

ROBSON JOSÉ DE OLIVEIRA
(Organizador)

GESTÃO DE RESÍDUOS E A ELABORAÇÃO DE BIOPRODUTOS PARA USO NA AGRICULTURA

PESQUISA E APLICAÇÃO



editora
científica digital

ROBSON JOSÉ DE OLIVEIRA
(Organizador)

GESTÃO DE RESÍDUOS E A ELABORAÇÃO DE BIOPRODUTOS PARA USO NA AGRICULTURA

PESQUISA E APLICAÇÃO

1ª EDIÇÃO



editora
científica digital

2021 - GUARUJÁ - SP



EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA
Guarujá - São Paulo - Brasil
www.editoracientifica.org - contato@editoracientifica.org

Diagramação e arte	2021 by Editora Científica Digital
Equipe editorial	Copyright© 2021 Editora Científica Digital
Imagens da capa	Copyright do Texto © 2021 Os Autores
Adobe Stock - licensed by Editora Científica Digital - 2021	Copyright da Edição © 2021 Editora Científica Digital
Revisão	Acesso Livre - Open Access
Os autores	

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Editora Científica Digital, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.

O conteúdo dos capítulos e seus dados e sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. É permitido o download e compartilhamento desta obra desde que no formato Acesso Livre (Open Access) com os créditos atribuídos aos respectivos autores, mas sem a possibilidade de alteração de nenhuma forma ou utilização para fins comerciais.



Esta obra está licenciado com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

G393

Gestão de resíduos e a elaboração de bioprodutos para uso na agricultura [livro eletrônico] : pesquisa e aplicação / Organizador Robson José de Oliveira. – Guarujá, SP: Científica Digital, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-89826-89-7

DOI 10.37885/978-65-89826-89-7

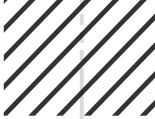
1. Agricultura. 2. Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.). I. Oliveira, Robson José de.

CDD 363.728

Gestão de Resíduos e a Elaboração de Bioprodutos para Uso na Agricultura: pesquisa e aplicação
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

E-BOOK
ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2021



CORPO EDITORIAL

Direção Editorial

Reinaldo Cardoso

João Batista Quintela

Editor Científico

Prof. Dr. Robson José de Oliveira

Assistentes Editoriais

Erick Braga Freire

Bianca Moreira

Sandra Cardoso

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior - CRB6/2422

Jurídico

Dr. Alandelon Cardoso Lima - OAB/SP-307852

CONSELHO EDITORIAL

MESTRES, MESTRAS, DOUTORES E DOUTORAS

Robson José de Oliveira

Universidade Federal do Piauí, Brasil

Eloisa Rosotti Navarro

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Rogério de Melo Grillo

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Carlos Alberto Martins Cordeiro

Universidade Federal do Pará, Brasil

Ernane Rosa Martins

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Brasil

Rossano Sartori Dal Molin

FSG Centro Universitário, Brasil

Domingos Bombo Damião

Universidade Agostinho Neto, Angola

Carlos Alexandre Oelke

Universidade Federal do Pampa, Brasil

Patrício Francisco da Silva

Universidade CEUMA, Brasil

Reinaldo Eduardo da Silva Sales

Instituto Federal do Pará, Brasil

Dalízia Amaral Cruz

Universidade Federal do Pará, Brasil

Susana Jorge Ferreira

Universidade de Évora, Portugal

Fabricao Gomes Gonçalves

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Erival Gonçalves Prata

Universidade Federal do Pará, Brasil

Gevair Campos

Faculdade CNEC Unaí, Brasil

Flávio Aparecido De Almeida

Faculdade Unida de Vitória, Brasil

Mauro Vinicius Dutra Girão

Centro Universitário Ita, Brasil

Clóvis Luciano Giacomet

Universidade Federal do Amapá, Brasil

Giovanna Moraes

Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

André Cutrim Carvalho

Universidade Federal do Pará, Brasil

Silvani Verruck

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Auristela Correa Castro

Universidade Federal do Pará, Brasil

Osvaldo Contador Junior

Faculdade de Tecnologia de Jahu, Brasil

Claudia Maria Rinhel-Silva

Universidade Paulista, Brasil

Dennis Soares Leite

Universidade de São Paulo, Brasil

Silvana Lima Vieira

Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Cristina Berger Fadel

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Graciete Barros Silva

Universidade Estadual de Roraima, Brasil

Juliana Campos Pinheiro

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Cristiano Marins

Universidade Federal Fluminense, Brasil

Silvio Almeida Junior

Universidade de Franca, Brasil

Raimundo Nonato Ferreira Do Nascimento

Universidade Federal do Piauí, Brasil

Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva

Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória, Brasil

Carlos Roberto de Lima

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

Daniel Luciano Gevehr

Faculdades Integradas de Taquara, Brasil

Maria Cristina Zago

Centro Universitário UNIFAAT, Brasil

Wesley Viana Evangelista

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

Samylla Maira Costa Siqueira

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Gloria Maria de Franca

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Antônio Marcos Mota Miranda

Instituto Evandro Chagas, Brasil

Carla da Silva Sousa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

Dennys Ramon de Melo Fernandes Almeida

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Francisco de Sousa Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

Reginaldo da Silva Sales

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Mário Celso Neves De Andrade

Universidade de São Paulo, Brasil

Maria do Carmo de Sousa

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Mauro Luiz Costa Campello

Universidade Paulista, Brasil

Sayonara Cotrim Sabioni

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

Ricardo Pereira Sepini

Universidade Federal de São João Del-Rei, Brasil

Flávio Campos de Moraes

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Sonia Aparecida Cabral

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Brasil

Jonatas Brito de Alencar Neto

Universidade Federal do Ceará, Brasil

Moisés de Souza Mendonça

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Pedro Afonso Cortez

Universidade Metodista de São Paulo, Brasil

Iara Margolis Ribeiro

Universidade do Minho, Brasil

Juliano Pizzano Ayoub

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

Vitor Afonso Hoeflich

Universidade Federal do Paraná, Brasil

Bianca Anacleto Araújo de Sousa

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

Bianca Cerqueira Martins

Universidade Federal do Acre, Brasil

Daniela Remião de Macedo

Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, Portugal

Dioniso de Souza Sampaio

Universidade Federal do Pará, Brasil

Rosemary Laís Galati

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Maria Fernanda Soares Queiroz

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Leonardo Augusto Couto Finelli

Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil

Thais Ranielle Souza de Oliveira

Centro Universitário Euroamericano, Brasil

Alessandra de Souza Martins

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Claudiomir da Silva Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Fabrício dos Santos Ritá

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Danielly de Sousa Nóbrega

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil

Livia Fernandes dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil

Liege Coutinho Goulart Dornellas

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

Ticiano Azevedo Bastos

Secretaria de Estado da Educação de MG, Brasil

Walmir Fernandes Pereira
Miami University of Science and Technology, Estados Unidos da América

Jónata Ferreira De Moura
Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Camila de Moura Vogt
Universidade Federal do Pará, Brasil

José Martins Juliano Eustaquio
Universidade de Uberaba, Brasil

Adriana Leite de Andrade
Universidade Católica de Petrópolis, Brasil

Francisco Carlos Alberto Fonteles Holanda
Universidade Federal do Pará, Brasil

Bruna Almeida da Silva
Universidade do Estado do Pará, Brasil

Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco
Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Brasil

Ronei Aparecido Barbosa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Julio Onésio Ferreira Melo
Universidade Federal de São João Del Rei, Brasil

Juliano José Corbi
Universidade de São Paulo, Brasil

Thadeu Borges Souza Santos
Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho
Universidade Federal do Cariri, Brasil

Francine Náthalia Ferraresi Rodriguess Queluz
Universidade São Francisco, Brasil

Maria Luzete Costa Cavalcante
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Luciane Martins de Oliveira Matos
Faculdade do Ensino Superior de Linhares, Brasil

Rosenerly Pimentel Nascimento
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Irlane Maia de Oliveira
Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Lívia Silveira Duarte Aquino
Universidade Federal do Cariri, Brasil

Xaene Maria Fernandes Mendonça
Universidade Federal do Pará, Brasil

Thaís de Oliveira Carvalho Granado Santos
Universidade Federal do Pará, Brasil

Fábio Ferreira de Carvalho Junior
Fundação Getúlio Vargas, Brasil

Anderson Nunes Lopes
Universidade Luterana do Brasil, Brasil

Carlos Alberto da Silva
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Keila de Souza Silva
Universidade Estadual de Maringá, Brasil

Francisco das Chagas Alves do Nascimento
Universidade Federal do Pará, Brasil

Réia Sílvia Lemos da Costa e Silva Gomes
Universidade Federal do Pará, Brasil

Arinaldo Pereira Silva
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil

Laís Conceição Tavares
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Ana Maria Aguiar Frias
Universidade de Évora, Brasil

Willian Douglas Guilherme
Universidade Federal do Tocantins, Brasil

Evaldo Martins da Silva
Universidade Federal do Pará, Brasil

Biano Alves de Melo Neto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

Antônio Bernardo Mendes de Seica da Providência Santarém
Universidade do Minho, Portugal

Valdemir Pereira de Sousa
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Sheylla Susan Moreira da Silva de Almeida
Universidade Federal do Amapá, Brasil

Miriam Aparecida Rosa
Instituto Federal do Sul de Minas, Brasil

Rayme Tiago Rodrigues Costa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Priscyla Lima de Andrade

Centro Universitário UniFBV, Brasil

Andre Muniz Afonso

Universidade Federal do Paraná, Brasil

Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira

Universidade Estadual do Centro Oeste, Brasil

Gabriel Jesus Alves de Melo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Brasil

Deise Keller Cavalcante

Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro

Larissa Carvalho de Sousa

Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal

Susimeire Vivien Rosotti de Andrade

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Daniel dos Reis Pedrosa

Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil

Wiaslan Figueiredo Martins

Instituto Federal Goiano, Brasil

Lênio José Guerreiro de Faria

Universidade Federal do Pará, Brasil

Tamara Rocha dos Santos

Universidade Federal de Goiás, Brasil

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Gustavo Soares de Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Brasil

Adriana Cristina Bordignon

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Norma Suely Evangelista-Barreto

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil

Larry Oscar Chañi Paucar

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Peru

Pedro Andrés Chira Oliva

Universidade Federal do Pará, Brasil

Daniel Augusto da Silva

Fundação Educacional do Município de Assis, Brasil

Aleteia Hummes Thaines

Faculdades Integradas de Taquara, Brasil

Elisangela Lima Andrade

Universidade Federal do Pará, Brasil

Reinaldo Pacheco Santos

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

Cláudia Catarina Agostinho

Hospital Lusíadas Lisboa, Portugal

Carla Cristina Bauermann Brasil

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Humberto Costa

Universidade Federal do Paraná, Brasil

Ana Paula Felipe Ferreira da Silva

Universidade Potiguar, Brasil

Ernane José Xavier Costa

Universidade de São Paulo, Brasil

Fabricia Zanelato Bertolde

Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

Eliomar Viana Amorim

Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

APRESENTAÇÃO

Esta obra constituiu-se a partir de um processo colaborativo entre professores, estudantes e pesquisadores que se destacaram e qualificaram as discussões neste espaço formativo. Resulta, também, de movimentos interinstitucionais e de ações de incentivo à pesquisa que congregam pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento e de diferentes Instituições de Educação Superior públicas e privadas de abrangência nacional e internacional. Tem como objetivo integrar ações interinstitucionais nacionais e internacionais com redes de pesquisa que tenham a finalidade de fomentar a formação continuada dos profissionais da educação, por meio da produção e socialização de conhecimentos das diversas áreas do Saberes.

Agradecemos aos autores pelo empenho, disponibilidade e dedicação para o desenvolvimento e conclusão dessa obra. Esperamos também que esta obra sirva de instrumento didático-pedagógico para estudantes, professores dos diversos níveis de ensino em seus trabalhos e demais interessados pela temática.

