvores, para conferir segurança ao procedimento caso o número predial estivesse alterado ou inexistente. Ainda, permanecendo a dúvida foram utilizados os dados da altura de bifurcação e do CAP, que sempre deveriam expressar, respectivamente, permanência e aumento comparativo entre 1984 e 2010.

A fim de constituir um banco de dados com estatística descritiva abrangente e com várias repetições de informações de crescimento em DAP, altura total e área de copa na arborização de calçadas, foram determinados o incremento periódico (IP) e o incremento periódico anual (IPA) para as espécies com mais de 30 indivíduos remanescentes, por meio das equações:

$$IP = V_{fn} - V_{in}$$

$$IPA = \frac{V_{fn} - V_{in}}{I}$$

Em que:

$V_{fn}$  – DAP, altura ou área de copa final da árvore, em 2010;

$V_{in}$  – DAP, altura ou área de copa inicial da árvore, em 1984;

$I$  – Intervalo de tempo entre 1984 e 2010, em anos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do total de árvores amostradas na segunda ocasião de medição (4630 árvores), apenas 1954 árvores foram consideradas remanescentes da primeira ocasião de medição, distribuídas em 42 espécies. Porém, a análise do incremento periódico (IP) e do incremento periódico anual (IPA) foi realizada para 12 espécies, dentre nativas e exóticas, que apresentaram mais de 30 indivíduos remanescentes, para abranger uma melhor amplitude de variação e padronização das características dos dados. A estatística descritiva dos resultados obtidos para o DAP encontra-se na Tabela 1 e as distribuições dos incrementos na Figura 1.

Os dados apresentados demonstram que três espécies apresentaram IPA médio menor que 0,5 cm/ano (*A. colubrina*, *H. chrysotrichus* e *L. indica*), cinco espécies apresentaram IPA médio entre 0,5 e 1,0 cm/ano (*A. negundo*, *H. heptaphyllus*, *H. albus*, *L. lucidum* e *M. azedarach*) e quatro apresentaram IPA médio maior que 1,0 cm/ano (*C. leptophylla*, *J. mimosifolia*, *P. rigida* e *T. tipu*).

Estes valores foram obtidos para as condições de estresse fisiológico e ambiental

pelo qual passam as árvores na arborização de calçadas, as quais estão sujeitas a flutuações extremas na disponibilidade hídrica e temperatura do solo, indisponibilidade de nutrientes por baixa reposição, danos variados às raízes, tronco ou copa e maior susceptibilidade a pragas e doenças. Devido a isso, justifica-se também os moderados valores de coeficiente de variação obtidos.

Entretanto, para cada espécie foi observado valor máximo superior a 1,0 cm/ano de IPA, sendo para algumas superiores a 2,0 cm/ano. Esses dados são importantes pelo fato de servirem como um limiar máximo de crescimento das árvores nas calçadas, para fins de planejamento mais seguro da projeção de crescimento. Entretanto, dentre as variáveis que podem expressar a ocupação do espaço urbano, nas calçadas, o DAP é aquela que menos torna evidente se há densificação de árvores e geração de benefícios.

A maior proporção de árvores foi observada na classe de incremento periódico 10 + 20 cm (34,08%) seguida da classe 20 + 30 cm (23,24%). Já para o IPA foi observada maior frequência de árvores na classe 0,5 + 1,0 cm/ano (37,31%). Para as condições de crescimento de espécies florestais em áreas urbanas de cidades brasileiras ainda não se tem informações sobre a média de incremento das árvores. Da mesma forma, seria necessário setorizar estas informações em função da gama de condições ambientais do território brasileiro, pois as condições observadas para uma espécie em cidades do centro-oeste do Brasil não seriam as mesmas para aquelas das cidades do sul.

Neste sentido, Nowak e Aevermann (2019), ao trabalhar com cenários de compensação de perdas de benefícios com a remoção de árvores urbanas, consideraram uma média de 0,5 cm/ano de incremento periódico anual em DAP, pois este incremento pode variar entre 0,38 cm/ano em condições de remanescente florestal a 0,86 cm/ano para árvores em crescimento livre de competição.

Espécie		MÉd1	Med2	CV(%)	Min	Max
<i>Acer negundo</i>	IP	24,66	25,46	34,76	3,18	45,84
	IPA	0,95	0,98	34,76	0,12	1,76
<i>Anadenanthera colubrina</i>	IP	10,80	10,19	39,90	0,95	27,06
	IPA	0,42	0,39	39,90	0,04	1,04
<i>Cassia leptophylla</i>	IP	26,06	23,87	30,16	11,78	47,43
	IPA	1,00	0,92	30,16	0,45	1,82
<i>Handroanthus albus</i>	IP	20,94	20,05	38,86	1,27	56,66
	IPA	0,81	0,77	38,86	0,05	2,18
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	IP	12,34	12,10	30,04	2,86	31,83
	IPA	0,47	0,47	30,04	0,11	1,22
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	IP	25,14	21,65	55,96	6,05	67,80
	IPA	0,97	0,83	55,96	0,23	2,61

<i>Jacaranda mimosifolia</i>	IP	30,54	25,94	45,86	11,78	76,39
	IPA	1,17	1,00	45,86	0,45	2,94
<i>Lagerstroemia indica</i>	IP	10,80	10,19	39,90	0,95	27,06
	IPA	0,42	0,39	39,90	0,04	1,04
<i>Ligustrum lucidum</i>	IP	17,98	16,55	56,87	1,27	63,98
	IPA	0,69	0,64	56,87	0,05	2,46
<i>Melia azedarach</i>	IP	19,43	16,87	52,26	6,37	48,70
	IPA	0,75	0,65	52,26	0,24	1,87
<i>Parapiptadenia rigida</i>	IP	33,91	34,70	30,25	1,91	58,89
	IPA	1,30	1,33	30,25	0,07	2,26
<i>Tipuana tipu</i>	IP	35,70	35,17	32,81	6,05	72,26
	IPA	1,37	1,35	32,81	0,23	2,78

Tabela 1 – Estatística descritiva do incremento periódico (IP) e do incremento periódico anua (IPA) em DAP (cm), com indicativo dos valores médios (MED1), das medianas (MED2), dos coeficientes de variação (CV%), dos valores mínimos (MIN), dos valores máximos (MAX) e da expectativa de vida para a espécie, em anos (EXP)

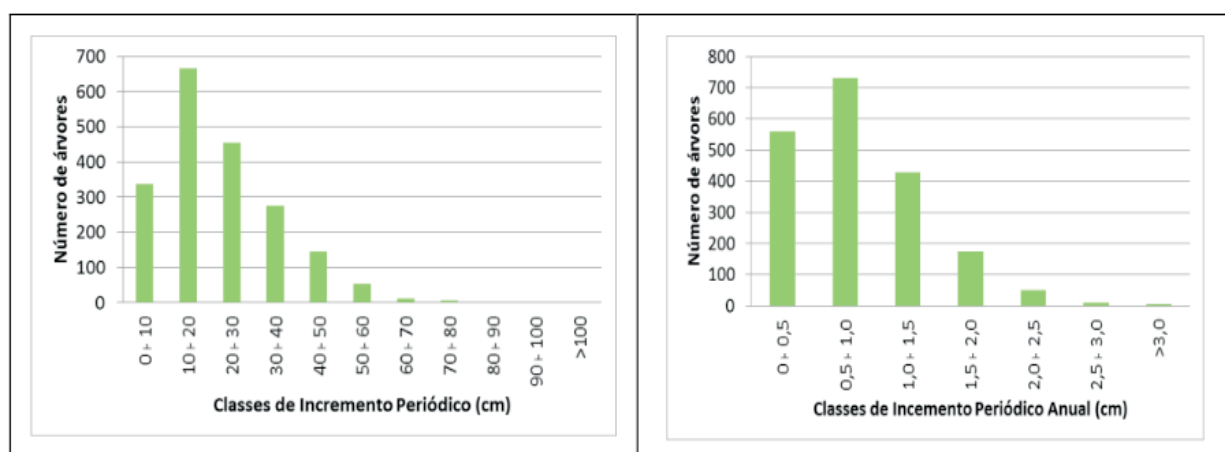


Figura 1 - Distribuição em classes dos valores de incremento periódico e incremento periódico anual (cm) em DAP, para espécies florestais plantadas na arborização de calçadas de Curitiba, Paraná.

Apesar de não haver referências em literatura sobre o incremento periódico anual em altura para as espécies consideradas, esta informação é importante para o gestor da floresta urbana. Na fase de planejamento há necessidade de conhecimento prévio sobre as características das espécies que podem causar conflitos com as estruturas urbanas, bem como as potencialidades para contornar problemas e conciliar a implantação de árvores junto a estruturas como as redes de distribuição de energia elétrica. Os resultados da análise do incremento periódico (IP) e do incremento periódico anual (IPA) encontram-se na Tabela 2 e Figura 2.

Os dados apresentados na Tabela 2 demonstram que todas as espécies apresentaram IPA médio em altura dentro da classe 0+0,5 m/ano, porém com destaque para dois extremos: *L. indica* com 0,07 m/ano e *A. colubrina* com 0,47 m/ano. Estes



resultados além de serem dependentes das características genéticas das espécies sob influência das condições ambientais locais, são influenciados pelas práticas de manejo adotadas (tipos, intensidade e frequência de podas).

Por outro lado, quando se analisa os valores máximos de IPA em altura de cada espécie observa-se que apenas seis espécies apresentaram valores maiores que 0,5 m/ano (*A. colubrina*, *H. albus*, *H. heptaphyllus*, *J. mimosifolia*, *P. rigida* e *T. tipu*), o que pode representar árvores que cresceram em boas condições ambientais e sem interferências, ao longo dos anos.

Salienta-se que os altos coeficientes de variação observados para as espécies *L. indica*, *L. lucidum* e *M. azedarach* se devem às podas drásticas e de rebaixamento comumente aplicadas aos indivíduos das espécies, principalmente pela crença no revigoramento da árvore e tolerância das espécies a estas práticas de manejo mais pesadas e contínuas.

A maior frequência de árvores foi observada na classe de incremento periódico 0 + 5 m (51,89%) seguida da classe 5 + 10 m (27,94%). Já para o IPA, a maior frequência de árvores foi observada na classe 0 + 0,5 m/ano (88,84%).

<b>Espécie</b>		<b>MÉD1</b>	<b>MED2</b>	<b>CV(%)</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
<i>Acer negundo</i>	IP	3,59	3,45	65,24	-2,70	9,40
	IPA	0,14	0,13	65,24	-0,10	0,36
<i>Anadenanthera colubrina</i>	IP	12,19	11,90	37,09	2,20	25,30
	IPA	0,47	0,46	37,09	0,08	0,97
<i>Cassia leptophylla</i>	IP	4,41	4,10	50,53	-0,20	10,10
	IPA	0,17	0,16	50,53	-0,01	0,39
<i>Handroanthus albus</i>	IP	4,46	4,15	58,75	-1,80	14,60
	IPA	0,17	0,16	58,75	-0,07	0,56
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	IP	4,37	4,05	44,83	0,30	10,00
	IPA	0,17	0,16	44,83	0,01	0,38
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	IP	7,71	7,80	49,88	0,50	14,90
	IPA	0,30	0,30	49,88	0,02	0,57
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	IP	6,06	5,80	51,22	0,60	15,30
	IPA	0,23	0,22	51,22	0,02	0,59
<i>Lagerstroemia indica</i>	IP	1,83	1,70	100,99	-2,20	7,50
	IPA	0,07	0,07	100,99	-0,08	0,29
<i>Ligustrum lucidum</i>	IP	2,72	2,40	118,93	-5,40	12,70
	IPA	0,10	0,09	118,93	-0,21	0,49
<i>Melia azedarach</i>	IP	1,90	1,65	143,84	-2,00	12,60
	IPA	0,07	0,06	143,84	-0,08	0,48
<i>Parapiptadenia rigida</i>	IP	9,23	9,45	40,77	-0,20	17,10
	IPA	0,35	0,36	40,77	-0,01	0,66
<i>Tipuana tipu</i>	IP	8,54	9,30	44,07	-1,50	17,50
	IPA	0,33	0,36	44,07	-0,06	0,67

Tabela 2 – Estatística descritiva do incremento periódico (IP) e do incremento periódico anua (IPA) em atura total (m), com indicativo dos valores médios (MED1), das medianas (MED2), dos coeficientes de variação (CV%), dos valores mínimos (MIN), dos valores máximos (MAX) e da expectativa de vida para a espécie, em anos (EXP).

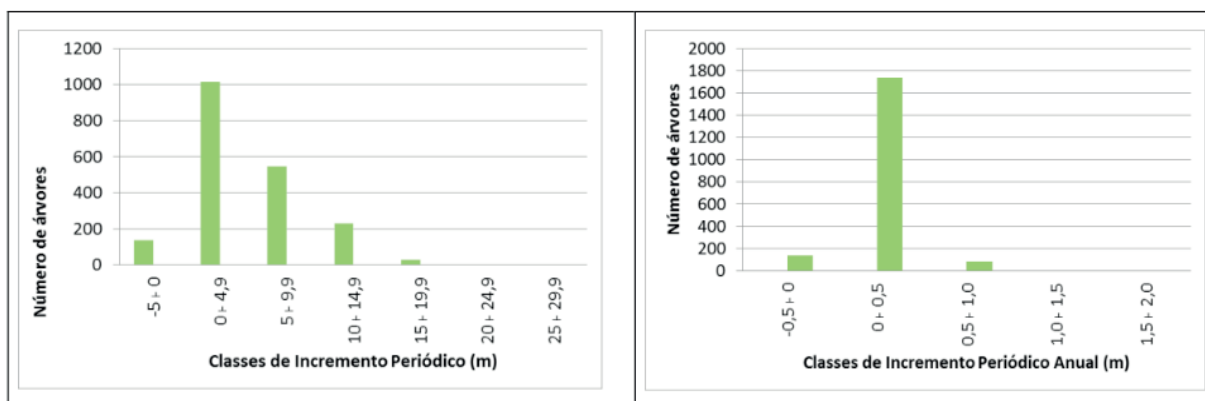


Figura 2 - Distribuição em classes dos valores de incremento periódico e incremento periódico anual (cm) em atura total, para espécies florestais plantadas na arborização de calçadas de Curitiba, Paraná.

Para os resultados obtidos para o incremento periódico e incremento periódico anual em área de copa (Tabela 3 e Figura 3), verifica-se que a maior frequência de incremento periódico se deu na classe 0 a 50 m<sup>2</sup> (54,50%) e a maior frequência de incremento periódico anual se deu na classe 0 a 5,0 m<sup>2</sup>/ano (76,20%).

Entretanto, também foi expressiva a frequência de árvores que demonstraram incremento negativo em área de copa. Nesta condição foram encontradas 300 árvores (15,35%) distribuídas entre as classes de IP -150 a -100 m<sup>2</sup>, -100 a -50 m<sup>2</sup> e -50 a 0 m<sup>2</sup>. Este resultado se deve às podas drásticas efetuadas sobre as árvores, mas também a podas de rebaixamento recorrentes que podem confinar a forma e área de copa dentro de um determinado limite. Porém, parte das árvores integrantes da classe 0 a 50 m<sup>2</sup> podem ter copas atuais resultantes de podas drásticas anteriores, mas que devido ao crescimento reconfirmaram a copa para uma área pouco acima do valor mensurado na primeira ocasião de medição.

Destaca-se que 159 árvores remanescentes (8,14%) apresentaram incremento médio anual em área de copa superior a 5,0 m<sup>2</sup>/ano e que 257 árvores (13,15%) apresentam incremento periódico superior a 100,0m<sup>2</sup>. Percebe-se que os maiores valores medianos de IPA de área de copa foram apresentados por *A. colubrina* (5,73 m<sup>2</sup>/ano) seguido de *T. tipu* (3,87 m<sup>2</sup>/ano) e *P. rigida* (3,06 m<sup>2</sup>/ano). Já o menor valor foi observado para *L. lucidum* (0,20 m<sup>2</sup>/ano).

Espécie		MÉd1	Med2	CV(%)	Min	Max
<i>Acer negundo</i>	IP	29,68	29,22	95,25	-44,20	129,70
	IPA	1,14	1,12	95,25	-1,70	4,99
<i>Anadenanthera colubrina</i>	IP	140,89	148,89	50,85	9,51	276,47
	IPA	5,42	5,73	50,85	0,37	10,63

<i>Cassia leptophylla</i>	IP	51,94	51,23	54,23	-25,52	146,44
	IPA	2,00	1,97	54,23	-0,98	5,63
<i>Handroanthus albus</i>	IP	31,48	25,51	73,65	-0,95	109,89
	IPA	1,21	0,98	73,65	-0,04	4,23
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	IP	17,12	15,56	56,73	-5,65	99,28
	IPA	0,66	0,60	56,73	-0,22	3,82
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	IP	77,86	73,89	71,40	-51,98	187,84
	IPA	2,99	2,84	71,40	-2,00	7,22
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	IP	70,72	62,38	63,20	9,17	179,64
	IPA	2,72	2,40	63,20	0,35	6,91
<i>Lagerstroemia indica</i>	IP	8,33	7,66	156,01	-26,26	60,73
	IPA	0,32	0,29	156,01	-1,01	2,34
<i>Ligustrum lucidum</i>	IP	7,30	5,25	458,08	-113,10	118,66
	IPA	0,28	0,20	458,08	-4,35	4,56
<i>Melia azedarach</i>	IP	15,07	10,99	205,67	-63,86	91,61
	IPA	0,58	0,42	205,67	-2,46	3,52
<i>Parapiptadenia rigida</i>	IP	81,54	79,67	71,28	-95,03	243,13
	IPA	3,14	3,06	71,28	-3,66	9,35
<i>Tipuana tipu</i>	IP	105,57	100,52	63,45	-63,62	400,01
	IPA	4,06	3,87	63,45	-2,45	15,38

Tabela 3 – Estatística descritiva do incremento periódico (IP) e do incremento periódico anua (IPA) em área de copa (m<sup>2</sup>), com indicativo dos valores médios (MED1), das medianas (MED2), dos coeficientes de variação (CV%), dos valores mínimos (MIN), dos valores máximos (MAX) e da expectativa de vida para a espécie, em anos (EXP).

Os maiores índices de IP e IPA apresentados estão relacionados às características morfológicas das espécies que tendem a ser de grande porte, com áreas de copa ocupando grandes extensões em indivíduos adultos.

O menor valor de IP e IPA apresentado por *L. lucidum*, comparativamente menor que os valores mensurados em *L. indica* (espécie de pequeno porte), se deve à maior frequência de intervenções por poda de rebaixamento ou drástica, fato este relacionado ao maior valor observado para o coeficiente de variação.

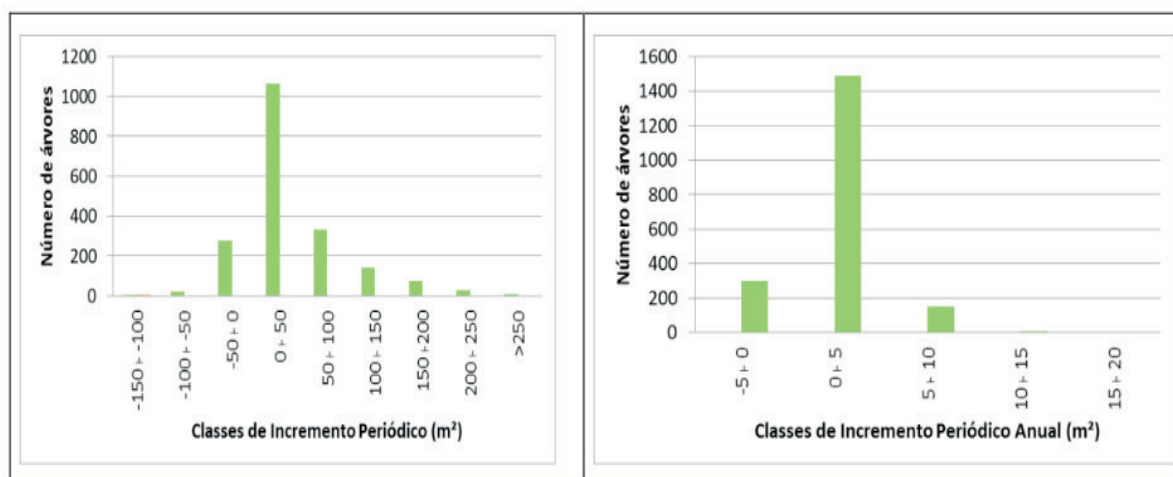


Figura 3 - Distribuição em classes dos valores de incremento periódico e incremento periódico anual (m<sup>2</sup>) em área de copa, para espécies florestais plantadas na arborização de calçadas de Curitiba, Paraná.

Quando se analisa os valores máximos de IP e IPA constata-se que *T. tipu* apresentou o maior potencial em crescimento da área de copa (15,38 m<sup>2</sup>/ano ou 400 m<sup>2</sup> para o período). Estes valores são muito expressivos quando comparados àqueles das demais espécies, principalmente porque a maioria delas apresentou valores máximos de IPA próximos a 5 m<sup>2</sup>/ano.

Os altos coeficientes de variação observados para *L. lucidum* seguido de *L. indica* e *M. azedarach* podem estar relacionados essencialmente à poda drástica, mas também ao pequeno desenvolvimento das copas em reposta ao estresse ambiental do meio urbano.

Os menores coeficientes de variação apresentados por *H. chrysotrichus* podem ser devido à arquitetura de copa da espécie que pouco expande lateralmente e pouco favorece intervenções por poda drástica ou de rebaixamento, apesar de ser observado esse tipo de intervenção desqualificada nesta espécie.

De posse destas informações sobre incrementos periódicos anuais, mínimos e máximos, de espécies florestais na arborização de calçadas, como utiliza-las para criar cenários de crescimento das árvores a fim de avaliar possíveis conflitos com a estrutura urbana no espaço disponível?

Para isso, Nowak e Aevermann (2019) sugerem que durante o processo de planejamento do crescimento e ocupação do espaço de árvores em áreas urbanas, o incremento das árvores seja gradativamente reduzido ao longo dos anos de projeção. Para isso, após a árvore atingir 75% do tempo da expectativa de vida para a espécie, o incremento periódico anual deve ser reduzido proporcionalmente até atingir incremento igual a zero no tempo de 100% da expectativa de vida. Isto é importante para compensar o crescimento das árvores nos cenários de planejamento, pois, mesmo em áreas urbanas e livres de competição, as árvores não crescem ilimitadamente com uma taxa de incremento médio regular e atingem uma assíntota de crescimento com redução do incremento anual.

#### 4 | CONCLUSÕES

Os incrementos diamétricos mostraram-se bastante variáveis, influenciados pelas condições de estresse ambiental do meio urbano, além da expressão fenotípica das espécies utilizadas na composição da arborização de calçadas.

Os incrementos em altura e em área de copa mostraram-se muito dependentes do tipo, da qualidade e da intensidade das podas efetuadas sobre as árvores, favorecendo incrementos negativos ou muito ínfimos. Porém, foi possível constatar incrementos elevados para espécies que em geral são classificadas como de grande porte.

Os dados apresentados demonstram-se úteis para auxiliar o processo de criação de cenários de composição do plantio de árvores em áreas urbanas, desde que sejam feitas depreciações nos valores dos incrementos, ao longo do tempo, até o limite máximo da expectativa de vida da espécie.

## REFERÊNCIAS

MILANO, M. S. **Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba-PR**. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN. **Tropicos**. 2019. Disponível em: <[tropicos.org/](http://tropicos.org/)>. Acesso em 22/10/2019.

NOWAK, D. J.; AEVERMANN, T. Tree compensation rates: compensating for the loss of future tree values. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.41, p.93-103, 2019.

REFLORA - **Flora do Brasil 2020**: Algas, fungos e plantas. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 04/11/2019.

PINHEIRO, P. B. G.; BARCELLOS, A.; WOJCIKIEWICZ, C. R.; BIONDI, D.; BRUN, F. G. K.; MAZUCHOWSKI, J. Z.; LEAL, L.; MUCHAILH, M. C.; FERRONATO, M. L.; SCHARNIK, M.; CONTE, P. A.; SILVA, P. L.; BOBROWSKI, R.; ALQUINI, Y. **Manual para elaboração do plano municipal de arborização urbana**. 2. ed. Curitiba: Procuradoria Geral de Justiça, 2018. v. 1. 65p.

SHEIL, D.; MAY, R. M. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. **Journal of Ecology**, v.84, n.1, p.91-100, 1996.

# CAPÍTULO 3

## ÁRVORES E ARBUSTOS UTILIZADOS NA ARBORIZAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO, CAMPUS RECIFE

Data de submissão: 04/11/2019

Data de aceite: 30/01/2020

### **Nelio Domingos da Silva**

Mestre em Ciências Florestais, Departamento de  
Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de  
Pernambuco - UFRPE  
Recife - Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/7296499622441553>

### **Marília Larocerie Lupchinski Magalhães**

Mestra em Ecologia, Universidade de Brasília -  
UnB  
Brasília - Distrito Federal

<http://lattes.cnpq.br/3400344931961632>

### **Gunnar Jorg Kelsch**

Bacharel em Zootecnia, Universidade Federal  
Rural de Pernambuco - UFRPE  
Recife - Pernambuco

### **Maria de Lourdes Almeida Gonçalves**

Mestra em Gestão e Regulação de Recursos  
Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco -  
UFPE

Recife - Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/6836478039000763>

### **Pedro Henrique Monteiro Marinho**

Graduando em Tecnologia em Gestão Ambiental,  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Pernambuco - IFPE

Recife - Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/7592636510137476>

### **Iara Cristina da Silva Santana**

Mestra em Gestão Ambiental, Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco -  
IFPE.

Recife - Pernambuco

### **Andréia Gregório da Silva Santos**

Mestra em Gestão Ambiental, Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco -  
IFPE.

Recife - Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/9489255864130103>

### **Angelica Alves Rodrigues**

Tecnóloga em Gestão Ambiental, Instituto  
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de  
Pernambuco - IFPE

Recife - Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/3255783229087555>

### **Italo Leal Ferreira de Almeida**

Mestrando em Gestão Ambiental, Instituto  
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de  
Pernambuco - IFPE

Recife - Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/8529046494873658>

### **Suzana Figueiredo de Souza**

Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental,  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Pernambuco - IFPE

Recife - Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/6531906945102182>

**RESUMO:** Por intermédio do planejamento da arborização com a utilização de espécies adequadas pode-se obter níveis satisfatórios de qualidade ambiental nos centros urbanos. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar as principais espécies arbustivo-arbóreas que compõem a área verde do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, campus Recife. Para o estudo florístico foram realizadas caminhadas buscando percorrer o máximo da área verde (convívio comum e lazer) do campus. Foram registrados todos os indivíduos arbustivo-arbóreos com altura  $\geq 130$  cm e que apresentaram CAP que  $\geq 5$  cm. As espécies foram identificadas de acordo com o Angiosperm Phylogeny Group IV, por comparação com exsicatas depositadas em herbários virtuais (Reflora e Tropicos) e literatura especializada. Foram registrados 184 indivíduos distribuídos em 16 espécies, 15 gêneros e 8 famílias botânicas, sendo destes, 62,5% classificados como espécies exóticas e mais de 45,1% considerados como frutíferas comestíveis. As espécies que apresentaram maior ocorrência de indivíduos na área foram: *Clitoria fairchildiana* com 58, seguida de *Terminalia catappa* (32), *Mangifera indica* (18), *Erythrina variegata* (15) e *Azadirachta indica* (14), e estas espécies reunidas representaram mais de 74% do total de indivíduos registrados. As espécies registradas proporcionam alimentação para fauna, suporte de conteúdo em aulas práticas e o embelezamento paisagístico e ambiental do campus, entretanto observa-se a ausência de valorização da flora nativa na etapa de planejamento de arborização do campus.

**PALAVRAS-CHAVE:** Área verde, florística, planejamento urbano, floresta urbana, qualidade ambiental.

### TREES AND SHRUBS USED IN AFFORESTATION OF THE INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO, CAMPUS RECIFE

**ABSTRACT:** Through the planning of afforestation, satisfactory levels of environmental quality in urban centers can be obtained with the use of the appropriate species. Thus, this paper aims to evaluate the main shrub and tree species that comprise the green area of the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, campus Recife. For the floristic study, walks were made seeking to cover the maximum of the green area (common life and leisure) of the campus. All shrub and tree individuals with a height equal to or greater than 130 cm and a circumference greater than 5,0 cm at breast height, 1,30 m to soil, were recorded. The species were identified according to Angiosperm Phylogeny Group IV, by comparison with exsiccates deposited in virtual herbariums (Reflora and Tropicos) and specialized literature. The study registered 184 individuals distributed in 16 species, 15 genera and 8 botanical families, of which 62.5% were classified as exotic species and more than 45.1% considered as bearing edible fruit. The species presenting the highest occurrence of individuals in the area were: *Clitoria fairchildiana* with 58, followed by *Terminalia catappa* (32), *Mangifera indica* (18), *Erythrina variegata* (15) and *Azadirachta indica* (14), and these assembled species represented over 74% of the total individuals registered. The registered species provide feed for wildlife, content support in practical classes, landscape

and environmental beautification of the campus, however there is the absence of appreciation of the native flora in the planning stage of campus afforestation.

**KEYWORDS:** Green area, floristic, urban planning, urban forest, environmental quality

## 1 | INTRODUÇÃO

Nos grandes centros urbanos, as árvores têm um caráter essencial para a manutenção da qualidade de vida, pois proporcionam inúmeros benefícios ambientais, ecológicos, estéticos, sociais e culturais para a população (EMER et al., 2011).

A arborização urbana não se limita ao simples plantio de árvore em vias, praças e jardins, mas deve ser estabelecida em critérios técnico-científicos para atingir objetivos específicos de ornamentação, melhoria microclimática, conservação da biodiversidade, diminuição da poluição, entre outros (MELO; MEUNIER, 2017).

Por intermédio do planejamento da arborização com indicação de espécies adequadas à área, podem-se obter níveis satisfatórios de qualidade ambiental, contudo a ausência deste pode acarretar em riscos de acidentes (OLIVEIRA; FERREIRA, 2005). Neste sentido, deve-se realizar periodicamente a coleta de dados por meio de inventários florestais, uma vez que estes dados fornecem informações sobre a necessidade de poda, tratamentos fitossanitários, assim como definição de prioridade de intervenções e remoções de árvores (BOBROWSKI, 2011).

O manual de arborização urbana da cidade do Recife prevê que na etapa do planejamento, a lista das espécies mais recomendadas seja composta predominantemente de frutíferas e, preferencialmente, de nativas da região (RECIFE, 2013).

A partir de 17 de janeiro de 1983, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), campus Recife passou a funcionar no bairro de Curado, com a missão de promover a educação profissional, científica e tecnológica.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar as principais espécies arbustivo-arbóreas que compõem a área verde do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, campus Recife.

## 2 | MÉTODO

O estudo foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, campus Recife, situado sob as coordenadas 08°05'88"S e 34°95'01"W no bairro de Curado, Recife, Pernambuco (Figura 1).

O clima da região é do tipo Am, ou seja, clima tropical de monção com estação chuvosa adiantada para o outono (ALVARES *et al.*, 2013), precipitação anual acumulada de 1.552,1mm e temperatura média em torno de 24°C.



Para o levantamento florístico foram realizadas caminhadas buscando percorrer o máximo da área verde (convívio comum e lazer) do campus.



FIGURA 1. Imagem aérea do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, campus Recife e área de estudo delimitada na cor vermelha.

Fonte: Google Maps (2019).

Foram amostrados todos os indivíduos arbustivo-arbóreos com altura  $\geq 130$  cm e que apresentaram CAP que  $\geq 5$  cm.

As espécies foram identificadas de acordo com o Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016), por comparação com exsicatas depositadas em herbários virtuais Re flora (ver <http://reflora.jbrj.gov.br>), Tropicos (ver <http://www.tropicos.org/>) e literatura especializada.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registrados 184 indivíduos distribuídos em 16 espécies, 15 gêneros e 8 famílias botânicas, sendo destes, 62,5% classificados como espécies exóticas e mais de 45,1% considerados como frutíferas comestíveis (Quadro 1). O elevado percentual de espécies exóticas indica descuido com a valorização a riqueza da biodiversidade local e descaracterização da composição natural, favorecendo o desenvolvimento de uma cultura cada vez mais distanciada do ambiente natural circundante (LEÃO et al., 2011).

As mais famílias mais representativas em número de espécies foram Anacardiaceae e Myrtaceae com 4 cada, são conhecidas por apresentarem espécies

nativas com potencial econômico, devido seus frutos comestíveis, tais como manga (*Mangifera indica*), seriguela (*Spondias purpurea*), caju (*Anacardium occidentale*), pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolia*), azeitona-da-mata (*Syzygium cumini*), jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*), goiaba (*Psidium guajava*) e pitanga (*Eugenia uniflora*) (Quadro 1), e por proporcionarem fontes de alimentação para a fauna frugívora de diferentes grupos de pequenas a grandes aves, além de macacos e morcegos.

As espécies que apresentaram maior ocorrência de indivíduos na área foram: *Clitoria fairchildiana*, popularmente conhecida como sombreiro, com 58, seguida de *Terminalia catappa* (32), *M. indica* (18), *Erythrina variegata* (15) e *Azadirachta indica* (14) (Quadro 1), e estas reunidas representaram mais de 74% do total de indivíduos registrados.

Com exceção de *C. fairchildiana*, *Paubrasilia echinata*, *Anacardium occidentale*, *S. terebinthifolia*, *P. guajava* e *E. uniflora*, as demais espécies registradas são exóticas, o que indica ausência de valorização e conservação da flora nativa na etapa de planejamento de arborização do campus.

Nome popular	Nome científico	Família	Origem	Número de indivíduos
Sombreiro	<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	<i>Leguminosae</i>	Nativa	58
Sete-copas	<i>Terminalia catappa</i> L.	<i>Combretaceae</i>	Exótica	32
Manga	<i>Mangifera indica</i> L.	<i>Anacardiaceae</i>	Exótica	18
Brasileirinho	<i>Erythrina variegata</i> L.	<i>Leguminosae</i>	Exótica	15
Nim-indiano	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	<i>Meliaceae</i>	Exótica	14
Seriguela	<i>Spondias purpurea</i> L.	<i>Anacardiaceae</i>	Exótica	11
Árvore-de-Benjamin	<i>Ficus benjamina</i> L.	<i>Moraceae</i>	Exótica	11
Azeitona-da-mata	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	<i>Myrtaceae</i>	Exótica	10
Pau-brasil	<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis	<i>Leguminosae</i>	Nativa	5
Acerola	<i>Malpighia glabra</i> L.	<i>Malpighiaceae</i>	Exótica	4
Caju	<i>Anacardium occidentale</i> L.	<i>Anacardiaceae</i>	Nativa	3
Jambo-vermelho	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M.Perry	<i>Myrtaceae</i>	Exótica	2
Aroeira/ pimenta-rosa	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	<i>Anacardiaceae</i>	Nativa	1
Goiaba	<i>Psidium guajava</i> L.	<i>Myrtaceae</i>	Nativa	1
Jasmim-laranjeira	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	<i>Rutaceae</i>	Exótica	1
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i> L.	<i>Myrtaceae</i>	Nativa	1
			<b>Total</b>	<b>187</b>

QUADRO 1. Espécies arbustivo-arbóreas registradas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, campus Recife.

O nim-indiano (*A. indica*) é uma árvore de crescimento rápido que pode alcançar de 10 a 20 m de altura, com tronco semi-ereto a reto e apresentar um sistema radicular com até 15 m de profundidade. Apesar de possuir madeira ser resistente a cupins

e pragas e ser utilizada para arborização de ruas, praças, jardins, possui um grupo variado de substâncias bioativas com alto efeito tóxico que causam envenenamento às abelhas africanizadas (ALVES; FREITAS, 2012).