Robson José de Oliveira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01

ADUBAÇÃO ORGÂNICA: BIOMASSAS VEGETAIS NO DESENVOLVIMENTO DO CACAUEIRO

Jefferson Vinicius Bomfim Vieira; Amanda Cruz Santos; Lucas Silva Ferreira; Manuela Queiroz Lima; Waldeo Arenares Ferreira; Stallen Souza Santos; Juliana Garcia Lata Giese

doi 10.37885/210906007 12

CAPÍTULO 02

ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL DE PRESERVATIVO PARA MADEIRAS DE RÁPIDO CRESCIMENTO

Kelly Bossardi Dias; Ricardo Marques Barreiros

doi 10.37885/210604966 34

CAPÍTULO 03

APLICAÇÃO DA MISTURA CATALÍTICA, $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$, NA SÍNTESE DE DI-METÓXI E TRI-METÓXIÉTERES DE GLICEROL, IMPORTANTES ADITIVOS PARA O BIODIESEL E O DIESEL

Sandro Luiz Barbosa dos Santos; Stanlei Ivair Klein; Helvia Nancy Fuzer Lira; Milton de Souza Freitas; Maria Luiza Pereira e Oliveira; Tassio Trindade Mazala; Melina Alves Rodrigues Almeida; Iolanda Araujo Rodrigues

doi 10.37885/210705578 53

CAPÍTULO 04

BOLAS DE SEMENTES COM REJEITO DA BARRAGEM DE FUNDÃO: UMA INOVAÇÃO NA RESTAURAÇÃO FLORESTAL DAS ÁREAS ATINGIDAS NA REGIÃO DE MARIANA, MG

Sebastião Venâncio Martins; William Victor Lisboa Alves; Pedro Manuel Villa; Gabriel Correa Kruschewsky; Andréia Aparecida Dias

doi 10.37885/210805631 61

CAPÍTULO 05

COLETA SELETIVA E RECUPERAÇÃO DE VALOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM CUIABÁ (BRASIL)

Sabrina Fonseca Schmidt; Alexandre Magno de Melo Faria

doi 10.37885/210905963 73

CAPÍTULO 06

INSERÇÃO DE ÁRVORES FRUTÍFERAS NA ARBORIZAÇÃO DO PARQUE LINEAR DA GAME LINHA, ZONA LESTE DE SÃO PAULO

Alessandra Pereira dos Santos Marques; Ana Cláudia Siqueira; Fabiana Aparecida Vilaça; Myllena Nascimento de Castro Vicente; Ana Carolina Barros dos Santos; Débora Cristina da Silva

doi 10.37885/210705576 93

SUMÁRIO

CAPÍTULO 07

POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DA CASCA DE COCO VERDE

Cristiano Liell; Alexandre Magno de Melo Faria

 10.37885/210805827 110

CAPÍTULO 08

PRODUÇÃO DE BIOPIGMENTOS UTILIZANDO-SE HIDROLISADOS DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR – UM ESTUDO COM A LEVEDURA *PICHIA KUDRIAVZEVII*

Gilda Mariano Silva; Rodrigo Berredo Leal Ferreira Amado; Carla Jaqueline Garcia; Felipe Antonio Fernandes Antunes; Júlio César dos Santos; Silvio Silvério da Silva

 10.37885/210805649 139

SOBRE O ORGANIZADOR..... 158

ÍNDICE REMISSIVO 159

Adubação orgânica: biomassas vegetais no desenvolvimento do cacaueiro

| **Jefferson Vinicius Bomfim Vieira**
IF Baiano

| **Amanda Cruz Santos**
IF Baiano

| **Lucas Silva Ferreira**
IF Baiano

| **Manuela Queiroz Lima**
IF Baiano

| **Waldeo Arenares Ferreira**
IF Baiano

| **Stallen Souza Santos**
IF Baiano

| **Juliana Garcia Lata Giese**
IF Baiano

RESUMO

Na adubação orgânica se utiliza biomassa de origem vegetal ou animal, que depois de sua decomposição libera nutriente ao solo, a adubação através de biomassa gera interações microbiológicas que ajudam na nutrição da planta. A ciclagem de nutrientes da matéria orgânica, faz parte dos ciclos biogeoquímicos, fazendo com que sejam devolvidos aos agroecossistemas os nutrientes. A experimentação de biomassa vegetais para a adubação da cultura cacaueira, investiga a utilização de espécies arbóreas comuns as propriedades da região cacaueira na costa do cacau do território de identidade do litoral sul da Bahia. A metodologia conta com 5 tipos de biomassa vegetais (folhas) como, Ora-pro-nóbis (*Pereskia Aculeata*) (B1), Cobi (*Senna Multijuga*) (B2), Nim (*Azadirachta Indica*) (B3), Gliricídia (*Gliricidia Sepium*) (B4) e Leucena (*Leucaena Leucocephala*) (B5) mais 1 controle (C) por solo, com quatro repetições e em dois tipos de solos distintos (arenoso e argiloso), totalizando 48 no total, utilizando o cacau híbrido. Conclui-se também que a adubação orgânica com biomassas vegetais, tem um grande potencial, pois adubos orgânicos produzidos na propriedade podem diminuir os custos com insumos externos.

Palavras-chave: Cacau, Cacaucultura, Região Cacaueira.

■ INTRODUÇÃO

A matéria orgânica tem diversos conjuntos de compostos químicos naturais, formados por moléculas orgânicas como o carbono e o hidrogênio. Os principais efeitos dos adubos orgânicos são sobre as propriedades físicas e químicas do solo, influenciando diretamente na aeração, melhoria da infiltração e armazenamento de água, além de ser fonte de alimentos para a microbiota do solo. “A decomposição”, libera “compostos orgânicos tanto de baixa como de alta massa molecular”, que “exerce influência sobre a disponibilidade de nutrientes no solo” (COSTA, SILVA, RIBEIRO, 2013, p.7). Seus efeitos também minimizam as mudanças de temperatura na superfície do solo, no qual beneficia os processos biológicos.

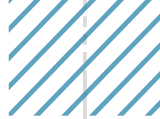
Na adubação orgânica se utiliza biomassas de origem vegetal ou animal que estão em constante dinamismo e transformação no processo de decomposição. A ciclagem de nutrientes da matéria orgânica, faz parte dos ciclos biogeoquímicos, fazendo com que sejam devolvidos aos agroecossistemas os nutrientes, neste processo todos os organismos e fatores abióticos participam do ciclo, aumentando a fertilidade do solo, e disponibilizando de forma lenta e gradual soluções nutritivas.

A adubação orgânica é a prática de colocar no terreno os resíduos orgânicos, como: esterco, urina e restos de animais, palhas, capins, lixo, serragem, restos de culturas e capinas, cama de estábulos ou galinheiros, bagaços, ou farinha de ossos e farinha de carne, entre outros, que se transformam em húmus (LIMA, CAETANO, SOUZA, 2015, p.3).

O cultivo do cacau sofreu uma queda na produtividade no manejo convencional, principalmente durante e após a crise dos anos 80 e 90 causada pelo fungo da vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*), pois esta “doença que acometeu as lavouras de cacau a partir de 1989, quase as dizimando” (ROCHA, 2012, p.107), levando ao decline-o da região cacauzeira, do Litoral Sul e Baixo Sul da Bahia. “Alguns cacauicultores, já no início do período da crise” ocasionada pelo fungo, “mostraram-se temerosos com o futuro” (ROCHA, 2012, p.108).

Os aspectos socioeconômicos, posteriores ao início da década de 90, influenciaram buscas por alternativas para a lavoura do cacau cabruca. “A cacauicultura orgânica, no sul da Bahia, inserida nesse contexto, representa alternativa frente à pouca rentabilidade do sistema de cultivo tradicional com cacau, considerando um mercado consumidor em potencial crescimento” (GOMES, PIRES. p. 44. 2015).

A cabruca é basicamente o sistema de cultivo debaixo do conjunto florestal, que permitiu maior manutenção da biodiversidade, comparado as outras regiões do território, que substituíram o cultivo do cacau, com “a retirada da vegetação e sua substituição por outros tipos de uso do solo”, como o pasto “com maior impacto” (SILVA, BOMFIM, 2012, p.138). Decorrente destes fatores algumas áreas agrícolas foram degradadas.



Aspectos históricos da cacauicultura

A cultura do cacauieiro (*Theobroma cacao* L.), tem um grande legado “a história inicia-se há séculos com as civilizações Asteca e Maia” (BATISTA, 2008 p.13), com o decorrer do tempo tornou-se referência de riqueza no Brasil principalmente no Estado da Bahia, tendo maior importância econômica nos municípios da Costa do Cacau. É apreciado pelo seu fruto estimulante, que é consumido *in natura* ou depois de beneficiamento, como por exemplo o nibs e o chocolate.

O cacau “foi citado pela primeira vez na literatura botânica quando Chales de L’Écluse o descreveu com o nome *Cacao Fructos*” (BATISTA, 2008, p.13), seu nome científico *Theobroma Fructos*, veio através do botânico sueco Carolus Linnaeus em 1735, sendo alterada posteriormente em “1753” para “*Theobroma cacao*, como permanece até hoje”. (ROCHA, 2008, p.35).

O cacauieiro, é a planta produtora de um fruto muito cobiçado por conta de suas amêndoas, quando os espanhóis chegaram no continente americano os povos indígenas, já cultivavam o *Cacahuatl* (cacauieiro ou árvore-da-vida), “os maias, por volta de 600 ac, já conheciam o chocolate” (BATISTA, 2008, p.13) um preparado proveniente do fruto do cacauieiro, sendo considerado sagrado, entre muitas culturas principalmente no México e América central. “Os Incas que viviam há milhares de quilômetros de distância dos Astecas, produziam cacau em quantidade suficiente para uso de toda a população” (BATISTA, 2008, p.13).

O fruto já foi o principal objeto econômico na antiguidade, atualmente o cacau desperta interesses, principalmente em regiões onde o cultivo do cacau é parte da cultura local. O cacau chega no estado da Bahia por volta de 1746, sendo transportada do Pará para o Litoral sul da Bahia, no atual município de canavieiras, só em 1752, que se foram plantadas as sementes que iniciaram o cultivo no município de Ilhéus. “Com o estabelecimento e o desenvolvimento da lavoura cacauieira, a região Sul da Bahia, a partir do final do século XIX e início do XX, passou a ser vista como um Eldorado.” (ROCHA, 2008, p.13).

“A área da Bahia, é o único estado” da “Região Nordeste” com a maior produção significativa, representando “69,7%” da área de cultivo nacional, “403 mil ha” (BRAINER, 2021, p.1). Para manter a produção da região cacauieira idealizou-se, o Instituto do Cacau da Bahia (ICB), criado pelo decreto nº 7.430, em junho de 1931, reestruturado pelo decreto-lei nº 11.861, em março de 1941; a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), “Criada em 20 de fevereiro de 1957” (BRASIL, 2021) “com todos os seus órgãos: Centro de Pesquisa do Cacau - CEPEC, Centro de Extensão - CENEX, Escola Média de Agropecuária da Região Cacaueira - EMARC; a hoje Central Nacional dos Produtores de Cacau - CNPC, entre outros” (ROCHA, 2008, p.14).





Após a virada do século XXI, na região cacaujeira do Litoral Sul da Bahia, que abrange 41 municípios que somam 21,3 km², buscou-se, alternativas para restaurar a economia na região, por conta da crise proveniente da vassoura-de-bruxa. Produtores transitaram para os mais diversos modelos de produção, orgânica, agroflorestais e outros moldes livres de agrotóxicos, incluindo os sistemas agrícolas que utilizam as biomassas das plantas como principal fonte de energia.

Grupos ligados principalmente às organizações não governamentais procuram promover um manejo agroecológico, orgânico e/ou conservacionista, visando agregar valor ao cacau, por meio de certificações de cunho socioambiental que reconhecem o papel da produção desse fruto na conservação da socio-biodiversidade local. (PIASENTIN, SAITO, 2014 p.16)

Aspectos gerais do cacaujeiro e principais características na produção de mudas.

O cacau (*Theobroma cacao*) é uma espécie *angiosperma* da classe *Magnoliopsida*, da família *Malvales* e do gênero *Theobroma*. Apresenta folhas simples e tem característica de sub-bosque, que garante seu desenvolvimento debaixo da sombra de outras árvores, popularmente conhecidas como cabruqueiras, este modelo de agricultura denomina-se “simplesmente como cabruca,” que é o sistema no qual “o cacau é cultivado a sombra de árvores diversas, a maioria nativas.” (SAMBUICHI, MIELKE, PEREIRA, 2009 p.97).

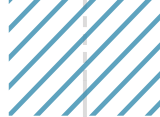
O plantio geralmente acontece na época chuvosa, a produção de frutos acontece duas vezes ao ano, em marco e agosto (temporão) e em setembro e fevereiro (safra). As temperaturas adequadas para o cultivo giram em torno de “médias anuais entre 25°C e 27°C, não suportando temperaturas inferiores a 15°C” (ROCHA, 2008, p.13), além de suportar por um período curto de tempo, sol intenso.

A parte aérea do cacau é percebível acima do nível do solo, sendo composta por caule, folhas, flores (botão floral), frutos e sementes. “O ponto de crescimento da parte aérea, a plúmula, cresce para fora da semente e a plântula em desenvolvimento emerge do solo” (PEIXOTO, 2017, p.22).

Sua formação inicial é a partir do embrião protegido pela parte externa da semente, onde se concentra as células meristemáticas. Após a germinação estas células que ficam concentradas nas gemas apicais, lateral e radicular da planta, são responsáveis pela “divisão nas células vegetativas” (PEIXOTO, 2017, p.41), desta forma, direciona o crescimento e desenvolvimento de estruturas para garantir a busca por água, nutrientes e sustentação dos órgãos responsáveis por captar luz solar, para a fotossíntese.

O seu tamanho varia a depender de qual manejo está sendo empregado, como exemplo destaca-se os sistemas de manejo, extrativista, cabruca e a pleno sol. No modelo extrativista, pode atingir “altura de 20 metros” nestes locais, quando em competição com outras





espécies do conjunto florestal (SENAR, 2018, p.10); no manejo do sistema cabruca, que seu tamanho médio nas áreas antigas fica entre “5 à 8 metros” de altura (SENAR, 2018, p.10), atualmente recomenda-se um tamanho médio de 2,5 a 3 metros para cacaueiros em sistema cabruca; e no manejo a pleno sol esta frutífera fica bastante reduzida, seu tamanho médio gira em torno 2 e 2,5.

As folhas são as principais responsáveis, por transformação da seiva bruta (rica em sais minerais e água) em seiva elaborada ao fotossintetizar, além disso as folhas também têm função de respiração e transpiração no vegetal.

Flores, frutos e sementes garantem a reprodução, sendo considerados os principais produtos econômicos para os produtores de cacau, a parte aérea está diretamente envolvida com a transformação de compostos elaborados provenientes da nutrição da planta e produção de frutos.

O sistema radicular “é o órgão da planta que geralmente cresce dentro do solo”, é ausente de clorofila e tem duas funções principais, a de fixação e nutrição vegetal “absorvendo” da “solução” nutritiva do solo (LIMA, SILVA, CASTRO, 2006, p.2).

No sistema radicular existem divisões composta em zonas, sendo elas zona suberosa, zona pilífera, zona de alongamento, zona meristemática e a coifa na ponta radicular, essas zonas se aplicam tanto para as pivotantes quanto para as axilares, ou seja, “as raízes primárias e laterais, adventícias ou não, têm as mesmas características e a mesma conformação geral” (LIMA, SILVA, CASTRO, 2006, p.2).

Por definição as raízes pivotantes e/ou axiais são característica das dicotiledôneas, “apresenta uma raiz principal, maior e mais desenvolvida, que penetra perpendicularmente no solo e forma muitas raízes secundárias” (LIMA, SILVA, CASTRO, 2006, p.3). Este eixo principal alcança horizontes mais profundos em busca de água, nutrientes e minerais, características das culturas perenes como nos cultivos das frutas.

As raízes em contato com o solo criam uma zona de alta atividade microbiológica, conhecida como rizosfera, que pode ser compreendida como “a região do solo que recebe influência direta das raízes, possibilitando proliferação microbiana” (CARDOSO, NOGUEIRA, 2007, p.85). Os fatores de crescimento são substâncias produzidas e excretadas pela própria planta, conhecidas também como exsudatos. Estas substâncias favorecem o desenvolvimento de colônias de microrganismos, que interagem com a planta criando uma área de proteção contra patógenos, além de ser uma zona rico em substancias excretada pela massa microbiana, principalmente nos modelos de produção orgânica. Em termos gerais a rizosfera tem influência na nutrição da planta e proteção do sistema radicular de forma indireta, ao associar microrganismos benéficos, inibidores, competidores e/ou predadores de patógenos. “Os exsudatos radiculares influenciam o crescimento” de microrganismos que “colonizam





a rizosfera pela alteração do ambiente do solo circundante, servindo como substrato para crescimento seletivo de microrganismos do solo” (CARDOSO, NOGUEIRA, 2007, p.85).

Fatores de crescimento (FC) são substâncias orgânicas essenciais ou estimulantes para o crescimento de organismos e que são requeridas em pequenas quantidades (1 a 100 mg. L⁻¹). Alguns exemplos são as vitaminas, purinas, pirimidinas e aminoácidos que podem ser produzidos por excreções de raízes, por resíduos orgânicos ou pelos próprios microrganismos. (MOREIRA, MOREIRA, 2016 p. 124.)

Os cacauzeiros preferem solos com maior profundidade, boa permeabilidade e fertilidade.

Uma das principais características da produção de mudas do cacau, são as enxertias, neste caso utiliza-se uma parte do vegetal que são os galhos de uma planta adulta, ou seja, que já passou pelos estágios de floração e frutificação. Estas hastes são unidas, introduzidas (enxertadas) nas mudas mais jovens (seminais). Desta forma é possível fazer clones que produzam em menor tempo, comparadas as mudas seminais que não passaram por esse processo. “A enxertia é uma associação íntima entre duas partes de diferentes plantas que continuam seu crescimento como um ser único” (RIBEIRO, *et al*, 2005, p.1).

É recomendado a enxertia de cacauzeiros geralmente em mudas seminais ou em brotos basais, com bom desenvolvimento vegetativo e que apresente uma média mínima de diâmetro variando entre 0,7 e 1,0 cm. Existem várias maneiras de se realizar essa técnica, como por exemplo, a enxertia precoce com 30 dias, nesse método “geralmente se utiliza a técnica da enxertia por garfagem lateral” (MARINATO, *et al*, 2013, p.2). Em geral as enxertias podem ser feitas em qual quer período de vida do cacauzeiro, recomenda-se a utilização de variedades clonais resistentes a vassoura-de-bruxa.

“A utilização de técnicas de enxertia permite acelerar” a produção e desenvolvimento do vegetal “minimizando os custos envolvidos” (MARINATO, *et al*, 2013, p.2). São utilizadas com mais frequência as técnicas de garfagem de topo, garfagem lateral, e borbulhia em janela aberta, onde é realizado tanto em mudas no viveiro, quanto no campo. “Hoje em dia, em fruticultura, tantas são as vantagens advindas da enxertia, que para a maioria das espécies de interesse comercial, praticamente não se pensa em trabalhar com plantas que não sejam enxertadas.” (RIBEIRO, *et al*, 2005, p.2).

De modo geral esta técnica é de fácil execução, principalmente por produtores rurais em seus cultivos que visam a produção de frutos em pequenas áreas, sendo possível realizar esta prática durante boa parte do ano. Segundo Sodré (2017) “A propagação vegetativa em cacauzeiro, já vinha sendo usada na América central desde o século passado”, inseridos nos pacotes tecnológicos da CEPLAC.

Contudo uma das principais características, para avaliar o desenvolvimento das mudas de cacau é a diagnose visual. Um vegetal não se desenvolve normalmente se não obtiver





todos os nutrientes exigidos, que são necessários para o seu crescimento. De acordo com a lei do mínimo, “também é conhecida como lei de Liebig,” que “foi enunciada em 1843,” caracteriza a relação direta de nutrição e “crescimento vegetal” segundo “a quantidade do elemento existente no solo” (MENDES, 2007, p.15), ou seja, o desenvolvimento de uma planta está limitado, pelo nutriente que está em menor proporção no solo, em detrimento da exigência nutricional da cultura.

Certamente, todos os nutrientes em quantidades e proporções adequadas disponíveis no solo, não irá deixar a cultura com sintomas visíveis de carência.

A diagnose visual tem como vantagem ser de fácil execução, rápido e de baixo custo, nas desvantagens destaca-se que o método é puramente qualitativo, não podendo mensurar qual o nível ou estagio da deficiência de forma precisa, as ocorrências múltiplas de deficiência em uma única planta e as semelhanças dos sintomas, são outras das desvantagens desse método. “A análise química de solo e de planta, assim como a interpretação de sintomas visuais de deficiência nutricionais nas plantas, são os principais meios empregados na avaliação da fertilidade do solo.” (MENDES, 2007, p.52)

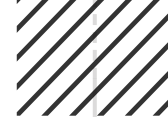
Os nutrientes essenciais as plantas são nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e enxofre (S), estes fazem parte dos macronutrientes e os micronutrientes são, boro (B), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), molibdênio (Mo) e cloro (Cl). A falta de qual quer um destes a depender da exigência da cultura pode gerar frustrações com a cultura e/ou até perda da produção.

Observando o crescimento durante um período de tempo, permite-se avaliar o crescimento do cacaueiro, sendo possível identificar quais as melhores plantas para a produção de mudas. Na fase inicial do seu desenvolvimento de forma empírica o produtor, pode utilizar materiais de fácil acesso na propriedade para a nutrição das mudas elaborando compostos orgânicos, porém em muitos casos os mesmos desconhecem o potencial das biomassas vegetais em suas propriedades, para a produção de mudas sadias.

■ METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido no Instituto Federal Baiano *Campus* Uruçuca, em casa de vegetação nas seguintes coordenadas latitude 14° 35' 46,505" S, longitude 39° 35' 46,505" W. A metodologia conta com 5 tipos de biomassa vegetais (folhas) como, Ora-pro-nóbis (*Pereskia Aculeata*) (B1), Cobi (*Senna Multijuga*) (B2), Nim (*Azadirachta Indica*) (B3), Gliricídia (*Gliricidia Sepium*) (B4) e Leucena (*Leucaena Leucocephala*) (B5) mais 1 controle (C) por solo, com quatro repetições e em dois tipos de solos distintos (arenoso e argiloso), totalizando 24 vasos por solo e 48 no total.





O período da experimentação foi de 4 meses, sendo implantada e finalizada entre 06/2019 e 09/2019, conduzida com o cacau híbrido, executada nas seguintes etapas: 1) coleta das biomassas; 2) secagem em estufa de ventilação forçada; 3) trituração do material em moedor de facas industrial; 4) distribuição de 75g de cada biomassas em 5 litros de solo em delineamento de blocos casualizados; 5) 30 dias de mineralização das biomassas nos solos em cada vaso; 6) plantios das sementes e condução do experimento no período de 3 meses após a germinação; 7) diagnose visual; 8); coletas e análises estatísticas no programa Sisvar, a 0,01% de significância; 9) pesquisas bibliográficas no meio científico que norteiam a experimentação.

Para identificar deficiências, utilizou-se no experimento do cacau híbrido (*Theobroma cacao*) a diagnose visual, considerada uma importante ferramenta para avaliar os sintomas de deficiência ou toxidez de um determinado elemento, pela aparência da planta, sobretudo, pela coloração e textura de suas folhas. “A diagnose foliar consiste no monitoramento do estado nutricional das plantas. A falta ou excesso de um elemento é evidenciado por teores de referência e anomalias típicas de cada elemento” (CHEPOTE, *et al.* P.14. 2013).

■ RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por conta dos diferentes tipos de solos e para melhor análise dos dados, foi feita 3 análises estatística no Sisvar, (argiloso, arenoso e ambos os solos) para cada ponto estudado (parte aérea, diâmetro do caule e sistema radicular). Através desta pesquisa foram obtidos os seguintes resultados.

■ ANÁLISE DA PARTE AÉREA

Solo argiloso

Segue análise estatística a 0,01% referente a parte aérea no solo argiloso.

Tabela 01. Tabela de análise de variância dos tratamentos. GL - Graus de Liberdade; CV - Coeficiente de variação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	5	220.817083	44.163417	1.191	0.3598
BLOCOS	3	170.057917	56.685972	1.528	0.2480
erro	15	556.404583	37.093639		
Total corrigido	23	947.279583			
CV (%) =	21.16				
Média geral:	28.7791667	Número de observações:		24	

Fonte: Arquivo pessoal.



Tabela 02. Análise da Tabela Tukey a 0,01% de significância, solo argiloso.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
B5	23.425000	a1
B4	26.550000	a1
B1	28.450000	a1
C	30.925000	a1
B2	31.325000	a1
B3	32.000000	a1

Fonte: Arquivo pessoal.

Os tratamentos não se diferenciaram estatisticamente quando avaliados os efeitos das biomassas incorporadas ao solo argiloso.

Solo Arenoso

Segue análise estatística a 0,01% referente a parte aérea no solo arenoso.

Tabela 03. Tabela de análise de variância dos tratamentos. GL - Graus de Liberdade; CV - Coeficiente de variação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	5	318.502083	63.700417	5.130	0.0061
BLOCOS	3	21.654583	7.218194	0.581	0.6363
erro	15	186.242917	12.416194		
Total corrigido	23	526.399583			
CV (%) =	11.61				
Média geral:	30.3458333	Número de observações:		24	

Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 04. Análise da Tabela Tukey a 0,01% de significância, solo arenoso.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
B1	25.125000	a1
B3	27.125000	a1 a2
C	29.375000	a1 a2
B4	31.075000	a1 a2
B2	33.500000	a1 a2
B5	35.875000	a2

Fonte: Arquivo pessoal.

A leucena (B5) diferencia-se de B1, porém não se diferencia das demais.

Ambos os solos

Segue análise estatística a 0,01% referente a parte aérea em ambos os solos.

Tabela 05. Tabela de análise de variância dos tratamentos. GL - Graus de Liberdade; CV - Coeficiente de variação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	5	133.907500	26.781500	0.835	0.5327
BLOCOS	3	118.837500	39.612500	1.236	0.3098
erro	39	1250.387500	32.061218		
Total corrigido	47	1503.132500			
CV (%) =	19.15				
Média geral:	29.5625000	Número de observações:		48	

Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 06. Análise da Tabela Tukey a 0,01% de significância, em ambos os solos.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
B1	26.787500	a1
B4	28.812500	a1
B3	29.562500	a1
B5	29.650000	a1
C	30.150000	a1
B2	32.412500	a1

Fonte: Arquivo pessoal.

Com a análise dos resultados sobre os efeitos das biomassas de ambos os solos, é demonstrado que os tratamentos não se diferenciaram estatisticamente.

Porém ao avaliar separadamente o solo argiloso (tabela 02) obteve-se um destaque para a Leucena (B5) que se diferenciou da Ora-pro-nobis (B1), mas não se diferenciou das demais biomassas. No solo arenoso (tabela 04) nenhuma das biomassas tiveram diferenças significativas, porém, dentre os tratamentos a biomassa vegetal o Cobi (B2), árvore nativa na mata atlântica, demonstrou melhores resultados, principalmente quando avaliado em ambos os solos (tabela 06) no desenvolvimento em relação a parte aérea do cacau híbrido.

Análise do diâmetro do caule

Solo argiloso

Segue análise estatística a 0,01% referente ao diâmetro do caule no solo argiloso.

Tabela 07. Tabela de análise de variância dos tratamentos. GL - Graus de Liberdade; CV - Coeficiente de variação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	5	8.504083	1.700817	1.660	0.2048
BLOCOS	3	4.844500	1.614833	1.576	0.2366
erro	15	15.366350	1.024423		
Total corrigido	23	28.714933			
CV (%) =	13.43				
Média geral:	7.5383333	Número de observações:		24	

Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 08. Análise da Tabela Tukey a 0,01% de significância, solo argiloso.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
B5	6.602500	al
C	7.200000	al
B4	7.295000	al
B2	7.595000	al
B1	8.212500	al
B3	8.325000	al

Fonte: Arquivo pessoal.