Ressalta-se que a espécie *Ficus benjamina* é inadequada para a arborização de vias públicas devido à incompatibilização com as estruturas urbanas (ROCHA et al., 2004), e seu plantio em vias públicas é proibido, exceto se autorizado pela Secretaria do Meio Ambiente da cidade do Recife (RECIFE, 2010).

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que as espécies registradas proporcionam alimentação para fauna, suporte de conteúdo em aulas práticas, embelezamento paisagístico e ambiental do campus, entretanto observa-se a ausência de valorização e conservação da flora nativa na etapa de planejamento de arborização do campus.

Faz-se necessário o monitoramento da vegetação arbórea existente e propõe-se o plantio de espécies nativas com o objetivo de ampliar o fluxo gênico de espécies vegetais e animais dispersores na área.

#### REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**. v. 113, i. 3-4, p. 407-427, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-012-0796-6>. Acesso em: 19 out. 2019.

ALVES, J. E.; FREITAS, B. M. Efeito do nim (*Azadirachta indica*) para as abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). III Semana dos polinizadores: Risco sobre polinizadores e perspectivas de sua utilização em polinização. Petrolina: Embrapa Semiárido, v. 1, p. 185-195, 2012.

APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 181, i. 1, p. 1-20, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>. Acesso em: 18 out. 2019.

EMER, A. A. et al. Valorização da flora local e sua utilização na arborização das cidades. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 6, n. 1. p. 1-7, 2011.

GOOGLE MAPS. Ano 2019. **Localização do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, campus Recife, Pernambuco, Brasil**. (Data da imagem: 25/10/2019, escala: 50 m).

LEÃO, T. C. C. et al. **Espécies exóticas invasoras no nordeste do Brasil**: Contextualização, manejo e políticas públicas. Recife: Cegan, 2011, 99 p.

MELO, L. L.; MEUNIER, I. M. J. Evolução da arborização de acompanhamento viário em cinco bairros de Recife - PE. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 34, n. 2, p. 264-281, 2017.

RECIFE, Prefeitura do. Lei municipal nº 17.666 de 16 de dezembro de 2010. Disciplina a arborização urbana no município do Recife e dá outras providências. **Diário Oficial [do Município de Recife]**, Recife: 2010.

\_\_\_\_\_. **Manual de arborização**: orientações e procedimentos técnicos básicos para a implantação e manutenção da arborização da cidade do Recife. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SMAS, 1. ed. Recife: [s.n.], 2013. 71 p.

ROCHA, R. T.; LELES, P. S. S.; NETO, S. N. O. Arborização de vias públicas em Nova Iguaçu, Rio de Janeiro: O caso dos bairros Rancho Novo e Centro. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 599-607, 2004.

OLIVEIRA, I. L.; FERREIRA, A. R. Arborização urbana, alteração das paisagens e biodiversidade, melhoria de qualidade de vida dos moradores de Cáceres, MT. In: **Anais do VIII Congresso Iberoamericano de Extensão Universitária**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.

## BIOMASS AND MACRONUTRIENTS IN STAND OF *Eucalyptus benthamii* IN SOUTHERN BRAZIL

Data de submissão: 01/12/2019

Data de aceite: 30/01/2020

### Huan Pablo de Souza

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Ciências Florestais  
Santa Maria – RS.  
<http://lattes.cnpq.br/0822596140349290>

### Angélica Costa Malheiros

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Ciências Florestais  
Santa Maria – RS.  
<http://lattes.cnpq.br/1357958746601642>

### Dione Richer Momolli

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Ciências Florestais  
Santa Maria – RS.  
<http://lattes.cnpq.br/2739086911200257>  
<https://orcid.org/0000-0003-1235-2030>

### Aline Aparecida Ludvichak

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Ciências Florestais  
Santa Maria – RS.  
<http://lattes.cnpq.br/2345476359987462>

### Claudiney do Couto Guimarães

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Ciências Florestais  
Santa Maria – RS.  
<http://lattes.cnpq.br/5572806546883940>

### José Mateus Wisniewski Gonsalves

Faculdade de Ensino Superior Santa Bárbara.

Tatuí – SP.

<http://lattes.cnpq.br/5293127020402447>

### Mauro Valdir Schumacher

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Ciências Florestais  
Santa Maria – RS.

<http://lattes.cnpq.br/4577505947479643>

<http://orcid.org/0000-0003-3277-5671>

**ABSTRACT:** In view of the low temperatures recorded in winter to the southern region of Brazil, *Eucalyptus benthamii* species have been used for reforestation. The objective of this study was to quantify biomass and macronutrient stock in a seed production area of *Eucalyptus benthamii*, in the municipality of São Francisco de Assis - RS. The biomass and nutrients in each component were obtained from a total of 9 trees. The total biomass was 47.59 Mg ha<sup>-1</sup>, with 62.14% accumulated in the wood, 13.11% in the roots, 10.19 % in the branches, 8.25% in the bark, 6.26 % in leaves and 0.05% in fruits. The total amount of macronutrients in the biomass was: 562.13 kg ha<sup>-1</sup>. The highest concentration of macro-nutrient was observed for N in the leaves, with 25.85 g kg<sup>-1</sup>. The quantification of macronutrients in APS biomass in Mg ha<sup>-1</sup> is proportionally lower when compared to studies carried out in commercial plantations. The wood is the most represented compartment in the

biomass, corresponding to 62%.

**KEYWORDS:** Seed Production Area; Biomass; Nutrient cycling; Productivity

## INTRODUCTION

According to IBA (2017), Brazil has 7.84 million hectares of forest plantations, with *Eucalyptus* being the most planted genus in the country, with more than 5.63 million hectares. This situation occurs due to the versatility of wood use, as well as quality criteria and fast growth, which have supplied the most different forest-based segments in the country, supplying the raw material demand and significantly reducing the pressure on natural forest fragments.

According to Barros and Comerford (2002), the *Eucalyptus* stands have been implanted in different types of soils, which have available contents and total nutrients in a very wide range, which allows a great variation of productivity according to the environment. It is also worth noting that most of the Brazilian plantations are clonal, but for species such as *Eucalyptus benthamii*, where this technique still needs improvement, seed propagation is the best alternative for stand establishment.

According to Fonseca et al. (2010), *Eucalyptus benthamii* is an endemic species of the western region of the city of Sydney in Australia. Most of their individuals were cut down to form pastures, flooded by dams or destroyed by fires, and it was considered an endangered species at its origin. It is a species that has great potential for regions subject to frost formation due to resistance to low temperatures, but information and studies related to its silvicultural potential are limited.

In this way, it is verified the possibility of the destination of potential areas, especially in the southern regions of Brazil, for seed production in order to meet the planting demand of this species. Therefore, it is extremely important to understand the nutritional dynamics of plantations, in order to optimize, potentiate and make rational use of available natural resources. The objective of present study is quantifying the biomass and nutrients, in a Seed Production Area (APS) of *Eucalyptus benthamii*, in the Pampa biome.

## MATERIALS AND METHODS

### Characterization of the experimental area

The research was conducted in a 6-year-old *Eucalyptus benthamii* Seed Production Area, located in the municipality of São Francisco de Assis -RS, with coordinates 29° 23 '52 "S and 55° 12' 36" W.

The region is characterized geologically by basaltic spills, sandstone outcrops and large alluviums in the fluvial plains. The relief is smooth and generally between 60 and 120 meters of altitude, surpassing 300 meters in little raised coxillas (DEFAP and

UFSM, 2002). The country vegetation is predominant in the region, forming vassourais in some places. In the margins of watercourses there are gallery forests, with shrub appearance (DEFAP and UFSM, 2002).

For Alvares et al. (2014), the region of São Francisco de Assis is classified as Subtropical Cfa with hot summer, with average temperature between 18 and 20 ° C and total annual precipitation between 1600 and 1900 mm, with the rains being more frequent in autumn it's winter. Figure 1 shows the meteorological data for the study area during the stand's growth.

According to Flores et al 2016, the species is indicated for cultivation in subtropical regions. The authors point to a favorable climate for species development in the study region.

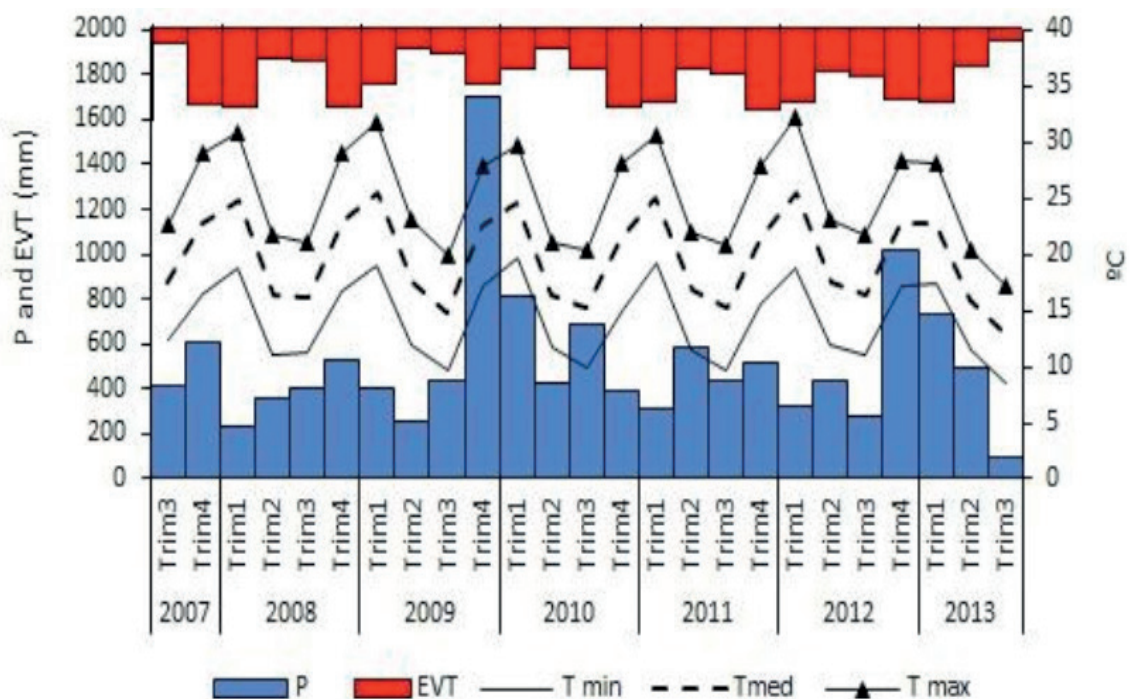


Figure 1: Meteorological diagram during stand growth for the study area.

According to Streck et al. (2018), in the region of São Francisco de Assis are two distinct lithological units, Serra Geral and Botucatu formation, predominantly sandy soils. For Verдум (2004), in the municipality of São Francisco de Assis, four classes of soils occur: Latosols, Argisols, Planosols and Litosols.

### The *Eucalyptus benthamii* stand

For the study, a Seed Production Area (APS) was used, from planting established with seminal material of *Eucalyptus benthamii*, in a total area of 3.21 hectares and 504 matrix trees at 6 years of age. Soil preparation was performed in August 2007, using subsoiler with 3 stems, incorporating natural phosphate (400 kg ha<sup>-1</sup>) in the center and 40 cm depth, and light harrowing (to improve pre-emergence herbicide effect).

Planting was carried out in September 2007 using seminal seedlings of *Eucalyptus*

*benthamii*, spacing 3.5 m x 2.0 m. Three post-planting fertilizations were performed, the first 15 days after planting, using N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 06:30:06 + 0,6% B, 150 g plant<sup>-1</sup> (214,2 kg ha<sup>-1</sup>) divided in two sub-doses of 75 g incorporated to 15 cm of each side of the plant. The second fertilization was performed at 90 days post-planting, using N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 22:01:18 + 0.3% B + 0.2% Cu, 140 g plant<sup>-1</sup> (200 kg ha<sup>-1</sup>) applied the canopy projection. The third fertilization was carried out at 270 days, with fertilizer N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 22:01:18 + 0,3% B + 0,2% Cu, 140 g plant<sup>-1</sup> (200 kg ha<sup>-1</sup>) applied mechanically in the line.

### Quantification of biomass

In order to select the trees to be felled, a population census was carried out in the APS, resulting in 504 measured diameters. Nine matrices were selected for the determination of above - ground biomass (mean DAP - standard deviation, mean DAP and mean DAP + standard deviation). The matrices were divided into three classes of diameter: lower limit (LI), central class (CC) and upper limit (LS), with three trees being felled in each of the diameter classes.

The felled trees were sectioned at ground level and fractionated into fruits (seminal capsules), leaves, branches, bark, wood and roots. The biomass of each component was weighed in the field and sample collection of each component was performed for the determination of dry matter and chemical determination.

To estimate the biomass of the roots, the three central trees of each diameter class were used. The root system (stump and thick roots) was extracted by manual excavation and backhoe assistance. The roots were weighed and a sample was collected for dry weight determination and chemical determination.

The samples were dried at 70 °C in an air circulating oven until the weight stabilization, to determine the moisture content, where from this content it was possible to quantify the total biomass values above and below the soil, for each compartment.

### Chemical and statistical analysis

After drying, the samples were ground in Wiley type mill with 20 mesh sieve. The analytical determinations of macronutrients: N, P, K, Ca, Mg and S, were performed according to the methodology suggested by Tedesco et al. (1995). The chemical analyzes of the samples were performed at the Forest Ecology Laboratory of the Department of Forestry Sciences / UFSM. The amount of nutrients in each of the components of the trees (fruits, leaf, bark, wood, branches and roots) was obtained through the product between the dry biomass and the nutrient concentrations in each component. For statistical analysis, the Tukey test was used, using the software Assistat version 7.7 (Silva e Azevedo, 2002), considering the completely randomized design, and the 5% probability of error level.



## RESULTS AND DISCUSSION

### Biomass

It is important to emphasize that the silvicultural aspects of this APS of *Eucalyptus benthamii* at six years of age can not be compared in productive terms with plantations of the same age group. This is because the number of trees is greatly reduced. For this condition, total biomass of 47.59 Mg ha<sup>-1</sup> was estimated, according to table 1.

Similar behavior for the other components was observed by Beulch (2013) for *Eucalyptus saligna* and Guimarães (2014) when studying *Eucalyptus dunni*. Genetic, environmental and silvicultural factors have a direct influence on the productive capacity of plantations. However, for Barros and Comerford (2002) soil type and nutrient availability are the main factors influencing production in forest plantations.

The wood is the most represented compartment in the biomass, corresponding to 62%, followed by roots with 13%, branches with 10%, bark with 8%, leaves with 6% and fruits with only 0.05% of the total biomass.

Evaluating the biomass production in a stand of *Eucalyptus benthamii* at 7 years of age, Guimarães et al 2019 found a much higher productivity being 192 Mg ha<sup>-1</sup>, of these, 81% and 1.3% of wood and leaves respectively. Although it is the same species, stage of maturation, region and soil, the density of trees per unit area was responsible for the variation of biomass.

Components	Biomass	
	Mg ha <sup>-1</sup>	%
Fruit	0,02	0,05
Leaf	2,97	6,26
Branch	4,85	10,19
Bark	3,93	8,25
Wood	29,57	62,14
Root	6,24	13,11
Total	47,59	100

Table 1 – Distribution of biomass in *Eucalyptus benthamii*.

Considering the results obtained in other biomass studies on the genus *Eucalyptus*, the values found in the present study are smaller, due to the reduced number of matrix trees in the area, as previously discussed. For *Eucalyptus dunnii* established in the Pampa biome at age five, Dick et al. (2016) estimated above-ground biomass at 58.74 Mg ha<sup>-1</sup>. In a low-soil edaphic situation, a stand of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* with four years, total biomass above ground was 74.49 Mg ha<sup>-1</sup>, in the Federal District (Gatto et al., 2014).

In a hybrid commercial planting of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, established in an area of predominantly sandy texture at 4.5 years of age, Carvalho et. al (2015) evaluated the total biomass production in 74.93 Mg ha<sup>-1</sup>, with 85% being

above the ground and 68.9% corresponding to the stem (wood of the stem + bark of the stem), with the percentage of root biomass 15%.

In addition, in a study of clonal plantations of *Eucalyptus saligna*, at 5.5 years of age, in the city of Telêmaco Borba - Paraná, Salvador et al. (2016) found total biomass of 217.61 Mg ha<sup>-1</sup>, where 4.24 Mg ha<sup>-1</sup>, 6.27 Mg ha<sup>-1</sup>, 23.87 Mg ha<sup>-1</sup> and 183.23 Mg ha<sup>-1</sup> correspond to the fractions leaves, branches, bark and wood respectively.

It is evident in this way that the lowest volume found was directly related to the management that occurred in the study area, keeping a reduced number of matrices with the objective of producing seeds.

### Nutrient concentration

Although wood is the main constituent of above-ground biomass in forest stands, nutrient concentration is higher in leaves, branches and fruits of trees. This is due to the fact that these compartments are directly related to the production of carbohydrates and reproduction of plants. According to Viera (2012), in forest plantations with successive rotations, the compartmentalization of nutrients in biomass is important for decision-making in relation to the management to be adopted.

In the leaves, the highest concentrations of macronutrients are present, with the exception of K, which is present in fruits and Ca and Mg, which are in higher concentrations in the bark. As can be seen in table 2 there is a great concentration of nutrients in the fruits, being overcome only by the leaves. However, when analyzed in the general context, these concentrations represent extremely low proportions, because this compartment represented only 0.05% of the total biomass, representing 0.02 Mg ha<sup>-1</sup>. The distribution of macronutrients in the biomass presented the following order: N > K > Ca > Mg > P > S.

With respect to calcium, the highest levels were observed in the bark component, differing to (P ≤ 0.05). This behavior was also observed by Guimarães et al 2019 studying *Eucalyptus benthamii*. Calcium is a slightly mobile element in the phloem and is present in the cell wall. The main function of the element is to be a structural constituent (Taiz and Zeiger 2014).

Components	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g kg <sup>-1</sup> )					
Fruit	15,88 b	1,67 a	12,67 a	3,83 b	2,56 ab	1,17 a
Leaf	22,85 a	1,48 a	10,86 b	4,26 b	2,25 bc	1,33 a
Branch	7,26 c	0,74 b	6,56 cd	4,98 b	1,38 d	0,40 bc
Bark	2,93 c	0,56 b	3,65 c	5,87 a	2,86 a	0,26b c
Wood	1,65 d	0,38 c	1,94 e	0,69 b	0,21 e	0,21 c
Root	7,49 c	1,53 a	5,38 d	3,11 b	1,88 c	0,48 b

Table 2 – Macronutrients concentration in a biomass of a *Eucalyptus benthamii* stand

Where: different vertical letters indicate significant differences between the macronutrients of the biomass, at 0.05 level of significance, by the Tukey test.

High concentrations of P and K were also found by Hingston et al (1980) in the fruits, in a study of the nutritional distribution of *Eucalyptus marginata* and *Eucalyptus calophylla* in western Australia.

According to Dick et al. (2016) in 60-month *Eucalyptus dunnii* plantations in Alegrete, RS, the highest concentrations of macronutrients were observed for N in the leaves, with 17.38 g kg<sup>-1</sup>, whereas the lowest concentrations were observed in the wood, with 1,47 g kg<sup>-1</sup>.

For Frantz (2016), which determined the concentration of macro nutrients for a hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, at 78 months in the Pampa biome region in RS, the highest concentrations were observed for N in the leaves, with 15.7 g kg<sup>-1</sup>, followed by Ca in the shell with 15.0 g kg<sup>-1</sup>.

### Nutrient stocks

It can be seen in Table 3 that the greatest accumulation of macronutrient is in the wood because it is the most representative component of the biomass. The exception was observed for N which had its highest amount in the leaves with 67.89 kg ha<sup>-1</sup>.

Components	N	P	K	Ca	Mg	S
	(kg ha <sup>-1</sup> )					
Fruit	0,37	0,04	0,29	0,09	0,06	0,03
Leaf	67,89	4,39	32,28	12,65	6,69	3,97
Branch	35,21	3,58	31,85	24,14	6,70	1,95
Bark	11,52	2,21	14,34	23,04	4,68	1,00
Wood	47,67	11,33	57,33	20,52	6,29	6,17
Root	46,68	9,51	33,53	19,41	11,72	2,99
Total	209,34	31,07	169,62	99,85	36,13	16,10

Table 3 - Amount of macronutrients in the biomass of *Eucalyptus benthamii*, in São Francisco de Assis - RS.

The fraction corresponding to the fruits presented a smaller amount of macronutrients due to the small accumulation of biomass when compared with the other components. As mentioned previously, the macronutrient concentrations in the fruits are high, although the result obtained in Table 3 is due exclusively to the low amount of fruit deposition in relation to the total biomass.

N was the element that presented the highest accumulation in the biomass with 209.34 kg ha<sup>-1</sup>, followed by K with 169.62 kg ha<sup>-1</sup>, mainly in the leaves with 32.28 kg ha<sup>-1</sup>, already in the branches the accumulation of K was 31.85 kg ha<sup>-1</sup>

### CONCLUSIONS

The quantification of macronutrients in APS biomass in Mg ha<sup>-1</sup> is proportionally lower when compared to studies carried out in commercial plantations, due to the

smaller number of trees per ha. On the other hand, the concentration of macronutrients in the components analyzed was similar in other studies of the genus *Eucalyptus*.

The wood is the most represented compartment in the biomass, corresponding to 62%, followed by roots with 13%, 10% branches, bark with 8%, leaves with 6% and fruits with 0.05% of the total biomass. In the leaves the highest concentrations of macronutrients, except for K, are present in the fruits and Ca and Mg, which are in higher concentrations in the bark of the trunk.

## ACKNOWLEDGMENTS

The first author thanks the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for the scholarship.

## REFERENCES

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., Sparovek, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Barros, N. F., Comerford, N. B. (2002). *Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical*. In: Alvarez, V. V. H. et al. eds. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Folha de Viçosa.
- Beulch, L. S. (2013). *Biomassa e Nutrientes em um povoamento de Eucalyptus saligna smith submetido ao primeiro desbaste*. 2013. 58 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Carvalho, R. R., Guimarães, C. C., Silva, J. C. M., Momolli, D. R. (2015). Estoque de biomassa e de nutrientes em um povoamento do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no Bioma Pampa – RS. *Ecologia e Nutrição Florestal*, (3)3, 71-81. <http://dx.doi.org/10.5902/2316980X18275>
- DEFAP; UFSM, *Inventário Florestal Contínuo do RS 2002*. Disponível em: <http://coralx.ufsm.br/ifcrs>. Acesso em: 29/08/2013.
- Dick, G., Schumacher, M. V., Momolli, D. R., Santos, J. C., Ludvichak, A. A., Guimarães, C. C., Souza, H. P. (2016). Quantificação da biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden estabelecido no Bioma Pampa. *Ecologia e Nutrição Florestal*, (4)1, 1-9. <http://dx.doi.org/10.5902/2316980X20589>
- Flores, T. B., Alvares, C. A., Souza, V. C., & Stape, J. L. (2016). *Eucalyptus no Brasil: Zoneamento climático e guia para identificação*. Piracicaba: IPEF.
- Fonseca, S. M., et al. (2010). *Manual Prático de Melhoramento Genético do Eucalipto*. Viçosa: UFV.
- Frantz, B. C. (2016). *Biomassa e estoque de nutrientes em Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis em área arenizada do bioma Pampa – RS*. 2016. 55 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- Gatto, A. et al., (2014). Ciclagem e balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um plantio de *Eucalyptus* sp. no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(3), 879-887. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000300019>

Guimarães, C. C. (2014). *Biomassa e Nutrientes em Plantios de Eucaliptos no Bioma Pampa*. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

Guimarães, C., Momolli, D., Souza, H., Schumacher, M., Ludvichak, A., & Malheiros, A. (2019). Biomass Production and Nutritional Characterization of *Eucalyptus benthamii* in the Pampa Biome, Brazil. *Journal of Experimental Agriculture International*, 35(2), 1-9. <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v35i230201>

Hingston, F. J., Dimmock, G. M., Turton, A. G. (1981). Nutrient distribution in jarrah (*Eucalyptus marginata* donn ex sm.) ecosystem in south-west western Australia. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam. 183-207.

IBÁ – Indústria brasileira de árvores. *Anuário estatístico 2017*, ano base 2016. Disponível em: [www.iba.br](http://www.iba.br). Acesso em: 19 jan 2018.

Salvador, M. S., Schumacher, M. V., Viera, M., Stahl, J., Consensa, C. B. (2016). Biomassa e estoque de nutrientes em plantios clonais de *Eucalyptus saligna* Smith. Em diferentes idades. *Scientia Forestalis*, Piracicaba. v. 44, n. 110.

Schumacher, M. V., Caldeira, M. V. W. (2001). Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii*. *Ciência Florestal*, 11(1), 45-53.

Silva, F. de S., Azevedo, C. A. V. (2002). Versão do programa computacional ASSISTAT para o sistema operacional Windows. *Rev. Bras. Prod. Agroind.*, 4(1):71-78, 2002.

Streck, E. V. et al. (2018). *Solos do Rio Grande do Sul*. 3.ed. 107 p. Editora UFRGS. Porto Alegre.

Taiz, L., Zeiger, E. (2014). *Plant Physiology and Development:6th Revised edition*. Sunderland: SINAUER ASSOCIATES INC.,U.S.

Tedesco, M. J., Gianello, C., Bissani, C. A., Bohnen, H., Volkweiss, S. J. (1995). *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, (Boletim Técnico, 5).

Verdum, R. (2004). Depressão Periférica e Planalto. Potencial ecológico e utilização social da natureza. In: Verdum, R.; Basso, L.A.; Suertegaray, D.M.A. (org.) Rio Grande do Sul: *Paisagens e Territórios em Transformação*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p.39-57.

Vieira, M. (2012). *Dinâmica nutricional em um povoamento híbrido de Eucalyptus urophylla x Eucalyptus globulus em Eldorado do Sul* – RS, Brasil. 2012. 119p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

## BIOMASS AND MICRONUTRIENTS IN A *Eucalyptus benthamii* MAIDEN STAND IN SOUTHERN BRAZIL

Data de submissão: 01/12/2019

Data de aceite: 30/01/2020

### Huan Pablo de Souza

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Ciências Florestais  
Santa Maria – RS.

<http://lattes.cnpq.br/0822596140349290>

### Angélica Costa Malheiros

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Ciências Florestais  
Santa Maria – RS.

<http://lattes.cnpq.br/1357958746601642>

### Dione Richer Momolli

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Ciências Florestais  
Santa Maria – RS.

<http://lattes.cnpq.br/2739086911200257>

<https://orcid.org/0000-0003-1235-2030>

### Aline Aparecida Ludvichak

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Ciências Florestais  
Santa Maria – RS.

<http://lattes.cnpq.br/2345476359987462>

### Claudiney do Couto Guimarães

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Ciências Florestais  
Santa Maria – RS.

<http://lattes.cnpq.br/5572806546883940>

### José Mateus Wisniewski Gonsalves

Faculdade de Ensino Superior Santa Bárbara.  
Tatuí – SP.

<http://lattes.cnpq.br/5293127020402447>

### Mauro Valdir Schumacher

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Ciências Florestais  
Santa Maria – RS.

<http://lattes.cnpq.br/4577505947479643>

**ABSTRACT:** The rapid rotation of *Eucalyptus* spp. leads to the exportation of large amounts of nutrients, compromising the long-term productivity of the area. Thus, the sustainability of the environment becomes the object of study. Micronutrients, even if required in low quantities, are essential for full tree development. Thus, the present study aimed to quantify the biomass and micronutrient stock in a stand of *Eucalyptus benthamii*, in the municipality of São Francisco de Assis - RS. Total biomass was 47,59 Mg ha<sup>-1</sup>, with 62,14% accumulated in trunk wood, 13,11% in roots, 10,19% in branches, 8,25% in trunk bark, 6,26 % in leaves and 0,05% in fruits. The total amount of micronutrients in the biomass was: 830,39 g ha<sup>-1</sup>, being the highest concentration observed for Fe in the roots, with 4665,52 g kg<sup>-1</sup>. There was also a need for nutritional supplementation for elements B and Zn, which are below the appropriate leaf content of micronutrients. It was observed that the largest amounts of micronutrients are in the

bark, leaf, fruits, branches and roots, components that can be left in the field after harvest, contributing to the nutrient cycling of the site

## INTRODUCTION

According to IBÁ (2019), less than 1% of the Brazilian land area is grown with commercial forests, mounting up to 7,83 million hectares. The biggest share belongs by far to species of the genus *Eucalyptus*, which reached around 5.7 million hectares of cultivated land and 36,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of annual yield in 2018.

The world population is projected to reach 9,1 billion until 2050, demanding 250 million hectares of additional land grown with commercial forests around the world, in order to achieve zero liquid deforestation and mitigate carbon emissions into the atmosphere (IBÁ, 2017).

Accordingly, the National Plan for Climatic Changes intends to raise the Brazilian forested area to 11 million hectares until 2020, since these forests can store large amounts of CO<sub>2</sub> on vegetation and soil by removing it from the atmosphere through the process of photosynthesis (BRASIL, 2007).

Considering the increasing demand for commercial forests and the wide range of climatic conditions found across the different Brazilian regions, the breeding of forest species adapted to different conditions stands out as a key factor in reaching high yield rates and boosting the growth of the forestry sector.

The rapid rotation of commercial crops leads to the exportation of large amounts of nutrients out of the system, compromising the long-term productivity of the area. Thus, the sustainability of the environment becomes the object of study, seeking the development of new management techniques to provide sufficient resources for the good development of future plantings.

When resources in a natural forest become scarce, individuals adapt to the new environment by slowing growth rates and replacing species. This change does not necessarily imply a decrease in productivity, as species with better nutritional efficiency can grow in dominance. On the other hand, in monospecific commercial plantations, the change of environment directly reflects the productivity of the forest (GONÇALVES, et al., 2004).

The high land cost associated with frost-free lands in the Southeast, southern-Bahia and northern-Paraná regions of Brazil, which provide high yield rates of *Eucalyptus*, has driven foresters and companies to cheaper areas in the tropical and subtropical regions, where they are typically faced with climatic restrains (e.g. water deficits in the first case, frosts in the second; SILVA et al., 2008).

According to the same author, there are few frost-resistant genotypes of *Eucalyptus* available for commercial use. *E. viminalis* has been historically recommended for regions with severe frost occurrence, but its low yield and wood quality prevents further

use. *E. dunnii* displays tolerance to low intensity cold, but can be severely damaged by successive frost events.

Conversely, *Eucalyptus benthamii* displays remarkable resistance to cold, high yield rates, fast growth and excellent shaft form, representing a valuable alternative for the establishment of homogenous, frost-resistant forest stands (GRAÇA et al., 1999; SILVA, et. al., 2008). Accordingly, Stape et.al. (1996) recommends the aforementioned species for cultivation in extremely cold regions, enduring minimum temperatures as low as -10 °C.

The aim of this work was to comprehend the dynamics of micronutrients in a Seed Production Area (SPA) of *E. benthamii* in southern Brazil, contributing to the genetic improvement of frost-resistant trees by supplying the nutritional resources needed for the full development of *E. benthamii* matrices.

## MATERIAL AND METHODS

The experiment was set in the Pampa biome, in a Seed Production Area (SPA) of *Eucalyptus benthamii* located in the municipality of São Francisco de Assis, state of Rio Grande do Sul, Brazil. The total area of the experiment was 3,21 hectares, containing 513 six-year-old parent trees. Planting was carried out in 2007 with seedlings of *Eucalyptus benthamii* spaced at 3,5 x 2,0 m, totalizing an initial density of 1428 plants ha<sup>-1</sup>. Later in 2011, when the trees were 4 years old, phenotypic selection was carried out leaving 160 superior individuals ha<sup>-1</sup>.

In the area, three post-planting fertilizations were performed, the first in 15 days after planting using N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 06:30:06 + 0.6% B, 150 g plant<sup>-1</sup> (214,2 kg ha<sup>-1</sup>) divided into two 75-gram sub-doses incorporated 15 cm on each side of molt. The second fertilization was performed 90 days after planting, using N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 22:01:18 + 0,3% B + 0,2% Cu, 140 g plant<sup>-1</sup> (200 kg ha<sup>-1</sup>) applied manually in the canopy projection. The third fertilization was performed at 270 days, using N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O fertilizer 22:01:18 + 0,3% B + 0,2% Cu, 140 g plant<sup>-1</sup> (200 kg ha<sup>-1</sup>) mechanically applied to the interline.

According to Table 1, the soil has a sandy texture, ranging from sandy loam, with an average of 62% of sand. It also presented low organic matter (OM); pH too low; Mean CTCpH7; V% too low; m% high, conferring low natural fertility to the soil; low to medium boron (B) and copper (Cu) contents and still having average zinc (Zn) contents; according to the interpretation suggested by the Soil Chemistry and Fertility Commission (2004).

Attribute	Unit (%)	Soil layer (cm)		
		0 – 20	20 – 40	40 – 100
SD	g cm <sup>-3</sup>	1,44 <sup>a</sup>	1,44a	1,41a



CS		45,69a	47,71a	53,62a
FS		15,08a	9,65a	15,18a
Silt	%	27,06a	29,14a	18,37a
Clay		12,16a	13,49a	12,83a
SOM		0,79a	0,66b	0,53c
pH	(1:2,5água)	4,47a	4,55a	4,56a
t	cmolc dm-3	1,84a	2,2a	1,67a
T		4,34a	4,18a	4,15a
V	%	17,61a	18,92a	16,75a
m		58,27a	62,65a	55,2ab
B		0,39a	0,30a	0,25a
Cu	mg dm-3	0,33a	0,16a	0,17a
Zn		0,30a	0,18a	0,54a

Table 1 - Physical and chemical attributes of the soil (Arisol, dystrophic Arisol) in the study area in the city of São Francisco de Assis - RS.

Where: Soil Density (DS); Coarse Sand (2 – 0,2 mm) (CS); Fine Sand (0,2-0,05mm) (FS); Silt (0,05 – 0,002mm); Clay (<0,002 mm); Soil Organic Matter (SOM); Effective CTC (t); CTCpH7 (T); V is Base Saturation; m is Saturation by aluminum. Different vertical letters indicate significant differences between biomass micronutrients at the 0,05 level of significance by Tukey test.

To estimate the soil nutrient stock up to 100 cm deep for physical analysis, samples were collected in the trenches where the roots were collected in the 0 - 20 cm, 20 - 40 cm and 40 - 100 cm layers. During soil collection for chemical analysis, samples with volumetric rings were also collected at the same points for soil density evaluation.

The estimation of soil nutrient stock in the 0 - 20 cm, 20 - 40 cm and 40 - 100 cm depth layers was performed through the product between the nutrient concentration and the soil density obtained at the midpoint of each soil. layer.

For Alvares et al. (2014) in their study of the Köppen's climate classification, based on monthly precipitation and temperature data from Brazilian climatic stations, the region of São Francisco de Assis is classified as Subtropical Cfa with hot summers and rains more frequent in autumn and winter. The municipality is located at 150 m above soil level, with average temperature between 18 and 20 °C and total annual precipitation ranging from 1600 to 1900 mm.

According to IBGE (2012), vegetation in the region is mainly grassy steppe mixed with gallery forest, and the predominant rural activities are cattle raising and agriculture. Landscape is composed by low hills, geologically originated from basaltic spills and sandstone outcrops. The experimental area was located in the lithological formation of Serra Geral and Botucatu, predominantly composed of sandy soils (Streck et al., 2018).

The Seed Production Area was set in Red Dystrophic Sandy Argisil, texture medium to moderate. It includes deep, well-drained soils with sandy surface texture, followed by clayey-sandy texture in the lower horizons.

For area sampling, a census was conducted where the trees were distributed in

three diameter classes: lower limit, central class and upper limit, as presented in Table 2.

Class	Lower limit	Central class	Upper limit
1 <sup>a</sup>	22,0	23,5	25,5
2 <sup>a</sup>	25,1	26,5	28,0
3 <sup>a</sup>	28,1	29,5	31,0

Table 2 – Diameter classes of six-year-old *Eucalyptus benthamii* trees, in São Francisco de Assis – RS.