Os tratamentos não se diferenciaram estatisticamente quando avaliados os efeitos das biomassas incorporadas ao solo argiloso.

Solo arenoso

Segue análise estatística a 0,01% referente ao diâmetro do caule no solo arenoso.

Tabela 09. Tabela de análise de variância dos tratamentos. GL - Graus de Liberdade; CV - Coeficiente de variação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	5	5.409483	1.081897	0.969	0.4676
BLOCO	3	5.638767	1.879589	1.683	0.2132
erro	15	16.751083	1.116739		
Total corrigido	23	27.799333			
CV (%) =	12.61				
Média geral:	8.3816667	Número de observações:		24	

Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 10. Análise da Tabela Tukey a 0,01% de significância, solo arenoso.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
B4	7.787500	a1
C	7.972500	a1
B5	7.987500	a1
B3	8.772500	a1
B2	8.792500	a1
B1	8.977500	a1

Fonte: Arquivo pessoal.

Os tratamentos não se diferenciaram estatisticamente quando avaliados os efeitos das biomassas incorporadas ao solo arenoso.

Ambos os solos

Segue análise estatística a 0,01% referente ao diâmetro do caule em ambos os solos.

Tabela 11. Tabela de análise de variância dos tratamentos. GL - Graus de Liberdade; CV - Coeficiente de variação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	5	12.494050	2.498810	1.871	0.1217
BLOCOS	3	0.478550	0.159517	0.119	0.9483
erro	39	52.076200	1.335287		
Total corrigido	47	65.048800			
CV (%) =	14.52				
Média geral:	7.9600000	Número de observações:		48	

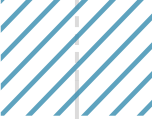
Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 12. Análise da Tabela Tukey a 0,01% de significância, ambos os solos.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
B5	7.295000	a1
B4	7.541250	a1
C	7.586250	a1
B2	8.193750	a1
B3	8.548750	a1
B1	8.595000	a1

Fonte: Arquivo pessoal.

Ao analisar o diâmetro do caule em ambos os solos, conclui-se que não houve destaque no quesito diâmetro do caule. Porém dentre as biomassas vegetais a ora-pro-nóbis (B1) demonstrou bom desenvolvimento em relação as outras biomassas, quando avaliadas em ambos os solos.



Ao analisar nos dois tipos de solos, o desenvolvimento do diâmetro do caule no caueiro para o processo de enxertia, obteve-se uma média de 8,6 mm, ou seja, 0,86 cm de diâmetro, demonstrando-se apto para a enxertia.

■ ANÁLISE DO SISTEMA RADICULAR

Solo argiloso

Segue análise estatística a 0,01% referente ao sistema radicular no solo argiloso

Tabela 13. Tabela de análise de variância dos tratamentos. GL - Graus de Liberdade; CV - Coeficiente de variação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	5	4017.572083	803.514417	5.238	0.0056
BLOCOS	3	1059.081250	353.027083	2.301	0.1188
erro	15	2301.226250	153.415083		
Total corrigido	23	7377.879583			
CV (%) =	27.63				
Média geral:	44.8208333	Número de observações:		24	

Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 14. Análise da Tabela Tukey a 0,01% de significância, ambos os solos.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
B5	24.750000	a1
B4	31.125000	a1 a2
B2	45.125000	a1 a2
C	53.175000	a1 a2
B3	53.575000	a1 a2
B1	61.175000	a2

Fonte: Arquivo pessoal.

A ora-pro-nobis (B1) diferenciou-se da leucena (B5), porém não se diferencia dos demais tratamentos.

Solo arenoso

Segue análise estatística a 0,01% referente ao sistema radicular no solo arenoso.



Tabela 15. Tabela de análise de variância dos tratamentos. GL - Graus de Liberdade; CV - Coeficiente de variação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	5	958.460000	191.692000	8.202	0.0007
BLOCO	3	45.210000	15.070000	0.645	0.5981
erro	15	350.550000	23.370000		
Total corrigido	23	1354.220000			
CV (%) =	20.14				
Média geral:	24.0000000	Número de observações:	24		

Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 16. Análise da Tabela Tukey a 0,01% de significância, ambos os solos.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
B4	18.000000	a1
B3	19.050000	a1
B5	21.600000	a1
B1	21.700000	a1
B2	27.050000	a1 a2
C	36.600000	a2

Fonte: Arquivo pessoal.

O controle (C) se diferenciou das demais biomassas exceto o Cobi (B2).

Ambos os solos

Segue análise estatística a 0,01% referente ao sistema radicular em ambos os solos.

Tabela 17. Tabela de análise de variância dos tratamentos. GL - Graus de Liberdade; CV - Coeficiente de variação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	5	3110.366042	622.073208	2.390	0.0552
BLOCOS	3	674.160625	224.720208	0.863	0.4681
erro	39	10149.658125	260.247644		
Total corrigido	47	13934.184792			
CV (%) =	46.88				
Média geral:	34.4104167	Número de observações:	48		

Fonte: Arquivo pessoal.

Ao avaliar o CV% que está acima dos 30%, determina-se que não há confiabilidade na análise dos dados de ambos os solos, pois tem alta dispersão. Tornando-se pertinente uma nova condução da experimentação, para avaliar o crescimento radicular.

As características físicas e químicas dos solos interferem no desenvolvimento radicular, analisando o solo argiloso quando é preparado para receber o substrato, apresenta mais espaços vazios, além de naturalmente ter função cimentante e maior capacidade de



formação de agregados, possibilitando maior desenvolvimento radicular a partir da apical com uma média de 44,8 centímetros de sistema radicular do cacauero híbrido no período de 3 meses. Entretanto em fator da baixa capacidade dos solos arenosos de manter os agregados, ouve uma média de 24 centímetros no crescimento da raiz a partir da apical, porém em contra ponto ouve maior desenvolvimentos das raízes laterais ou axilares, mais próximas a superfície do solo.

Contudo, o desenvolvimento radicular além de estar associado a nutrição da planta, também sofre influência das condições físicas do solo, como, boa capacidade de troca de gases, retenção de água, atividade microbiológica, espaços vazios/agregados, Capacidade de Troca Catiônica (CTC), boa disponibilidade de água e matéria orgânica.

Diagnose visual do cacauero

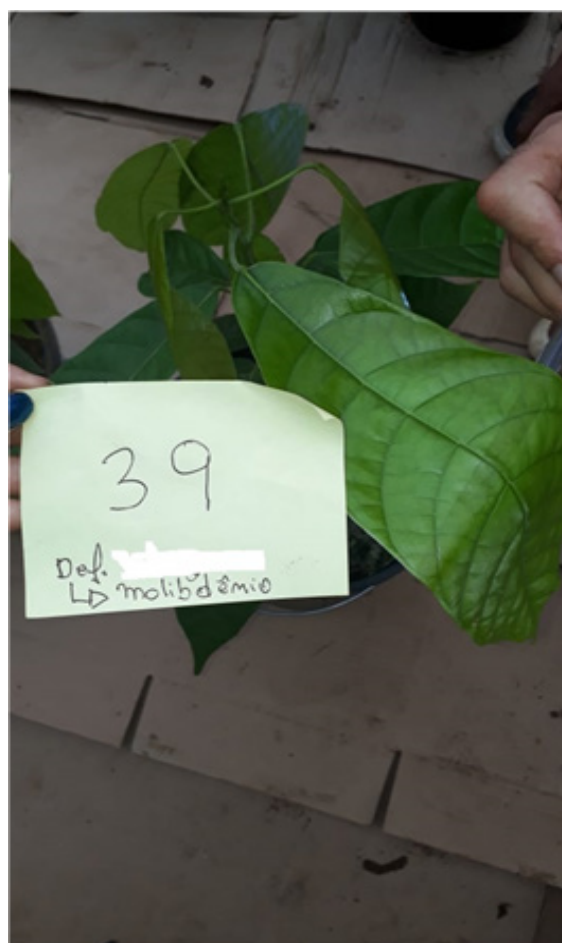
Foram identificados 06 tipos de deficiência, referente a cultura nesta experimentação, conforme demonstrado nas imagens.

Imagem 01: Deficiência em Zinco Imagem.



Fonte: Arquivo pessoal.

Imagem 02: Deficiência em Molibdênio.



Fonte: Arquivo pessoal.





Os sintomas da deficiência de Zinco (imagem 01) são as folhas novas estreitas, alongadas, reduzindo o tamanho das células e encurtando nos internódios durante seu desenvolvimento, interferindo nos níveis de ácido indolacético, importante na regulação do crescimento. O zinco atua “como constituinte de algumas enzimas (desidrogenases, p. e.) ou como cofator destas” (MENDES, 2007, p.7)

Já a deficiência em Molibdênio deixa as folhas novas delgadas e translúcidas (imagem 02), com uma leve clorose, este nutriente é essencial para converter nitrato em nitrito, de certa forma sua deficiência está relacionada a elevação do pH no solo. A atuação do molibdênio (Mo) envolve-se “com várias enzimas, principalmente naquelas que atuam na fixação de N^2 atmosférico (nitrogenase) e na redução do nitrato (nitrato-redutase).” (MENDES, 2007, p.8)

O magnésio em geral é muito móvel na planta, de forma a redistribuir este nutriente quando em falta, seus sintomas é a clorose internerval nas folhas de modo geral. Este elemento tem papel fundamental na molécula de clorofila, desenvolve funções nos processos da fotossíntese, além de influenciar nas enzimas referentes ao metabolismo dos carboidratos e ácidos nucleicos (imagem 03). “Além de seu papel na clorofila, o Mg é ativador das enzimas relacionadas com o metabolismo energético, além de servir de ligação entre as estruturas de pirofosfato do ATP e ADP. Apresenta interações com Ca e K” (MENDES, 2007, p.7).

Imagem 03: Deficiência em Magnésio.



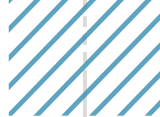
Fonte: Arquivo pessoal.

Imagem 04: Deficiência em Boro.



Fonte: Arquivo pessoal.





A deficiência por boro por sua vez, visualmente nas folhas é possível notar um alongamento e curvatura convexa, ou espiral, (imagem 04) deixando o limbo quebradiço por sua baixa mobilidade na planta. O boro também tem ação fundamental na floração, frutificação e no desenvolvimento radicular. Este elemento é o “regulador do metabolismo de carboidratos. Acredita-se que seja importante na síntese de uma das bases que forma o RNA (uracil). Está associado à germinação do pólen e à formação do tubo polínico” (MENDES, 2007, p.8)

O fósforo tem “papel fundamental como componente energético” na formação da adenosina trifosfato (ATP) e na Adenosina difosfato (ADP), “participa de reações de esterificação com açúcares e outros compostos envolvidos na fotossíntese e na respiração” (MENDES, 2007, p.5), além de ser um dos elementos principais na divisão celular. Entretanto a deficiência causada pela falta do fósforo, gera o estreitamento do limbo (imagem 05), podendo haver necrose apical. Em geral as plantas com deficiência em fósforo apresentam mal desenvolvimento radicular, podendo interferir no tamanho e diâmetro do caule além de diminuir em tamanho a produção de inflorescências e frutos.

Quando tratamos de deficiência por potássio (imagem 06), logo se nota as pontas e margens da folha sendo consumida por necrose, este nutriente é muito abundante no tecido vegetal tem boa mobilidade na planta que favorece sua redistribuição, deslocando-se das folhas mais velhas para as mais novas com facilidade. O principal papel do potássio “é o de ativador enzimático, com participações no metabolismo protéico, fotossíntese, transporte de assimilados e potencial hídrico celular” (MENDES, 2007, p.6).

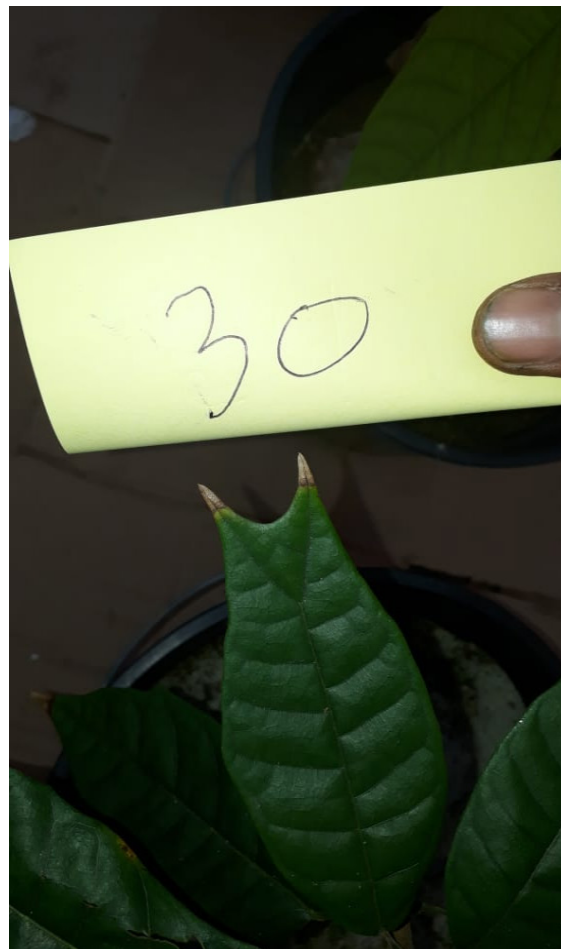


Imagem 05: Deficiência em fósforo.



Fonte: Arquivo pessoal.