From this census, 9 trees were selected to be sectioned at ground level and separated into the following components: fruits, leaves, twigs, trunk bark, trunk wood and roots. Total biomass of each component was weighed in the field with hook scale. The determination of the total biomass per hectare was carried out by extrapolation based on the number of trees present in each of the diameter classes.

For the determination of dry matter and nutritional assessments, representative samples of each component were collected, placed in paper bags and taken to the Forest Ecology Laboratory of the Department of Forestry Sciences / UFSM. The samples were dried at 70 °C in a forced air oven until weight stabilization, in order to determine moisture content and, based on it, quantify total biomass values above and below the soil for each component evaluated.

After drying, the samples were milled with Wiley-type blades and 20-mesh sieve. Analytical determination of the micronutrients B, Cu, Fe, Mn and Zn was carried out following the methodology proposed by Tedesco et al. (1995). Cu, Fe, Mn and Zn were extracted by nitric-perchloric digestion and quantified by the atomic absorption spectrophotometric method, while B was extracted through dry digestion and determined by the spectrophotometric method.

The amount of nutrients in each tree component was obtained as the product between the biomass and the concentration of nutrients in each of said components. The estimate of nutrient stock in the biomass per hectare was obtained by extrapolating the average stock of nutrients based on the area sampled.

The results were statistically analysed through the SAS for Windows (2003) package, using Tukey's test (5% probability of error) and considering the completely randomized design, where each sampled tree corresponded to one replicate for each biomass component evaluated.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Biomass storage

The quantity of biomass produced per area was influenced by the location of the experimental site, at a Seed Producing Area (SPA) of six-year-old *Eucalyptus benthamii*,

where the number of trees per hectare is considerably lower than at commercial stands. Thus, yield variables obtained at an SPA cannot be compared with equally aged *E. benthamii* trees from commercial fields.

For a population density of 160 trees ha<sup>-1</sup>, total biomass in the SPA was estimated at 47.59 Mg ha<sup>-1</sup>, in the following proportion: trunk wood > roots > trunk bark > branches > leaves > fruits. Trunk wood and leaves displayed the highest (62.14%) and lowest (0.05%) shares of biomass, respectively. Alves et al. (2007) found similar values in a 4.5-year-old *Eucalyptus* spp. stand: 70.01% (wood), 12.56% (branches), 8.98% (bark) and 8.45% (leaves).

Leite et al. (2011) also observed similar distribution of above-soil biomass components in a 6.5-years-old *Eucalyptus grandis* stand, with a population density of 500 trees ha<sup>-1</sup>: trunk wood > trunk bark > branches > leaves. Trunk wood answered for 70,3% of the total biomass, and the values found for branches (4,7 Mg ha<sup>-1</sup>) and leaves (2.1 Mg ha<sup>-1</sup>) were close to the obtained in this study.

Similar values were obtained by Vieira et al. (2012) in an 18-months-old *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* stand, except for the bark component, which displayed the lowest biomass share (7,6%). This difference is linked to the early growth stages of the trees, when biomass production is primarily directed to branches and leaves, and only afterwards to wood and bark growth (Gonçalves, 2004).

According to Schumacher (1992), wood biomass production increases as the forest progresses on its growth stages due to gradual changes on sink demand, whereby carbohydrates previously directed into leaf and branch production are channelled to wood components.

Evaluating a seven-year-old *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* stand in two types of soil (sandy and clayey), Salvador (2015) found a similar distribution of biomass components: trunk wood > roots > trunk bark > branches > leaves. Total biomass also varied between the two soil types, from 257,99 Mg ha<sup>-1</sup> in the sandy soil to 301,21 Mg ha<sup>-1</sup> in the clayey one.

While genetic and environmental traits influence in this significant difference between sites, Barros and Comerford (2002) point out to soil type and nutrient availability as the main factors affecting yield potential on commercial forest stands.

Salvador et al. (2016) obtained 289,49 Mg ha<sup>-1</sup> of total above-soil biomass, at a 6,7-years-old *Eucalyptus saligna* stand, considerably higher than the value found at the SPA. On the other hand, a four-year-old *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* stand at a low fertility site presented above-soil biomass around 74.49 Mg ha<sup>-1</sup> (Gatto et al., 2014).

Component	(Mg ha <sup>-1</sup> )	(%)
Wood	29,57	62,14
Roots	6,24	13,11
Branches	4,85	10,19
Bark	3,93	8,25
Leaves	2,97	6,26
Fruits	0,02	0,05
Total	47,59	100

Table 4 – Biomass in the different tree components of a six-year-old *Eucalyptus benthamii* stand. São Francisco de Assis - RS.

Above-soil biomass in the SPA corresponded to 86.81% of the total biomass, while below-soil biomass stayed around 13.11%. Dick et al. (2017) also found above-soil biomass higher than 70% in a five-year-old *Eucalyptus dunnii* stand, and Foelkel (2014) stated that roots may contribute with 10% to 25% of the total biomass of a forest, according to the tree species and soil type.

Overall, the lower values obtained in this study when compared to other works with the genus *Eucalyptus* can be attributed to the reduced number of trees per land area. Schumacher and Caldeira (2001), for instances, estimated an above-soil biomass of 83.2 Mg ha<sup>-1</sup> for a four-years-old *Eucalyptus globulus* sub. *maidenii* stand.

Therefore, the lower biomass values found are clearly related to the management employed in the area, whereby trees were kept at a reduced population density to enhance seed production.

### Micronutrient concentration

Micronutrients are of paramount importance for a plant's development. Although required at low concentrations, their absence interferes directly with photosynthetic capacity, reproduction and resistance to biotic and abiotic stresses. Moreover, micronutrients are essential components of cellular walls and membranes, besides acting as co-factors and activator in enzymatic reactions (Kirkby & Römheld, 2007).

Micronutrient concentration varies among the different tree components. While trunk wood typically stores the biggest share of biomass, leaves, branches and fruits present the highest nutrient concentrations, due to being directly involved in carbohydrate synthesis and plant reproduction. Understanding micronutrient parcelling helps in choosing the best forest management strategy and promoting soil sustainability (Gonçalves et al., 2000).

Fruits present the highest nutrient concentration among all biomass components, except for leaves; its contribution on total biomass, however, does not surpass 0.05% of the production (i.e. 0.02 Mg ha<sup>-1</sup>). Branches, bark and roots present intermediate values, while trunk wood stands out as the biomass component with lowest nutrient concentration.

As shown on Table 5, micronutrients concentrate mostly on leaves and fruits.

High concentrations of Cu are found particularly on fruits, due to being an element directly linked with the plants' reproductive processes. The abundance of Fe on root components, on the other hand, is probably a result of constant, direct contact with iron oxides found in the soil.

Other works have addressed the high concentration of Fe on tree roots. Guimarães (2014) found 135.4 mg kg<sup>-1</sup> of the element on roots of four-years-old *Eucalyptus dunnii* trees. Salvador (2015) observed 651.12 mg kg<sup>-1</sup> and 1475.81 mg kg<sup>-1</sup> on seven-years-old *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* tress, at sandy and clayey soils, respectively. Dick et al. (2017) obtained 922.91 mg kg<sup>-1</sup> on five-years-old *Eucalyptus dunnii* trees, and 748.16 mg kg<sup>-1</sup> for *Eucalyptus benthamii* trees. As a rule, clayey soils contain more iron oxides than sandy soils and, thus, provide higher concentrations of Fe to the trees' roots.

Component (mg kg <sup>-1</sup> )	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Leaves	24,59 a	7,23 b	129,49 b	841,17 b	15,21 bc
Fruits	19,07 ab	10,95 a	65,02 bc	572,78 c	28,99 a
Branches	12,35 b	7,30 b	48,90 bc	623,65 c	20,81 b
Wood	3,59 b	1,49 d	23,51 bc	64,79 d	15,42 bc
Bark	7,98 c	2,28 c	47,55 c	449,57 a	14,56 c
Roots	13,07 b	3,11 cd	748,16 a	247,06 d	27,32 a

Table 5 – Micronutrient concentration in different biomass components of *Eucalyptus benthamii*.  
São Francisco de Assis – RS.

Note: means followed by the same lowercase letter do not differ by Tukey's test (P>0.05)

Beulch (2013) found similar variations in micronutrient concentration on biomass components of four-years-old *Eucalyptus saligna* trees, in the same experimental site. Trunk bark presented the highest concentration of manganese (Mn), up to 1845.03 mg kg<sup>-1</sup>, while in six-years-old *Eucalyptus benthamii* trees the concentration did not surpass 449.57 mg kg<sup>-1</sup>.

Dick et al. (2017) also observed micronutrient variations on five-years-old *Eucalyptus dunnii* trees grown in sandy soil. The authors found 2,061.54 mg kg<sup>-1</sup> of Mn in the leaves, much higher than the value obtained at the SPA (841.17 mg kg<sup>-1</sup>). Conversely, Salvador (2015) obtained 576.33 mg kg<sup>-1</sup> and 527.05 mg kg<sup>-1</sup> of Mn in seven-years-old *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* tress, grown in sandy and clayey soils, respectively.

According to Malavolta (1985), leaves are the biomass component that more accurately represents the nutritional state of a plant. It is the site of photosynthetic activity and of most metabolic processes and, as such, typically presents the highest nutrient concentration among all tree components.

Nutrient	Adequate range	Leaf concentration
B	30,0 – 50,0	24,59
Cu	7,0 – 10,0	7,23

Fe	150,0 – 200,0	129,49
Mn	400,0 – 600,0	841,17
Zn	35,0 – 50,0	15,21

Table 3 – Adequate range according to the Fertilizing and Liming Guide for RS and SC States (2016) and micronutrient concentration in the leaves of *Eucalyptus benthamii*. São Francisco de Assis - RS.

Concentration in the leaves was within the adequate range for all micronutrients, except B and Zn (Table 3). Boron deficiencies are common in deep, well-drained, highly weathered soils, originated from sedimentary rocks and with low organic matter content (Gonçalves et al., 2015). Sandy soils with alkaline pH and high rainfall index are also prone to B deficiency due to high lixiviation (Bell & Dell, 2008). The lack of this element in the SPA is, therefore, related to soil traits found in the site (i.e. deep, well drained and moderately sandy).

Boron is an essential component of primary cellular walls, and its absence can cause physiological disorder in the formation of vegetative and reproductive structures. Loss of apical dominance, which reduces wood quality by favouring the formation of thick lateral branches and disfavours vertical growth, has also been associated with B deficiencies (Lehto et al., 2010).

Nevertheless, B deficiencies are more critical at the plants' early growth stages (Lehto et al., 2010) and, thus, may have presented little to none harmful effect at the SPA. Moreover, the critical bottom levels of B for *Eucalyptus globulus* have been established between 12 and 16 mg kg<sup>-1</sup> (Sakya et al., 2002), much lower than the values found in this study.

On the other hand, Zn deficiencies must be corrected to attend the SPA main objective (i.e. seed production), since this element is of primary importance for DNA replication and cellular division processes. Absence of Zn is directly linked with decreased flower shooting and early leaf dropping, due to enhanced synthesis of abscisic acid (Boardman et al., 1990).

### Micronutrient quantity

As shown on Table 6, the storage of above and below-soil biomass followed the proportion Mn > Fe > Zn > B > Cu. Silveira (2015) found similar distribution, with only Fe surpassing Mn: Fe > Mn > Zn > B > Cu.

Component (g ha <sup>-1</sup> )	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Leaves	73,07	21,47	384,76	2499,45	45,19
Fruits	0,44	0,25	1,50	13,21	0,67
Branches	59,91	35,42	237,27	3026,31	100,97
Wood	106,23	44,02	695,28	1916,21	456,00
Bark	31,34	8,95	186,76	1765,75	57,17
Roots	81,48	19,41	4665,52	1540,68	170,39

Total	352,47	129,52	6171,09	10761,61	830,39
-------	--------	--------	---------	----------	--------

Table 6 – Micronutrient quantity on *Eucalyptus benthamii* biomass components. São Francisco de Assis – RS.

The total storage of micronutrients found in the SPA was 18,245.06 g ha<sup>-1</sup>, and the contribution of this storage to each biomass component followed the order: roots > branches > wood > leaves > bark > fruits. Comparing with studies that address macro and micronutrients, the typical proportionality changes to the following order: wood > roots > bark > leaves > branches > fruits. Thus, the quantity of micronutrients exported in a wood harvest is lower than what remains in the site, inside branches, leaves, fruits, roots and bark.

The highest quantity of micronutrients is, therefore, stored inside trunk wood, with the exception of manganese (Mn) and iron (Fe) which are mostly concentrated inside bark and roots, respectively. Nevertheless, a considerably share of micronutrients is stored inside leaves, branches and bark.

## CONCLUSION

The highest quantity of tree biomass is stored in the component trunk wood (62,14%), followed by roots (13,11%), branches (10,19%), trunk bark (8,25%), leaves (6,26%) and fruits (0,05%).

Micronutrients are distributed unevenly among the different tree components. Leaves, fruits and bark present the highest concentrations of boron (B), copper (Cu) and manganese (Mn), respectively. Iron (Fe) and zinc (Zn) are mostly concentrated on roots.

The distribution of micronutrients in the biomass obeyed the following order: Mn > Fe > Zn > B > Cu. Micronutrients B and Zn must be monitored for better seed development at the SPA, since these elements play key roles on metabolic processes leading to tree fruitification and are not within the adequate range for *Eucalyptus* nutrition.

## REFERENCE

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart. Vol. 22, No. 6, 711–728, 2014.

ALVES, A. M. C.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; BARRETO, L. P. Quantificação da produção de biomassa em clones de Eucaliptos com 4,5 anos, no Pólo Gesseiro do Araripe – PE. **Revista Ciências Agrárias**, v. 48, n. 1, p. 161-173, 2007.

BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ, V. V. H. et al. eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Folha de Viçosa, 2002.

BELL, R. W.; DELL, B. **Micronutrients for sustainable food, feed, fibre and bioenergy production**. 1st ed. Paris: International fertilizer industry association (IFA), 2008.

BEULCH, L. S.. Biomassa e Nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus saligna* smith submetido ao primeiro desbaste. 2013. 58 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2013.

BOARDMAN, R.; MCGUIRE, D.O. The role of zinc in forestry. I. Zinc in forest environments, ecosystems and tree nutrition. **Forest Ecology and Management**, v. 37, n. 1–3, p. 167–205, 1990.

BRASIL. Decreto-Lei n. 6.263, de 21 de novembro de 2007. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF.

DICK, G.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R.; et al. Micronutrients and biomass in *Eucalyptus dunnii* Maiden stand. **Revista Árvore**, v. 41, n. 1, 2017. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010067622017000100113&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010067622017000100113&lng=en&tlng=en)>. Acesso em: 26 set. 2019.

FOELKEL, C. Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores. *Eucalyptus Online Book & Newsletter*. 2014.

GATTO, A; BUSSINGUER, A. P.; RIBEIRO, F. C.; et al. Ciclagem e balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um plantio de *Eucalyptus* sp., no distrito federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 38, p. 879-887, 2014.

GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V; FESSEL, V A G; GAVA, J L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: *Nutrição e fertilização florestal*[S.l.: s.n.], 2000.

GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L.; LACLAU, J.-P.; et al. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. *Forest Ecology and Management*, v. 193, n. 1–2, p. 45–61, 2004.

GONÇALVES, J. L. de M.; ALVARES, C. A.; SOUZA, A. H. B. N.; A. J. J. C.. Caracterização edafoclimática e manejo de solo das áreas com plantações de eucalipto. In: SCHUMACHER M. V.; VIERA M. (eds) *Silvicultura do eucalipto no Brasil*. UFSM pp 113-156.

GRAÇA, M. E. C.; SHIMIZU, J. Y.; TAVARES, F. R. Capacidade de rebrota e de enraizamento de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 135-138, 1999

GUIMARÃES, C. C. **Biomassa e Nutrientes em Plantios de Eucaliptos no Bioma Pampa**. 2014. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.

IBÁ – Indústria brasileira de árvores. Anuário estatístico 2017, ano base 2016. Disponível em: [www.iba.br](http://www.iba.br). Acesso em: 19 ago 2019.

IBÁ – Indústria brasileira de árvores. Anuário estatístico 2019, ano base 2018. Disponível em: [www.iba.br](http://www.iba.br). Acesso em: 04 nov 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Org.). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª edição revista e ampliada. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 2012. (Manuais técnicos em geociências, número 1).

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. International Plant Nutrition Institute. Encarte Técnico – Informações Agronômicas nº 118



p. 24, 2007.

LEHTO, T.; RUUHOLA, T.; DELL, B. Boron in forest trees and forest ecosystems. **Forest Ecology and Management**, v. 260, n. 12, p. 2053–2069, 2010.

LEITE, F. P.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F. Nutrient relations during an eucalyptus cycle at different population densities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 949–959, 2011.

MALAVOLTA, E. A Prática da calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, 1985, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.313-357.

SAKYA, A T; DELL, B; HUANG, L. Boron requirements for Eucalyptus globulus seedlings. **Plant and Soil**. v. 146, n. 1, pp 87-95, 2002.

SALVADOR, S. M. **Quantificação da biomassa e nutrientes em plantios de *Eucalyptus urograndis* em solos distintos**. 2015, 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

SALVADOR, S. M.; SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; et al. Biomassa e estoque de nutrientes em plantios clonais de *Eucalyptus saligna* Smith. em diferentes idades. **Scientia Forestalis**. v. 44, n. 110, 2016. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=04&Number=110>>. Acesso em: 26 set. 2019.

SAS. A simple regression model with correction of heteroscedasticity. Cary: SAS Institute, 2003.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell.** 1992, 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1992.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie maidenii. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 45, 2001.

SILVA, L. D. **Melhoramento genético de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage visando a produção de madeira serrada em áreas de ocorrência de geadas severas**. 2008, 275 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2008.

STRECK, E. V.; et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3.ed. 107 p. Editora UFRGS. Porto Alegre, 2018.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, (Boletim Técnico, 5), 1995.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; BONACINA, D. M.; et al. Biomass and nutrient allocation to aboveground components in fertilized *Eucalyptus saligna* and *E. urograndis* plantations. **New Forests**, v. 48, n. 3, p. 445–462, 2017.

## VARIAÇÕES NOS TEORES DE CLOROFILA E NA DIMENSÃO DA COPA EM ÁRVORES ADULTAS DE *Platanus x acerifolia*

Data de aceite: 30/01/2020

<http://lattes.cnpq.br/7483950020842082>

### **Rogério Bobrowski**

Universidade Estadual do Centro-Oeste,  
Departamento de Engenharia Florestal,  
Laboratório de Silvicultura Urbana  
Irati-Paraná

<http://lattes.cnpq.br/6537319749664635>

### **Fabiana Schmidt Bandeira Peres**

Universidade Estadual do Centro-Oeste,  
Departamento de Engenharia Florestal,  
Laboratório de Silvicultura  
Irati-Paraná

<http://lattes.cnpq.br/7693284421776611>

### **Jéssica Batista da Mata**

Universidade Estadual do Centro-Oeste,  
Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Florestais, Laboratório de Silvicultura Urbana  
Irati-Paraná

<http://lattes.cnpq.br/9420924485515510>

### **Daniela Sanson**

Universidade Estadual do Centro-Oeste,  
Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Florestais, Laboratório de Silvicultura  
Irati-Paraná

<http://lattes.cnpq.br/4910531091695241>

### **Kátia Cyrene Lombardi**

Universidade Estadual do Centro-Oeste,  
Departamento de Engenharia Florestal,  
Laboratório de Solos e Nutrição Florestal  
Irati-Paraná

**RESUMO:** Procedimentos de avaliação de árvores urbanas são importantes para pautar ações de manutenção, a fim de manter os serviços ecossistêmicos almejados com as árvores nas cidades. Para isso, verificou-se a variação do comprimento de copa e dos teores de clorofila em *Platanus x acerifolia*. O comprimento de copa foi mensurado nas faces da copa voltadas para os eixos cardeais (norte, sul, leste e oeste). Os teores de clorofila a e b foram determinados em espectrofotômetro, após extração dos pigmentos de amostras de folhas retiradas das faces da copa em relação aos eixos cardeais. Constatou-se que os teores de clorofila a e b não diferiram significativamente entre os eixos cardeais, mas que há um padrão demonstrado, com maiores teores constatados nos eixos oeste e sul. O comprimento da copa foi significativamente diferente entre os eixos cardeais, com os maiores valores no eixo norte e leste. O padrão observado sugere que haja influência da intensidade de radiação solar sobre cada parte da copa das árvores de *Platanus x acerifolia*. Então, as amostragens de folhas para caracterização dos teores de clorofila devem ser feitas em pelo menos quatro pontos equidistantes na copa. Para o comprimento de copa sugere-se realizar amostragens em pelo menos dois eixos diametralmente opostos, para

ponderar as distinções observadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vigor das árvores; gestão da floresta urbana; qualidade da copa das árvores.

## CHANGES IN CHLOROPHYLL CONTENT AND CROWN DIMENSION IN MATURE TREES OF *Platanus x acerifolia*

**ABSTRACT:** Urban tree assessment procedures are important to guide maintenance actions to maintain the targeted ecosystem services promoted by trees in cities. For this, we verified the variation of the crown length and chlorophyll content in *Platanus x acerifolia*. We measured the crown length on the crown faces according to the cardinal axes (north, south, east and west). Chlorophyll a and b contents were determined by spectrophotometer, after extracting the pigments from leaf samples taken from the crown faces according to the cardinal axes. Chlorophyll a and b levels did not differ significantly between the cardinal axes, but there is a demonstrated pattern, with higher levels found on the west and south axes. The crown length was significantly different between the cardinal axes, with the greatest values on the north and east axes. The observed pattern suggests that there is an influence of solar radiation intensity on each part of the *Platanus x acerifolia* tree crown. Therefore, leaf samples for characterization of chlorophyll contents should be done at least four equidistant points in the crown. For the crown length, we suggest to perform sampling on at least two diametrically opposite axes, to weight the observed distinctions.

**KEYWORDS:** Tree crown quality; tree vigor; urban forest management;

## 1 | INTRODUÇÃO

Considerando que mais de 84% da população brasileira vive em áreas urbanas (IBGE, 2019) e que em função da expansão das cidades, de forma ordenada ou não, diversos problemas de ordem ambiental podem surgir (MARZLUFF et al., 2008), a qualificação do espaço urbano por meio da implantação e manutenção das árvores em diferentes tipologias da floresta urbana (parques, praças e arborização de calçadas) se demonstra como ferramenta relevante para promover melhorias urbanas, com promoção da qualidade de vida das pessoas (ROY; BYRNE; PICKERING, 2012).

Para isso, a inserção de elementos arbóreos, principalmente nos espaços públicos, deve ser feita com árvores que apresentem um padrão mínimo e qualidade adequada, a fim de otimizar as atividades de plantio e promover o melhor pegamento em campo, reduzindo-se os custos e perdas associadas (HARRIS; CLARK; MATHENY, 1999; BIONDI, 2011).

Da mesma forma, ao longo dos anos, a qualidade das árvores diante das variações ambientais urbanas e do estresse inerente (flutuações na temperatura, na disponibilidade de água e nutrientes, práticas de manejo inadequadas, dentre outras)

deve ser avaliada para que se possa adotar ações de manutenção, garantindo a potencialidade das árvores em promover serviços ecossistêmicos diversificados.

Além da possibilidade de uso de protocolos de avaliação da condição geral das árvores, o silvicultor urbano pode ter interesse em realizar avaliação mais específica e direcionada, a fim de diagnosticar quantitativamente o vigor das árvores (MORES et al., 2019) ou a dimensão delas em um inventário da floresta urbana (ZARDIN et al., 2018).

Para isso, informações provenientes de mensurações na copa das árvores se fazem necessárias para pautar os procedimentos de avaliação, seja do vigor, por meio do comprimento dos ramos de crescimento, da área das folhas ou dos teores de clorofila (IVASKO JUNIOR; LOMBARDI; BOBROWSKI, 2019; MORES et al., 2019), ou da área da copa, a partir de informações da projeção dos ramos em direções diferentes, relacionadas ou não aos pontos cardeais (MARIA; BIONDI; BOBROWSKI, 2016; BOBROWSKI et al., 2017; ZARDIN et al., 2018).

Por conta disso, o objetivo deste trabalho é demonstrar a variabilidade que pode existir em variáveis quantitativas mensuradas nas diferentes faces e projeção da copa, em árvores adultas de *Platanus x acerifolia* em condições de livre crescimento, sem concorrência.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho foram utilizadas árvores plantadas em um parque urbano na cidade de Irati, Paraná, a qual está localizada entre as coordenadas 25° 27' 56" S e 50° 37' 51" O, na região centro-sul do estado do Paraná (SCHALLENBERGER et al., 2010). As árvores avaliadas estão plantadas no Parque Aquático de Exposição Agro-Industrial Santa Terezinha, o qual é o único parque da cidade, mas uma das infraestruturas verdes que compõem as áreas verdes urbanas deste município.

Dos 48 indivíduos arbóreos de *Platanus x acerifolia* foram avaliadas 30 árvores para caracterizar as variações na projeção das copas e apenas cinco indivíduos (10% do total) foram amostrados para determinar os teores de clorofila das folhas e as variações existentes. Estes dois procedimentos de avaliação foram realizados nas faces da copa em relação aos eixos cardeais, a fim de verificar distinções de crescimento e desenvolvimento em função da exposição à luz solar direta ou indireta.

A caracterização da variação da projeção das copas foi feita mediante coleta do comprimento de quatro raios de projeção de copa, tomados em relação aos eixos cardeais (norte, sul, leste e oeste) utilizando-se uma trena. As 30 árvores selecionadas foram aquelas que não apresentavam sinais de defeitos estruturais, principalmente arquitetura de copa alterada por poda drástica, brotações epicórmicas ou *dieback* (morte regressiva), o que poderia causar sub ou superestimativas do comprimento dos raios de projeção das copas.

Para avaliar os teores de clorofila foram sorteadas cinco árvores da espécie, o que corresponde a pouco mais de 10% do número total de indivíduos. Cada árvore sorteada estava isenta de qualquer tipo de defeito estrutural ou problema fitossanitário aparente, a fim de reduzir a influência desses problemas sobre a determinação dos teores de clorofila. A coleta das folhas e as análises laboratoriais foram realizadas em dezembro de 2014, quando constatado pleno crescimento das folhas, porque esta espécie é caducifólia e tende a apresentar degradação da coloração das folhas a partir do meio do verão.



Figura 1 – Árvores de *Platanus x acerifolia* amostradas para a determinação dos teores foliares dos pigmentos clorofila a e clorofila b.

Com o auxílio de uma bússola e de um podão, em cada árvore amostrada foram coletadas cinco folhas em cada face da copa voltada aos quatro eixos cardeais (norte, sul, leste e oeste), entre 8:00 e 9:00 da manhã, na porção periférica do terço inferior da copa. As folhas coletadas foram acondicionadas em caixa de isopor contendo gelo, a fim de evitar a deterioração do material, e levadas ao laboratório para os procedimentos de extração da clorofila.

Para a extração de clorofila foram utilizados extrator, tubos de ensaio, solvente, equipamento para banho-maria e espectrofotômetro, de acordo com a metodologia descrita por Inoue (2010).

Para determinar o tempo mais apropriado para a extração completa dos pigmentos clorofila a e clorofila b foram feitos testes preliminares de ajuste. Para a espécie em estudo, o tempo definido foi de 2 horas, o qual correspondeu ao tempo médio que as amostras demoraram para apresentar transparência à visualização, após imersão no solvente, em banho-maria.

Em laboratório, de cada folha foi extraída uma amostra do limbo foliar com o auxílio de um extrator metálico, o qual retirava uma amostra de 7,85 mm<sup>2</sup>. Cada amostra do limbo foliar foi inserida em tubo de ensaio, devidamente identificado, contendo 5 mL de

solvente dimetil-sulfóxido (DMSO), para então proceder à incubação em banho-maria, à temperatura de 65°C por 120 minutos (Figura 2).



Figura 2 - (A) Folha de *Platanus x acerifolia* após retirada da amostra. (B) Tubos de ensaio com as amostras foliares antes da extração das clorofilas. (C) Tubos de ensaio com as amostras foliares após a extração das clorofilas.

A absorvância pela clorofila a e clorofila b foi determinada em espectrofotômetro Femto, modelo 600, lendo-se a absorvância nos comprimentos de onda de 648 nm e 665 nm. A partir dos dados de absorvância indicados pelo aparelho foram determinados os teores de clorofila, por meio das equações apresentadas por Barnes et al. (1992):

$$C_a = 14,85(A665) - 5,14(A648)$$

$$C_b = 25,48(A648) - 7,36(A665)$$

Em que:

$C_a$ : Teor de clorofila a em mg.m<sup>-2</sup> de extrato;

$C_b$ : Teor de clorofila b em mg.m<sup>-2</sup> de extrato;

A648: Valor da absorvância no comprimento de onda 648 nm;

A665: Valor da absorvância no comprimento de onda 665 nm.

Para verificar se houve suficiência amostral para as estimativas dos teores de clorofila de apenas cinco árvores, em relação à população total de 48 árvores de *P. acerifolia*, foi determinada a intensidade amostral em função da variância da variável de interesse (quantidade de amostras de limbo foliar), atendendo ao limite de erro máximo de 10%. Para isso, utilizou-se a equação proposta por Pellico Neto e Brena (1997) para uma população infinita ( $1 - f > 0,98$ ):

$$n = \frac{t^2 s_x^2}{E^2}$$

Em que:

t = valor do teste t de Student para n - 1 amostras avaliadas;

$s_x^2$  = variância da média da variável de interesse;

E = erro de amostragem admitido ( $E^2 = (\text{limite de erro}) \times (\text{média da variável})$ ).

Considerando-se cada árvore como um bloco e cada eixo cardeal como um tratamento, utilizou-se um delineamento em blocos ao acaso para a análise dos dados, tanto da projeção de copa quanto dos teores de clorofila. Adotou-se este procedimento experimental por considerar que cada árvore poderia estar sob influências ambientais ponto-específicas, como pequena variação da profundidade do solo, compactação do solo ou teores de nutrientes, mesmo estando em uma composição homogênea e sob os mesmos efeitos dos tratamentos de manutenção realizados no parque.

A análise de variância foi realizada após ser constatada a homogeneidade das variâncias, por meio do teste de Bartlett ( $p > 0,05$ ). Em havendo diferença significativa entre os tratamentos procedeu-se à comparação das médias, por meio do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no *software* R.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da determinação da intensidade amostral constatou-se que seriam necessárias 31 amostras de limbo foliar para estimativa dos teores de clorofila a e 33 amostras para a clorofila b. Como foram coletadas 100 folhas e utilizadas 100 amostras de limbo foliar, considerou-se que foi atendido o critério mínimo de amostras para a determinação do teor de clorofila, sendo estas representativas da população amostral de *Platanus x acerifolia* existente no Parque Aquático.

A análise de variância demonstrou não haver diferença significativa nos teores de clorofila a ( $p > 0,01$ ) e clorofila b ( $p > 0,01$ ) entre as folhas retiradas das faces voltadas para os eixos cardeais (Tabela 1), em *Platanus x acerifolia*. Entretanto, há um padrão de disposição dos conteúdos de ambos os pigmentos entre os eixos cardeais (Tabela 2).

Fonte de Variação	GL	Clorofila a		Clorofila b	
		QM	p-valor	QM	p-valor
Bloco	4	4,2181	1,41 <sup>-9</sup>	9,2986	1,83 <sup>-11</sup>
Tratamento	3	0,6731	7,06 <sup>-2</sup>	1,2402	6,07 <sup>-2</sup>
Resíduo	92	0,2774		0,4868	

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para os valores de clorofila a e clorofila b ( $\text{mg.m}^{-2}$ ), em relação aos eixos cardeais de árvores de *Platanus x acerifolia*, indicando-se os graus de liberdade (GL) e o quadrado médio (QM).

Clorofila a			Clorofila b		
Eixo	Média		Eixo	Média	
O	2,6159	a	O	3,4817	a
S	2,4643	a	S	3,2477	a
N	2,3516	a	N	3,1862	a
L	2,2308	a	L	2,9397	a

Tabela 2 – Resultado do teste de médias para os valores de clorofila a e clorofila b (mg.m<sup>2</sup>), em relação aos eixos cardeais de árvores de *Platanus x acerifolia*, em que médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Os menores valores de teores de clorofila a e b foram observados nas faces leste e norte das copas das árvores de *P. acerifolia*, as quais correspondem às faces que recebem a maior quantidade de radiação solar direta no período da manhã.

Santos (2016), ao estudar a radiação solar direta, incidente em relação aos eixos cardeais e colaterais, na cidade de São Paulo, observou que no solstício de verão (21 de dezembro) há maior intensidade de radiação na face leste, pela manhã, e muito pouca intensidade de radiação na face oeste. À tarde, a intensidade de radiação fica intensa na face oeste e permanece elevada na face leste, mas sempre com a menor intensidade de radiação na face sul e norte.

Segundo Kramer e Kozlowski (1960), o aumento da intensidade luminosa e a temperatura são fatores que influenciam a produção e degradação da clorofila. Neste sentido, Taiz et al. (2017), afirmam que em resposta à sombra, a maioria das plantas terrestres adiciona mais unidades de clorofila de captação de luz ao fotossistema II, aumentando o tamanho da antena, ou eleva o número de centros de reação do fotossistema II em relação ao fotossistema I, aumentando a captura de luz e a transferência de energia.

Talvez, estas afirmações possam explicar, em parte, a variação dos teores de clorofila observados, pois em função da maior ou menor exposição à luz entre os eixos cardeais e em função da localização da cidade de Irati, a face sul é aquela que recebe a menor quantidade de radiação solar ao longo do ano. Porém, pode ser que haja sensibilidade da espécie à qualidade da radiação solar do período da manhã e da tarde, o que pode influenciar a quantidade de clorofila formada nas folhas voltadas para a face oeste da copa.

Deve-se ressaltar que plantas que crescem em locais abertos, como um parque, são fotoestáveis, preparadas para tolerar altos níveis de radiação porque a parte aérea recebe radiação de todos os lados, de forma direta, difusa, refletida ou proveniente do espalhamento da atmosfera. Por conta disso, a forma de crescimento da árvore, o tipo de ramificação dos ramos e a posição da folha na copa condicionam a luminosidade da copa (LARCHER, 2000).

Dos trabalhos realizados por Inoue (2010) e Mokochinski et al. (2014), com diferentes espécies florestais nativas da Floresta Ombrófila Mista, constata-se que os teores de clorofila a e b podem variar ao longo das estações do ano, sob diferentes intensidades de sombreamento das mudas e em função do nível de poluição do ar.

Destas observações gerais sobre os teores de clorofila, falta compreender como efetivamente se dá a influência dos níveis de radiação incidente em cada face cardinal da copa sobre os teores de clorofila e pigmentos acessórios. Estes níveis de radiação devem ser mensurados na bordadura da copa e no interior dela, bem como no topo e



na base, a fim de ponderar adequadamente as variações existentes e o coeficiente de extinção no interior da copa.

Estas informações podem ser úteis para complementar a avaliação do vigor de árvores adultas, tendo em vista que os teores de clorofila podem ser variáveis úteis na caracterização da qualidade das árvores diante das condições de estresse ambiental (HARRIS; CLARK; MATHENY, 1999).

Para o comprimento dos raios de projeção da copa, constatou-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre eixos cardeais de posicionamento dos galhos (Tabela 3), com as maiores projeções de copa nos eixos norte e leste (Tabela 4).

Fonte de Variação	GL	QM	p-valor
Bloco	29	4,4135	5,66 <sup>-14</sup>
Tratamento	3	17,4590	1,50 <sup>-13</sup>
Resíduo	87	0,5736	

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para os comprimentos dos raios de projeção de copa, em relação aos eixos cardeais de árvores de *Platanus x acerifolia*, indicando-se os graus de liberdade (GL) e o quadrado médio (QM).

Eixo	Média
N	6,15 a
L	5,85 a
O	4,77 b
S	4,63 b

Tabela 4 – Resultado do teste de médias para os comprimentos dos raios de projeção de copa, em relação aos eixos cardeais de árvores de *Platanus x acerifolia*, em que médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Este padrão de resposta de crescimento dos galhos, em relação aos eixos cardeais, pode estar ligado à quantidade de radiação recebida durante o ano. Pelo estudo de Santos (2016), a face norte é aquela que recebe maior intensidade de radiação ao longo do ano, principalmente durante o outono, o inverno e a primavera (entre março e setembro). Este período corresponde aos meses prévios ao início da estação de crescimento dos novos ramos das árvores de *Platanus x acerifolia*, identificável a partir da cicatriz de crescimento. Isso é um fator relevante, dado o fato de que na parte sul do Brasil o sol segue seu curso com inclinação no eixo norte.

A importância deste padrão de crescimento observado para a espécie é que durante o procedimento de mensuração das árvores para estimativas de um inventário florestal deve-se selecionar os quatro eixos de projeção ou dois eixos diametralmente opostos, a fim de promover estimativas adequadas da área de copa ou dos benefícios derivados da área de copa calculada.

## 4 | CONCLUSÕES

Apesar de não haver diferença significativa dos teores de clorofila a e b entre os eixos de projeção da copa em relação aos pontos cardeais, o padrão observado sugere que haja influência da intensidade de radiação solar que incide em cada parte da copa das árvores de *Platanus x acerifolia*. Então, as amostragens de folhas para caracterização dos teores de clorofila devem ser feitas em pelo menos quatro pontos equidistantes na copa.

Da mesma forma, a diferença significativa observada entre os comprimentos dos raios de projeção da copa sugere que o crescimento mais acentuado na face norte pode ser por influência da intensidade e quantidade de radiação incidente ao longo do ano, prioritariamente durante os meses que antecedem a brotação dos novos ramos de crescimento. Neste caso, para gerar estimativas adequadas da área de copa e dos serviços ecossistêmicos gerados deve-se mensurar o comprimento dos quatro raios de copa ou pelo menos dois raios diametralmente opostos.

## REFERÊNCIAS

- BARNES, J. D.; BALAGUER, L.; MANRIQUE, E.; ELVIRA, S.; DAVISON, A. W. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. **Environmental and Experimental Botany**, v.32, n.2, p.85-100, 1992.
- BIONDI, D. Produção de mudas para arborização de ruas. In: BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. **Pesquisas em arborização de ruas**. Curitiba: O autor, 2011. p.49-68.
- BOBROWSKI, R.; ZAMPRONI, K.; MARIA, T. R. B. C.; BIONDI, D. Variability and balance of crown projection of trees planted on sidewalks of three Brazilian cities. **Cerne**, v. 23, n.3, p. 321-327, 2017.
- HARRIS, R. W.; CLARK, J. R.; MATHENY, N. P. **Arboriculture**: integrated management of landscape trees, shrubs, and vines. New Jersey: Prentice-Hall; 1999.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE educa**. 2019. Disponível em:< <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>>. Acesso em 26 nov. 2019.
- INOUE, M. T. Teor de clorofila de seis espécies arbóreas sob influência da poeira de cimento. **Floresta**, v.40, n.2, p.457-464, 2010.
- IVASKO JUNIOR, S.; LOMBARDI, K. C.; BOBROWSKI, R. Forms of expression and recovery of vigor in mature trees of *Lagerstroemia indica* L. **Scientia Plena**, v. 15, n.10, p.1-12, 2019.
- KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das arvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000.
- MARIA, T. R. B. C.; BIONDI, D.; BOBROWSKI, R. Inventário florístico quali-quantitativo das vias públicas de Itanhaém-SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.11, n.4; p.79-97, 2016.

MARZLUFF, J. M.; SHULENBERGER, E.; ENDLICHER, W.; ALBERTI, M.; BRADLEY, G.; RYAN, C.; ZUMBRUNNEN, C.; SIMON, U. **Urban Ecology**: an international perspective on the interaction between humans and nature. New York: Springer Science, 2008.

MOKOCHINSKI, F. M.; MOREIRA, V. S.; VOGEL, G. F.; MARTINKOSKI, L.; GUILHERMETI, P. G. C. Variação estacional do teor de clorofila em mudas florestais sob diferentes condições de luminosidade. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, n.3, p.324-330, 2014.

MORES, G. J.; STEFFEN, D. D. S.; IVASKO JUNIOR, S.; SANSON, D.; MATA, J. B.; BOBROWSKI, R. Vigor como medida quantitativa da qualidade de árvores urbanas. **Scientia Forestalis**, v. 47, n.121, p.150-156, 2019.

PELLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: UFPR, 1997.

ROY, S.; BYRNE, J.; PICKERING, C. A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.11, n.4, p. 351-363, 2012.

SANTOS, M. T. **Métodos para determinação da eficiência de proteções solares**. 110f. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2016.

SCHALLENBERGER, L. S.; ARAUJO, A. J.; ARAUJO, M. N.; DEINER, L. J.; MACHADO, G. O. Avaliação da condição de árvores urbanas nos principais parques e praças do município de Irati-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.5, n.2, p.105-123, 2010.

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

ZARDIN, M. C.; BIONDI, D.; LEAL, L.; OLIVEIRA, J. D.; MARIA, T. R. B. Avaliação quali-quantitativa da arborização viária do município de Augusto Pestana-RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.13, n.3, p.36-48, 2018.

## USO DO MÉTODO ADAPTADO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA E PRIORIZAÇÃO DO MANEJO (RAPPAM) PARA UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

Data de aceite: 30/01/2020

### **Eduardo Antonio Maia Lins**

Universidade Católica de Pernambuco e Instituto Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Edil Mota Lins**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Luiz Oliveira da Costa Filho**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Sérgio Carvalho de Paiva**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Fábio José de Araújo Pedrosa**

Universidade Católica de Pernambuco e Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Cecília Maria Mota Silva Lins**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Cabo de Santo Agostinho – Pernambuco

### **Andréa Cristina Baltar Barros**

Centro Universitário Maurício de Nassau  
Recife – Pernambuco

### **Maria Clara Pestana Calsa**

Centro Universitário Maurício de Nassau

Recife – Pernambuco

### **Adriane Mendes Vieira Mota**

Centro Universitário Maurício de Nassau  
Recife – Pernambuco

### **Roberta Richard Pinto**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Daniele de Castro Pessoa de Melo**

Instituto Tecnológico de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**RESUMO:** O Brasil é um dos países com maior diversidade terrestre do planeta, estando no topo dos 17 locais que abrigam o maior grau de biodiversidade. Apesar da extrema riqueza e sua importância para a manutenção da vida, hoje restam apenas 8,5% de remanescentes de floresta nativa. Diante dessa problemática, uma das melhores estratégias de conservação é a implementação das Unidades de Conservação (UC's), salvaguardando toda diversidade in situ. Dentre a ferramenta de trabalho na elaboração de uma Unidade de Conservação, está o plano de manejo, sendo este um documento consistente, elaborado a partir de diversos estudos, incluindo os diagnósticos ambientais. Uma das ferramentas mais importantes do plano de manejo é o zoneamento da UC, que a organiza espacialmente em zonas sob diferentes graus de proteção e regras de uso. As análises foram baseadas numa adaptação

do Método de Avaliação Rápida e a Priorização do Manejo (RAPPAM) de Unidades de Conservação para o Parque Estadual de Dois Irmãos, localizado na cidade do Recife, capital de Pernambuco. A RAPPAM tem como finalidade: identificar os pontos fortes e fracos do manejo; analisar o escopo, a severidade, a predominância e a distribuição das diversas ameaças e pressões; identificar áreas de alta importância ecológica e social e vulnerabilidade; indicar a urgência e a prioridade de conservação de unidades de conservação individuais; ajudar no desenvolvimento e na priorização de intervenções políticas adequadas e dos passos seguintes de acompanhamento para melhorar a efetividade de manejo de unidades de conservação. De acordo com as análises realizadas, observou-se que a área analisada requer a aplicação de planejamento das atividades, a implementação do que foi planejado e o monitoramento para verificação da eficácia de inúmeras etapas mencionadas no Plano de Manejo do Parque Estadual de Dois Irmãos, além dos impactos adversos que precisam ser mais focado por parte dos gestores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Parque, Análise, Planejamento, Meio Ambiente, Gestão.

#### USING ADAPTED QUICK EVALUATION AND MANAGEMENT PRIORIZATION METHOD (RAPPAM) FOR A CONSERVATION UNIT

**ABSTRACT:** Brazil is one of the countries with the greatest terrestrial diversity on the planet, being at the top of the 17 places that host the highest degree of biodiversity. Despite the extreme wealth and importance of maintaining life, today only 8.5% of native forest remnants remain. Given this problem, one of the best conservation strategies is the implementation of Conservation Units (CUs), safeguarding all diversity in situ. Among the working tools in the elaboration of a Conservation Unit is the management plan, which is a consistent document, drawn from several studies, including environmental diagnoses. One of the most important tools of the management plan is the zoning of the CU, which organizes it spatially into zones under varying degrees of protection and rules of use. The analyzes were based on an adaptation of the Rapid Assessment Method and Prioritization of Management (RAPPAM) of Conservation Units to the Parque de Dois Irmãos, located in Recife, capital of Pernambuco. RAPPAM aims to: identify the strengths and weaknesses of management; analyze the scope, severity, predominance and distribution of the various threats and pressures; identify areas of high ecological and social importance and vulnerability; indicate the urgency and priority of conservation of individual protected areas; assist in the development and prioritization of appropriate policy interventions and follow-up steps to improve the effectiveness of protected area management. According to the analyzes performed, it was observed that the analyzed area requires the application of activity planning, the implementation of what was planned and monitoring to verify the effectiveness of the numerous steps mentioned in the Dois Irmãos State Park Management Plan, in addition to adverse impacts that need to be more focused by managers.

**KEYWORDS:** Park, Analysis, Planning, Environment, Management.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior diversidade terrestre do planeta, estando no topo dos 17 locais que abrigam o maior grau de biodiversidade. Apesar da extrema riqueza e sua importância para a manutenção da vida, hoje restam apenas 8,5% de remanescentes de floresta nativa com mais de 100 ha, chegando a 12,5% se somados aos fragmentos com área acima de 3 ha (MMA, 1998). Diante dessa problemática, uma das melhores estratégias de conservação é a implementação das Unidades de Conservação (UC's), salvaguardando toda diversidade in situ, além de seus processos biológicos. Contudo, Marques e Nucci (2007) afirmam que um dos maiores empecilhos para que se consiga concretizar os objetivos das UC's é a deficiência de planejamento, que pode ser expressa pela ausência de programas que norteiem as ações dessas áreas.

Dentre a ferramenta de trabalho na elaboração de uma Unidade de Conservação, está o plano de manejo, sendo este um documento consistente, elaborado a partir de diversos estudos, incluindo os diagnósticos ambientais. Ele estabelece as normas, restrições para o uso, ações a serem desenvolvidas e manejo dos recursos naturais da UC, seu entorno e, quando for o caso, os corredores ecológicos a ela associados, podendo também incluir a implantação de estruturas físicas dentro da UC, visando minimizar os impactos negativos, garantir a manutenção dos processos ecológicos e prevenir a simplificação dos sistemas naturais.

Uma das ferramentas mais importantes do plano de manejo é o zoneamento da UC, que a organiza espacialmente em zonas sob diferentes graus de proteção e regras de uso. O plano de manejo também inclui medidas para promover a integração da UC à vida econômica e social das comunidades vizinhas, o que é essencial para que implementação da UC seja mais eficiente. É também neste documento que as regras para visitação são elaboradas (Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2017).

Criado inicialmente como Reserva Ecológica da Região Metropolitana do Recife (RMR) por meio da Lei Estadual nº 9.989 de 1987 (PERNAMBUCO, 1987), o Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) foi instituído nesta categoria de manejo pela Lei Estadual nº 11.622 de 29 de dezembro de 1998 (PERNAMBUCO, 1998). Segundo o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC), estes têm como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar as conformidades e não conformidades do Plano de Gestão e Manejo do Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) baseado em vistorias técnicas.

## 2 | METODOLOGIA

O Parque Estadual de Dois Irmãos está localizado na região noroeste da cidade do Recife, no bairro do mesmo nome, na Região Político Administrativa III (RPA 3), limítrofe com o município de Camaragibe, conforme figura 1, sob coordenadas 8°7'30"S e 34°52'30"W. Possui uma área de 1.158,51 ha, estando inclusos ao fragmento florestal, denominado Mata de Dois Irmãos, com 384,42 ha, onde se insere o zoológico e o fragmento da antiga Fazenda Brejo dos Macacos, com 774,09 ha, ao norte da Estrada dos Macacos, que se encontra em processo de desapropriação pelo governo estadual (Figura 1).

No Plano Diretor da Cidade do Recife a área do PEDI pertence à Macrozona de Ambiente Natural (ZAN) Beberibe, caracterizada da seguinte forma: “A Macrozona de Ambiente Natural é composta por cursos e corpos d’água formadores da bacia hidrográfica do Rio Beberibe, caracterizada pela concentração da Mata Atlântica e de seus ecossistemas associados e pela presença de nascentes, mananciais, sítios, granjas e chácaras e de áreas potenciais para implantação de parques públicos urbanos” (PCR, 2008. Artigo 102, inciso I). Quanto aos mananciais existentes na área, destacam-se os açudes do Prata e do Meio, também conhecido por açude do Germano, que formam a Bacia do Prata, sendo ambos de origem artificial, ou seja, foram construídos para armazenar água dos aquíferos. As águas dos açudes do Prata e do Meio são consideradas pela Companhia de Abastecimento de Pernambuco de classe especial, que precisam apenas de tratamento de simples desinfecção. Atualmente, o complexo do Prata abastece com água potável aproximadamente 100.000 habitantes que residem nos morros e córregos da Zona Norte do Recife.



As análises foram baseadas numa adaptação do Método de Avaliação Rápida e a Priorização do Manejo (RAPPAM) de Unidades de Conservação (ERVIN, 2003), para uma única unidade de conservação. O uso da RAPPAM teve como finalidade identificar os pontos fortes e fracos do manejo; analisar o escopo, a severidade, a predominância e a distribuição das diversas ameaças e pressões; identificar áreas de alta importância ecológica e social e vulnerabilidade; indicar a urgência e a prioridade de conservação de unidades de conservação individuais; ajudar no desenvolvimento e na priorização de intervenções políticas adequadas e dos passos seguintes de acompanhamento para melhorar a efetividade de manejo de unidades de conservação. A metodologia RAPPAM abrangeu apenas quatro dos cinco passos sugeridos por Ervin (2003): (1) a determinação do escopo da avaliação; (2) análise das informações existentes sobre as unidades de conservação; (3) análise de dados obtidos; e (4) as recomendações.

A metodologia apresentada, baseia-se em vários pressupostos conforme observado por Ervin (2003). Dentre os fundamentais para essa pesquisa, considerou-se que:

- a) A metodologia pressupõe um ambiente favorável à avaliação, pois a qualidade dos dados depende da disposição e da participação dos gestores e dos administradores da unidade de conservação;
- b) A metodologia adota a definição de área protegida estabelecida no IV Congresso Mundial sobre Parques Nacionais e Áreas Protegidas em 1992 (IUCN, 1994): “Uma unidade de terra e/ou mar destinada especificamente à proteção e à manutenção da diversidade biológica e dos recursos naturais e culturais associados, gerenciados por meios legais ou outros meios efetivos”.
- c) A metodologia pressupõe que os gerentes e os administradores possuam o conhecimento adequado para prover dados suficientes e confiáveis.
- d) A metodologia foi aplicada a uma única Unidade de Conservação, focando na avaliação da coleta e a interpretação de dados mais detalhados e qualitativos, havendo menos ênfase em análises comparativas entre unidades de conservação

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram analisados por etapa, conforme a descrição realizada na metodologia.

#### - Determinação do Escopo de Avaliação:



A estratégia adotada para a escolha da Unidade de Conservação foi baseada em um objetivo específico de manejo: a necessidade de se manter a integridade plena desta UC que resiste desde a época do antigo engenho de Dois Irmãos e manter vivo, apesar de grandes pressões por estar situado em meio urbano.

#### **- Avaliação dos Dados Existentes:**

Uma avaliação preliminar da quantidade e da qualidade dos dados disponíveis o Horto de Dois Irmãos facilitou a sua escolha para a avaliação uma vez que foram obtidas informações como fotos aéreas e imagens de satélites, o plano de manejo, revisões de estudos sobre a biodiversidade, existência de treinamento, capacitação, pesquisa científica e acadêmica, dentre outros.

#### **- Análise dos Resultados:**

##### **- ZONA DE AMORTECIMENTO (ZA)**

A Zona de Amortecimento (ZA) do PEDI foi definida de forma a oferecer proteção à UC, possibilitando a amenização dos impactos provenientes dos usos nas áreas circunvizinhas, buscando promover a integração com a população residente no entorno. A ZA foi definida por um polígono irregular, traçado a distâncias variáveis no entorno do Parque, abrangendo os trechos adjacentes das bacias do Beberibe e do Capibaribe delimitados, preferencialmente, pelas barreiras físicas pré-existentes, como rodovias e estradas de grande e média circulação mais próximas, além de vias carroçáveis e curso d'água. Ela está delimitada pelas Av. da Recuperação (BR-101), rua Córrego da Prata, Estrada de Mumbecas (PE-16), Travessa km 7 (Rodovia PE-16), 5ª Travessa São Lázaro e 1ª Travessa da Estrada do Orfanato, segue pelo limite Recife/Camaragibe e Rua Floresta, Av, Dantas Barreto, Av. General Newton Cavalcante (PE-27), Rio Camaragibe até a BR-101 (PERNAMBUCO/SEMAS, 2014).

No entanto, de acordo com a observação realizada em campo, foram identificados na entrada do parque estabelecimentos de comércios, no qual geram resíduos urbanos, que em conformidade com o plano é proibido a instalação de estabelecimentos ou atividades com potencial degradador sem anuência pela gestão do PEDI.

Também estão presentes casas no entorno da unidade, sem esgotamento sanitário, o que sugere o lançamento de esgoto inadequadamente, sugerindo, através de análise visual, a eutrofização do açude do Prata (Figura 2), onde este açude é um dos três mananciais do Parque Dois Irmãos, que abrange 387 hectares, nos quais 264 deles de Mata Atlântica e servindo também como posto de captação de água para a concessionária estadual. Segundo o Plano de Manejo do Parque Estadual Dois Irmãos (2014, p. 50), “são proibidos o lançamento de efluentes domésticos e/ou industriais e/ou comerciais, sem tratamento, nos corpos hídricos inseridos na zona.” Estes lançamentos de efluente domésticos causam assim, a eutrofização, no qual é o incremento da biomassa de organismos fotossintéticos, de forma a alterar o equilíbrio

original do ambiente aquático, gerando prejuízos aos demais níveis tróficos, assim como também acontece muitos efeitos ecológicos que podem surgir a partir dela, entre eles os três principais impactos ecológicos como: perda de biodiversidade, alterações na composição das espécies por invasão e morte, e efeitos tóxicos.



Figura 2 – Possível eutrofização do açude do Prata, Dois Irmãos, Recife - PE.

Fonte: Os Autores (2019).

#### - ZONA DE ATENÇÃO ESPECIAL (ZAE)

O ZAE é o espaço na unidade de conservação destinado a criar uma barreira de vigilância prioritária com o propósito de minimizar os impactos negativos da área de entorno sobre a unidade. Nela deve haver a intensificação das ações de monitoramento e fiscalização, além da implantação das placas de sinalização. Áreas da ZAE que já possuem intervenção relacionada ao uso do solo, porém não há moradia estabelecida. Setor considerado de existência provisória e deve ser incorporado a outra zona, após a resolução do problema. Objetivos: Reduzir os conflitos, assegurando o diálogo harmônico com a comunidade (PERNAMBUCO/SEMAS, 2014).

Observou-se que há disparidade quanto ao plano de manejo e a realidade na prática. Há moradia em torno do parque, desordenadas que causam impacto direto e indireto ao Horto e as espécies locais. Os moradores não recebem nenhum tipo de orientação que possam adquirir conhecimento e proceder de forma correta diante da PDI. Possuem construções irregulares em torno do parque, onde não se tem monitoramento, causando assim a transformação/degradação de alguns trechos da área e na manutenção/conservação de outros trechos deste componente do geossistema urbano. A inexistência de placas de sinalização para os moradores, uma capacitação mostrando caminhos distintos para não perpetuar este tipo de construções irregulares, são inexistentes. Observou-se também a ineficiência quanto

ao monitoramento ambiental da área.

#### - ZONA DE AMBIENTE NATURAL (ZAN)

O ZAN é o espaço destinado à proteção integral do ecossistema, seus recursos genéticos e características naturais, além do desenvolvimento de atividades de estudos e pesquisa científica, mantendo livre de alterações causadas por interferência humana. É a área onde devem estar presentes as amostras mais significativas do(s) ecossistema(s) protegido(s) pela UC, espécies raras, endêmicas, frágeis ou ainda as ameaçadas de extinção, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus atributos (PERNAMBUCO/SEMAS, 2014).

Na análise existe impactos em ambientes no Horto Dois Irmãos por abertura de trilhas ou desmatamentos de uma determinada área que provocam alterações na dinâmica de todo um ecossistema, dentre estas alterações a fauna e flora que passa a ser um dos alvos de impacto. Existe ausência no monitoramento de espécies exóticas invasoras (fauna e flora), demonstrando alterações na dieta e nos habitats animais em decorrência das mudanças a que são expostos nestes ambientes. Atualmente, espécies exóticas invasoras são consideradas a segunda maior ameaça, a perda de biodiversidade, perdendo apenas para ambientes que são convertidos para uso humano. (DRUMMOND et al., 2005).



Figura 3 - Espécies vegetais invasoras.

Fonte: Os Autores (2019).

#### - ZONA DE USO ANTRÓPICO (ZUA)

O ZUA é espaço destinado à conservação dos ecossistemas e ao uso humano, que apresentam potencial para visitação, contato com o ambiente natural, favorecendo uma interação entre o visitante e o ecossistema. Nesta Zona deverão ser

dispostas as edificações e infraestruturas necessárias ao funcionamento da unidade de conservação e à implementação das atividades do Plano de Manejo. Propiciar a interação do homem com o ambiente natural, estimulando a conservação dos recursos ambientais e dos processos ecológicos; concentrar as infraestruturas físicas para o atendimento às demandas da UC e à implementação do Plano de Manejo; oferecer infraestrutura para o desenvolvimento das atividades de educação ambiental e integração com a comunidade local; facilitar a educação ambiental e a recreação em contato com o meio ambiente (PERNAMBUCO/SEMAS, 2014).

Em disparidade, os animais que vivem no cativeiro não possuem a privacidade necessária. O ambiente em que vivem no Horto é apenas uma representação pequena do seu habitat natural, muito diferente da realidade e não sendo suficiente para que ele não sofra com a exposição e a vida em cativeiro. Animais em cativeiro sofrem de estresse, tédio, depressão e confinamento. Assim como laços intergeracionais são quebrados quando os indivíduos são vendidos ou negociados com outros zoológicos, e nenhum tipo de confinamento ou mesmo safari drive-through pode ser comparada com a liberdade do animal em seu habitat natural. Remoção de indivíduos da natureza possivelmente prejudica ainda mais a população selvagem, porque os indivíduos restantes terão menos diversidade genética e encontrarão mais dificuldade de encontrar companheiros. Na questão da reprodução eles têm dificuldade, tendo em vista que, quando nasce um filhote em cativeiro, o pequeno se torna atração, principalmente para o público infantil. Os zoológicos são prisões para os animais que costumam ser livres em seus próprios habitats, de acordo com o website People for the Ethical Treatment of Animals (Pessoas pelo Tratamento Ético dos Animais).

#### - SUBZONA DE ADMINISTRAÇÃO (SA)

O AS é o espaço destinado às edificações onde serão realizadas as atividades administrativas da UC e onde poderão ser instalados equipamentos de apoio ao Setor de Visitação, como centro de visitantes, sanitários, quiosques e afins. Deve estar localizado, preferencialmente, na periferia da unidade e, sempre que possível, aproveitando as edificações e infraestruturas existentes ou áreas já degradadas. Oferecer infraestrutura física que permita o desenvolvimento das atividades inerentes à administração da UC e de apoio à implementação do Plano de Manejo (PERNAMBUCO/SEMAS, 2014).

O zoológico tem 75 anos de existência e precisa de reformas urgentes. O MPPE concluiu inquérito civil sobre as irregularidades do parque e constatou graves violações. São cerca de 600 animais confinados em locais inadequados, em jaulas e gaiolas pequenas, quentes, insalubres, faltam veterinários e hospital veterinário. Deveria ser um eco parque integrado à natureza, com pesquisas em prol do meio ambiente, mas, pelo contrário, tem-se apenas um local de contemplação de animais extremamente precário, mal conservado, que não recebe investimentos há alguns anos. Os comércios interno e externo encontram-se irregulares, com a presença de animais domésticos e

a falta de monitoramento.

#### - SETOR DE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA (SF)

Espaços pertencentes à UC ocupados por construção, a exemplo de moradias, que devem ser retomados para que possam servir aos objetivos da UC. Setor considerado de existência provisória e deve ser incorporado a outra zona/setor, após seu estabelecimento. Incorporar efetivamente a área ao patrimônio público para manter e/ou restituir o ecossistema a uma condição o mais próximo possível da original ou utilizar a área para atividades destinadas ao cumprimento dos objetivos da UC (PERNAMBUCO/SEMAS, 2014).

Ao contrário do plano, foi perceptível a não existência de incentivos em prol da sociedade e dos visitantes. Assim como também vários tipos de degradações a serem sanadas, uma delas a da trilha ecológica que tem desde irregularidades como resíduos jogados no caminho, trazendo conseqüentemente, o aparecimento de vetores que podem comprometer a saúde do meio ambiente, das espécies e dos visitantes,

#### - SETOR DE RESTAURAÇÃO (SR)

Espaço de propriedade pública, que foi submetido a alterações da vegetação ou do solo, necessitando de recuperação ou regeneração, natural ou induzida, visando à restituição do ecossistema degradado ao mais próximo possível da sua condição original. Setor considerado de existência provisória e deve ser incorporado a outra zona/setor, após sua restauração, conter os processos de degradação ambiental; restaurar as áreas de relevante interesse ambiental, priorizando a regeneração natural dos ecossistemas (PERNAMBUCO/SEMAS, 2014).

O plano tem como objetivo restaurar algumas áreas, mas até o momento não foi observado nenhuma movimentação acerca disto, o que é alarmante são áreas degradadas com mínima possibilidade de regeneração devido as condições precárias e falta de subsídio.

#### - SUBZONA DE VISITAÇÃO (SV)

Espaço destinado à visitação pública e às atividades a ela associada. Sua utilização deverá ser monitorada e sempre que possível condicionada a sua capacidade de suporte. Propiciar a recreação e a prática da educação ambiental em contato com a natureza; disponibilizar e realizar trilhas ecológicas; implantar equipamentos e sinalização adequados à categoria de manejo (PERNAMBUCO/SEMAS, 2014).

As lixeiras de coleta seletiva que servem de recolhimento dos materiais que são passíveis de reciclagem, previamente separados na fonte geradora, não possuem mais separação. A separação do lixo evita a contaminação dos materiais reaproveitáveis, aumentando o valor agregado deste. Uma vez gerado o resíduo, a forma como é manejado, tratado e destinado pode alterar suas características de maneira, que em certos casos, os riscos à saúde e ao ambiente são potencializados (MARQUES &

NUCCI, 2007). Um dos aspectos positivos analisado foi a utilização de pneus, que serve como uma simples pintura em tinta látex e uma sobreposição de pneus se constrói um mini-jardim, servindo para o plantio de flores, temperos e outros vegetais, reduzindo o impacto ao meio ambiente, bem como servindo de exemplo para o público que poderá aplicar a ideia.

## 4 | CONCLUSÕES

A conservação do Parque Estadual Dois Irmãos requer a aplicação de planejamento das atividades, a implementação do que foi planejado e o monitoramento mais analítico e detalhado para verificação da eficácia de inúmeras etapas mencionadas no Plano de Manejo.

Os impactos adversos que foram observados auxiliaram no fornecimento de informações, os quais visam um direcionamento mais focado para os gestores do parque. Além disso, espera-se que propostas de melhoria destes ecossistemas surjam com mais frequência.

Detecta-se a imprescindibilidade da revisão do Plano de Manejo do Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) diante de um plano de ação que vise a implementação e aplicação de um avanço.

Os resultados apresentados a partir da aplicação do Método de Avaliação Rápida e Priorização da Gestão de Unidades de Conservação – Rappam – constituem-se em importante instrumento para subsidiar os tomadores de decisão no planejamento das ações futuras.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: **Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>> Acesso em: 08 out. 2017.

BRASIL. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: **Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=374>> Acesso em: 08 out. 2014.

CI - CONSERVATION INTERNATIONAL. **Hotspots**. 2013. Disponível em: <<http://www.conservation.org>>

DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. A.; OLIVEIRA, D. Uma análise sobre a história e a situação das unidades de conservação no Brasil. In: GANEM, R. S. (org.). **Conservação da biodiversidade: legislação e políticas públicas**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2010. p.341-385.

ERVIN, J.; Metodologia para Avaliação Rápida e a Priorização do Manejo de Unidades de Conservação (RAPPAM), Gland, Suíça, Pechora-Ilychskiy Reserva Natural – floresta boreal mista, Rio Pechora, República Komi, Rússia, WWF/Hartmut Jungius, 2003.

GOMIDES, S. C. **Diversidade da Fauna de Squamata em Fragmentos Florestais Urbanos de Juiz**

**de Fora, Minas Gerais, Brasil.** Dissertação Mestrado, Universidade Estadual de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil. 2010.

MARQUES, A. C.; NUCCI, J. C. Planejamento, Gestão e Plano de Manejo em Unidade de Conservação. **Revista Ensino e Pesquisa**, v. 4, p. 33-39, União da Vitória, 2007.

MMA/IBAMA. **Primeiro Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica**, 1998 [Website]

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 845-853, 2000.

PERNAMBUCO / SEMAS, **Plano de Manejo do Parque Estadual de Dois Irmãos**, 2014 [CD-Rom]

PERNAMBUCO; **Lei Nº 9.989, de 13 de janeiro de 1987**, extraído: [http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS\\_ANEXO/lei%20est%209989%20de%2087;2237;20091211.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/lei%20est%209989%20de%2087;2237;20091211.pdf). Acesso: 10/08/2017.

PERNAMBUCO; **Lei Estadual nº 11.622 de 29 de dezembro de 1998** extraído: [http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS\\_ANEXO/lei%20est%2011622%20de%2098;22370301;20091211.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/lei%20est%2011622%20de%2098;22370301;20091211.pdf). Acesso: 10/08/2017.

## ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CASCA CERÂMICA DE MICROFUSÃO NO CONCRETO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO GRAÚDO E MIÚDO NATURAL

Data de submissão: 04/11/2019

Data de aceite: 30/01/2020

### Marina Tedesco

Dissertação de mestrado para o programa do  
PPGE3M UFRGS

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M  
Laboratório de Estudos Ambientais para  
Metalurgia - LEAmet/UFRGS  
Porto Alegre - RS

<http://lattes.cnpq.br/8018709381797275>

### Rejane Maria Candiota Tubino

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M  
Laboratório de Estudos Ambientais para  
Metalurgia - LEAmet/UFRGS  
Porto Alegre - RS

<http://lattes.cnpq.br/5775852172717383>

**RESUMO:** O Brasil destaca-se como o sétimo produtor mundial de fundidos e um dos grandes desafios é a gestão dos resíduos. Este trabalho tem como objetivo a incorporação do resíduo de casca cerâmica no concreto, visando à preservação ambiental, a reciclagem e a redução no consumo de recursos naturais. Com isso, foram desenvolvidas substituições

dos agregados graúdo e miúdo (brita e areia), realizando testes comparativos com o concreto convencional. Foram dosados corpos de prova pelo método IPT EPUSP e avaliadas a massa específica, a relação a/c e o consumo de cimento. Em estado endurecido, foram realizados testes de resistência à compressão, absorção de água, índice de vazios, massa específica e de carbonatação. A absorção de água da casca cerâmica, utilizada como agregado miúdo e como graúdo aumentou a relação a/c conforme o aumento do teor de substituição. Houve redução do consumo de cimento e aumento da resistência à compressão quando comparado com o concreto convencional. O teste de carbonatação apresentou resultados satisfatórios. Por fim, o estudo mostra que o uso de casca cerâmica tem grande potencial, devendo ser avaliado cada caso de substituição em função do produto a ser gerado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Casca cerâmica, concreto, resíduo sólido, agregado reciclado.

### STUDY OF THE USE OF INVESTMENT CASTING CERAMIC RESIDUE IN CONCRETE REPLACING COARSE AND FINE NATURAL AGGREGATES

**ABSTRACT:** Brazil stands out as the seventh global producer of castings and one of the great challenges is waste management. The objective



of this work is the incorporation of the residue of ceramic shell in the concrete, aiming the environmental preservation, the recycling and the reduction in the consumption of natural resources. With this, substitutions of the coarse and fine aggregates were developed (gravel and sand), conventional concrete carrying out comparative tests. The specimens were mixed by the IPT EPUSP method and the specific mass, the w/c ratio and the cement consumption were evaluated. In the hardened state, tests of compressive strength, water absorption, voids index, specific mass and carbonation were performed. The water absorption of the ceramic peel as both a small and large aggregate increased the w/c ratio as the substitution content increased. There was a reduction in cement consumption and an increase in compressive strength when compared to conventional concrete. The carbonation test presented satisfactory results. Finally, the study shows that the use of ceramic shell has great potential, and should be evaluated each case of substitution depending on the product to be generated.

**KEYWORDS:** Investment casting, ceramic residue, concrete, solid waste, recycled aggregate.

## 1 | INTRODUÇÃO

O ramo de microfusão vem ganhando destaque nos últimos anos no mercado nacional, e, sobretudo, internacional. De acordo com Machado (2005), o Brasil destaca-se como o sétimo produtor mundial, com mais de 30 empresas de microfusão de pequeno, médio e grande porte, localizadas nas regiões Sul e Sudeste do país.

Outro setor de grande importância para o meio ambiente e também para este trabalho é o da construção civil, por ser um dos maiores consumidores de recursos naturais do planeta. As atividades de construção demandam uma grande quantidade de materiais inertes, tais como areia e brita. A extração de material inerte de formações rochosas em áreas acidentadas e montanhosas também é uma danosa atividade ao meio ambiente, uma vez que altera a paisagem e provoca problemas de estabilidade (BIANCHINI et.al, 2005).

Assim como as microfusões, a maioria dos processos de fabricação de um produto gera resíduos e consomem recursos naturais. Quando não se dispõe de uma tecnologia para o seu reaproveitamento, certamente este material será depositado na natureza e poderá ocasionar inúmeros problemas ambientais (GONÇALVES, 2001).

### 1.1 O Processo de Microfusão

Entre os processos de fundição para a fabricação de peças, destaca-se o de microfusão ou cera perdida. Este processo inicia com a elaboração do projeto da peça que se quer produzir e a fabricação da matriz, que consiste em um molde bipartido da peça no qual a cera para modelos é injetada (BRUM, 2007). Após a injeção do modelo em cera é formado o cacho durante a fase de montagem, seguindo para o revestimento cerâmico. Na última etapa do processo de microfusão, após a quebra

do molde (calcinado) para a retirada da peça metálica fundida, gera-se um resíduo conhecido por casca cerâmica ou casca refratária (MACHADO, 2013).

## **1.2 A Importância da Destinação de Resíduos para a Indústria e para o Meio Ambiente**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos.