Imagem 06: Deficiência em Potássio.



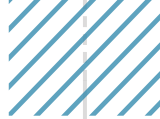
Fonte: Arquivo pessoal.

Contudo através da diagnose visual, pode-se identificar quais elementos estão em menor quantidade disponível para a planta, algumas deficiências estão relacionadas ao tipo de solo, pH e suas interações microbiológicas e com os nutrientes na solução do solo, porém de modo geral, os solos arenosos têm menor disponibilidade de nutriente, se fazendo necessário maior intervenção de biomassas. Sendo assim o estudo das deficiências nas plantas auxilia o cacauicultor, na condução da produção de mudas, evitando que plantas morram ou percam seu potencial, assim minimizando gastos com insumos externos.

■ CONCLUSÃO

Conclui-se que não houve diferença significativa nesta experimentação. A diagnose foliar visual é uma ferramenta intelectual que serve para avaliar quais deficiências estão ocorrendo na cultura.

Em virtude da pesquisa bibliográfica, entende-se que a adubação orgânica com biomassas vegetais tem um grande potencial, pois adubos orgânicos produzidos na propriedade podem diminuir os custos com insumos externos. A agricultura de bases orgânicas se torna



uma alternativa para o cacauicultor, pois incorpora os conceitos de mais sustentabilidade, para melhorar a vida e a fertilidade dos solos.

■ REFERÊNCIAS

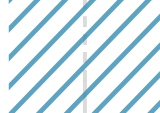
1. BATISTA, A. P. S. A. **Chocolate: Sua História e Principais Características**. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Centro de Excelência em Turismo Pós-graduação Lato Sensu. Brasília. 2008. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/338/1/2008_AnaPaulaSabbagAmaralBatista.pdf Acesso em: 14/06/2021.
2. BRAINER, M. S. C. **PRODUÇÃO DE CACAU**. Caderno Setorial ETENE - Banco do Nordeste. Janeiro de 2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/650/3/2021_CDS_149.pdf Acesso em: 14/06/2021.
3. BRASIL. **Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira**. Agência Brasileira de Cooperação. 2021. Disponível em: www.abc.gov.br/training/informacoes/InstituicaoCEPLAC.aspx Acesso em: 15/07/2021.
4. CARDOSO, E. J. B. N.; NOGUEIRA, M. A. **A rizosfera e seus efeitos na comunidade microbiana e na nutrição de plantas**. Microbiota do solo e qualidade ambiental, p. 79-96, 2007. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/microbiota.pdf#page=86> acesso em: 16/06/2021.
5. CHEPOTE, R. E.; SODRE, G. A.; REIS, E. L.; PACHECO, R. G.; MARROCOS, P. C. L. VALLE, R. R. **Recomendações de corretivos e fertilizantes na cultura do cacaueteiro no sul da Bahia**. Ilhéus, BA, CEPLAC/ CEPEC. Boletim Técnico nº 203. 44p. 2013. Disponível em: https://www.academia.edu/download/59239139/BOLETIM_TEC_N%C2%BA_20320190513-28687-1h-6fmas.pdf Acesso em: 14/05/2019.
6. COSTA, E.; SILVA, H.; RIBEIRO, P. R. **Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas**. Enciclopédia biosfera, v. 9, n. 17, 2013. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/materia%20organica.pdf> acesso em: 16/06/2021.
7. GOMES, A. S.; PIRES, M. M. **Cacauicultura: estrutura produtiva, mercados e perspectivas**. Editus – Ilhéus, BA. p. 44. 2015. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355291/37056285/Bases+climatol%C3%B3gicas_G.R.CUNHA_Livro_Agrometeorologia+dos+cultivos.pdf/13d616f5-cbd1-7261-b157-351eaa31188d?version=1.0 Acesso em: 02/09/2019.
8. LIMA, C. C. A.; SILVA, L. J.; CASTRO, W. S. **APOSTILA DE MORFOLOGIA EXTERNA VEGETAL**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA INSTITUTO DE BIOLOGIA CURSOS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E ENGENHARIA AGRÔNOMICA DISCIPLINA DE MORFOLOGIA VEGETAL. 2006. Disponível em: www.anatomiavegetal.ib.ufu.br/pdf-recursos-didaticos/morfvegetalorgaRAIZ.pdf Acesso em: 16/06/2021.
9. LIMA, B. V.; CAETANO, B. S.; SOUZA, C. S. S. **A ADUBAÇÃO ORGÂNICA E A SUA RELAÇÃO COM A AGRICULTURA E O MEIO AMBIENTE**. V ENCONTRO CIENTIFICO E SIMPOSIO DE EDUCAÇÃO UNISALESIANO.06 A 09 DE OUTUBRO DE 2015. Disponível em: <http://www.unisalessiano.edu.br/simposio2015/publicado/artigo0186.pdf>. Acesso em: 04/09/2019.





10. MARINATO, C. S.; AGUILAR, M. A.; SOUZA, C. A.; OLMO, F. J. **ENXERTIA PRECOCE EM CACAU (*Theobroma cacao* L.)**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, v. 9, n. 17, 2013. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3112/3005> Acesso em: 15/07/2021.
11. MENDES, A. M. S. **Introdução a fertilidade do solo**. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CURSO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2007, Barreiras. Palestras... Barreiras: MAPA; SFA-BA: Embrapa Semi-Árido; Embrapa Solos-UEP Recife, 2007. 1 CD-ROM., 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/159197> Acesso em: 25/07/2021.
12. MOREIRA, F. M. S.; MOREIRA, J. O. S. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Editora UFLA, 2016. Disponível em: www.esalq.usp.br/departamentos/lso/arquivos_aula/LSO_400%20Livro%20-%20Microbiologia%20e%20bioquimica%20do%20solo.pdf Acesso em: 03/09/2019.
13. PEIXOTO, P. H. P. **Propagação das plantas: Princípios e práticas**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017. Disponível em: <https://www.ufjf.br/fisiologiavegetal/files/2018/07/Propaga%C3%A7%C3%A3o-Vegetativa-e-Sexuada-de-Plantas.pdf> Acesso em: 13/07/2021.
14. PIASENTIN, F. B.; SAITO, C. H. **Os diferentes métodos de cultivo de cacau no sudeste da Bahia, Brasil: aspectos históricos e percepções**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, v. 9, p. 61-78, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bgoeldi/a/jjcRrTmDQSSKcCL8KDvkWWB/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 31/07/2021.
15. RIBEIRO, G. D.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA, A. H.; SANTOS, M. R. A. **Enxertia em fruteiras**. Embrapa Rondônia-Recomendação Técnica (INFOTECA-E), 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/859550/1/rt92enxertiadefruteiras.pdf> Acesso em: 15/07/2021.
16. ROCHA, L. B. **A região cacaueira da Bahia – dos coronéis à vassoura-de-bruxa : saga, percepção, representação**. Ilhéus-BA : Editus, 2008. Disponível em: www.uesc.br/editora/livrosdigitais/a_regiao_cacaueira_da_bahia.pdf Acesso em: 14/07/2021.
17. ROCHA, L. B. **O cacau na região Sul da Bahia: percepção e representação. As representações na Geografia**. Ilhéus-BA: Editus, p. 103-134, 2012. Disponível em: http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/as_representacoes_na_geografia.pdf#page=99 Acesso em: 15/06/2021.
18. SAMBUICHI, R. H. R.; MIELKE, M. S.; PEREIRA, C. E. **Nossas Árvores: Conservação, uso e manejo de árvores nativas no sul da Bahia**. In capítulo 05: Uso das árvores nativas em sistemas agroflorestais no sul da Bahia. Editus – Ilhéus, BA. p. 95. 2009. Disponível em: http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/nossas_arvores.pdf Acesso em: 16/05/2018.
19. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Cacau: produção, manejo e colheita**. Brasília: Senar, 2018. 145 p; il. 21 cm (Coleção Senar, 215) ISBN: 978-85-7664-197-1. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/215-CACAU.pdf> Acesso em: 13/05/2018.
20. SILVA, R. X. S.; BOMFIM, N. R. **A RELAÇÃO ENTRE IMAGEM FOTOGRÁFICA E AS TRANSFORMAÇÕES GEOAMBIENTAIS DE PRAÇAS ILHEENSES**. As representações na Geografia. Ilhéus-BA: Editus, p. 103-134, 2012. Disponível em: http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/as_representacoes_na_geografia.pdf#page=131 Acesso em: 15/06/2021.



- 
21. SODRÉ, G. A. **Formação de Mudras de Cacaueiro, onde nasce a boa cacauicultura**. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n 0 202. 48p. Disponível em: http://www.ceplac.gov.br/paginas/publicacoes/paginas/boletim_tecnico/cartilhas/BOLETIM%20T%C3%89C.%20N%C2%BA%20202.pdf. Acesso em: 05/09/2019.
22. SODRÉ, G. A. **Cultivo do cacaueiro no estado da Bahia**. Ilhéus, BA, MAPA/Ceplac/Cepec. 126. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/outras-publicacoes/cultivo-do-cacaueiro-no-estado-da-bahia.pdf> Acesso em: 05/09/2019.

Alternativa sustentável de preservativo para madeiras de rápido crescimento

| **Kelly Bossardi Dias**
UNESP

| **Ricardo Marques Barreiros**
UNESP

RESUMO

Boa parte das madeiras é naturalmente resistente à ação dos agentes xilófagos, entretanto, algumas madeiras de espécies de rápido crescimento, provenientes de floresta plantadas, não são resistentes e necessitam de tratamentos preservativos. Assim sendo, o direcionamento das pesquisas tem objetivado desenvolver produtos sustentáveis, ambientalmente corretos e eficazes contra o ataque dos agentes biodeterioradores. Dessa forma, uma alternativa viável que contém propriedades interessantes de inibição desses agentes é o *Tall Oil*, que é um óleo natural de fonte renovável, as coníferas resinosas, mais especificamente as espécies do gênero *Pinus*. Logo, o objetivo deste estudo foi caracterizar três condições de amostras de *Tall Oil*, em duas espécies para as madeiras de reflorestamento: *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. As três condições de *Tall Oil* são: o *Crude Tall Oil* (CTO), que é um subproduto no processamento de polpa de coníferas resinosas para produção do papel *Kraft* e dois subprodutos do refino do CTO, o Destilado do *Tall Oil* (DTO) e o Óleo Ejetor (OE). Os resultados obtidos mostraram que a alta concentração do ácido oleico, a presença de insaponificáveis e a estabilidade quanto ao índice de acidez e ao índice de saponificação podem ser indicativos na melhor resistência à biodeterioração. A amostra que apresentou resultados mais satisfatórios para potencial uso como preservativo para madeira foi o Óleo Ejetor (OE), um subproduto do fracionamento do CTO.

Palavras-chave: Preservativo Para Madeira, Aproveitamento de Rejeitos, Destilado, Óleo Ejetor, Crude Tall Oil.

■ INTRODUÇÃO

A madeira possui características que a torna atraente frente a outros materiais. Trata-se de um material que consome pouca energia para seu processamento, ajuda a diminuir o efeito estufa durante a sua formação e tem boas características de isolamento térmico e elétrico quando seca (SOUZA; DEMENIGHI, 2017).

Boa parte das madeiras é naturalmente resistente à ação dos agentes xilófagos, entretanto, algumas de espécies de rápido crescimento, provenientes de floresta plantadas, não são resistentes e necessitam de tratamentos preservativos. Cerca de 70% da madeira consumida pela indústria brasileira é proveniente de reflorestamento. Na construção civil brasileira, especificamente na produção de habitação em madeira, são utilizados o *Pinus* sp. e o *Eucalipto* sp., entre as espécies de rápido crescimento proveniente de floresta plantada, na forma de madeira serrada, de chapas aglomeradas, de compensados e de peças roliças (SOUZA; DEMENIGHI, 2017).

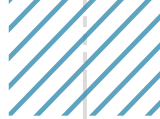
Por razões ambientais, tanto a preservação de madeira tradicional como o uso de espécies de madeira resistente são sujeitas a restrições políticas e de consumo. Sabe-se que a eficácia dos sistemas tradicionais de preservação da madeira é devido ao efeito biocida dos produtos utilizados, porém, conseqüentemente, poluem o meio ambiente. Além dos riscos envolvidos no uso de tais materiais, há uma preocupação crescente com os problemas decorrentes do escoamento da madeira no final da sua vida comercial (KOSKI, 2008). Assim, há uma crescente necessidade de desenvolver produtos químicos antifúngicos eficazes, não tóxicos para os seres humanos e para o meio ambiente.

A procura por alternativas aos preservativos atuais tem sido eficiente, porém não eficaz, ou seja, ainda não foi encontrada uma alternativa viável para os produtos já existentes. Com base em diversos estudos, a procura por um preservante para madeira pode ser dividida em:

- Extrativos de plantas com resistência natural à biodeterioração.
- Subprodutos de processos.

Em geral, a obtenção dos extrativos de plantas com resistência natural à biodeterioração agrega custo ao produto, pois tem a necessidade de áreas de reflorestamento além de um processo de extração e beneficiamento.

Então, com foco na relação Custo x Benefício x Meio Ambiente, foi estabelecida a alternativa mais viável para desenvolver um preservativo que contemple grande parte das propriedades desejáveis, e que seja eficaz na proteção das madeiras de *Pinus* e *Eucalyptus*. Portanto, a alternativa sustentável escolhida para o desenvolvimento deste estudo foi a partir de subprodutos de processos.