Do ponto de vista ambiental a reciclagem diminui a quantidade de resíduos a serem dispostos no ambiente, aumentando a vida útil dos aterros sanitários e industriais, além de contribuir para a conservação dos recursos naturais, pois minimiza sua utilização ou a extração de matéria prima do ambiente natural. Ainda, do ponto de vista econômico, proporciona a redução do custo de gerenciamento dos resíduos, com menores investimentos em transporte, armazenamento e em instalações de tratamento e disposição final, ainda promovendo a criação de empregos (LUND, 1993).

Cada vez mais, empresas que investem em novas tecnologias e em um processo mais sustentável ganham visibilidade e confiabilidade para fidelizar e conquistar clientes, ajudando a expandir para novos mercados. Selos e prêmios ambientais, o sistema de gestão ambiental e a implantação da ISO 14.001 (ABNT, 2015) são conquistas importantes para as empresas no cenário econômico atual, aonde os consumidores, cada vez mais, buscam reduzir a geração de resíduos, ter uma alimentação saudável e uma vida com menor impacto ambiental. Uma empresa que também tem esta cultura ganha a preferência na hora de definir a compra de produtos.

## **2 | MATERIAIS E MÉTODOS**

O resíduo de casca cerâmica utilizado é gerado pelo processo de microfusão em uma empresa metalúrgica da Serra Gaúcha. O grupo engloba duas unidades com este processo e geram em torno de 110 toneladas mensais de casca cerâmica. Este resíduo é classificado como não perigoso, Classe IIB, inerte, pela NBR 10.004 (ABNT, 2004).

Foram dosados concretos a partir do método IPT EPUSP (HELENE; TERZIAN, 1992) e realizadas seis dosagens, a primeira sem resíduo (CC), depois com incorporação de resíduo como agregado graúdo e miúdo como seguem: 50% agregado miúdo (50M), 50% agregado miúdo e 25% agregado graúdo (50M25G), 50% agregado miúdo e 50% agregado graúdo (50M50G), 50% agregado miúdo e 75% agregado graúdo (50M75G) e 50% agregado miúdo e 100% agregado graúdo (50M100G).

## 2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

### 2.1.1 Cimento

Utilizou-se cimento CPV ARI da empresa Itambé, por ser o cimento com menos adições.

### 2.1.2 Agregado graúdo e miúdo natural

Como agregado miúdo foi selecionada uma areia natural, proveniente do “Rio Guaíba”. Como agregado graúdo foi escolhida a Brita, com dimensão máxima característica de 12,5 mm, de natureza basáltica.

### 2.1.3 Agregado graúdo e miúdo reciclado

Para utilização em substituição ao agregado graúdo, a casca cerâmica foi levada ao britador de mandíbulas por três vezes. A Figura 1(a) e Figura 1(b) mostram uma imagem comparativa entre os agregados natural e de casca cerâmica.

Para o agregado miúdo, utilizou-se a fração passante em 4,75 mm e retida em 0,15 mm. O material passante em 4,75 mm no britador de mandíbulas e retida em 0,15 mm resultante do processo de preparação do agregado graúdo foi utilizado e, para o material acima de 12,5 mm, para obtenção do agregado graúdo passou por duas vezes no moinho de rolos. A Figura 1(c) e Figura 1(d) mostra uma imagem comparativa entre os agregados natural e de casca cerâmica.

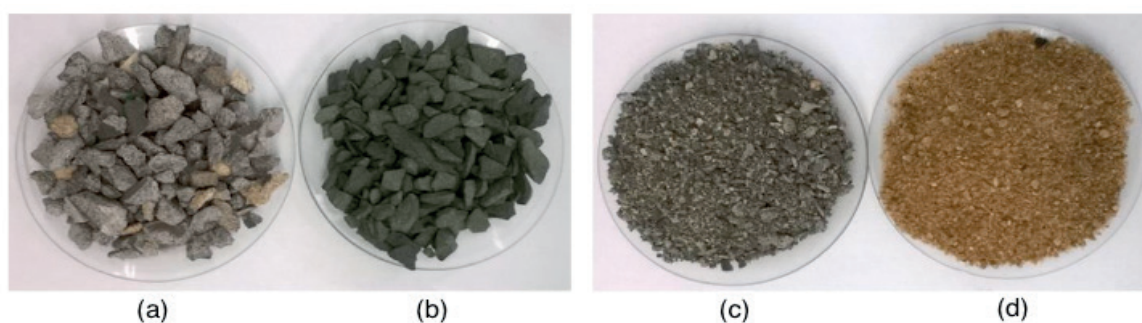


Figura 1 – Imagem comparativa do resíduo (a) e do agregado graúdo natural (b) e resíduo (c) e agregado miúdo natural (d) (Fonte: Autor).

### 2.1.4 Dosagem de concreto pelo método IPT/EPUSP

Para a dosagem pelo método IPT/EPUSP são necessários três pontos para montar o diagrama de dosagem (traço intermediário, traço rico e traço pobre), que correlaciona a resistência à compressão, relação a/c, traço e consumo de cimento (Figura 2). O início do estudo experimental parte da avaliação preliminar de parâmetros para um traço intermediário de 1:5 (cimento: agregados secos totais, em massa) para

definição do teor ideal de argamassa e, baseado nisso, confeccionaram-se os outros dois traços (traço rico 1:3,5 e traço pobre 1:6,5).

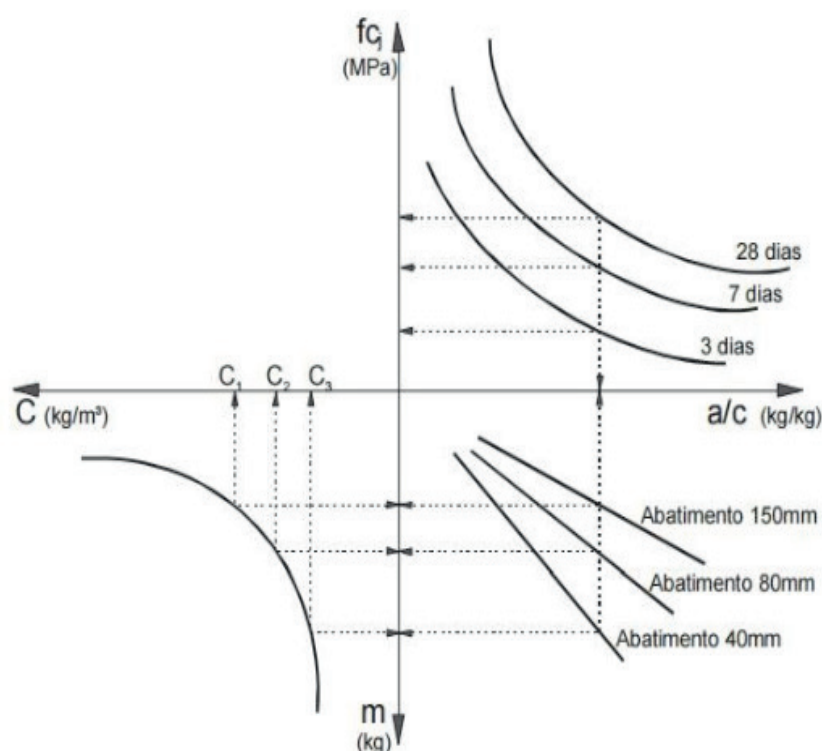


Figura 2 - Diagrama de dosagem, método IPT/EPUSP (Fonte: HELENE, 1993).

### 2.1.5 Resistência à compressão

Os ensaios de resistência à compressão seguiram a NBR 5739 (ABNT, 2007), utilizando corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm, mantidos até a idade de ensaio (7, 14 e 28 dias) em processo de cura úmida.

### 2.1.6 Absorção de água, índice de vazios e massa específica do concreto em estado seco

O ensaio foi realizado baseado na norma NBR 9778 (ABNT, 2005).

### 2.1.7 Carbonatação

Para o ensaio de carbonatação foram utilizados corpos de prova (10x20cm) com 60 e 90 dias de idade, por carbonatação natural, e realizado para o traço 1:5 de cada dosagem (CC, 0R, 25R, 50R, 75R e 100R). As amostras foram impermeabilizadas nas suas extremidades com parafina. Os corpos de prova passaram por ruptura, e imediatamente após esta etapa, foram aspergidos com a solução de fenolftaleína, baseando-se na CPC-18 (RILEM, 1988).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Estudo granulométrico dos agregados

##### 3.1.1 Agregado miúdo - Casca cerâmica e areia

As características físicas e a distribuição granulométrica da areia e da casca cerâmica foram determinadas seguindo as normas NM 248 (ABNT, 2003) e NBR 7211 (ABNT, 2009). A massa específica aparente foi de 2,58 g/cm<sup>3</sup> para o agregado natural e 2,68 g/cm<sup>3</sup> para o resíduo. A absorção de água, na mesma ordem, foi de 0,4 % e 2,64 % e o módulo de finura teve como resultado 2,68 para a areia e 3,10 para a casca cerâmica. A massa específica do agregado miúdo natural é cerca de 3,7 % menor que a do agregado miúdo reciclado. A distribuição granulométrica está apresentada na Figura 3.

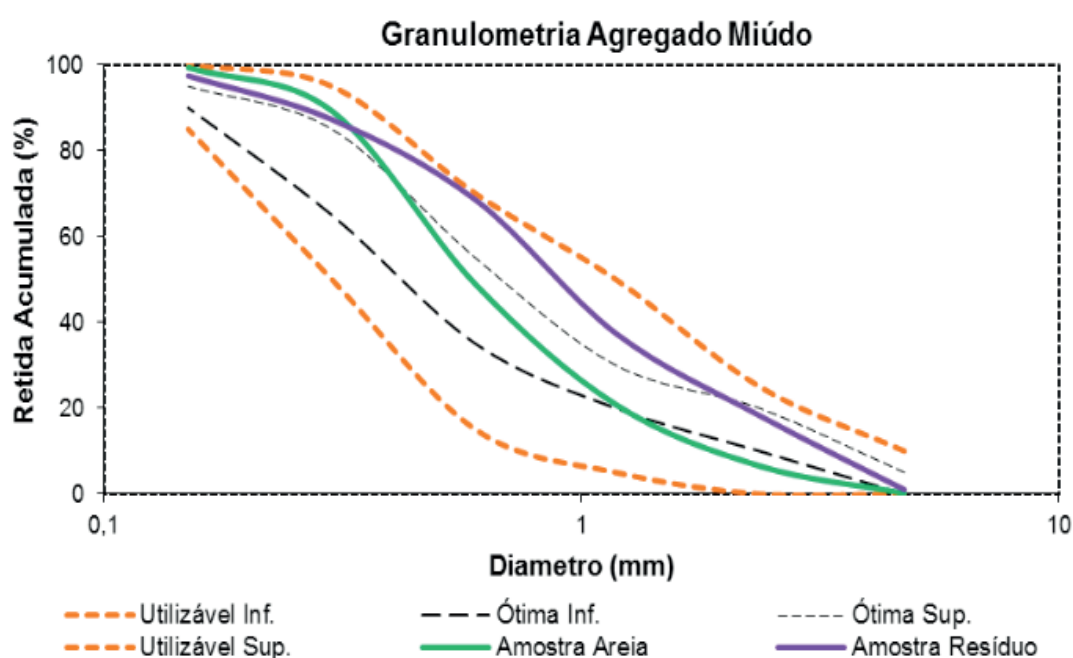


Figura 3 – Distribuição granulométrica comparativa dos agregados miúdos – Areia e Casca cerâmica (Fonte: Autor).

##### 3.1.2 Agregado Graúdo - Casca Cerâmica e Brita

As características físicas e a distribuição granulométrica da Brita e da casca cerâmica foram determinadas seguindo as normas NM 248 (ABNT, 2003) e NBR 7211 (ABNT, 2009). A massa específica aparente foi de 2,63 g/cm<sup>3</sup> para o agregado natural e 2,29 g/cm<sup>3</sup> para o resíduo, a massa unitária 1,33 kg/m<sup>3</sup> e 1,26 kg/m<sup>3</sup>, já a absorção de água, na mesma ordem, foi de 0,18% e 4,68%, ambos tendo a dimensão máxima característica de 12,5 mm. A massa específica do agregado miúdo natural é cerca de 12,9% menor que a do agregado miúdo reciclado. A distribuição granulométrica está apresentada na Figura 4.

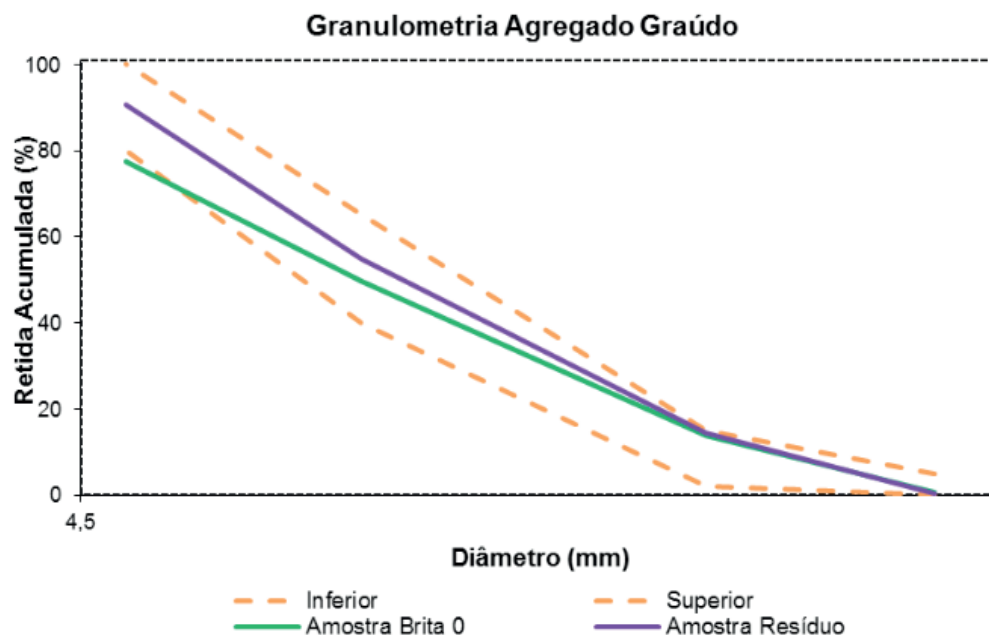


Figura 4– Distribuição granulométrica comparativa dos agregados graúdos – Brita e Casca cerâmica (Fonte: Autor).

### 3.2. Concreto produzido pelo método IPT EPUSP de dosagem

O teor de argamassa ( $\alpha$ ) foi ajustado ao realizar a dosagem do traço 1:5 de cada substituição, conforme descrito no item anterior.

#### 3.2.1 Concreto em estado fresco – Massa específica aparente, relação $a/c$ e consumo de cimento

Ao terminar a dosagem, obtendo o abatimento de tronco de cone desejado ( $60 \pm 10$  mm), obtiveram-se os valores para a massa específica (ME, em  $\text{kg}/\text{m}^3$ ) de cada traço (M) de cada dosagem realizada (Tabela 1). O CC apresentou a segunda maior massa específica, sendo menor apenas do concreto 50M25G. Outro aspecto importante a ser analisado é a relação água/cimento ( $a/c$ ) dos concretos produzidos (Tabela 2).

ME ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	M		
	3,5	5	6,5
CC	1350	1230	1220
50M	1270	1220	1190
50M25G	1370	1300	1250
50M50G	1290	1190	1170
50M75G	1260	1140	1130
50M100G	1150	1090	1050

Tabela 1- Massa específica para o concreto em estado fresco (Fonte: Autor).

A/C	M		
	3,5	5	6,5
CC	0,42	0,52	0,56
50M	0,44	0,50	0,60
50M25G	0,50	0,64	0,79
50M50G	0,53	0,64	0,76
50M75G	0,61	0,72	0,81
50M100G	0,58	0,72	0,82

Tabela 2–Relação a/c para os diferentes concretos dosados (Fonte: Autor).

Como pode ser observado, o comportamento da relação a/c com a adição do resíduo é maior com o aumento da incorporação da casca cerâmica no concreto.

Com os dados da massa específica e a relação a/c é obtido o consumo de cimento (C) pela Lei de Molinari, para cada um dos casos estudados (Tabela 3).

C	M		
	3,5	5	6,5
CC	273,83	188,65	151,18
50M	256,57	187,69	146,73
50M25G	273,45	195,78	150,60
50M50G	255,95	179,22	141,48
50M75G	246,09	169,64	135,82
50M100G	225,93	162,20	126,05

Tabela 3 - Consumo de cimento para os diferentes concretos dosados (Fonte: Autor).

O consumo de cimento é reduzido com a incorporação de uma forma geral. Detalhadamente, quando comparada à dosagem CC e a 50M25G, nota-se uma redução de até 17,69 kg/m<sup>3</sup> (para um concreto de 25 MPa aos 28 dias), o que representa uma minimização de custos e preservação de recursos naturais com a incorporação do resíduo de casca cerâmica no concreto.

### 3.2.2 Resistência à compressão

Após 7, 14 e 28 dias em processo de cura por imersão, os corpos de prova passaram por testes de compressão axial. Os resultados obtidos para a resistência à compressão aos 28 dias (FC 28) estão demonstrados na Figura 5.

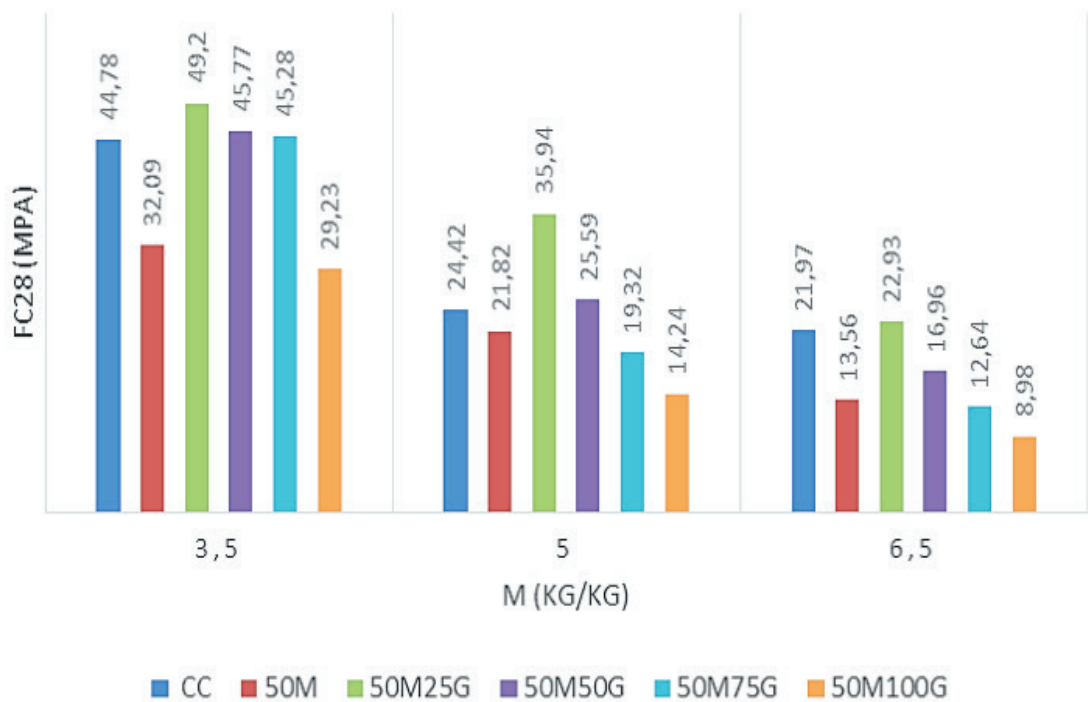


Figura 5– Resistência à compressão axial aos 28 dias para as dosagens com relação a “m” (Fonte: Autor).

Pode-se notar que a utilização do resíduo somente como agregado miúdo deixou o concreto com menor resistência à compressão. Ainda, para o traço rico, pode-se notar que as adições 50M25G, 50M50G e 50M75G apresentaram maior resistência, inclusive em relação ao traço referência, sem resíduo. Para o traço intermediário, o resíduo continuou demonstrando vantagens quanto a este quesito para as incorporações 50M25G e 50M50G. Finalmente, para o traço pobre em cimento, apenas a dosagem 50M25G apresentou vantagem em seu uso com relação à resistência à compressão. Outra questão importante de salientar é a de que dependendo do produto que se deseja produzir, pode ser feita a escolha pela dosagem que melhor se adequa as características desejadas e estipuladas em norma específica.

### *3.2.3 Concreto em estado endurecido – Absorção de água, índice de vazios e massa específica real e massa específica da amostra seca*

A Figura 6 demonstra os dados da absorção ao longo do tempo para o traço intermediário de cada dosagem. Quanto maior a incorporação de material cerâmico, maior a absorção de água ao concreto, excetuando-se apenas a dosagem 50M que apresentou menor absorção de água ao longo de tempo, estando coerente frente à absorção de água dos resíduos como agregado miúdo (2,64 %) e graúdo (4,68 %).



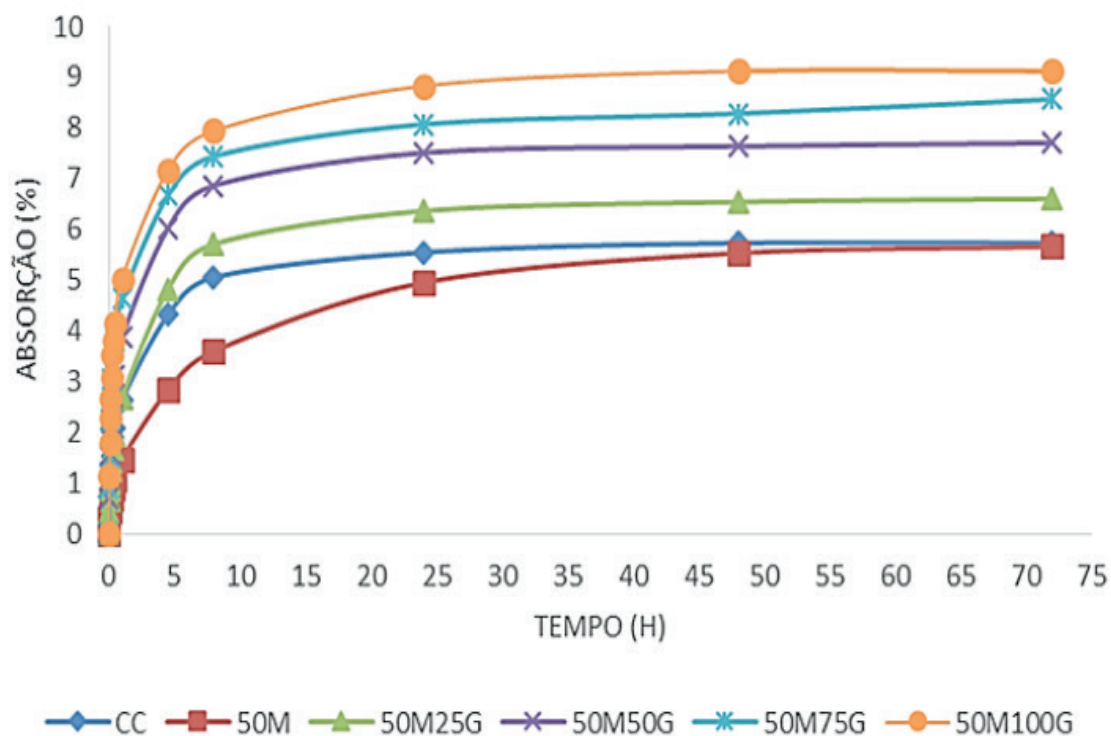


Figura 6— Absorção de água ao longo do tempo para o traço intermediário (1:5) de cada dosagem (Fonte: Autor).

Os agregados reciclados possuem uma absorção de água maior do que um agregado natural (GONÇALVES, 2001). A observação descrita pode ser observada na Tabela 4, tendo uma pequena variação no índice de vazios para o traço 1:5 da dosagem 50M, que pode ter sido interferido pelo teor de argamassa ou o melhor empacotamento deste, que foi a única dosagem com  $\alpha$  de 43 %, sendo de 45 % para todos os outros ensaios.

Índice de vazios (%)	M		
	3,5	5	6,5
CC	9,63	10,28	10,17
50M	10,87	9,94	10,75
50M25G	14,43	12,61	14,97
50M50G	14,64	15,10	13,57
50M75G	14,60	14,49	13,36
50M100G	15,20	14,10	13,90

Tabela 4 - Índice de vazios comparado à relação agregados secos/cimento em massa (m), para os traços rico, intermediário e pobre (Fonte: Autor).

A massa específica real (ME real,  $p_r$ ) e a massa específica da amostra seca (ME amostra seca,  $p_s$ ) podem ser visualizadas na Tabela 5 e na Tabela 6, respectivamente. Através dela pode ser observada a variação entre as dosagens referente aos poros permeáveis e impermeáveis, já que a  $p_r$  não leva em consideração os poros, ao contrário da  $p_s$ , sendo que esta sempre será menor.

ME Real	M		
	3,5	5	6,5
CC	2,21	2,00	2,26
50M	2,21	1,95	1,99
50M25G	2,35	2,18	2,28
50M50G	2,38	2,31	2,02
50M75G	2,15	1,98	1,89
50M100G	2,05	1,80	1,90

Tabela 5 - Massa específica real versus relação de agregados secos/cimento em massa (m), para os traços rico, intermediário e pobre (Fonte: Autor)

ME Amostra Seca	M		
	3,5	5	6,5
CC	2,00	1,79	2,03
50M	1,97	1,75	1,77
50M25G	2,01	1,91	1,93
50M50G	2,03	1,96	1,75
50M75G	1,84	1,69	1,64
50M100G	1,74	1,55	1,63

Tabela 6 - Massa específica da amostra seca versus relação agregados secos/cimento em massa (m), para os traços rico, intermediário e pobre (Fonte: Autor).

### 3.2.4 Concreto em estado endurecido – Carbonatação

Foi realizado o ensaio de carbonatação aos 60 e aos 90 dias de idade para efeito comparativo. Na Tabela 7 estão demonstrados os dados obtidos.

Dosagem	Espessura (mm) aos 60 dias	Espessura (mm) aos 90 dias
CC	1,13	1,20
50M	0,76	0,90
50M25G	1,13	1,15
50M50G	0,77	0,90
50M75G	1,16	1,25
50M100G	1,50	1,70

Tabela 7 – Carbonatação dos traços 1:5 aos 60 e 90 dias de idade (Fonte: Autor).

A espessura carbonatada de todos os corpos de prova analisados aumentou com a idade. Ainda, as dosagens 50M, 50M25G e 50M50G apresentaram valores menores do que o concreto convencional, o que demonstra uma maior camada passivante ao aço nestas substituições, ou seja, maior proteção contra a corrosão.

## 4 | CONCLUSÃO

Pode-se concluir com o estudo, que o resíduo de casca cerâmica, ao ser incorporado ao concreto, vem a ser um grande avanço para a destinação final do material que é gerado em grande quantidade pela indústria de fundição. Aliado a isto, o fato de reduzir a extração de recursos naturais (areia e brita) e de preservar estas áreas irá provocar em longo prazo um forte impacto ambiental benéfico visual e econômico a toda a comunidade e à indústria, que deixará de dispor em aterros o resíduo, deixando de ver em tantos locais a degradação no paisagismo com as extrações e disposições convencionais. Ainda, a população está cada vez mais valorizando produtos que visam a redução de impactos ambientais e que são amigos do meio ambiente, valorizando empresas que tem esta cultura em seu processo.

A casca cerâmica, em sua idealidade para cada caso de substituição, aumentou a resistência à compressão, melhorou o empacotamento e reduziu o consumo de cimento. A adição do material mostrou que conforme o produto final desejado, a quantidade de resíduo incorporado pode variar, dependendo das características finais desejadas, seguindo os gráficos de dosagem produzidos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004. **Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_NBR 5739. **Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_NBR 7211. **Agregados para Concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_NBR ISO 14001. **Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_NBR NM 248. **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

BIANCHINI, G. et al. **Waste Management**. 2005.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Diário Oficial da União - Seção 1 - 3/8/2010, Página 3.

BRUM, F.J.B. **Deceragem por Microondas no Processo de Fundição de Precisão (Microfusão)**. Dissertação pelo PPGE3M, UFRGS, Brasil, 2007.

GONÇALVES, R. D. C.. **Agregados reciclados de resíduos de concreto - um novo material para dosagens estruturais**. Dissertação Escola de Engenharia de São Carlos. USP, 2001.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI; Brasília, DF: SENAI, 1992.

HELENE, Paulo Roberto L; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle de concreto**. 1ª Ed.

São Paulo: Editora Pini, 1993.

LUND, H. F. **The McGraw-Hill Recycling Handbook**. USA: McGraw-Hill, 1993.

MACHADO, I. M. L. **Avaliação microestrutural de cascas cerâmicas utilizadas na produção de moldes para o processo de fundição por cera perdida**. Dissertação apresentada ao PPGE3M da UFMG, 2005.

MACHADO, C. F. **Reutilização da Casca cerâmica do Processo de Fundição por Cera Perdida, como Adição em Matrizes Cimentícias**. Dissertação em Engenharia de Materiais do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

RILEM CPC 18. **Measurement of hardened concrete carbonation depth**. *Materials and Structures*, v. 21, n. 126, p. 453-455, 1988.

## ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO DO CÓRREGO BATISTA, PEROLÂNDIA – GOIÁS

Data da submissão: 01/11/2019

Data de aceite: 30/01/2020

### Wanessa Silva Rocha

Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC  
Goiás  
Goiânia, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5423086633884936>

### Antônio Pasqualetto

Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC  
Goiás  
Goiânia, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4691515540448143>

### Diego Gustavo Nobre Dias

Fox Engenharia  
Goiânia, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6722765304074757>

### Fábio de Souza Sales

Fox Engenharia  
Goiânia, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5718225992163527>

**RESUMO:** Avaliar a capacidade de autodepuração dos corpos hídricos é essencial, de forma a garantir que sejam feitos os planos de monitoramento, haja vista o tipo de lançamento a ser realizado no mesmo. A simulação matemática em determinado curso hídrico é fundamental na definição correta

dos parâmetros analisados e determinação adequada do monitoramento da qualidade da água. O presente trabalho objetivou avaliar a capacidade de autodepuração do córrego Batista, localizado no município de Perolândia, estado de Goiás, apresentando uma análise técnica referente a capacidade de restauração das características ambientais naturais deste curso hídrico em receber lançamento dos efluentes tratados pelo Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) a ser implantado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Autodepuração. Qualidade das águas. Modelagem matemática. Curso hídrico.

### ANALYSIS OF AUTODEPURATION OF THE STREAM BATISTA, PEROLÂNDIA – GOIÁS

**ABSTRACT:** Assessing the Autodepuration capacity of water bodies is essential in order to ensure that monitoring plans are made, given the type of release to be carried out. Mathematical simulation in a given watercourse is fundamental in the correct definition of the analyzed parameters and proper determination of the water quality monitoring. The present work aimed to evaluate the Autodepuration capacity of the Batista stream, located in the municipality of Perolândia, Goiás State, presenting a technical analysis regarding the restoration capacity of the natural environmental characteristics of this

watercourse in receiving sewage treatment effluent. (SES) to be deployed.

**KEYWORDS:** Autodepuration. Water quality. Metatic modeling. Watercourse.

## 1 | INTRODUÇÃO

O estudo dos mecanismos de propagação de poluentes em corpos hídricos, como se dispersam e se degradam é essencial, de forma a garantir que sejam feitos os planos de monitoramento com o rigor científico necessário para verificar a capacidade de autodepuração. Para isso, o uso de simulação matemática em determinado curso hídrico é fundamental na definição correta dos parâmetros analisados e determinação adequada do monitoramento da qualidade da água.

Neste sentido, a autodepuração é definida como o processo pelo qual as águas poluídas restauram suas primitivas condições de pureza, pela ação de agentes naturais que tendem a tornarem estáveis e inócuas as substâncias estranhas presentes (PHILIPPI JÚNIOR, 1992).

Assim, a avaliação da autodepuração de um curso hídrico é usualmente realizada utilizando-se modelagem matemática, uma vez que esta é uma importante ferramenta que permite a simulação dos processos de autodepuração, e, conseqüentemente, auxilia na tomada de decisões referentes ao gerenciamento desses recursos (OPPA, 2007).

Este tipo de estudo é essencial e exigido pelos órgãos ambientais para fins de licenciamento referentes a corpos hídricos que serão indicados como corpos receptores dos efluentes tratados por sistemas de esgotamentos sanitários.

A necessidade da universalização do acesso ao saneamento básico, permitiu a criação da Lei Federal nº11.445/2007, assumida como compromisso de toda a sociedade brasileira, que orienta expressivo esforço das três esferas de governo no alcance de qualidade de vida e conservação do meio ambiente, por meio do aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão, cujo foco principal é contribuir para o acesso ao saneamento básico.

O município de Perolândia, a partir do seu Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) apresentado, teve como meta a elaboração do Projeto Básico Executivo do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) e, conseqüentemente, o seu processo de licenciamento junto a Secretaria Estadual de Meio Ambiente.

Perolândia localiza-se na região sudoeste do estado de Goiás, distando 346 km da capital, Goiânia. Os municípios limítrofes são Jataí, Mineiros e Caiapônia. As principais vias de acesso são pelas rodovias GO-220 e GO-516. Os cursos d'água mais notáveis no município são os córregos Batista e Braveza, além do Rio Claro, este distante cinco quilômetros. O Rio Claro possui 400 km de extensão e nasce na Serra do Caiapó, entre os municípios de Jataí e Caiapônia, e desagua no município de São Simão no Rio Paranaíba.

O córrego Batista é o corpo receptor indicado para receber o lançamento dos efluentes tratados pelo Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) a ser implantado em Perolândia. O ponto de lançamento final situar-se-á na coordenada geográfica 17°31'11" Sul e 52°1'60". O acesso ao mesmo se dá pela saída leste do município, ao final da Rua José Alves, no qual se percorre uma estrada vicinal com aproximadamente 3 Km.

Deste modo, objetivou-se apresentar análise técnica da capacidade de restauração das características ambientais naturais do córrego Batista, localizado no município de Perolândia, Goiás.

## 2 | METODOLOGIA

Trata-se de pesquisa exploratória e descritiva para compreender o processo de autodepuração de corpo hídrico, o córrego Batista, localizado no município de Perolândia, Goiás, indicado para ser o corpo receptor do SES.

Sendo assim, utilizou-se de abordagem técnica, com procedimentos para levantamento dos parâmetros de projeto, assim como determinação dos indicadores necessários para realização do estudo de autodepuração.

### a) Coleta e análise da água

A coleta de amostra de água foi realizada no dia 22/03/2016, período considerado chuvoso. Em campo foi obtido o valor de temperatura da água. Amostras de água foram coletadas segundo NBR 9897 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, NBR 9898 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores e Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água. Foram utilizados frascos de polietileno e *Winkler* para a coleta e as amostras acondicionadas em caixa de isopor com gelo. Em seguida, foram destinadas a análise laboratorial em Goiânia, em laboratório certificado pelo Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Os parâmetros analisados foram Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), pH e coliformes termotolerantes, suficientes para caracterizar a capacidade autodepuradora do corpo receptor.

Ressalta-se que o local escolhido para coleta de amostra d'água e na medição da vazão no córrego Batista foi onde será localizado o lançamento final da futura Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Perolândia.

### b) Determinação da vazão do córrego Batista

Foram realizadas duas medidas de vazão pelo método flutuador. Para período chuvoso a medição foi no dia 22/03/2016 com média da vazão de 202,3 L/s. Para período de seca a medição foi realizada no dia 10/07/2017 com vazão média de 194,1

L/s.

Com o método do flutuador foi possível determinar a velocidade superficial do escoamento do córrego Batista, de forma a estimar a mesma para situações diferentes. Multiplicando-se a velocidade média pela área molhada (área da seção transversal por onde está ocorrendo o escoamento), obtém-se a vazão.

Com estes valores de vazão foi possível fazer simulação matemática para verificar período mais crítico e assim dar segurança ao estudo.

#### c) Projeção da população

A partir da análise dos dados censitários divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi possível realizar projeção populacional pelo modelo de projeção Logarítmica com a taxa de crescimento de 1,76 % a.a.

Portanto, o SES projetado terá capacidade para atender por um horizonte de 20 anos, com população inicial para o ano de 2018 de 2.134 habitantes, e população para o ano a 2038 seria de 3.553 habitantes.

#### d) Parâmetros de projeto do SES Perolândia

Os parâmetros apresentados são elementos importantes no dimensionamento das unidades componentes do sistema de esgotamento sanitário proposto, assim como também compreendem-se como informações importantes no estudo de autodepuração do corpo receptor.

Ressalta-se que a determinação das vazões de contribuição de esgoto ano a ano, ao longo do horizonte de projeto, seguiu as diretrizes estabelecidas pelas Normas Técnicas NBR 9648 - Estudos de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário e NBR 9649 – Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário, tendo sido utilizados os seguintes parâmetros:

- Consumo *per capita* = 150L/hab.dia, valor utilizado como referência no estado de Goiás pela Saneamento de Goiás (SANEAGO);
- Coeficiente de Variação de Demanda: Máxima Diária:  $K1 = 1,2$ ;
- Coeficiente de Variação de Demanda: Máxima Horaria:  $K2 = 1,5$ ;
- Coeficiente de Variação de Demanda: Mínima Horaria:  $K3 = 0,5$ ;
- Coeficiente de Retorno Esgoto/Água:  $C = 0,8$ ;
- Carga orgânica = 54g de DBO/hab.dia;
- Taxa de Atendimento:  $Ta = 100 \%$ .
- Extensão da rede coletora 33.429 m;
- Vazão de infiltração(rede) 0,00005 L/s;
- Vazão de infiltração(interceptor) 0,0003 L/s.



A partir destes parâmetros, têm-se as vazões de carga orgânica a ser tratada pelo SES de Perolândia:

- Vazão Média: 689 m<sup>3</sup>/dia;
- Carga orgânica: 191,86 kg DBO/dia;
- Concentração média de DBO: 278,49 mg/L.

e) Modelo matemático Streeter-Phelps para estudo de autodepuração

Utilizou-se o programa computacional de autodepuração de cursos d'água chamada AD' ÁGUA 2.0, testado e aprimorado pela Universidade Federal do Espírito Santo (2010), em programação voltada para objetos, permitindo o estudo e a determinação do perfil de Oxigênio Dissolvido (OD) e da degradação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ao longo do curso d'água.

O modelo Streeter-Phelps é determinístico e estático, abordando dois aspectos importantes: o consumo de oxigênio pela oxidação da matéria orgânica e a produção de oxigênio pela reaeração atmosférica.

Este modelo necessita dos seguintes dados:

- vazão do rio, à montante do lançamento;
- vazão de esgotos ( $Q_e$ );
- oxigênio dissolvido no rio, à montante do lançamento ( $OD_r$ );
- oxigênio dissolvido no esgoto ( $OD_e$ );
- DBO5 no rio, à montante do lançamento ( $DBO_r$ );
- DBO5 do esgoto ( $DBO_e$ );
- coeficiente de desoxigenação ( $K_1$ );
- coeficiente de reaeração ( $K_2$ );
- velocidade de percurso do rio ( $v$ );
- tempo de percurso ( $t$ );
- concentração de saturação de OD ( $C_s$ );
- oxigênio dissolvido mínimo permissível ( $OD_{min}$ ).

O equacionamento de Streeter-Phelps utilizado para cálculo da concentração de OD combina os processos de reaeração e desoxigenação pelo decaimento da matéria orgânica, onde:

- $C_t$  - concentração do oxigênio dissolvido no tempo  $t$  (mg/L);

- Cs - concentração de saturação de oxigênio (mg/L);
- C0 - concentração inicial de oxigênio, logo após a mistura (mg/L);
- K1 - coeficiente da taxa de desoxigenação (dia-1);
- K2 - coeficiente da taxa de reaeração (dia-1);
- L0 - DBO imediata após o ponto de lançamento, ou seja, a quantidade total de oxigênio necessária para completa estabilização da matéria orgânica (mg/L);
- Dt - déficit inicial de oxigênio dissolvido no ponto de mistura (mg/L).

Como não foi possível obter um valor experimental para o coeficiente K1, foi adotado da literatura conforme Von Sperling (1995), igual a 0,18 d-1, considerando-se a origem do efluente como sendo secundário. Esse coeficiente foi ajustado em função da temperatura do rio, no caso 23°C. O mesmo foi feito com o coeficiente K2, tendo sido adotado valor igual a 0,37 d-1, enquadrando o córrego Batista dentre os rios vagarosos.

Os teores de DBO e OD a serem mantidos nos corpos d'água são estipulados por meio de legislação, no caso, Resoluções Conama 357/2005 e Conama 430/2011. Os valores variam em função da classe em que o corpo d'água está enquadrado.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos matemáticos para estudos de capacidade autodepuradora de cursos hídricos são ferramentas de confiabilidade e agilidade, pela capacidade de apresentar resultados de forma simplificada e prática, ainda que esses processos sejam complexos.

A utilização desses modelos proporciona a simulação de eventos e das condições futuras e possibilita alternativas para o monitoramento do corpo d'água (GASTALDINI; GIORGETTI, 1983 apud OPPA, 2007).

A hipótese básica no modelo Streeter-Phelps é que o processo de decomposição da matéria orgânica no meio aquático segue uma reação de primeira ordem. Assim, nesse tipo de reação, a taxa de redução da matéria orgânica é proporcional à concentração de matéria orgânica presente em um dado instante de tempo (MENDONÇA & REIS, 1999).

Ressalta-se ainda que neste sentido, a temperatura influencia na oxigenação do corpo d'água de duas formas: reduz a concentração de saturação da água e acelera o processo de absorção de oxigênio. Observa-se, de modo geral, que a água previamente desoxigenada absorve menos oxigênio da atmosfera à medida que a temperatura se eleva, se todas as outras condições permanecerem constantes (EIGER, 2003).

Portanto, a partir do conhecimento dos parâmetros de entrada necessários para

aplicação do modelo Streeter-Phelps, e conforme apresentados na metodologia, de forma a verificar a capacidade autodepuradora do córrego Batista, foram lançados os seguintes dados no programa AD' Água 2.0, conforme apresentado no Quadro 01:

<b>DADOS DE ENTRADA INICIAIS</b>					
<b>Eficiência do Tratamento</b>		h=	0%	90%	
<b>Efluente</b>					
Vazão Lançada		Q <sub>efl</sub> =	0,00797	0,00797	m <sup>3</sup> /s
DBO do Efluente (padrão)		L <sub>t efl</sub> =	278,49	278,5	mg/L
DBO Inicial (- t dias)	t =5 dias	L <sub>o efl</sub> =	426,2	426,2	mg/L
DBO após tratamento		L <sub>trat</sub> =	426,2	42,6	mg/L
OD Efluente		O <sub>efl</sub> =	0,0	0,0	mg/L
<b>Curso d'água</b>					
Vazão		Q =	0,19410	0,19410	m <sup>3</sup> /s
Profundidade Média		y =	0,50	0,50	m
Velocidade Média		V =	0,12	0,12	m/s
DBO (Local)		L <sub>t rio</sub> =	2,00	2,00	mg/L
DBO última (- t dias)	t =5 dias	L <sub>o rio</sub> =	3,1	3,1	mg/L
OD (Local)		O <sub>rio</sub> =	5,40	5,40	mg/L
Temperatura Local		T =	23	23	°C
OD Saturação		O <sub>s</sub> =	8,50	8,50	mg/L
<b>PARÂMETROS DE REAÇÃO</b>					
<b>Desoxigenação</b>					
Coef. Reação Mat. Orgânica a 20 °C		K <sub>1,20</sub> =	0,18	0,18	1/dia
Coef. Reação Mat. Orgânica a T°C		K <sub>1,T</sub> =	0,21	0,21	1/dia
<b>Reaeração</b>					
Coef. Reaeração a 20 °C		K <sub>2,20</sub> =	0,37	2,11	
Coef. Reaeração a T °C		K <sub>2,T</sub> =	0,40	2,26	
<b>Condições de Contorno</b>					
DBO na Mistura Inicial		L <sub>o</sub> =	19,76	4,62	mg/L
Déficit Oxigênio na Mistura Inicial		D <sub>0</sub> =	3,31	3,31	mg/L

Quadro 01 – Dados iniciais e parâmetros de reação

Fonte: Adaptado Estudo de Autodepuração do córrego Batista (Fox Engenharia, 2016).

A partir destes dados iniciais e dos parâmetros de reação, chegou-se aos resultados, denominado no modelo matemático como dados de saída. Estes dados consideram o instante t (dias), a distância (km) e a capacidade de tratabilidade do SES projetado para eficiência de 90%, considerando a DBO (mg/L) e OD (mg/L), conforme Figura 01 e 02.

O oxigênio dissolvido é o elemento principal no metabolismo dos microrganismos aeróbios que habitam as águas naturais ou os reatores para tratamento biológico de

esgotos. É um parâmetro de extrema relevância na legislação de classificação das águas naturais, bem como na composição de Índices de Qualidade de Águas – IQAs. (RODRIGUES, 2005).

A DBO é um consumo de oxigênio, através de reações biológicas e químicas, sendo o parâmetro mais comumente utilizado na determinação do oxigênio dissolvido consumido pelos microrganismos aeróbios e facultativos no processo de oxidação da matéria orgânica biodegradável. Quanto mais elevado for a quantidade de matéria orgânica, mais OD será necessário para que os seres decompositores estabilizem a matéria orgânica.

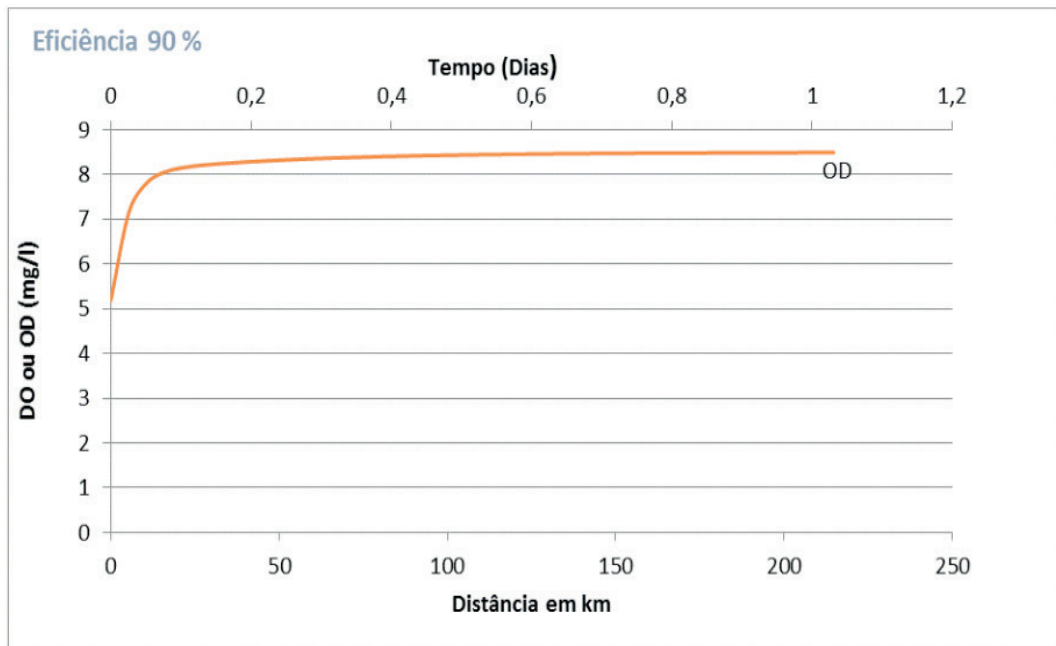


Figura 01 – Gráfico da simulação de capacidade autodepuradora do córrego Batista de OD após tratamento

Na simulação, conforme Figura 01, após receber lançamento de efluente tratados a uma Eficiência de 90%, a concentração de OD no córrego Batista consegue manter-se acima de 5,0 ml/L, o limite mínimo aceitável, de acordo com o CONAMA 357/2005.

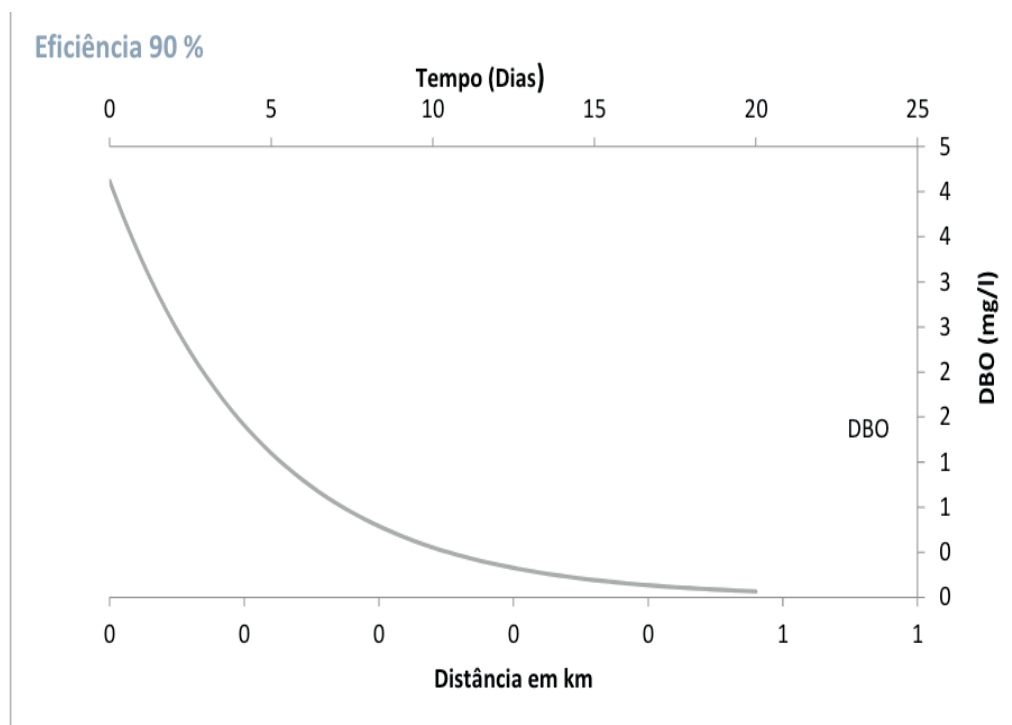


Figura 02 – Gráfico da simulação de capacidade autodepuradora do córrego Batista de DBO após tratamento

Já após tratamento a uma Eficiência de 90%, conforme Figura 02, a concentração de DBO permaneceu abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, não ultrapassando o máximo de 5,0 mg/L.

Vale lembrar que a simulação realizada conta com o pior cenário possível, onde a vazão utilizada e a população de final de plano foi superestimada, considerando taxa de crescimento populacional acima do normal, além da qualidade atual das águas no córrego Batista.

#### 4 | CONCLUSÕES

Com a realização desta análise de autodepuração, utilizando modelo matemático Streeter-Phelps, parâmetros de projetos para o Sistema de Esgotamento Sanitário de Perolândia, bem como as características químicas e biológicas do córrego Batista conclui-se que este curso hídrico possui capacidade de autodepurar-se caso receba o lançamento de efluentes tratados pelo SES de Perolândia, conforme projetado, com eficiência de 90%, e continuará como Classe 2, conforme parâmetros da Resolução CONAMA 357/2005.

#### REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9897 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Ano: 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Ano: 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648 - Estudos de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário**. Ano: 1986.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649 – Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário**. Ano: 1986.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445/2007. **Política Nacional de Saneamento Básico**. Ano: 2007. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2007/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/l11445.htm). Acesso em 26 de março de 2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – **Resolução 357/2005**, disponível em [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br), Brasília-DF, 2005.

EIGER, S. **Autodepuração dos Cursos d'água**. In: Reuso de Água. Barueri, SP. 579 p. 2003.

FOX ENGENHARIA. **Estudo de autodepuração do córrego Batista, município de Perolândia – Go**. In: Projeto Básico Executivo para o Sistema de Esgotamento Sanitário de Perolândia. Ano: 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>. Acesso em: 21 de jul. de 2017.

MENDONÇA, A. S. F.; REIS, J. A. T. **Utilização de modelo computacional na análise de limites impostos aos parâmetros de qualidade de água em rios**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte, MG, 1999.

OPPA, L. F. **Utilização de modelo matemático de qualidade da água para análise de alternativas de enquadramento do rio Vacacaí Mirim. Santa Maria, 2007**. Dissertação de Mestrado Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. 2007, p. 19.

PHILIPPI JÚNIOR, A. (Org.), **Saneamento do meio**. São Paulo: FUNDACENTRO; Universidade de São Paulo, 1992. 235p.

RODRIGUES, R.B. **Sistema de Suporte à Decisão Proposto para a Gestão Quali- Quantitativa dos Processos de Outorga e Cobrança pelo Uso da Água**. Tese de Doutorado. São Paulo, SP: USP. 155 p. 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – UFES. Programa: Ad'Água 2.0: sistema para simulação da autodepuração de cursos d'água. Cidade de Alegre - ES, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte:1995. 240 p.

## FUNÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIA DE ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS EM SOLOS DO OESTE BAIANO, BRASIL

Data de aceite: 30/01/2020

**Joaquim Pedro Soares Neto**

Universidade do Estado da Bahia;

**Eder Alan do Nascimento de Oliveira**

Universidade do Estado da Bahia;

**Heliab Bomfim Nunes**

Universidade do Estado da Bahia;

**Tadeu Cavalcante Reis**

Universidade do Estado da Bahia;

**Vandayse Abates Rosa**

Pecuária Oeste

### INTRODUÇÃO

O solo é um dos principais suportes da produção agropecuária e suas características e composição são influenciadas por um complexo conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos submetidos à ação do clima. O homem, através de algumas práticas que visam o aumento da produção, interfere neste sistema alterando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Para a determinação dos principais atributos do solo (granulometria, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, carbono orgânico, densidade do solo e capacidade de troca de cátions), geralmente, são feitas análises

físicas, químicas e hidráulicas. O processo se inicia com a coleta das amostras dos solos no qual se deseja identificar tais atributos, sendo, posteriormente, essas amostras enviadas para um laboratório que fica responsável por descrever como se encontram os atributos do solo, através de métodos específicos. Então, a partir daí pode-se fazer um diagnóstico e recomendações mais precisas, visando um melhor aproveitamento do solo a ser trabalhado.

Entretanto, a determinação de alguns desses atributos, através de análises laboratoriais é muitas vezes onerosa, demorada, trabalhosa e sujeita a erros; além do reduzido número de laboratórios. Com isso, em muitas aplicações, a estimativa dos valores para esses atributos pelo uso de equações empíricas ou estatísticas, chamadas de funções de pedotransferências (Pedotransfer Function - PTF, em inglês), pode ser uma alternativa viável, rápida e econômica.

Segundo Budiman *et al.* (2003), “as Funções de Pedotransferência permitem que informações básicas do solo, disponíveis em relatórios de levantamentos de solos ou em Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) sejam transformadas em outras, de obtenção mais laboriosa e mais cara”. Mas, devido à falta de trabalhos desenvolvidos para se saber a correlação entre os principais atributos dos

solos e a elaboração de modelos matemáticos, a maior parte das análises físicas e químicas são feitas por meio laboratorial. Por isso, em algumas situações, devido à demora para recebimento das análises efetuadas por esse meio, há ocorrência de atraso em tomadas de decisão, o que pode resultar em prejuízos na produtividade das culturas.

Portanto, objetivou-se com esse trabalho, determinar correlações diretas entre alguns atributos do solo do Oeste da Bahia e desenvolver modelos matemáticos simples entre eles, em que um ou mais atributos servem de componentes principais da função para prever o outro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho teve início no mês de dezembro de 2008, finalizado no mês de abril de 2009. Os dados dos atributos físicos e químicos dos solos do Oeste da Bahia utilizados foram coletados no arquivo do Laboratório de Solos da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA) e correspondem aos resultados de análises coletadas à profundidade de 0 a 0,20 m. Para a construção dos modelos matemáticos foram utilizados os seguintes números de resultados:

185 resultados:

- Argila x capacidade de campo (CC); Areia x CC; Silte x CC; Argila x ponto de murcha permanente (PMP); Areia x PMP; Silte x PMP; Argila e areia x CC; Argila e silte x CC; Argila e areia x PMP; Argila e silte x PMP.
- 79 resultados para:
  - Carbono orgânico (CO) x CC; CO x PMP; CO x densidade do solo (DS).
- 500 resultados para:
  - CO x capacidade de troca de cátions (CTC)

Todos os dados foram primeiramente, tabulados na planilha eletrônica Excel e posteriormente submetidos a análises estatísticas, em que foram estimados os parâmetros estatísticos para as variáveis avaliadas. Essas análises foram feitas com o auxílio do programa computacional ASSISTAT (Silva, 2008).

Em seguida, os dados de CC e PMP foram correlacionados com os dados da granulometria e do CO, por meio do programa computacional LAB FIT (Silva, 2004), que gerou as equações e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ). O mesmo procedimento foi realizado tanto com os dados de CTC como de DS, que foram correlacionados com os dados de CO.

As equações para a estimativa dos valores de capacidade de campo e do ponto de murcha permanente foram obtidas, tanto usando-se uma única variável independente, como argila, silte, areia ou carbono orgânico (Ex. argila x CC), como usando duas



variáveis independentes, como argila e areia; argila e silte (Ex. argila e areia x CC). Já as equações para a estimativa dos valores de densidade do solo e CTC foram obtidas usando-se somente uma única variável independente, o carbono orgânico (Ex. CO x DS).

Utilizando-se ainda o programa computacional LAB FIT, foram construídos gráficos plotando-se os dados reais das variáveis estudadas e a estimativa dos mesmos, de acordo com as respectivas equações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentadas as principais medidas estatísticas referentes aos atributos físicos e químicos dos solos da região Oeste da Bahia. Observa-se uma grande amplitude entre o menor e o maior valor na maioria dos atributos avaliados. Também se nota que os valores de moda, mediana e média, para esses atributos, se encontram dispersos, indicando uma tendência para distribuições assimétricas, o que pode ser confirmado pelos valores de assimetria, exceto para a densidade do solo. A grande amplitude de variação dos dados, assim como a sua distribuição assimétrica podem ser explicados pelo fato das amostras de solo avaliadas terem como origem os mais diversos ecossistemas da região Oeste da Bahia. Segundo Macedo (1998) a variabilidade das características do solo cresce com o aumento da distância de coleta dos pontos amostrais, além disso, Artur et al. (2014) e Santana et al. (2017) acrescenta que o microrrelevo influencia na direção do fluxo de água e induz à variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, outro fator que também aumenta a dispersão dos atributos do solo é a forma do relevo (Santos et al. 2016).

Parâmetros	Argila	Silte	Areia	CC	PMP	DS	CO	CTC
	.....g.kg <sup>-1</sup> .....			.....m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> .....		Mg.m <sup>3</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>
Menor valor (min)	20,00	0,4000	134,00	0,0200	0,0120	1,05	0,5000	1,02
Maior valor (max)	558,00	405,00	943,00	0,3100	0,1860	1,62	22,10	28,00
Média aritmética(M)	167,50	104,20	705,00	0,1180	0,0630	1,40	6,61	5,45
Lim.conf.inf.M(95%)	152,20	92,10	678,60	0,1090	0,0580	1,38	6,95	5,11
Lim.conf.sup.M(95%)	182,70	116,40	731,30	0,1280	0,0680	1,42	9,28	5,80
Mediana	157,00	78,60	752,00	0,1000	0,0590	1,44	6,00	4,27
Moda	45,00	48,00	743,00	0,1400	0,6000	1,55	4,00	3,41
Desvio padrão	105,70	84,40	182,90	0,0680	0,0350	0,1400	3,84	3,95
Coef.de variação(%)	63,10	81,00	25,90	57,26	55,90	9,90	58,00	72,4
Coef.de assimetria	1,35	1,58	-1,48	1,05	1,34	-0,6140	1,15	2,45
Coef.de curtose	2,11	2,12	1,77	0,757	1,84	-0,7080	1,68	6,98

Tabela 1. Resultados estatísticos das amostras de solo para granulometria, capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), densidade das partículas (DP), densidade do solo (DS), carbono orgânico (CO) e capacidade de troca de cátions (CTC).

O critério de Warrick & Nielsen (1980), classifica o coeficiente de variação (CV) em: baixo – CV < 12 %, médio – 12 % < CV < 60 %, alto – CV > 60 %. De acordo com este critério, verifica-se, que o silte (CV = 81,00%), a argila (CV = 63,14%) e a capacidade de troca de cátions (CV = 72,39%) apresentaram coeficiente de variação alto. As variáveis, areia (25,95%), capacidade de campo (57,26%), ponto de murcha

permanente (55,9%) e o carbono orgânico (58,01%) apresentam um CV médio. A densidade do solo (DS) é a única variável que apresenta um CV baixo, 9,90% (Tabela 1). Os valores elevados de CV podem ser considerados como os primeiros indicadores da existência de heterogeneidade nos dados, então, pode-se considerar que os dados referentes a maioria dos atributos desses solos apresentam grande variabilidade em torno da média, possuindo assim, uma considerável heterogeneidade (Campos et al., 2007 e Oliveira et al. 2018).

Apesar da heterogeneidade das amostras, nota-se a predominância da fração areia nesses solos, representando em média, 705 g.kg<sup>-1</sup> da composição granulométrica, seguida pela argila e pelo silte. Tal resultado é coerente, pois a maioria dos dados utilizados foi oriunda de solos do cerrado, nos quais, segundo Coutinho (2009) predomina a fração areia, vindo em seguida a argila e por último o silte.

Pode-se observar ainda na Tabela 1, uma quantidade média do carbono orgânico (CO) de 6,61g.kg<sup>-1</sup>. Conforme Oliveira (2009) a região oeste da Bahia caracteriza-se por possuir solos de baixo teor de CO (em torno de 12 g.kg<sup>-1</sup>). Contudo, este baixo valor também se deve, possivelmente, ao fato das amostras serem oriundas de áreas cultivadas, onde a vegetação nativa do cerrado foi retirada. Esse conteúdo de MO, nesses solos era esperado, devido a susceptibilidade desse atributo às práticas de manejo, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, onde as reações físicas e químicas são mais intensificadas.

A média da CTC foi 5,45 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>, valor que corrobora com Oliveira (2009), onde afirma que os solos da região oeste da Bahia são de baixa capacidade de troca de cátions, ficando em torno de 4 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>.

Na Tabela 2 encontram-se as correlações avaliadas e seus respectivos coeficientes de correlação (R). Observa-se nesta Tabela, uma alta correlação negativa da areia com a CC, indicando que quanto maior a proporção da fração areia no solo, menor é a quantidade de água armazenada no mesmo. A argila e o silte também apresentaram altas correlações com a CC, porém de forma positiva, isto é, aumentando-se a argila e o silte a capacidade de campo cresce proporcionalmente. As melhores correlações foram observadas entre o PMP e a frações areia e argila, sendo, com a areia uma correlação inversamente proporcional e com a argila, diretamente proporcional. Já o silte, apresentou uma correlação positiva com o PMP menor do que com a CC. Tais resultados concordam com Urach (2007), o qual observou que a argila apresenta uma correlação positiva e a areia uma correlação negativa com a retenção de água pelo solo, o que, segundo o mesmo autor, é um resultado esperado, devido ao efeito da área superficial específica das partículas.

Relação	Correlação
AREIA X CC	-0,8933
ARG X CC	0,8654
SILTE X CC	0,7208
AREIA X PMP	-0,9242

ARG X PMP	0,9397
SILTE X PMP	0,6993
CO X CC	0,1419
CO X PMP	0,1410
CO X DS	-0,0586
CO X CTC	0,5380

Tabela 2. Valores dos coeficientes de correlação (R) entre as variáveis estudadas.

Foram observadas correlações baixas entre o CO e os atributos, CC, PMP e DS. Isso se deve, possivelmente, ao fato desses atributos apresentarem dependência por outros constituintes do solo. Para Urach (2007) a retenção de água no solo é dependente de características estruturais, granulométricas e mineralógicas do solo. E o somatório do efeito desses fatores vai determinar a capacidade do solo reter e conduzir água. A melhor correlação envolvendo o CO foi com a CTC (R = 0,5380). Segundo Santos (2009) “é comum em solos tropicais, bastante intemperizado, haver baixa correlação entre CTC do solo e quantidade de argila e matéria orgânica”. Essas baixas correlações envolvendo a variável CO, provavelmente, se devem também aos seus baixos valores nos solos analisados, como foi visto na Tabela 1, o que aumenta a contribuição da fração argila.

Na Tabela 3, encontram-se os modelos matemáticos que foram ajustados aos atributos do solo que apresentaram os menores valores de coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e os valores dos respectivos parâmetros de cada modelo.

Função	Coeficientes		R <sup>2</sup>
	A	B	
<b>CC = A*SILTE+B</b>	0,5791e <sup>-3</sup>	0,5811e <sup>-1</sup>	0,5195
<b>PMP = A*SILTE+B</b>	0,2915e <sup>-3</sup>	0,3257e <sup>-1</sup>	0,4891
<b>CC = A*CO<sup>(B*CO)</sup></b>	0,1441e <sup>+2</sup>	0,5529	0,1044
<b>PMP = A*CO<sup>(B*CO)</sup></b>	0,7266e <sup>+1</sup>	0,4324	0,0658
<b>DS = A/CO+B</b>	0,3280e <sup>-2</sup>	0,1437e <sup>+1</sup>	0,0180
<b>CTC = ACO<sup>2</sup>+B</b>	0,3177e <sup>+1</sup>	0,3596e <sup>+1</sup>	0,3292

Tabela 3. Modelos matemáticos, parâmetros e coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

(A e B) Parâmetros de ajuste; (e) Notação científica.

Para a predição da CC e do PMP a partir do silte, usando-se uma variável independente, as equações que apresentaram maior R<sup>2</sup> foram do tipo regressão linear simples (Tabela 3).

As equações que tiveram o CO como variável independente, apresentaram um R<sup>2</sup> muito aquém do esperado, como pode ser visto na Tabela 3; embora, sabe-se que a matéria orgânica possui relação com as propriedades físicas e químicas do solo, pois ela interfere diretamente tanto na retenção de umidade como na quantidade de cargas do solo.

As funções que melhor se ajustaram, mostraram-se pouco confiáveis para a predição da CC e PMP em função do CO como única variável independente, essas apresentaram  $R^2$  de 0.1044 e 0.0658, respectivamente. Contudo, para Teixeira et al. (2006) e Gozubuyuk et al. (2014) até mesmo solos de mesma classe textural podem apresentar curvas de retenção de água diferentes devido às diferentes granulometrias nas mesmas classes de textura, coloides orgânicos associados a poros com geometria e diâmetro diferentes, forma no tipo de argila, microagregados constituintes da estrutura do solo, podem influenciar, também a capacidade de campo.

O valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da função para predição da DS, em função do CO, foi muito baixo ( $R^2 = 0,0180$ ), evidenciando que não houve ajustamento dos dados da densidade do solo ao modelo matemático, contrariando os resultados de Marcolin & Klein (2011) em que encontraram uma relação inversa com valor de  $R^2 = -0,5643$ . Costa (2003), também encontrou uma relação indireta entre essas variáveis, afirmando que solos com elevado teor de matéria orgânica tendem a ter menores valores de densidade. O mesmo autor afirma que, além da MO, outros fatores como agregação, penetração de raízes, compactação ocasionada pelo peso das camadas subjacentes, porosidade total influenciada pela quantidade e qualidade de argila, dentre outros, influenciam na DS". Desta forma, em condições de reduzidos teores de CO, e conseqüentemente de matéria orgânica, como observado nas análises estudadas, esses outros fatores podem sobrepor o efeito da matéria orgânica e serem os principais responsáveis pelas variações dos valores de DS.

A função que melhor se ajustou para a predição da CTC a partir do CO apresentou também um  $R^2$  abaixo do esperado (0,3292). A determinação da contribuição da matéria orgânica na capacidade de troca de cátions difícil, torna-se difícil, devido a íntima associação entre substâncias húmicas e constituintes inorgânicos do solo. Como os solos estudados apresentaram teores de argila variando entre 20 a 558 g.kg<sup>-1</sup>, fica evidente que nas amostras com maiores teores de argila, o carbono orgânico influenciou pouco nos valores da CTC. Portanto, Santos (2009), afirma que a CTC sofre influências decorrentes dos diferentes tipos e teores de minerais argilosos que predominam na fração argila e da natureza e teor de matéria orgânica.

De maneira geral, os baixos coeficientes de determinação obtidos para as equações envolvendo a variável CO, podem ser explicados pelo seu baixo valor relativo observado nos solos da região, com 0,6614% de média, aliado à influência de outras variáveis não consideradas nas equações, como por exemplo, o teor e o tipo de argila.

Observa-se na Figura 1 a relação entre a CC e PMP em função dos conteúdos de argila e areia e o valor de  $R^2$ . Verifica-se nessa figura, um alto ajuste da CC e do PMP ao modelo linear, em função das variações dos teores de argila e areia, apresentando  $R^2$  acima de 0,70 com a argila promovendo um efeito positivo, tanto na capacidade de campo como no ponto de murcha permanente e, a areia, proporcionando uma relação inversa as duas variáveis estudadas. Nas equações de regressão, nota-se

uma velocidade de crescimento do PMP maior do que o da CC em função da argila. Enquanto que o ponto de murcha cresce  $1,56 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  para cada incremento de  $100 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de argila, a capacidade de campo aumenta em  $0,48 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ . Por outro lado, com a areia o decréscimo do PMP é menor que o da CC, para cada incremento de  $100 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de areia.

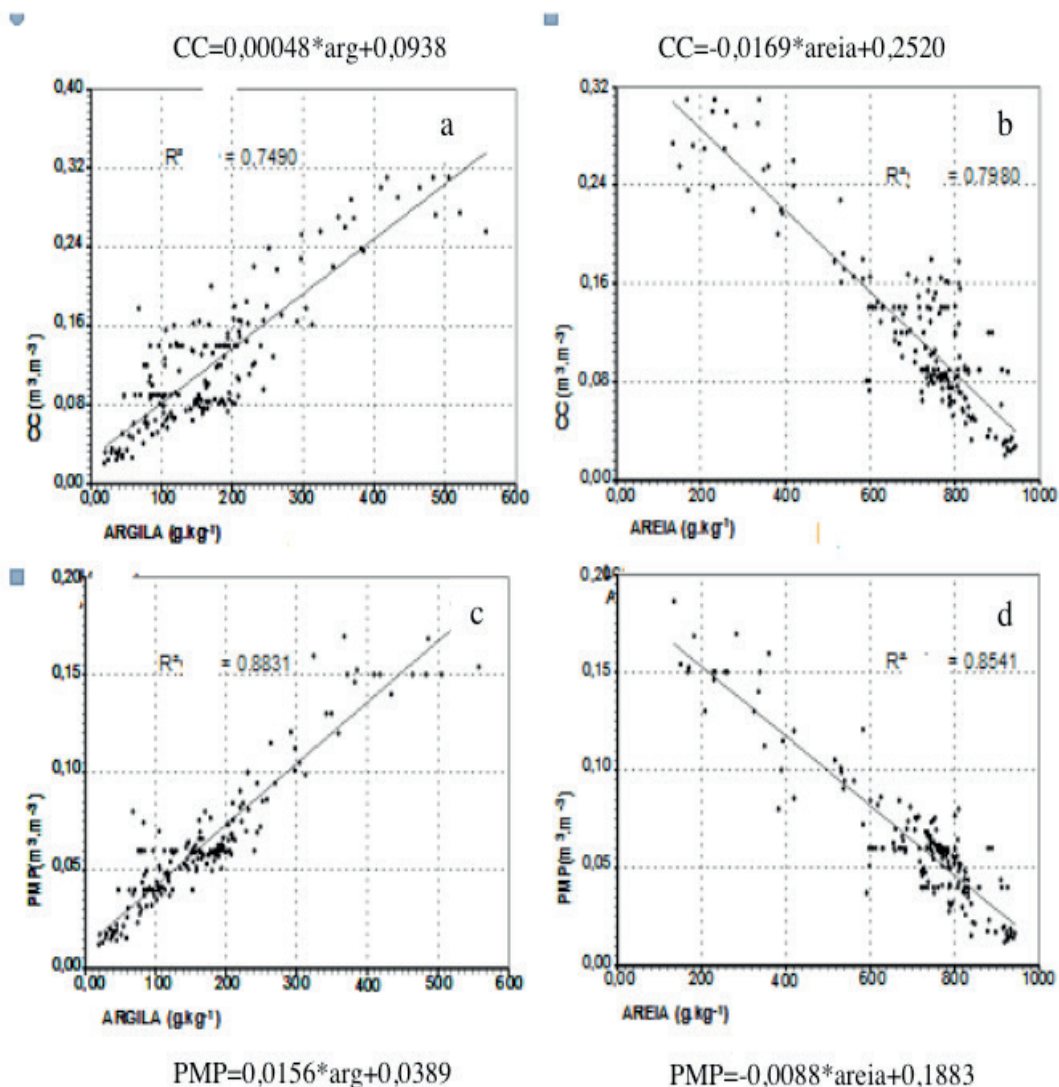


Figura 1. Capacidade de campo (a e b) e ponto de murcha permanente (c e d) em função da argila e areia para solos do Oeste da Bahia.