Na literatura as alternativas de subprodutos em estudo com características interessantes como preservativo para madeira são:

- Quitosana - Subproduto das indústrias de processamento de crustáceos como camarão, caranguejo e lagosta (MAOZ; MORREL, 2004; EIKENES *et al.*, 2005; TORR *et al.*, 2006; SINGH *et al.*, 2008; TREU *et al.*, 2009; SATTOLO *et al.*, 2010; GORGIJ *et al.*, 2014);
- Okara – Lixo orgânico produzido a partir da fabricação do leite de soja e do tofu (AHN *et al.*, 2008 e AHN *et al.* 2010);
- Extrato etanólico de pó de konjac (*Amorphophallus konjac* K. Koch) – Subproduto produzido durante o processamento mecânico do extrato de etano (BI *et al.*, 2019):
- *Crude Tall Oil* (CTO) e seus derivados – Subproduto da polpação Kraft (JEMER *et al.*, 1993; PAAJANEN; RITSCHKOFF, 2002; ALFREDSEN *et al.*, 2004; VÄHÄOJA *et al.*, 2005; HYVÖNEN *et al.*, 2006; TEMIZ *et al.*, 2008; KOSKI, 2008; ANITA *et al.*, 2014; DURMAZ *et al.*, 2015; SIVRIKAYA; CAN, 2016).

Entre as alternativas de subprodutos de processos, o *Tall Oil* foi escolhido para esta investigação, pois o Brasil possui várias indústrias de papel e celulose *kraft*. Além disso, na avaliação das propriedades de vários óleos, resinas e ceras, nenhum componente único pode satisfazer todas as exigências quanto à proteção à biodeterioração e os revestimentos de superfície ou impregnantes utilizados para o tratamento da madeira deve, portanto, ser feita a partir de uma mistura de óleos, resinas e ceras. Conforme Temiz *et al.* (2008) e Koski *et al.* (2008), ao contrário de outros óleos naturais, o *Tall Oil* já contém todos os componentes necessários para uma boa proteção natural: óleos, resinas e ceras.

Segundo Singh *et al.* (2019), os extrativos de madeira de espécies de coníferas, que incluem ácidos resinosos, ácidos graxos e triglicerídeos, têm propriedades úteis tornando-os valiosos como produtos naturais. Sua repelência à água, propriedades adesivas e atividade biológica os tornam úteis na fabricação, agricultura e medicina com aplicações mais amplas, que se espera que sejam desenvolvidas no futuro com uma mudança em direção aos recursos renováveis, e o *Tall Oil* possui estes extrativos.

O *Tall Oil Crude* (CTO), *Tall Oil* ou *Talol* ou óleo de resina é a denominação genérica dos produtos derivados do licor residual, malcheiroso, gomoso e negro. É encontrado e extraído do licor residual do cozimento Kraft de produção de papel e celulose, conhecido como “licor negro” (VÄHÄOJA *et al.*, 2005), e considerado um dos óleos naturais, de fonte renovável, mais baratos do mercado mundial, pois é um produto gerado industrialmente, não dependendo de intempéries climáticas e do solo, mas sim da produção de celulose e papel kraft. (HYVÖNEN *et al.*, 2006).





O uso de *Tall Oil* como agente de proteção na madeira tem sido considerado promissor por reduzir significativamente a absorção de água capilar do alburno, removendo um dos fatores que favorecem a madeira ser atacada por fungos e insetos: água, oxigênio e nutrientes (HYVÖNEN *et al.*, 2006). Esta repelência se deve aos seus precursores, que são extratos encontrados, principalmente, em árvores de coníferas (KOSKI, 2008; TEMIZ *et al.*, 2008).

O *Tall Oil* é considerado um dos óleos naturais de fonte renovável, mais baratos do mercado mundial, pois é um produto gerado industrialmente, não dependendo de intempéries climáticas e do solo, mas sim da produção de celulose e papel kraft. O rendimento e a composição do *Tall Oil* podem variar, pois são influenciados pela quantidade de extrativos, pela qualidade e espécie da madeira, e o tempo de estocagem antes do cozimento (SALES, 2007).

Não é composto de triglicerídeos puro, como outros óleos vegetais, mas sim uma mistura de ácidos graxos, ácidos resinosos e insaponificáveis, por exemplo, esteróis, ceras, hidrocarbonetos. A quantidade destes componentes varia com a idade, espécie de madeira, localização geográfica, e também com todas as operações antes e durante o processo de polpação (KOSKI, 2008).

Segundo KWON *et al.* (2016), os compostos orgânicos primários no *Tall Oil* são lignina, polissacarídeos, ácidos carboxílicos e extratos, enquanto as principais substâncias inorgânicas são hidróxido de sódio e sulfeto de sódio. Os estudos sobre o uso do *Tall Oil* como preservante para madeira são escassos, sendo necessário alavancar as pesquisas nessa área. Além disso, os poucos estudos encontrados levam em consideração somente o CTO, os ácidos graxos do *Tall Oil Fatty Acid* (TOFA) e os destilados do *Tall Oil* (DOT), não havendo pesquisas considerando os subprodutos do fracionamento do *Tall Oil*. Além do que, investigações sobre o efeito corrosivo do *Tall Oil* e de seus derivados são necessários para estabelecer a condição ótima de proteção da madeira contra agentes biodeteriadores e a durabilidade dos componentes de fixação metálicos utilizados em madeiras. Ressalta-se, que os próprios produtos da corrosão dos elementos metálicos fincados na madeira podem, entre outros fatores, estimular o desenvolvimento de fungos xilófagos através da liberação de nutrientes ou da alteração do pH, e aumentar assim a taxa de biodeterioração da madeira.

Em geral, o *Tall Oil* bruto pode ser refinado para vários tipos com diferentes composições químicas, a saber: ácidos graxos de *Tall Oil Fatty Acid* (TOFA), Destilado de *Tall Oil* (DTO), Breu de *Tall Oil* (TOR / TORA) e *Pitch*. Além dos produtos comerciais já citados, são subprodutos do fracionamento o Óleo Ejeter (OE) e o *Light Oil* (LO), que ainda não possuem aplicação comercial. E, entre os subprodutos do fracionamento, o OE possui características interessantes como preservativos para madeira.



■ MÉTODO

Amostras das espécies de madeira: Duas espécies de madeira de rápido crescimento foram amostradas neste estudo: *Pinus elliotti* e *Eucalyptus grandis*. As amostragens da madeira foram feitas em *Pinus* com 18 anos e em *Eucalyptus* com 8 anos de idade. Tanto para o pinus quanto para o eucalipto, as amostragens foram da madeira de alburno. Os 60 corpos de prova, sendo 30 de *Pinus* e 30 de *Eucalipto*, foram acondicionados a 25 ± 3 °C, umidade relativa a 65% e umidade de equilíbrio a 12%. Foram utilizados para os ensaios corpos de prova de 2,5 x 2,5 x 5,0 cm, respectivamente nas seções longitudinal radial, longitudinal tangencial e transversal.

Amostras de Tall Oil: As amostras utilizadas para este estudo foram o Crude Tall Oil (CTO), o Destilado de Tall Oil (DTO) e o Óleo Ejtor (OE), sendo o OE subproduto do fracionamento do CTO.

A tecnologia atual para o refino do CTO é baseada na destilação a vácuo, através da qual sua fração ácida é separada por meio de colunas de destilação. Normalmente, utiliza-se uma primeira coluna de destilação para a separação da fração mais volátil (ácidos graxos e resínicos) da mais pesada, denominada *Pitch*, que contém esteróis, hidrocarbonetos, álcoois de cadeia longa e ceras de alta massa molar. Uma segunda coluna é normalmente usada na fração volátil para separar os ácidos graxos (*Tall Oil Fatty Acid* – TOFA) dos ácidos resínicos (rosin ou breu), sendo estas duas frações as de maior valor comercial. Os dados de condições do processo de fracionamento do CTO não foram liberados pelo fornecedor.

Então, além dos produtos de interesse comercial conhecidos, um subproduto do fracionamento do CTO, a saber, o OE. O CTO, e os derivados (DTO e OE) foram obtidos da empresa Resitec Indústria Química Ltda.

A Figura 1 mostra as amostras de CTO, DTO e OE *in natura*. As três amostras são líquidos viscosos, de cor escura (amarelo-preto) e odor forte característico do processo de polpação Kraft.

Figura 1. Aspecto físico das amostras do CTO, DTO e do OE *in natura*.



Caracterização física das amostras de Tall Oil: A caracterização física das três amostras de *Tall Oil* foi realizada de acordo com as normas vigentes, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Ensaios realizados para caracterização física das amostras.

Característica Física	Norma
Índice de Acidez (mg KOH g ⁻¹)	ASTM D 465
Viscosidade (Cts)	ASTM D 2196
Flash Point (°C)	ASTM D 93
Insaponificáveis (%)	ASTM D1065
Índice de Saponificação (mg KOH g ⁻¹)	ASTM D464

Caracterização química - Análise cromatográfica: A caracterização química das amostras de CTO, DTO e OE foram realizadas na empresa Resitol Indústria Química Ltda. O equipamento utilizado para caracterização foi um cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massa (CG-EM), cromatógrafo de massa HP 5890 série II, equipado com uma coluna capilar Ultra HP-5 (30 m, 0,25 mm de diâmetro interno). Foi utilizado um detector de massa HP 5970. As condições de análise não foram liberadas pela empresa.

Aplicação dos sistemas preservativos nos corpos de prova: No presente estudo, os efeitos de três amostras de Tall Oil com composição química variável foram testados separadamente em duas espécies de madeira – *Pinus elliotti* e *Eucalyptus grandis*. As amostras de Tall Oil foram aplicadas in natura e dissolvidas em isopropanol nas concentrações de 25%, 50% e 75%.

Os sistemas de tratamentos preservativos em estudo foram aplicados nos corpos de prova à temperatura ambiente (27 ± 4 °C), conforme descritos na Tabela 2.

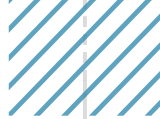
Tabela 2. Etapas dos processos de aplicação dos sistemas de tratamentos preservativos.

Sistemas preservativos	Etapas	Processo aplicação dos sistemas nos Corpos de Prova
CTO (25%, 50% e 75%)	1	Vácuo inicial de 600 mmHg por 30 minutos.
DTO (25%, 50% e 75%)	2	Aplicação do produto (CTO, DTO ou OE) sob vácuo.
OE (25%, 50% e 75%)	3	Vácuo de 600 mmHg por 30 minutos com o produto aplicado.
	4	Amostras retiradas do cilindro e secas ao ar.

As amostras de *Tall Oil* foram preparadas por dissolução de cada uma delas em isopropanol. As referências bibliográficas sobre o uso do *Tall Oil* como preservativo para madeira mostraram ensaios com o uso *in natura* (KOSKI, 2008) e dissolvidos em isopropanol (TEMIZ *et al.*, 2008). Foi optado por desenvolver o estudo com as amostras em solução isopropílica a 25%, 50% e 75%.

O equipamento utilizado para aplicação dos sistemas preservativos nos corpos de prova foi composto por uma bomba de vácuo, um cilindro de aço inox de capacidade de 1,5 litros.

Ensaio de apodrecimento acelerado: Os corpos de prova foram submetidos a ensaios de apodrecimento acelerado em laboratório com fungos apodrecedores de podridão branca, *Trametes versicolor* (L.; Fr.) Pilát., empregando-se a metodologia adaptada da ASTM D2017 (2005). Os fungos de podridão branca são considerados como importantes fungos de



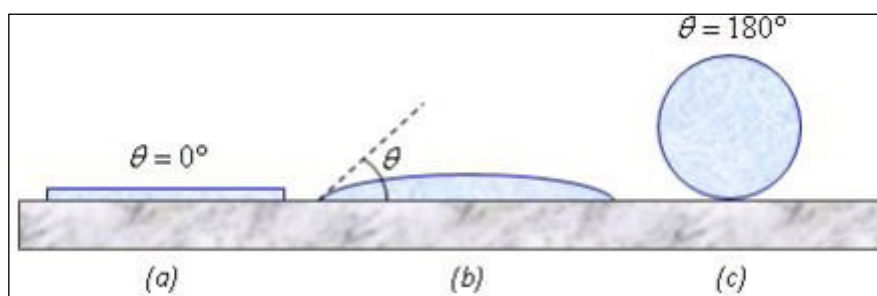
apodrecimento de madeira comercial, pois podem causar sérios danos dentro de um curto período de tempo (TEMIZ *et al.*, 2008).

Os inóculos do fungo de podridão branca foram previamente preparados em meio líquido (malte e água destilada) e posteriormente depositados na terra como substrato. As amostras foram dispostas em recipientes com a terra contaminada com o fungo apodrecedor de podridão branca. O fungo foi inoculado na terra sem prévia esterilização. Três repetições para cada tratamento e para cada espécie de madeira foram utilizadas; e amostras de madeira não tratada, foram incluídas para medir a viabilidade da estirpe de fungo, totalizando 63 amostras. Desse modo, os tratamentos foram estabelecidos na combinação das duas espécies de madeira e os 9 sistemas preservativos.

O tempo de incubação em câmara climatizada foi de 12 semanas a $27 \pm 2^\circ\text{C}$ e 75% de umidade relativa. Após o período de incubação, o micélio do fungo foi removido das amostras, e os corpos de prova foram secos em estufa a $40 \pm 2^\circ\text{C}$ até umidade de 12%. Para verificar se a umidade atingiu o valor desejado de 12%, a cada 24 horas foram realizadas medidas de umidade com medidor portátil da Instrutherm modelo UM-626.