Ajustes com  $R^2$  elevados da CC e PMP em função da argila, já foram encontrados por diversos autores tais como: Marcolin (2006), Paz et al. (2009), Nascimento et al. (2010). Por outro lado, Rodrigues et al. (2011) encontraram valores medianos para a estimação da capacidade de campo e ponto de murcha permanente em função da argila, matéria orgânica e densidade do solo e, areia fina, areia grossa e densidade do solo, respectivamente.

Na Figura 2, para a capacidade de campo e ponto de murcha permanente, além da argila, inclui-se mais uma variável, silte e areia. Nota-se que com a inclusão das variáveis silte e areia, as funções de pedotransferências para a CC de acordo  $R^2$ , a

variação da predição entre a relação com uma variável (argila ou areia) e com duas variáveis (argila + silte e argila + areia) foram apenas de -2 e +6%, respectivamente. Para o PMP, essa variação foi também de -2% para R<sup>2</sup> da função somente com uma variável (argila ou areia) em relação o R<sup>2</sup> da função com duas variáveis (argila + silte) e de -3% com variáveis de argila + areia.

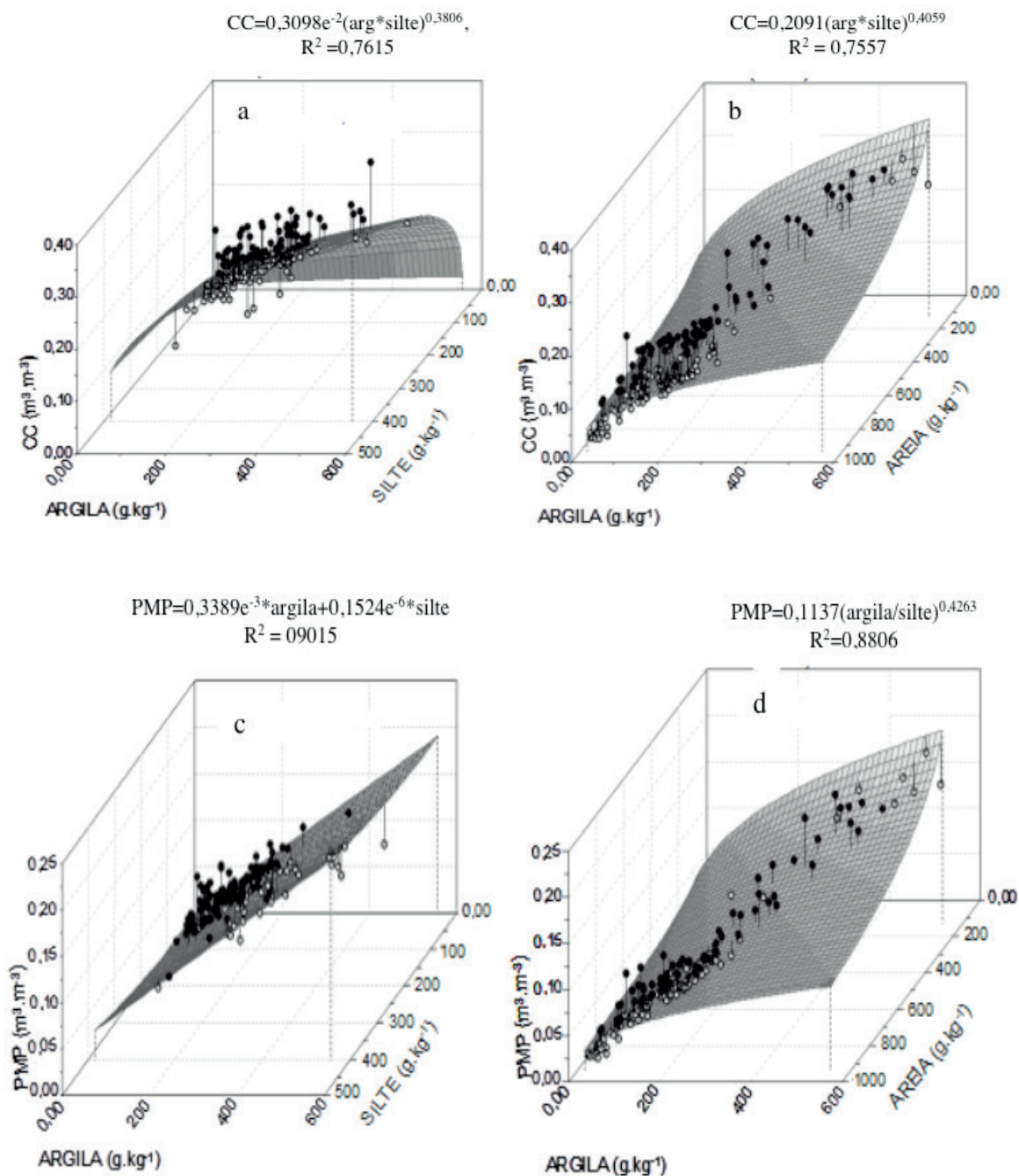


Figura – 2. Representação gráfica dos modelos matemáticos para predição da CC em função da argila e silte (a), argila e areia (b) e PMP em função da argila e silte (c), argila e areia (d).

Esses resultados da estimativa do conteúdo de água no solo na CC e PMP, apresentado no parágrafo anterior, mostram que uma variável (argila ou areia) ou duas variáveis predictoras explicam mais de 74% da variabilidade. Portanto, a utilização da variável argila ou areia, isoladamente nas funções de pedotransferência para a

determinação da capacidade de campo ou ponto de murcha permanente, mostraram-se suficientes para explicar esses atributos hídricos dos solos da região. Por outro lado, Pequeno et al. (2018) trabalhando com Latossolo em Rondonia, observaram que a formação de bancos de dados geradores de funções de pedotransferência contribuiu para menor eficiência em solos arenosos e maior eficiência em solos argilosos na predição de conteúdo volumétrico de água, nas condições edafoclimáticas do trabalho.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados conclui-se:

1. O CO não mostrou-se uma variável independente confiável para predição da CC, PMP, DS e CTC nos solos do Oeste da Bahia, quando utilizada isoladamente.

2. Tanto a fração areia quanto a argila, quando utilizadas nos modelos matemáticos, foram eficientes para a predição da CC e do PMP;

3. A areia é o componente granulométrico que melhor explicou a variação dos dados da CC, enquanto que a argila explica melhor as variações do PMP.

4. Mesmo não sendo eficiente para prever os limites inferior e superior da disponibilidade de água quando utilizada isoladamente, a variável silte contribuiu para aumentar a eficiência dos modelos matemáticos para a referida predição quando utilizada em conjunto com a argila.

5. Os modelos matemáticos desenvolvidos para a estimativa do PMP apresentam maior precisão do que os modelos desenvolvidos para a predição da CC.

## REFERÊNCIAS

ARTUR, A. G.; OLIVEIRA, D. P.; COSTA, M.C. G.; ROMERO, R. E.; SILVA, M. V. C.; FERREIRA, T. O. **Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo**, v. 18, n. 2, p. 141-149. 2014.

BUDIMAN, M. et al. **Revisão sobre funções de pedotransferência (ptfs) e novos métodos de predição de classes e atributos do solo**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, n. 45, p.50, set. 2003.

CAMPOS, M.C.C. et al (2007). Dependência espacial de atributos físicos e hídricos de um espodossolo da zona da mata de Pernambuco. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, 2007.

CENTURION, J. F. & ANDRIOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 701-709. 2000.

COSTA, A.M. da et al. **Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos do cerrado**. In: II SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA “perspectivas para o cerrado no século XXI”. Departamento de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, MG, nov.

2003.

COSTA, A.C.S.; TORINO, C. A.; RAK, J. G. Capacidade de troca catiônica dos colóides orgânicos e inorgânicos de latossolos do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, Maringá, Paraná, v.21, n.3, p.491-496. 1999.

COUTINHO, M.L. ([s.d]). **Aspectos do Cerrado**. Cerrado. Disponível em: <[http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos\\_solo.htm](http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos_solo.htm)>. Acesso em: 19 mar. 2009.

GOZUBUYUK, Z. et al. Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semiarid region with a cool climate. **Catena**, v. 118, p. 195-205, 2014.

LIMA, J. A. G. et al (2006). Variabilidade espacial de características físico-hídricas de um cambissolo cultivado com mamão no semi-árido do RN. **Revista Caatinga** (Mossoró), v.19, n.2, p.192-199, abr./jun. 2006.

MACEDO, J. R. de; OTONNI FILHO, T. B.; MENEGUELLI, N. A. Variabilidade de características físicas, químicas e físico-hídricas em solo podzólico vermelho-amarelo de seropédica, RJ. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.12, p.2043-2053, dez. 1998.

MARCOLIN, C. D. E KLEIN, V. A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. Maringá, v. 33, n. 2, p. 349-354, 2011.

MARCOLIN, C. D. **Propriedades físicas de nitossolo e latossolos argilosos sob plantio direto**. 2006. 110f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

Nascimento, G. B. do; Anjos, L. H. C. dos; Pereira, M. G.; Fontana, A.; Santos, H. G. dos. Funções de pedotransferência do conteúdo de água em Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 560-569, 2010.

OLIVEIRA, D. G. DE; REIS, E. F. DOS; MEDEIROS, J. C.; MARTINS, M. P. DE O.; UMBELINO, A. DA S. Correlação espacial de atributos físicos do solo e produtividade de tomate industrial, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2018.

Paz, A. M.; Cipriano, D.; M. C. Gonçalves, M. C.; Pereira, L. S. Funções de pedo-transferência para a curva de retenção da água no solo, **Revista de Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, Lisboa, PT. v. 32, n. 1, p. 337-343. 2009.

PEQUENO, P.L. L.; FAGUNDES, F. P.; SANTOS, R. C. dos; SANTINI, C. L. A.; RAMBO, M. A.; SCHLINDWEIN, J. A. Uso de funções de pedotransferência para estimativa da retenção de água em um latossolo no estado de Rondônia, *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v.14, n. 2, p. 229-239. 2018.

RODRIGUES, L. N.; MAIA, A. de H. N.; SILVA, R. N. da. Funções de pedotransferência para estimar capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade global em solos de uma bacia hidrográfica do bioma cerrado. XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2011 Cuiabá - MT, Brasil, 24 a 28 de julho 2011.

SANTANA, R. N.; MARQUES, M. V. A.; SILVA, C. G.; RIBEIRO, D. P. Análise da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo na remoção de nutriente e da produtividade da brachiaria humidicula utilizada em rampas de escoamento superficial no tratamento de esgoto sanitário operando em condições reais, v.25, n.1, p.12-26, 2017.

SANTOS, G. L. dos; PEREIRA, M. G.; LIMA, S. S.; CEDDIA, M. B.; MENDONÇA, V. M. M.; DELGADO, R. C. Curvatura da superfície e seu efeito na variabilidade espacial dos atributos do solo, Pinheiral - RJ/BR, *Cerne*, v.22, n.4, Lavras, p.431-438. 2016.



SANTOS, V. R. dos et al. Contribuição de argilominerais e da matéria orgânica na CTC dos solos do estado de Alagoas. **Revista Caatinga**. Mossoró, v.22, n.1, p.27-36, jan./mar. 2009.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT versão 7.5 beta (2008)**. UAEG,CTRN, UFCG, Campina Grande-PB.

SILVA, W. P. & SILVA, C. M. D. P. S. **LAB Fit Ajuste de Curvas (Regressão não-Linear e Tratamento de Dados)** V 7.2.14 c (2003-2004), online, Disponível em: <[http://www.angelfire.com/rnb/labfit/index\\_p.htm](http://www.angelfire.com/rnb/labfit/index_p.htm)>. Acesso em: 18 dez. 2008.

TEIXEIRA, C. F. A. et al. Atributos físico-hídricos de um solo cultivado com pastagem de azevém sob diferentes combinações de preparo e tratamento. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v.37, n.2, p.117-123. 2006.

TOMAZI, M. **Modificação da dinâmica de nutrientes, dos atributos físicos, e das frações densimétricas da matéria orgânica sob diferentes usos em Latossolos de Juruena – MT**. 2004.54f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

URACH, F. L. **Estimativa da retenção de água em solos para fins de irrigação**. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Área de Concentração Engenharia de água e solo). Universidade Federal de Santa Maria, RS.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (ed). Applications of soil physics. New York: Academic, 1980. cap. 2, p.319-344

## ADSORÇÃO DE CLORIDRATO DE METFORMINA POR MEIO DE ECOVIO® ELETROFIADO E CARVÃO ATIVADO

Data de submissão: 04/11/2019

Data de aceite: 30/01/2020

### Ana Caroline Reis Meira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná -  
UNIOESTE

Toledo – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/1162125902773411>

### Mônica Carminati Scariotto

Universidade Estadual do Oeste do Paraná -  
UNIOESTE

Toledo – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/8838646163247701>

### Douglas Cardoso Dragunski

Universidade Estadual do Oeste do Paraná -  
UNIOESTE

Toledo – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/0612112281360342>

### Aparecido Nivaldo Módenes

Universidade Estadual do Oeste do Paraná -  
UNIOESTE

Toledo – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/7294940837327863>

### Paulo Rodrigo Stival Bittencourt

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

Medianeira – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/5404437676153162>

**RESUMO:** A metformina (Met) é o princípio ativo do medicamento utilizado para tratamento de diabetes mellitus tipo 2 e sua presença em rios e lagos provoca a feminilização de peixes e pequenos animais. Com o objetivo de remover esse contaminante foram testados como adsorventes o carvão ativado obtido a partir do coração da bananeira Musa cavendish e o Ecovio® eletrofiado, sendo utilizadas metodologias alternativas a fim de aumentar sua capacidade de adsorção. O carvão produzido foi ativado com KOH e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Fibras poliméricas de Ecovio® foram obtidas por eletrofição, mediante ao tratamento da solução polimérica com cloridrato de metformina (Met) e CaCl<sub>2</sub>. As soluções poliméricas foram preparadas com Ecovio® solubilizado em clorofórmio e dimetilformamida (DMF) na proporção de 85/15 v.v-1 e adicionado o sal 30% m.m-1 em relação à massa de polímero, as fibras foram lavadas e secas. A capacidade de remoção de Met em solução aquosa foi avaliada por meio de análises de adsorção que foram conduzidas a 30 °C, 150 rpm, [Met] 100 mg.L<sup>-1</sup>, por 24 h, em pH 7 e pH 10,5. O por FTIR e MEV, mostrando que os melhores parâmetros de eletrofição foram 14 kV, 12 cm e Ecovio® 15% m.v-1, as análises de FTIR evidenciaram a presença dos sais nas fibras e a remoção dos mesmos após a lavagem. A capacidade de adsorção de Met foi maior em pH 10,5 para todos os adsorventes

utilizados, sendo o filme de Ecovio®/CaCl<sub>2</sub> o que apresentou maior capacidade de remoção 24,88 mg.g<sup>-1</sup>. A presença de sais nas fibras provocou modificações capazes de aumentar sua capacidade de adsorção. Concluiu-se que os adsorventes preparados apresentaram potencial para a remoção de Met em ambientes aquáticos, sendo preferível o uso do polímero por apresentar maior capacidade de adsorção e ser facilmente separado da solução após o processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cloridrato de metformina; adsorção; eletrospinning; carvão ativado.

## ADSORPTION OF METFORMIN HYDROCHLORIDE BY ECOVIO® SOLUTION IN ELECTROSPINNING AND ACTIVATED CARBON

**ABSTRACT:** Metformin (Met) is the active ingredient of the drug used to treat type 2 diabetes mellitus and its presence in rivers and lakes causes the feminization of fish and small animals. In order to remove this contaminant, activated carbon was tested as adsorbent from the heart of the Musa cavendish banana and electrospun Ecovio®, and alternative methods were used to increase its adsorption capacity. The produced charcoal was activated with KOH and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Ecovio® fibers were blocked by electrospinning through the treatment of the polymeric solution with metformin chloride (Met) and CaCl<sub>2</sub>. Polymeric solutions were prepared with Ecovio® solubilized in chloroform and dimethylformamide (DMF) at a ratio of 85/15 v.v<sup>-1</sup> and added at 30% m.m<sup>-1</sup> to the polymer mass, as the fibers were washed and dried. Removal capacity of Met in aqueous solution was evaluated by adsorption analyzes which were conducted at 30°C, 150 rpm, [Met] 100 mg.L<sup>-1</sup> for 24 h at pH 7 and pH 10.5. By FTIR and SEM it was found the best electrospinning parameters were 14 kV, 12 cm and Ecovio® 15% m.v<sup>-1</sup>. FTIR analyzes showed the presence of salts in the fibers and their removal after washing. Met adsorption capacity was higher at pH 10.5 for all adsorbents used, and Ecovio®/CaCl<sub>2</sub> film presented the highest removal capacity 24.88 mg.g<sup>-1</sup>. The presence of salts in the fibers caused modifications capable of increasing their adsorption capacity. It was concluded the prepared adsorbents had potential for the removal of Met in aquatic environments, being preferable the use of the polymer because it presents higher adsorption capacity and is easily separated from the solution after the process.

**KEYWORDS:** Metformin hydrochloride; adsorption; electrospinning; activated carbon.

## 1 | INTRODUÇÃO

A presença de medicamentos no ambiente provoca várias alterações na vida aquática e vegetal, quando presentes em águas superficiais, águas residuais e solo (Dietrich et al., 2002). A metformina (Met) é um medicamento comercializado como cloridrato de metformina, um ingrediente ativo para o tratamento do diabetes mellitus tipo 2. A dose prescrita diariamente para pacientes com essa doença varia de 1.000 a 2.500 mg e a taxa de absorção pelo organismo é de aproximadamente 70%, sendo

excretada principalmente pela urina (Briones et al., 2016; Chandra et al., 2016; Costa et al., 2017). O principal impacto causado pela presença de Met em rios e lagos é a feminização de peixes e pequenos animais devido às alterações provocadas nas gônadas desses animais (Niemuth e Klaper, 2015), Figura 1.

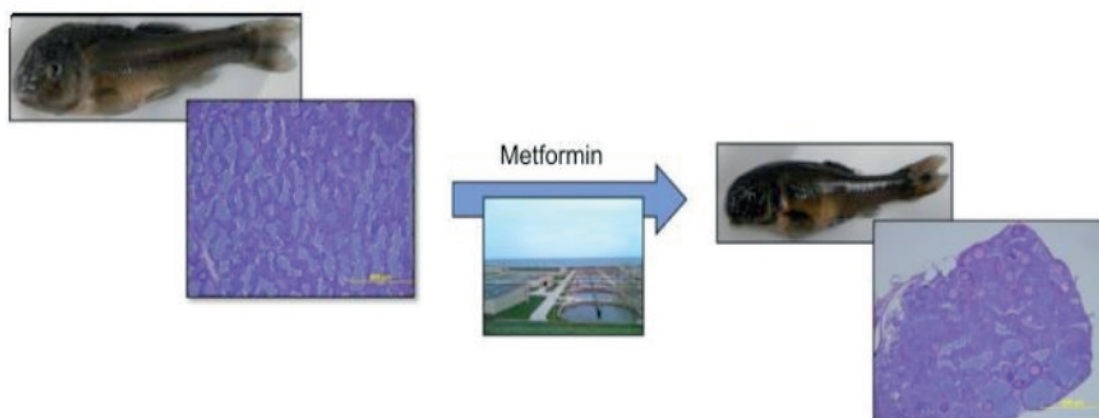


Figura 1: Histologia das gônadas masculinas (Niemuth e Klaper, 2015).

A remoção de Met pode ser obtida através de adsorção, um fenômeno físico-químico em que o componente em uma fase gasosa ou líquida é transferido para a superfície de uma fase sólida (Ruthven, 1984), dessa forma, neste trabalho foram testados como adsorventes o carvão ativado e filmes poliméricos de Ecovio® obtidos por eletrofiação.

O Brasil é um dos principais produtores e consumidores de banana do mundo, juntamente com Equador e China, adaptando-se perfeitamente ao clima tropical úmido (Larotonda, 2008). O carvão ativado utilizado para este trabalho foi produzido a partir de biomassa da flor da bananeira caturra, também conhecida como banana nanica, pertencente à família musácea e de gênero e espécie *Musa cavendish*. Popularmente, a flor da bananeira também é chamada de coração ou umbigo da bananeira.

Outro material utilizado foi o Ecovio®, polímero biodegradável desenvolvido pela BASF, composto em 75% por matéria prima renovável. É mais resistente ao estresse mecânico e à umidade do que outros polímeros biodegradáveis, constituído pela união do ácido polilático (PLA), substância derivada do milho, e Ecoflex®, primeiro produto da linha de materiais biodegradáveis da BASF, o Ecoflex® é um copoliéster biodegradável, chamado de PBAT [poli(adipato de butileno)-co-(tereftalato)] (Company; Richard et al., 2014).

Fibras poliméricas estão sendo estudadas quanto a sua obtenção e aplicações, devido às novas propriedades e funcionalidades que vem sendo dada a estes materiais, a principal forma de obtenção dessas fibras é por meio da eletrofiação (Bhardwaj, N. e Kundu, S., 2010; Costa et al., 2012), Figura 2, que consiste na rápida evaporação do solvente durante a ejeção da solução polimérica presente em uma seringa, devido à ação de uma diferença de potencial gerada entre a ponta da agulha metálica e o coletor onde as fibras serão depositadas (Bhardwaj, N. e Kundu, S. C., 2010).

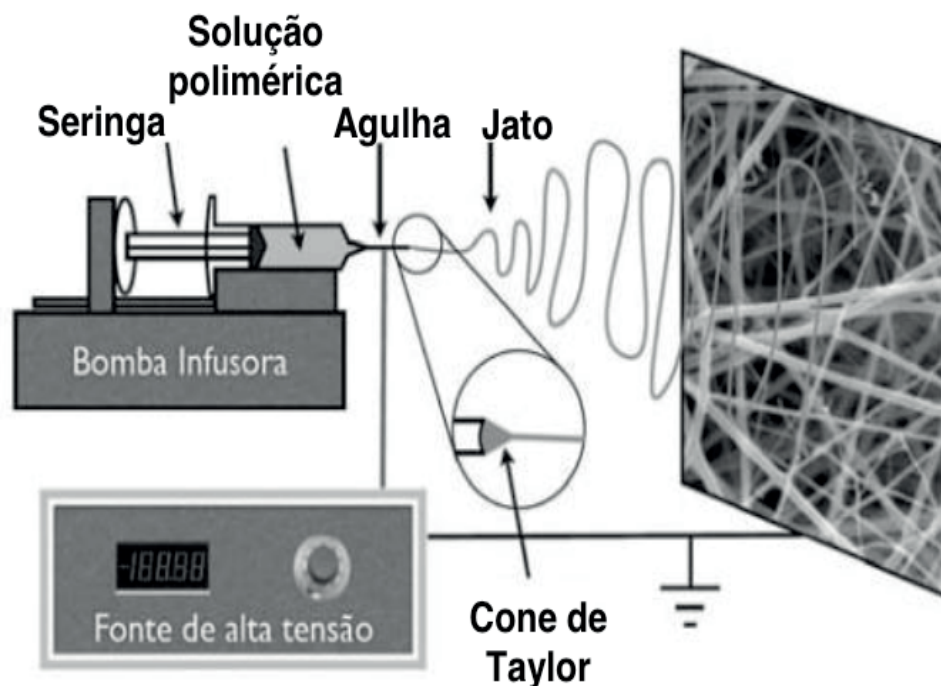


Figura 2: Esquema do sistema de eletrofiação.

Muitos métodos e materiais estão sendo desenvolvidos para facilitar e/ou aperfeiçoar os processos de remoção de contaminantes de águas subterrâneas e superficiais. No presente trabalho, foi possível avaliar a capacidade adsorptiva do carvão ativado e das fibras de Ecovio® na remoção de metformina de águas residuárias urbanas e provenientes da indústria farmacêutica.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Preparo dos adsorventes

Para a produção do carvão ativado, inicialmente o coração da bananeira foi cortado e triturado, seco ao sol e posteriormente submetido ao moinho de facas, ao final desse processo obtemos a biomassa que foi seca a 60 °C na estufa e recebeu tratamento térmico, sendo carbonizada sob atmosfera de N<sub>2</sub> a 650 °C com rampa de aquecimento de 10 °C/min e patamar de 120 minutos. O material obtido, denominado biochar (BC), passou em seguida pela ativação química com KOH e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, parte do BC permaneceu com contato sob agitação com uma solução 0,1 mol.L<sup>-1</sup> de KOH por 2 horas, em seguida foi filtrado e lavado com água ultrapura até pH neutro. Outra parte foi ativada com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, mantendo o contato do BC com solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1% por 2 horas sob agitação, em seguida o material foi lavado até pH neutro. Os carvões ativados obtidos foram secos em estufa a 115 °C para remoção da água. O aspecto inicial e final do adsorvente pode ser observado na Figura 3.

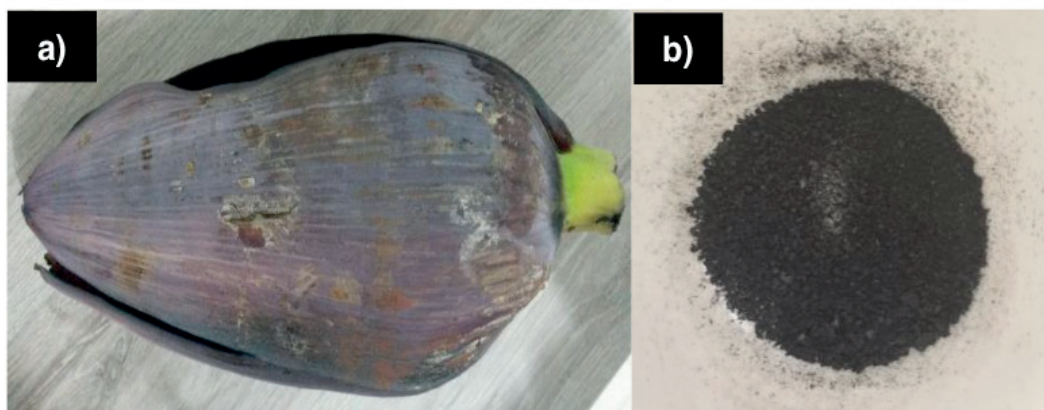


Figura 3: Aspecto inicial e final do adsorvente utilizado para adsorção de Met, a) Coração da bananeira in natura, b) carvão ativado com  $H_2O_2$ .

Na obtenção dos filmes para adsorção foram preparadas soluções poliméricas com clorofórmio e dimetilformamida (DMF), P.A. da marca Neon. De acordo com modificações do procedimento descrito por Goes (2012), o Ecovio® foi primeiramente dissolvido em clorofórmio e depois acrescentado o DMF na proporção 85/15 v.v-1, permanecendo sob agitação por 24 horas (Goes et al., 2012), os parâmetros de eletrofiação foram previamente determinados a fim de se obter fibras contínuas e homogêneas, sendo eles 15% m.v-1 a concentração de polímero na solução, 12 cm a distância entre a agulha e o coletor, 0,5 mL.h<sup>-1</sup> o fluxo de saída da solução da seringa e 14 kV a diferença de potencial aplicada entre a ponta da agulha e o coletor metálico.

Foram preparados quatro filmes, o filme 1 continha apenas Ecovio®, o filme 2 Ecovio® e Met 30% m.m-1 e o filme 3 Ecovio® e CaCl<sub>2</sub> 30% m.m-1, os filmes obtidos apresentavam-se como a imagem na Figura 4. O cloridrato de metformina utilizado no preparo dos filmes e nos testes de adsorção foi fornecido pela Prati-Donaduzzi, com grau de pureza >99%, o CaCl<sub>2</sub> diidratado da Nuclear.



Figura 4: Filme de Ecovio® obtidos por eletrofiação.

## 2.2 Avaliação da capacidade adsorptiva

A quantificação da Met foi realizada por meio de curva analítica, apresentando linearidade na faixa de concentração analisada. A determinação da metformina foi realizada no espectrofotômetro Uv-Vis, Shimadzu UV-1800, num comprimento de onda característico do fármaco, 232 nm, mostrando um pico único e de maior absorvância (Chandra et al., 2016).

A análise quantitativa foi realizada pelo método da padronização externa, utilizando-se 13 níveis de calibração na faixa de concentração de 0 a 10,0 mg.L<sup>-1</sup>, como a solução inicial contendo 500 mg.L<sup>-1</sup> de Met, para o preparo das amostras para leitura foi necessário realizar as devidas diluições. Cada ponto da curva analítica é a média de três medidas, sendo o valor da regressão linear R<sup>2</sup>=0,99984, Figura 5.

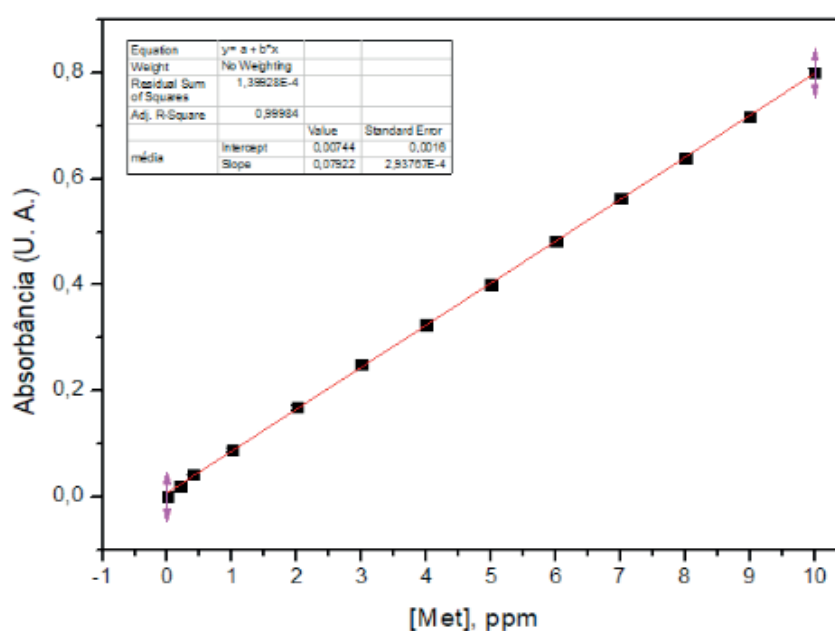


Figura 5: Curva analítica para quantificação dos testes de adsorção de Met.

Para todos os testes de adsorção em batelada, a massa requerida de adsorvente foi pesada e em seguida, foram adicionados 50 mL de solução aquosa contendo 100 ppm de Met. Após submeter o meio a agitação, 150 rpm, por 24 horas a 30 °C, a solução foi removida do contato com o adsorvente, e diluída para leitura no espectrofotômetro Uv-Vis. Os testes foram realizados em pH 7 e 10,5, em pH ácido não foram observados resultados significativos. A eficiência da adsorção foi expressa através da concentração de equilíbrio do contaminante na fase sólida ( $q_e$ ), dado em mg.g<sup>-1</sup> (massa do contaminante adsorvido por massa de filme).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O feito da presença dos sais na aparência morfológica das fibras de Ecovio® foram investigados por meio das imagens de microscopia eletrônica de varredura, realizadas na Universidade Federal do Paraná - Palotina. Assim como verificado na microscopia óptica, os parâmetros de eletrofiação adotados para o Ecovio®, concentração de polímero 15% m.v<sup>-1</sup>, 12 cm a distância entre a agulha e o coletor, d.d.p de 14 kV e fluxo de 0,5 mL.h<sup>-1</sup>, observa-se nas imagens de MEV a formação de fibras contínuas e homogêneas, com pouca ou total ausência de *beads*, Figura 6.

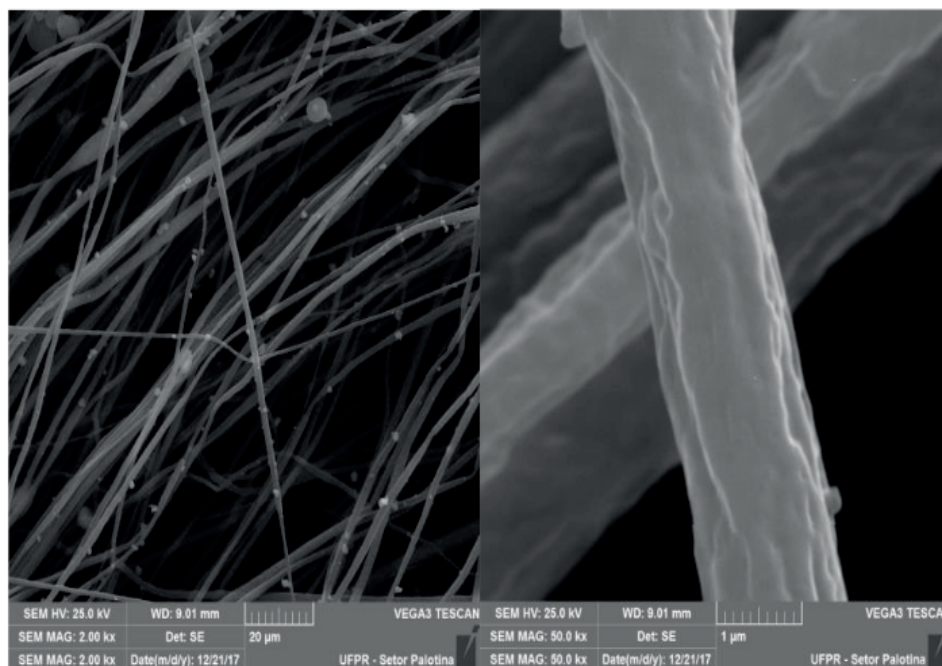


Figura 6: Micrografias das fibras de Ecovio® obtidas por eletrofiação.

Em todas as imagens foi possível observar que as fibras apresentaram rugosidade, o que é importante para materiais adsorventes, devido ao fato de aumentar a área superficial do material.

Os espectros de infravermelho, Figura 7 e 8, foram obtidos no laboratório de Análises Térmicas da UTFPR - Medianeira, para os espectro dos filmes foi utilizando o módulo ATR e espectro vibracional do sal feito com pastilha de KBr, na faixa de 500 cm<sup>-1</sup> à 4000 cm<sup>-1</sup>, demonstraram a presença do sal (Met e CaCl<sub>2</sub>) nas fibras e a remoção dos mesmos após a lavagem conforme observado nas regiões em destaque, porém, deixando modificações estruturais, que podem ser observadas nas bandas localizadas num comprimento de onda de 1712 cm<sup>-1</sup> e 1756 cm<sup>-1</sup> referentes aos constituintes do Ecovio®, o PBAT e o PLA respectivamente (Siyamak et al., 2012; S. Q. S. Amorin et al., 2014).



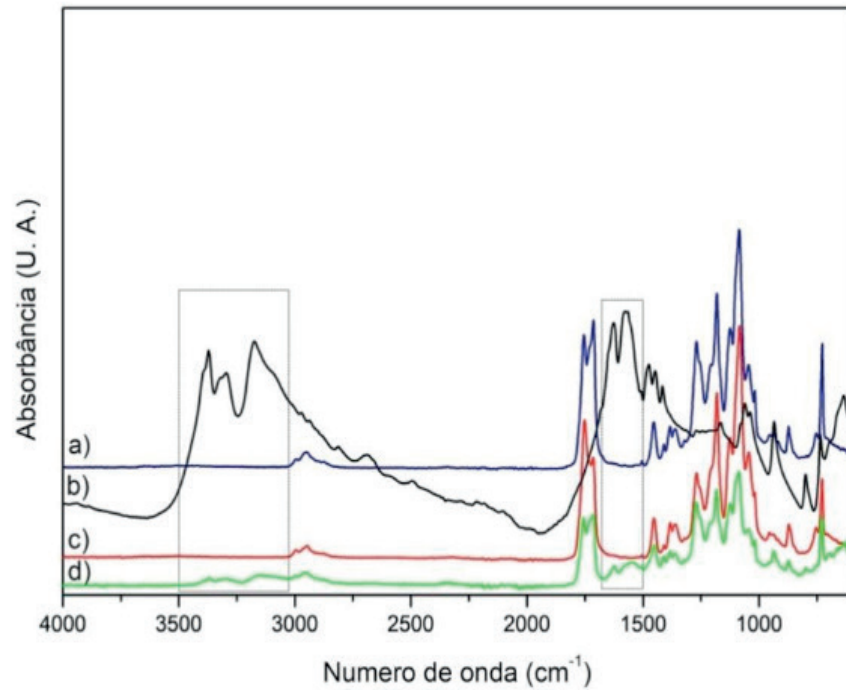


Figura 7: Espectro de infravermelho: a) Ecovio®; b) Met; c) Ecovio®/Met 30% m.m-1 lavado; d) Ecovio®/Met 30% m.m-1.

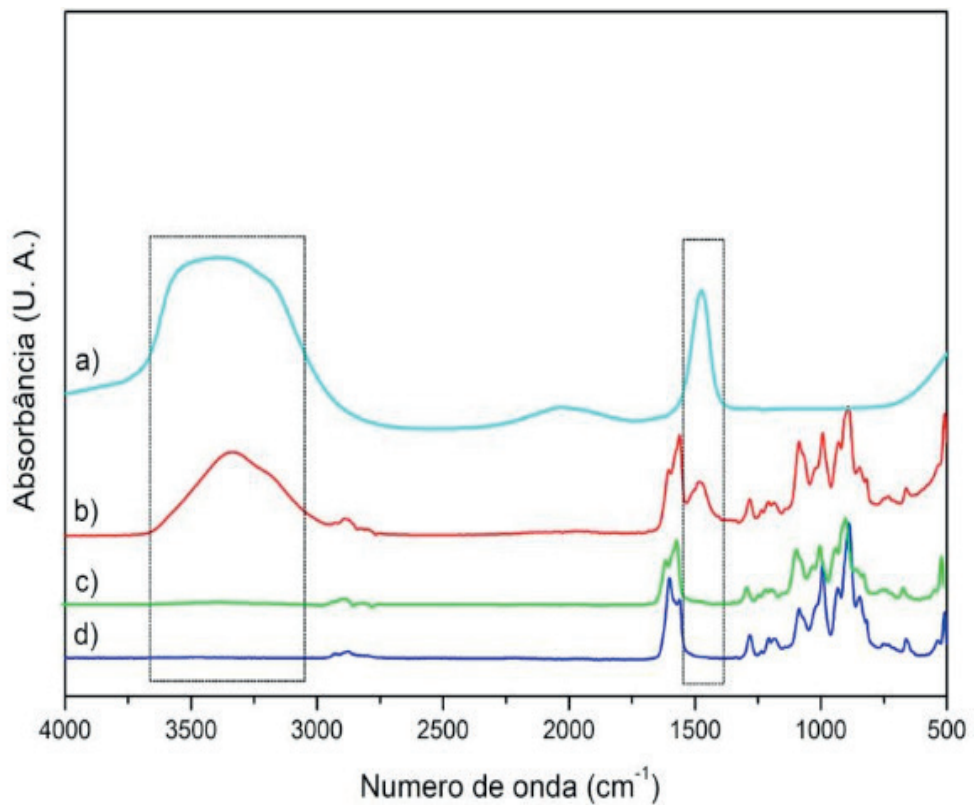


Figura 8: Espectro de infravermelho: a) CaCl<sub>2</sub>; b) Ecovio®/CaCl<sub>2</sub> 30% m.m-1; c) Ecovio®/CaCl<sub>2</sub> 30% m.m-1 lavado; d) Ecovio®.

A maior eficiência adsorptiva ocorreu em meio alcalino para todos os filmes testados, Tabela 1. Em pH 7,0 a maior adsorção ocorreu com o filme eletrofiado de Ecovio®/CaCl<sub>2</sub>,  $q_e = 12,25 \text{ mg.g}^{-1}$ , assim como para pH 10,5, com  $q_e = 24,88 \text{ mg.g}^{-1}$ .

Adsorvente	Capacidade de adsorção q (mg.g <sup>-1</sup> )	
	pH 7,0	pH 10,5
Biochar	7,59	-
Carvão ativado com H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	14,10	-
Carvão ativado com KOH	10,65	-
Ecovio®	2,27	13,67
Ecovio® + Met (30% m/m)	11,81	19,74
Ecovio® + CaCl <sub>2</sub> (6% m/m)	12,23	24,88

Tabela 1: Capacidade de adsorção do Ecovio® e do carvão ativado.

Tendo em vista as caracterizações realizadas não é possível afirmar que os sais permaneceram apenas na superfície ou no interior das fibras, mas a maior capacidade de adsorção para os filmes contendo Met ou CaCl<sub>2</sub>, pode ser explicada devido à, possível, ocorrência de troca iônica entre o adsorvente e o adsorvato.

Quanto a variação de pH, podemos justificar o efeito da capacidade de adsorção ser maior em pH 10,5 por meio do gráfico de distribuição de espécies, Figura 9, entre o pH 9 e 12 tem-se a coexistência de várias espécies de Met, porém, apesar da competição de espécies, todas elas apresentam propriedades semelhantes quanto a sua interação com outros materiais.

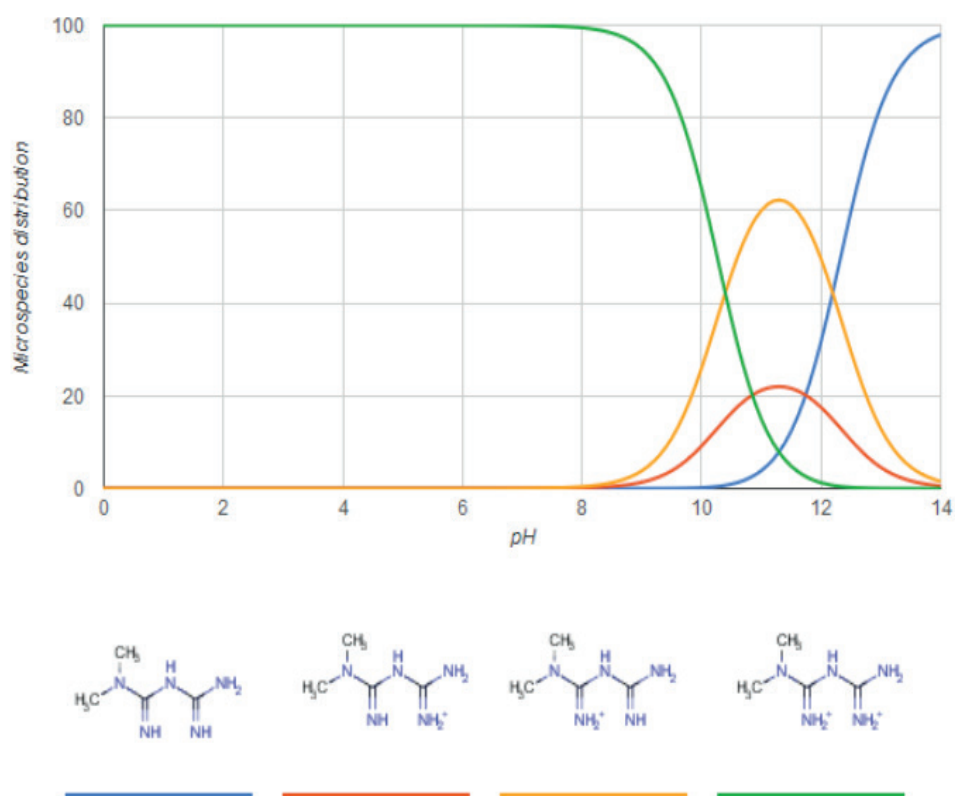


Figura 9: Gráfico da distribuição de espécies do cloridrato de metformina em função do pH (Chemicalize).

## 4 | CONCLUSÃO

Com base nos resultados das caracterizações foi possível notar a presença do sal após a obtenção das fibras e as alterações provocadas nas mesmas após a lavagem para remoção desses sais. As análises de adsorção de Met foram realizadas no pH da solução (7,0) e em pH básico (10,5), sendo observada a dependência do pH no processo de adsorção do fármaco, o pH básico mostrou melhores resultados para todos os filmes testados. Foi possível concluir também que os tratamentos realizados com a adição de sais à solução polimérica provocaram mudanças significativas na capacidade de adsorção das fibras, sendo as fibras de Ecovio®/CaCl<sub>2</sub> 30% m.m<sup>-1</sup> a que apresentou maior capacidade de remoção, com q<sub>e</sub> de 24,88 mg.g<sup>-1</sup>. O presente estudo demonstrou que as fibras poliméricas podem se tornar uma alternativa no tratamento de águas superficiais contaminadas com fármacos.

## REFERÊNCIAS

- BHARDWAJ, N.; KUNDU, S. C. **Electrospinning: A fascinating fiber fabrication technique.** *Biotechnology Advances*, v. 28, n. 3, p. 325-347, mai. 2010. ISSN 0734-9750. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975010000066>>.
- BRIONES, R. M.; SARMAH, A. K.; PADHYE, L. P. **A global perspective on the use, occurrence, fate and effects of anti-diabetic drug metformin in natural and engineered ecosystems.** *Environmental Pollution*, v. 219, p. 1007-1020, dez. 2016. ISSN 0269-7491. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749116306145>>.
- CHANDRA, R.; SINGH, H.; KUMAR, D. **Determination and method validation for metformin hydrochloride drug content from pharmaceutical product by reversed phase high performance liquid chromatography.** *Der Pharmacia Lettre*, v. 8, n. 8, p. 361-366, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84973452255&partnerID=40&md5=db6eaf08304f49bcdd857627dd8ac4d7>>.
- CHEMICALIZE. Disponível em: <<https://chemicalize.com/#/calculation>>. Acesso em: 08/08/2018.
- COMPANY, B. T. C. **Plástico biodegradável Ecovio®: derivado do milho e com várias possibilidades de aplicação.**
- COSTA, A. F. et al. **Carga do diabetes mellitus tipo 2 no Brasil.** *Cadernos de Saúde Pública*, v. 33, 2017. ISSN 0102-311X. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2017000205011&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2017000205011&nrm=iso)>.
- COSTA, R. G. F. et al. **Eletrofiliação de Polímeros em Solução: parte I: fundamentação Teórica.** *Polímeros*, v. 22, p. 170-177, 2012. ISSN 0104-1428. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282012000200012&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282012000200012&nrm=iso)>.
- DIETRICH, D. R.; WEBB, S. F.; PETRY, T. **Hot spot pollutants: pharmaceuticals in the environment.** *Toxicology Letters*, v. 131, n. 1-2, p. 1-3, 5/10/ 2002. ISSN 0378-4274. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378427402000620>>.
- GOES, A. M. et al. **Viabilidade celular de nanofibras de polímeros biodegradáveis e seus nanocompósitos com argila montmorilonita.** *Polímeros*, v. 22, p. 34-41, 2012. ISSN 0104-1428. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282012000100008&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282012000100008&nrm=iso)>.

LAROTONDA, F. D. S. G., AZIZA KAMAL; DANTELA, DANIELA; SOARES, HUGO MOREIRA; LAURINDO, JOÃO BORGES; MOREIRA, REGINA FÁTIMA PERALTA MUNIZ; FERREIRA, SANDRA REGINA SALVADOR. **Study of Banana (Musa aaa Cavendish cv Nanica) Trigger Ripening for Small Scale Process**. Brazilian archives of biology and technology, v. 51, p. 1033-1047, 2008. ISSN 1516-8913.

NIEMUTH, N. J.; KLAPER, R. D. **Emerging wastewater contaminant metformin causes intersex and reduced fecundity in fish**. Chemosphere, v. 135, p. 38-45, 2015/09/01/ 2015. ISSN 0045-6535. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653515002830> >.

RICHARD, J. et al. **Toxicity of the micropollutants Bisphenol A, Ciprofloxacin, Metoprolol and Sulfamethoxazole in water samples before and after the oxidative treatment**. International Journal of Hygiene and Environmental Health, v. 217, n. 4-5, p. 506-514, 4// 2014. ISSN 1438-4639. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463913001363>>. Acesso em: 2014/5//.

RUTHVEN, D. M. **PRINCIPLES OF ADSORPTION AND ADSORPTION PROCESSES**. 1984.

S. Q. S. AMORIN, N. et al. **Study of Thermodegradation and Thermostabilization of Poly( lactide acid) Using Subsequent Extrusion Cycles**. 2014.

SIYAMAK, S. et al. **Effect of Fiber Esterification on Fundamental Properties of Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber/Poly(butylene adipate-co-terephthalate) Biocomposites**. 2012. 1327-46.

## NOTIFICAÇÃO DE ESQUISTOSSOMOSE VERSUS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NO MUNICÍPIO DE SÃO BENTO, NOS ANOS DE 2015/2016

Data de aceite: 30/01/2020

### **Maria Eduarda Franco Costa**

Acadêmica do Curso de Biomedicina,  
Universidade CEUMA

### **Amanda Silva dos Santos Aliança**

Docente do Curso de Biomedicina, Universidade  
CEUMA

### **Larissa Silva Oliveira**

Docente do curso de Enfermagem, UEMA

### **Reginaldo Pereira Oliveira**

Docente do curso de Ciências Agrárias, UEMA

**RESUMO:** A esquistossomose mansoni é uma doença parasitária, causada pelo trematódeo *Schistosoma mansoni*, cujas formas adultas habitam os vasos mesentéricos do hospedeiro definitivo (homem), as formas intermediárias se desenvolvem em caramujos gastrópodes aquáticos do gênero *Biomphalaria*. A magnitude de sua prevalência, associada à severidade das formas clínicas e a sua evolução, conferem a esquistossomose uma grande relevância como problema de saúde público. Assim, reconhecendo que a doença é um fator agravante no Brasil e, sobretudo, no Maranhão, percebeu-se a necessidade de se avaliar os casos notificados no município de São Bento/MA e sua relação com as condições ambientais onde o município está inserido. Para tal,

foram utilizados dados do IBGE e analisados os casos notificados de esquistossomose no Sistema de Informação do Programa de Controle da Esquistossomose (SISPCE), foram selecionadas as variáveis população trabalhada, exames, positivos, porcentagem de positividade e casos tratados. O município de São Bento tem uma população estimada em cerca de 45 mil habitantes com aproximadamente 40% de sua população residente em áreas rurais. Se situa na região da Baixada Maranhense, região que possui muitos campos alagados, condição esta que propicia o turismo e o lazer e a manutenção do ciclo de transmissão da patologia. Nos anos de 2015 e 2016 foram realizados 5.265 e 4.374 exames, respectivamente, dentro de um universo de 10.271 pessoas trabalhadas pelo PCE. Destes, foram detectados 352 casos positivos (% de positividade de 6,69) em 2015 e 217 casos (% de positividade de 4,96) em 2016. Em 2015, 343 casos positivos foram tratados e em 2016, 213 casos foram tratados. O trabalho revela a necessidade de intervenção para que a redução do número de casos observada nos dois anos avaliados se mantenha. Aliado a isto, implementação de campanhas educativas que visam a conscientização da população do município.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Schistosoma mansoni*. Esquistossomose. São Bento.

## AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO TOCANTINS NO PERÍMETRO URBANO DE IMPERATRIZ – MA

Data de submissão: 19/11/2019

Data de aceite: 30/01/2020

**Bruno Araújo Corrêa**

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL

Imperatriz – MA

<http://lattes.cnpq.br/7418652079620494>

**RESUMO:** A área de preservação permanente, é uma área destinada a proteção de zonas consideradas frágeis, como topos de morros, margem de rios, lagos e nascentes. A área de preservação permanente urbana do Rio Tocantins, localizada no município de Imperatriz – MA, apresenta graves impactos ambientais negativos ao ambiente. Assim a identificação dos agentes causadores e os efeitos dos impactos, é essencial para nortear políticas públicas voltadas para a preservação das áreas de preservação permanente. Desse modo o objetivo do presente estudo é identificar os impactos ambientais por através de uma matriz de impacto ambiental e propor medidas mitigadoras e compensatórias. Para a identificação dos impactos foi proposta uma matriz de impacto ambiental, foram classificados e organizados de acordo com o meio em que ocorre (físico, biótico e socioeconômico), tipo de impacto e descrição. Dentre os principais danos

encontrados estão a supressão da vegetação, lançamento de águas contendo resíduos, lixo urbano e construções irregulares. As medidas mitigadoras foram propostas a partir dos impactos identificados, e servirão para nortear planos de recuperação da área de preservação permanente do Rio Tocantins.

**PALAVRAS-CHAVE:** Impacto Ambiental. Medidas Mitigadoras. Matriz de Impacto Ambiental.

### ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN THE PERMANENT PRESERVATION AREA OF THE TOCANTINS RIVER IN THE URBAN PERIMETER OF IMPERATRIZ – MA

**ABSTRACT:** The permanent preservation area APP, is an area intended for the protection of areas considered fragile, such as hilltops, riversides, lakes and springs. The Tocantins River urban APP, located in the municipality of Imperatriz - MA, has serious negative environmental impacts to the environment. Thus the identification of causative agents and the effects of impacts is essential to guide public policies aimed at preserving PPA. Thus, the objective of the present study is to identify environmental impacts through an environmental impact matrix and to propose mitigating and compensatory measures. To identify the impacts, an environmental impact

matrix was proposed, based on the work of Santos (2016) and CONAMA Resolution No. 1 of January 23, 1986 art. 6th, the impacts were classified and organized according to the environment in which it occurs (physical, biotic and socioeconomic), type of impact and description. Among the main damages found are vegetation suppression, wastewater discharge, urban waste and irregular construction. The mitigation measures were proposed based on the identified impacts, and will serve to guide the recovery plans of the Tocantins River APP.

**KEYWORDS:** Environmental Impact. Mitigating Measures. Environmental Impact Matrix.

## 1 | INTRODUÇÃO

O espaço urbano de acordo com Oliveira (2005) pode ser visto como sendo áreas divididas entre espaços construídos pelo homem podendo ser naturais, naturais artificiais, públicos e privados. Sendo assim a concepção da paisagem afirmou-se, como sendo uma interação de elementos naturais e não naturais (FIGUEIRÓ, 1998).

Na Amazônia a formação do espaço urbano iniciou a partir da ocupação territorial. Segundo Alves et al. (2011) essa ocupação foi incentivada no período de 1950-1960 impulsionado principalmente pela construção da rodovia Belém- Brasília e com isso o êxodo rural foi amplamente instigado. No entanto esse crescimento urbano ocorreu de forma desordenada e em locais inapropriados.

O planejamento urbano deve ser entendido como uma etapa primordial para se ter uma coexistência de todos os elementos que compõe o espaço urbano, os planejadores responsáveis por tais articulações devem levar em consideração que as áreas verdes são importantes para a construção da malha urbana (RIBEIRO, 2009).

Santos (2017) afirma que o planejamento das paisagens inseridas no contexto urbano, devem levar em consideração a existência de vários ambientes que se pluralizam em diversos ramos, por isso o planejamento vem para se adaptar de acordo com as cidades que se diferenciam em organizações próprias.

Conforme Lei Nº 12.651/2012 as Áreas de Preservação Permanente (APPs) são áreas protegidas, coberta por vegetação nativa ou não, que tem função ambiental de preservar os recursos hídricos, paisagem, biodiversidade, estabilidade geológica, possibilitar o fluxo gênico das espécies, além de garantir o bem-estar de suas populações (BRASIL, 2012). Logo, a preservação, conservação e recuperação é de grande interesse para as atuais e futuras gerações.

A partir das análises das transformações observadas na APP do Rio Tocantins do município de Imperatriz, pode-se compreender de que forma a cidade cresceu e se desenvolveu ao longo do tempo ou seja de forma desordenada. Sendo umas dessas consequências as inundações que invadem casas principalmente em regiões mais próximas aos afluentes do rio Tocantins agravada mais ainda pela abertura das

comportas da Usina Hidroelétrica de Estreito a montante da cidade.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo identificar através de uma matriz de impacto ambiental os principais danos causados sobre a APP do Rio Tocantins, decorrente da ação antrópica e propor medidas mitigadoras e compensatórias.

## 2 | METODOLOGIA

O estudo foi realizado na zona urbana do município de Imperatriz, região sudoeste do estado do Maranhão. A área de estudo se estende por uma faixa marginal localizado entre a foz do rio Capivara e a ponte Dom Felipe Gregori.

O processo de identificação dos impactos ambientais na área de preservação permanente (APP) foi realizado por meio de revisões bibliográficas, e visita in loco, a área foi dividida em 50 parcelas de 50m x 100m e foram sorteadas 15 para o estudo. Nessas 15 parcelas foi verificado as principais atividades causadoras de danos ambientais a APP. Desse modo foi levado em consideração o meio em que o impacto ocorre, e o tipo de impacto durante as visitas in loco.

Para a análise dos danos foi utilizado a Matriz de Impacto Ambiental adaptada de Santos (2016) e da RESOLUÇÃO CONAMA N° 1, de 23 de janeiro de 1986 art. 6° que trata do estudo de impacto ambiental, inciso I, do diagnóstico ambiental.

Para efeitos legais relacionado com preservação ambiental, conflitos de uso e ocupação do solo, foi consultado a legislação federal, estadual e municipal, a fim de realizar uma contextualização sobre o referido tema, possibilitando a identificação dos principais danos ambientais e a proposição de medidas mitigadoras.

A proposta de uma Matriz de Impacto Ambiental para aplicação na APP do rio Tocantins visa a compreensão dos principais impactos negativos sofrido na área de estudo e os fatores que acarretaram tais impactos (Quadro 1).

Avaliação do Impactos Ambientais			
Meio		Tipo de Impacto	Descrição
Físico	Subsolo	- Erosão ( ) - Assoreamento ( ) -Resíduos sólidos ( )	
	Água e Clima	- Lançamento de águas residuais ( )	
Biótico	Fauna e Flora	- Introdução de espécies exóticas ( ) - Supressão da vegetação nativa ( ) -Introdução de animais domésticos ( )	
Socioeconômico	Uso e Ocupação do solo	- Construções irregulares ( )	

Quadro 1: Matriz para avaliação dos impactos ambientais. Imperatriz (MA), Brasil, 2017.



### 3 | RESULTADOS

Em todas as 15 parcelas foram encontrados despejos de resíduos urbanos como sacolas, garrafas PET, ossos de animais, entulho de construções (Figura 1). De acordo com a NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, para se ter uma classificação de resíduo sólidos é preciso entender a atividade ou processo, que criou os resíduos.



Figura 1: Resíduos sólidos encontrados na margem do rio Tocantins (Parcela 21).

Nas parcelas P10, P21, P27, P34, P35, P37 e P39, existe o lançamento de águas residuais em grandes quantidades. São muitas as doenças associadas a águas contaminadas por resíduos urbanos, entre as mais difundidas estão a dengue, zika vírus (ZKV) e a chikungunya (CHIKV) que tem o mesmo vetor de transmissão o mosquito *Aedes aegypti* altamente adaptado ao meio urbano onde se proliferam facilmente quando não existe um monitoramento e prevenção. De acordo com a FIOCRUZ (2015) os vírus da zika, dengue e chikungunya foram detectados no Brasil em 2015.

Em todas as parcelas observou-se a presença de espécies arbóreas exóticas que usurpam o espaço da flora nativa e dificultam a atração da fauna local indispensável para continuidade da sucessão florestal. E ainda as parcelas 27, 29 e 37 observa-se a presença de herbáceas exóticas invasoras, principalmente de gramíneas, que são de difícil controle pelo seu método de dispersão anemocórico. E por fim em todas as parcelas constatou-se a supressão da regeneração natural nativa. E nas parcelas P21, P39 e P46 observou-se a presença de animais que contribuem para compactação do solo e ainda a presença da espécie *Mangifera indica* L. que inibe a regeneração natural de espécies nativas principalmente pelo efeito alopático do sombreamento excessivo.

Todos as parcelas de APP apresentam ocupação, que vão desde moradinhas

improvisadas, prédios residenciais, barracas e restaurantes. A grande maioria dessas construções foram feitas, sem o devido aval de órgãos gestores do município, uma vez que invasões de áreas são corriqueiras em todas as cidades do Brasil, quando não existe uma fiscalização eficiente e pelo próprio histórico de ocupações desenvolvido ao longo das décadas.

#### 4 | DISCUSSÃO

Para o controle da erosão e do assoreamento presente em todas as parcelas em vários graus de desenvolvimento, recomenda-se aos órgãos competentes a realização de estudos mais apurados sobre a estabilidade do solo, e nível de contaminação. Esses estudos são importantes para se diagnosticar, quais são os agentes causadores de tais impactos.

Entre as medidas propostas estão a proteção do solo exposto, com o plantio de árvores nativas, e a criação de curvas de nível, são recomendadas para essas situações, a desobstrução dos riachos, a canalização de pontos onde existe o lançamento de águas residuais direto no rio, a implantação de canais de drenagem.

As águas residuais que compreende a água já utilizada por todos as atividades humanas no espaço urbano, é recomendado a localização de todos os pontos de lançamento, e sua eventual canalização a fim de direcionar para local adequado (estação de tratamento de esgoto).

Para a recuperação da vegetação é recomendado a utilização de espécies nativas que são mais adaptadas as condições da região. Para tanto os órgãos competentes devem realizar ações de conscientização com o público local e de toda a cidade.

Em zonas onde existe cortes irregulares da vegetação, os agentes fiscalizadores devem realizar trabalhos de investigação e penalização dos eventuais culpados pelos impactos, além de conscientizar, sobre todas as leis municipal, estaduais e federais, que norteiam os crimes contra o meio ambiente.

Também deve-se proceder com a catalogação de plantas invasoras, para posterior controle, e substituição por espécies nativas. De acordo com Machado et al. (2009) plantas invasoras são em sua maioria trazidas por ações antrópicas.

Nas construções sobre o remanescente da APP do rio Tocantins, é recomendável que se desenvolva ações como a desocupação de locais inadequados, a regularização de construções não licenciadas. Afim de prevenir eventuais desmoronamentos, e alagamentos nessas regiões é necessário a criação de uma rede de drenagem, além de conscientizar os moradores já residentes, impedir novas obras irregulares e a remoção de estruturas já danificadas que apresentem risco ao ambiente e a população.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos ambientais na APP do Rio Tocantins, afetam os diferentes elementos do meio ambiente a saber: solo, água, flora e fauna. A identificação desses impactos permite determinar a degradação, os agentes responsáveis (população, empresas, empreendimentos) por tais danos e as medidas mitigadoras necessárias visando a preservação, conservação e recuperação da APP do Rio Tocantins no perímetro urbano de Imperatriz - MA.

## REFERÊNCIAS

ALVES, E. et al. Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010. **Política Agrícola**, [s.i.], v. 20, n. 2, p.80-88, 2011. Trimestral. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/62/51>>. Acesso em: 19/03/2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – classificação. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 74 p.

BRASIL. Código Florestal Brasileiro. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 20/03/2019.

CONAMA. **Resoluções**. Disponível em <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiano.cfm?codlegitipo=3>>. Acessado em 02/05/2019.

FIGUEIRÓ, A. S. **Evolução do conceito de paisagem: uma breve revisão**. Geosul, Florianópolis, v. 13, n 26, p. 40-52, Jul./Dez. 1998.

FIOCRUZ (Ed.). **Zika, chikungunya e dengue: entenda as diferenças**. 2015. Disponível em: <<https://agencia.fiocruz.br/zika-chikungunya-e-dengue-entenda-diferen%C3%A7as>>. Acesso em: 30/05/2019.

MACHADO, C. J. S.; OLIVEIRA, A. E. S. de; MATOS, D. M. S.; PIVELLO, V.; CHAME, M.; SOUZA, R. C. C. L. de; CALAZANS S. H.; SILVA, E. P. Recomendações para elaboração e consolidação de uma estratégia Nacional de prevenção e controle das espécies exóticas no Brasil. **Cienc. Cult**, 2009, v. 61, n.1, pp. 42-45. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v61n1/a15v61n1.pdf>>. Acesso em: 23/04/2016.

OLIVEIRA, Evandro Ziemann de. **A PERCEPÇÃO AMBIENTAL DA ARBORIZAÇÃO URBANA DOS USUÁRIOS DA AVENIDA AFONSO PENA ENTRE AS RUAS CALÓGERAS A CEARÁ DA CIDADE DE CAMPO GRANDE-MS**. 2005. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Universidade Para O Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, Campo Grande, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.pgskroton.com.br/handle/123456789/2997>>. Acesso em: 26/12/2018.

RIBEIRO, Flávia Alice Borges Soares. Arborização Urbana em Uberlândia: Percepção da população. **Revista Católica**, Uberlândia, v. 1, p.224-237, 2009.

SANTOS, I. R. **Elaboração de matriz referência de impactos ambientais e de diagnóstico de passivos ambientais para empresas transmissoras de energia elétrica do Sul do Brasil**. 2016. 326 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2016.

SANTOS, M. J. D. **Análise fitossociologia do remanescente de área de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio Tocantins no perímetro urbano de Imperatriz-MA**. 2018. 37 f.



## **SOBRE O ORGANIZADOR:**

**Elói Martins Senhoras:** Professor associado e pesquisador do Departamento de Relações Internacionais (DRI), do Programa de Especialização em Segurança Pública e Cidadania (MJ/UFRR), do Programa de MBA em Gestão de Cooperativas (OCB-RR/UFRR), do Programa de Mestrado em Geografia (PPG-GEO), do Programa de Mestrado em Sociedade e Fronteiras (PPG-SOF), do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional da Amazônia (PPG-DRA) e do Programa de Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT) da Universidade Federal de Roraima (UFRR). Graduado em Economia. Graduado em Política. Especialista pós-graduado em Administração - Gestão e Estratégia de Empresas. Especialista pós-graduado em Gestão Pública. Mestre em Relações Internacionais. Mestre em Geografia - Geoeconomia e Geopolítica. Doutor em Ciências. Post-Doc em Ciências Jurídicas. Visiting scholar na Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), na University of Texas at Austin, na Universidad de Buenos Aires, na Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México e na National Defense University. Visiting researcher na Escola de Administração Fazendária (ESAF), na Universidad de Belgrano (UB), na University of British Columbia e na University of California, Los Angeles. Professor do quadro de Elaboradores e Revisores do Banco Nacional de Itens (BNI) do Exame Nacional de Desempenho (ENADE) e avaliador do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (BASIS) do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP/MEC). Professor orientador do Programa Agentes Locais de Inovação (ALI) do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE/RR) e pesquisador do Centro de Estudos em Geopolítica e Relações Internacionais (CENEGRI). Organizador das coleções de livros Relações Internacionais e Comunicação & Políticas Públicas pela Editora da Universidade Federal de Roraima (UFRR), bem como colunista do Jornal Roraima em Foco. Membro do conselho editorial da Atena Editora.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorção de água 77, 81, 82, 85, 86

Agregado reciclado 77

Água 10, 56, 68, 70, 77, 81, 82, 83, 85, 86, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 99, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 114, 125, 127, 128

Arborização 2, 5, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 56, 63, 64, 128

Arbusto 27

Áreas verdes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 14, 57, 124

Árvore 17, 19, 22, 25, 29, 31, 33, 53, 58, 60, 61

Atributos físicos e químicos 101, 102

Autodepuração 90, 91, 92, 93, 94, 96, 98, 99

### B

Bananeira 111, 113, 114, 115

Biomassa 41, 42, 52, 53, 54, 70, 113, 114

### C

Calçada 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 25, 56

Capacidade de campo 100, 101, 102, 103, 105, 106, 108, 109

Capacidade de troca de cátions 100, 101, 102, 103, 105

Carbonatação 77, 81, 87

Carbono orgânico 100, 101, 102, 103, 105

Carvão ativado 111, 112, 113, 114, 115, 119

Casca cerâmica 77, 79, 80, 82, 83, 84, 88, 89

Ciências Ambientais 15, 27, 34, 43, 55, 65, 77, 90, 100, 111, 122, 123, 130, 131, 132, 133

Clima 3, 13, 29, 100, 113, 125

Cloridrato de metformina 111, 112, 115, 119

Clorofila 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64

Concreto 2, 77, 80, 81, 83, 84, 85, 87, 88, 89

Copa 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63

Curso hídrico 90, 91, 98

### D

Densidade do solo 100, 101, 102, 103, 105, 106, 109

### E

Eletrofiação 111, 112, 113, 114, 115, 117, 120

Esquistossomose 122

Eucalyptus benthamii 34, 35, 36, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54

## F

Floresta 15, 16, 21, 28, 56, 57, 61, 63, 65, 67, 70, 75

Floresta urbana 15, 16, 21, 28, 56, 57

Florística 28

## G

Gestão 13, 15, 16, 27, 56, 66, 67, 70, 75, 76, 77, 79, 88, 91, 99, 130

Granulometria 100, 101, 102

## I

Índice de vazios 77, 81, 85, 86

## M

Meio ambiente 14, 32, 33, 66, 67, 73, 74, 75, 78, 79, 88, 91, 99, 127, 128

Método de Avaliação Rápida e a Priorização do Manejo 66, 69

Micronutriente 53

Modelagem 13, 90, 91

## P

Pedotransferência 100, 108, 109

Planejamento urbano 28, 124

Plantio 15, 16, 26, 29, 32, 41, 53, 56, 75, 109, 127

Platanus x acerifolia 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63

Poluição 2, 29, 61

Ponto de murcha permanente 100, 101, 102, 105, 106, 108, 109

Preservação ambiental 77, 125

## Q

Qualidade ambiental 13, 14, 28, 29

Qualidade de água 99

Qualidade de vida 1, 2, 13, 29, 33, 56, 91

## R

Reciclagem 74, 77, 79

Resíduo 60, 62, 74, 77, 79, 80, 82, 84, 85, 88, 126

Resistência à compressão 77, 80, 81, 84, 85, 88

## S

Schistosoma mansoni 122

Solo 2, 8, 10, 11, 17, 20, 41, 42, 52, 53, 54, 60, 71, 74, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 125, 126, 127, 128

Sustentabilidade 33, 41, 52

## U

Unidades de conservação 6, 65, 66, 67, 69, 75

Urbano 2, 3, 4, 13, 14, 20, 25, 28, 56, 57, 70, 71, 123, 124, 126, 127, 128



 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**