Medida do ângulo de contato – Goniometria: A Goniometria é uma medida macroscópica que permite a determinação da energia de superfície de um determinado material. Para isso, uma gota de uma dada solução é pipetada sobre uma determinada amostra em estudo. O ângulo de contato é uma medida quantitativa da molhabilidade de um sólido por um líquido. Quanto maior o ângulo de contato, menor a molhabilidade, ou seja, maior a hidrofobicidade do substrato (BURKARTER, 2010). O ângulo de contato (θ) utilizado no estudo está ilustrado na Figura 2. E, as superfícies foram classificadas de acordo com seu ângulo de contato, como mostra a Tabela 3.

Figura 2. Condições de molhabilidade de uma superfície: (a) superfície superhidrofílica, $\theta = 0^\circ$; (b) superfície com molhabilidade parcial, $140^\circ > \theta > 0^\circ$; e (c) superfície superhidrofóbica, $\theta > 140^\circ$.



(Burkarter, 2010).



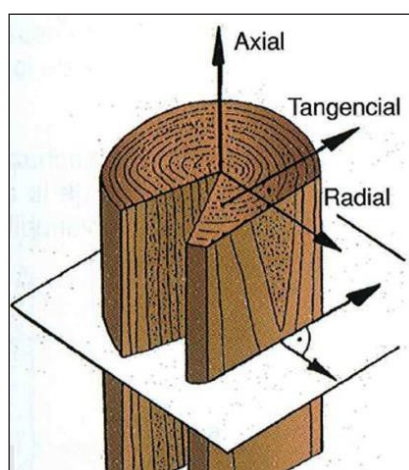
Tabela 3. Classificação de superfícies de acordo com o ângulo de contato.

Valor do ângulo de contato	Tipo de superfície
≈ 0	Superhidrófila
< 30	Hidrófila
30-90	Intermediária
90-140	Hidrófoba
>140	Superhidrófoba

Adaptado Burkarter, 2010.

Por se tratar de um material anisotrópico, a madeira apresenta propriedades distintas nos três planos (transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial). As medidas do ângulo de contato foram realizadas nestas três direções para as duas amostras de madeiras analisadas, conforme mostra Figura 3.

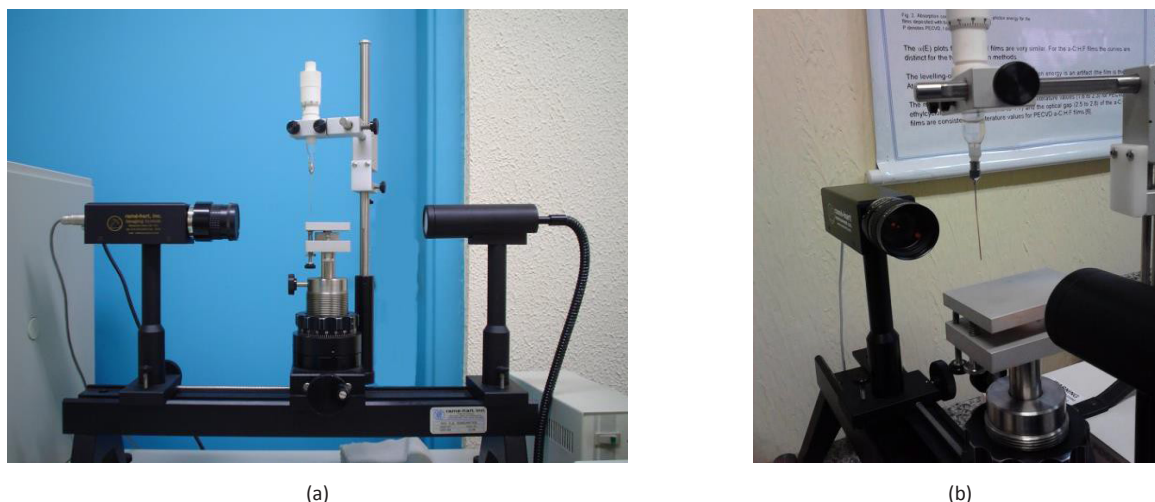
Figura 3. Planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial de uma amostra de madeira.



Barnices, 2010.

A amostra tratada foi colocada no Goniômetro, uma gota de água deionizada foi então colocada sobre a amostra e foi medido o ângulo de contato entre a gota e a superfície da amostra tratada. A análise foi realizada nas condições de temperatura e umidade ambiente, respectivamente, 25 ± 2 °C e 60%. A Figura 4 (a) e (b) mostra o Goniômetro utilizado na medição dos ângulos de contato.

Figura 4. (a) Goniômetro para medidas de ângulo de contato; (b) Detalhamento da agulha.



■ RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização física das amostras de *Tall Oil*: O resultado dos ensaios da caracterização física das três amostras de Tall Oil pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados dos ensaios realizados para caracterização física das amostras de *Tall Oil*.

Características Físicas	Amostras de <i>Tall Oil</i>		
	CTO	DTO	OE
Índice de Acidez (mg KOH g ⁻¹)	155,00	182,00	90,00
Viscosidade (Cts)	80,00	50,00	45,00
Flash Point (°C)	190	210	160
Insaponificáveis (%)	8,00	4,00	30,00
Índice de Saponificação (mg KOH g ⁻¹)	164,00	184,00	90,00

A amostra de OE foi a que apresentou o menor índice de acidez, e menor viscosidade, o menor *Flash Point* e menor índice de saponificação, e consequentemente a maior porcentagem de insaponificáveis. Estas características são muito importantes para estabilidade de um produto preservativo para madeira.

Conforme Dias (2015), a alta concentração de insaponificáveis é capaz de retardar o aparecimento de produtos de degradação, impedindo parcialmente a deterioração dos compostos bioativos presentes.

Composição química das amostras de *Tall Oil* – Cromatografia: Foram encontradas referências bibliográficas quanto à composição do CTO de outros países, sendo muito restrita quanto à composição do CTO nacional. A Tabela 5 mostra os resultados da composição típica do CTO da Escadinávia, dos Estados Unidos, da França e do Canadá apresentados por Sales (2007), mostrando que a composição do CTO nacional da Resitol Indústria Química Ltda, apresenta uma composição muito particular, sendo diferente da encontrada na literatura



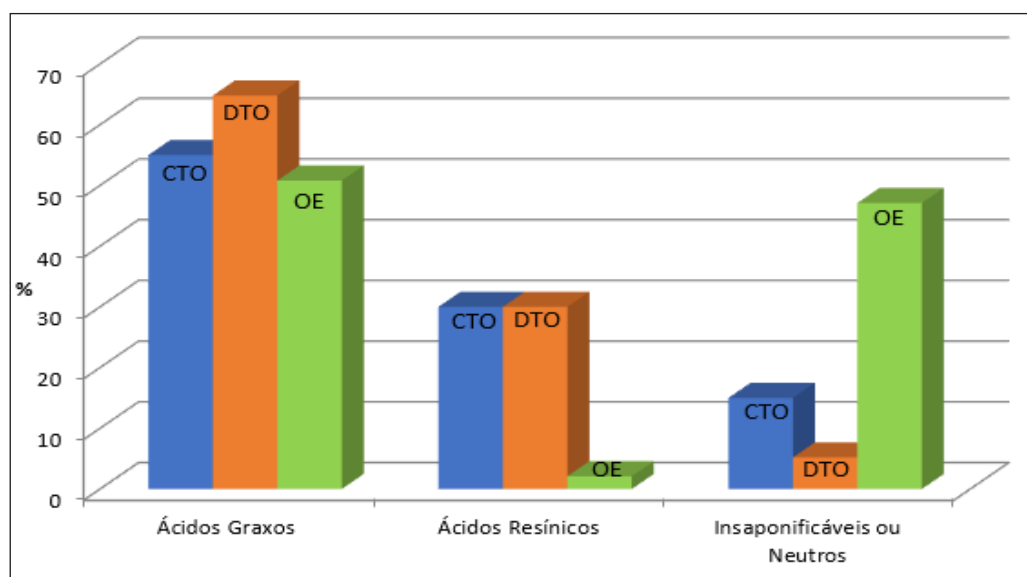
mundial. Em comparação com os dados obtidos na literatura, a amostra de CTO analisada apresenta maior quantidade de ácidos graxos e quantidade inferior de ácidos resinosos.

Tabela 5. Composição Típica para o CTO mundial em comparação com a amostra analisada.

Característica	Escandinávia	Estados Unidos	Canadá	França	Brasil
Ácidos Graxos, %	45,0	45,0	42,0	40,0	55,0
Ácidos Resínicos, %	30,0	42,0	30,0	46,0	30,0
Insaponificáveis, %	25,0	13,0	28,0	14,0	15,0

A Figura 5 mostra o resultado da análise cromatográfica das amostras de CTO, DTO e OE. É possível observar que DTO contém mais ácidos graxos. Já o OE contém maior quantidade de insaponificáveis, que compreendem esteróis, álcoois e hidrocarbonetos. Segundo Koski (2008) e Sales (2007), as quantidades de ácidos graxos, ácidos resinosos e insaponificáveis no CTO variam, respectivamente, 40 – 60%, 30 – 55% e 1 - 10%; e, neste estudo, os dados obtidos para o CTO foram 55% de ácidos graxos, 30% de ácidos resinosos e 15% de insaponificáveis, mostrando que as quantidades dos ácidos graxos e resinosos estão dentro dos limites da literatura.

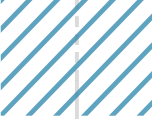
Figura 5. Resultado da análise cromatográfica das amostras de CTO, DTO e OE.



A composição dos produtos, DTO e OE, do fracionamento do CTO, possuem composição concentrada nos ácidos graxos e insaponificáveis, por se tratar de duas correntes composta dos componentes mais leves do CTO. O DTO possui 64,8% de ácidos graxos, 30% de ácidos resinosos e 5,2% de insaponificáveis. Comparando as amostras de CTO com a de DTO, se observa diminuição na concentração dos insaponificáveis e aumento na concentração dos ácidos graxos.

E quanto ao aumento da concentração de insaponificáveis na amostra de OE para 47,1%, já era esperado devido à degradação térmica dos ácidos graxos e resinosos durante o processo de fracionamento térmico. E, ainda é possível observar que os ácidos resinosos





sofreram maior degradação térmica que os ácidos graxos. Este resultado vem de encontro com o obtido.

A Tabela 6 e a Figura 6 mostram os tipos e as quantidades dos ácidos graxos e dos ácidos resínicos nas amostras de CTO, DTO e OE.

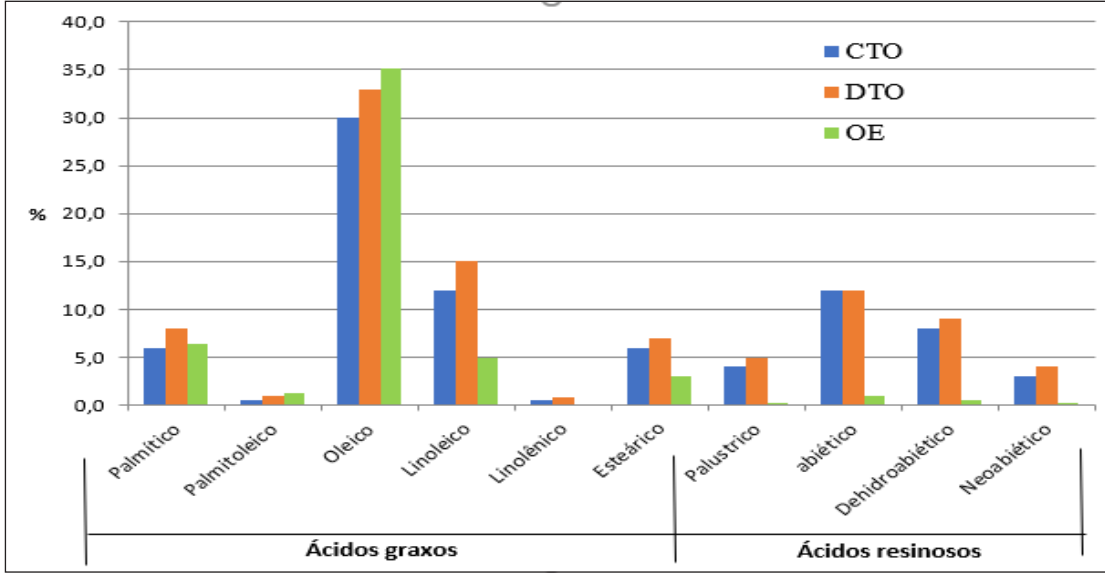
Os ácidos graxos encontrados nas amostras foram palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linolênico e linoleico; e os ácidos resínicos foram palústrico, abiético, dehidroabiético e neoabiético. Nas três amostras, o ácido graxo em maior quantidade é o ácido oleico (C18H34O2).

Na amostra de DTO, se observa um aumento na concentração dos ácidos graxos. Nas amostras de OE, se observou aumento nas concentrações dos ácidos graxos oleico e palmitoleico. Este resultado mostra que os ácidos graxos e resinosos que reduziram, sofreram degradação térmica.

Tabela 6. Composição de ácidos graxos e resinosos nas amostras de CTO, DTO e OE.

Ácidos		CTO	DTO	OE
Graxos	Palmítico	6,0	8,0	6,4
	Palmitoleico	0,5	1,0	1,3
	Oleico	30,0	33,0	35,1
	Linoleico	12,0	15,0	5,0
	Linolênico	0,5	0,8	0,0
	Esteárico	6,0	7,0	3,0
Resínicos	Palustrico	4,0	5,0	0,3
	Abiético	12,0	12,0	1,0
	Dehidroabiético	8,0	9,0	0,5
	Neoabiético	3,0	4,0	0,3

Figura 6. Resultado da análise cromatográfica dos ácidos resinosos e ácidos graxos do CTO, DTO e do OE.



Ensaio de apodrecimento acelerado: Os corpos de prova foram avaliados semanalmente para acompanhar o crescimento dos micélios do fungo. A Tabela 7 mostra a semana que começou aparecer os micélios de podridão branca nos corpos de prova tratados e não tratados.



Tabela 7. Acompanhamento visual do ensaio de apodrecimento acelerado.

SISTEMAS PRESERVATIVOS	SEMANA																							
	1ª		2ª		3ª		4ª		5ª		6ª		7ª		8ª		9ª		10ª		11ª		12ª	
	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E
Sem Tratamento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CTO (25%)							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CTO (50%)							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CTO (75%)							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DTO (25%)											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DTO (50%)											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DTO (75%)											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
OE (25%)											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
OE (50%)													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
OE (75%)															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Legenda: P – *Pinus elliottii*; E – *Eucalyptus grandis*; X – Presença do micélio.

Micélios brancos nas amostras de *Eucalyptus* e de *Pinus* foram observados na 1ª semana de inoculação nas amostras sem tratamento e foi aumentando até o término do ensaio.

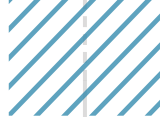
Nas amostras tratadas com CTO se observou alterações na 4ª semana nas três concentrações estudadas. Mostra-se que o aumento da concentração de 25% para 75% não alterou o mecanismo de proteção. O mesmo comportamento se observou nas amostras tratadas com DTO, porém os micélios apareceram na 6ª semana.

Para as amostras tratados com OE os micélios apareceram na 6ª semana. E, os resultados mostraram que quanto maior a concentração do OE, maior a resistência à biodeterioração, pois a cada 25% de aumento na concentração, aumentou a resistência em 1 semana.

Para todos os sistemas não se observou diferença nos tratamentos quanto à espécie de madeira. Ambas, *Eucalyptus* e *Pinus*, apresentaram resultados semelhantes para o mesmo tratamento.

Os resultados obtidos no ensaio de apodrecimento acelerado mostraram que o CTO e seus derivados são adequados como preservativo para madeiras de rápido crescimento, pois aumentam a resistência à podridão branca, porém com algumas observações que serão apontadas a seguir.

As amostras que apresentaram melhor resultado de resistência ao ataque do fungo de podridão branca foram as tratadas com DTO e com OE nas quais os micélios só apareceram nas 6ª semana. E o aumento da concentração do OE aumenta a resistência á biodegradação. Este aumento na resistência pode ser devido à alta concentração do ácido oleico e de insaponificáveis do OE, conforme sugere alguns pesquisadores como Davidson *et al.* (1999), Walter *et al.* (2004), Hashim *et al.* (2009), Clausen *et al.* (2010), Dias (2015), Rabello *et al.* (2017) e Godoy *et al.* (2018).



Pesquisas ainda são necessárias para identificar as substâncias insaponificáveis presentes nas amostras de *Tall Oil*.

Medida do ângulo de contato – Goniometria: A Tabela 8 mostra as imagens obtidas no ensaio goniométrico e as medidas dos ângulos de contato. Os resultados mostraram que os corpos de prova tratados com as amostras de CTO, DTO e o OE, melhoram a ação de repelência à água. Com relação à direção do plano (transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial), os resultados não apresentaram variações significativas, mostrando que a impermeabilidade que o produto preservativo oferece é a mesma em todos os planos.

As amostras de *Pinus* sem tratamento apresentaram ângulo de contato próximo de 0 (zero), mostrando serem super-hidrófilas; e as amostras de *Eucalyptus*, nas mesmas condições, apresentaram variações do ângulo de contato entre 23° e 26°, mostrando serem hidrófilas.

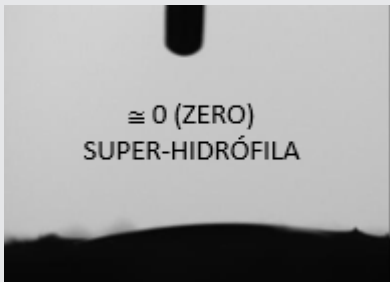
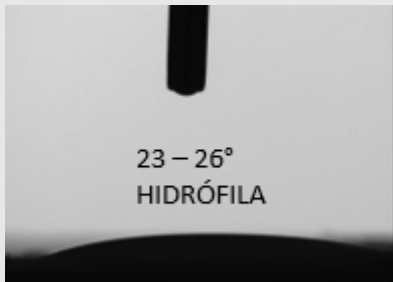
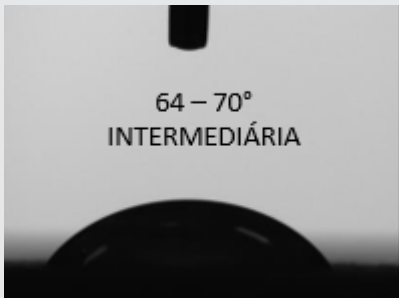
Todas as amostras, tanto do pinus quanto do eucalipto, submetidas aos tratamentos com CTO, DTO e OE, apresentaram comportamento intermediário entre a hidrofiliidade e a hidrofobicidade com ângulo de contato variando entre 56° e 70°, independente da concentração dos sistemas preservativos. Este resultado mostra que o os sistemas em estudo, diminui a hidrofiliidade.

Mesmo mantendo comportamento intermediário entre a hidrofiliidade e a hidrofobicidade com ângulo de contato, a variação do ângulo de contato da amostra tratada com OE é menor do que as amostras tratadas com o CTO e o DTO. Este resultado pode ser devido à alta concentração de insaponificáveis na amostra de OE.

Segundo Koski (2008) os tratamentos não biocidas agem de forma hidrofóbica, retardando ou prevenindo a colonização por fungos; portanto os sistemas preservativos testados possuem potencial como preservantes para madeira.



Tabela 8. Resultados da Goniometria.

Sistemas preservativos	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>
SEM TRATAMENTO	 ≈ 0 (ZERO) SUPER-HIDRÓFILA	 23 – 26° HIDRÓFILA
CTO e DTO	 64 – 70° INTERMEDIÁRIA	 64 – 70° INTERMEDIÁRIA
OE	 56 - 58° INTERMEDIÁRIA	 62 - 64° INTERMEDIÁRIA

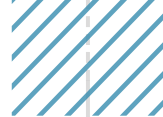
■ CONCLUSÃO

A partir do ensaio de apodrecimento acelerado observou-se que os sistemas preservativos com CTO, DTO e OE melhoram a classe de resistência à podridão branca.

A literatura descreve que a resistência à biodeterioração dos diversos *Tall Oil's* são devido somente a hidrofobicidade. Esta informação não se comprova nos resultados dos ensaios realizados neste trabalho. As três amostras apresentaram grau de hidrofobicidade semelhantes, porém os sistemas que apresentaram maior resistência ao fungo de podridão branca foi com OE e DTO.

Verificou-se que o aumento da concentração de ácidos graxos, aumenta a hidrofobicidade e este aumento não é proporcional à resistência ao apodrecimento, mostrando que a presença dos insaponificáveis também contribuem para o aumento desta resistência. E, este aumento contraria Koski (2008), onde afirma que a resistência ao apodrecimento se deve somente a hidrofobicidade.

Então, não é somente a hidrofobicidade que inibe a ação dos microorganismos. A alta concentração do ácido oleico, a presença de insaponificáveis e a estabilidade quando ao



índice de acidez e ao índice de saponificação podem ser indicativos na melhor resistência à biodegradação. Conforme a literature, o ácido oleico e os insaponificáveis podem ser os precursores dessa resistência.

A substância que apresentou resultados mais satisfatórios para potencial uso como preservativo para madeira foi o OE, um subproduto do fracionamento do CTO.

Esta pesquisa deverá ser estendida para outras análises de caracterização das substâncias insaponificáveis, auxiliando no entendimento da composição das amostras de *Tall Oil*, relacionando com a resistência à biodeterioração sobre a madeira, e isso está sendo providenciado para amparar possíveis conclusões a serem feitas nas publicações organizadas no futuro.

■ REFERÊNCIAS

1. AHN, S. H.; OH, S. C.; CHOI, I.; HAN, G.; JEONG, H.; KIM, K.; YOON, Y.; YANG, I. Environmentally friendly wood preservatives formulated with enzymatic-hydrolyzed okara, copper and/or boron salts. **Journal of Hazardous Materials**, v. 178, p. 604-611, 2010.
2. AHN, S. H.; OH, S. C.; CHOI, I.; KIM, K.; YANG, I. Efficacy of wood preservatives formulated from okara with copper and/or boron salts. **Journal Wood Science**, v. 54, p. 495-501, 2008.
3. ALFREDSEN, G.; FLAETE, P. O.; TEMIZ, A.; EIKENES, M.; MILITZ, H. Screening of the efficacy of Tall Oils against Wood decaying fungi. **The international research group on wood preservation**. IRG/WP 04-30354, 2004.
4. ANITA, S. H.; FATRIASARI, W.; ZULFIANA, D. Utilization of biopulping black liquor as preservative to fungal attack on jabon wood (*Anthocephalus cadamba* Miq.). **Teknologi Indonesia**, n.37, v.3, p. 147-153, 2014.
5. ARO, T., FATEHI, P. Tall Oil production from black liquor: Challenges and opportunities. **Separation and Purification Technology**, V. 175, P. 469 – 480, 2017.
6. BIERMANN, C. J. Kraft spent liquor recovery (4). **Handbook of pulping and papermaking**. 2 ed, p. 101-122, 1996.
7. BURKARTES, E. **Desenvolvimento de superfícies superhidrofóbicas de politetrafluoretileno**. 2010. 138 f. Tese (Doutorado em Física) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
8. CLAUSEN, C. A., COLEMAN, R. D., YANG, V. W. Fatty Acid-Based Formulations for Wood Protection against Mold and Sapstain. **Forest Products Journal**, v. 60, n. 3, 2010.
9. DIAS, L. S. Efeito da matéria insaponificável do óleo de palma (*Elaeis guineensis*) na estabilidade oxidativa de óleo de soja sob estocagem acelerada em estufa. **Dissertação de mestrado**, 108 f. 2015.
10. DAVIDSON, W. S., SAXENA, R. K., GUPTA, R. The fungistatic action of oleic acid. **Current Science**, v. 76, n. 8, p. 1137-1140, 1999.



11. DURMAZ, S.; ERISIR, E.; YILDIZ, U. C.; KURTULUS, O. C. Using Kraft Black Liquor as A Wood Preservative. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**. n. 195, p. 2177 – 2180, 2015.
12. EIKENES, M.; ALFREDSEN, G.; CHRISTENSEN, B. E.; MILITZ, H.; SOLHEIM, H. Comparasion of chitosans with different molecular weights as possible wood preservatives. **Journal Wood Science**, n. 51, p. 387-394, 2005.
13. GODOY, I. J., MORAES, A. R. A., SANTOS, J. F., MICHELOTTO, M. D., BOLONHEZI, D., FREITAS, R. S., CAVICHIOLI, J. C., CARVALHO, C. R. L. C., MARTINS, A. L. M. Cultivares de amendoins alto oleicos: uma inovação para o mercado produtor e consumidor brasileiros. **O agrônômico**, v. 70. Disponível em: <<http://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=1148>>, 2018.
14. GORGIJ, R.; TARMIAN, A.; KARIMI, A. N. Effect of chitosan on the mold resistance of wood and its surface properties. *International Journal of Lignocellulosic Products*. n. 1, v. 1, p. 39-49, 2014.
15. HASHIM, R.; BOON, J. G.; SULAIMAN, O.; KAWAMURA, F.; LEE, C. Y. Evaluation of the decay resistance properties of *Cerbera odollam* extracts and their influence on properties of particleboard. **International Biodeterioration & Biodegradation**. v. 63, p. 1013-1017, 2009.
16. HYVÖNEN, A.; PILTONEN, P.; NIINIMÄKI, J. Tall Oil/water – emulsions as water repellents for scots pine sapwood. **Holz als Roh-und Werkstoff**, n. 64, p. 68-73, 2006.
17. ISENMANN, A. F. **Química a partir de recursos renováveis**. 1 ed., Timóteo-MG, 2012.
18. ISLAM, Md. S., CHRISTOPHER, L. P., ALAM, Md. N. Separation and Purification of ω -6 Lino-leic Acid from Crude Tall Oil. **Separations**, v. 7(1), 9, Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/separations7010009>>, 2020.
19. JERMER J.; BERGMAN Ö.; NILSSON T. Fungus cellar and field tests with Tall Oil derivatives. Final report after 11 years' testing. The international research group on wood preservation. **Anais...** 24th Annual Meeting in Orlando, Florida, USA, 16-21 May, 1993.
20. KOSKI, A. **Applicability of crude Tall Oil for wood protection**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Processos e de Engenharia Ambienta - Faculdade de Tecnologia - Universidade de Oulu, Finlândia, 2008.
21. KWON, H. S.; MOON J. H.; LEE U. D.; YOON J. J.; WALSUM G. P. V.; UM B. H. Fractionation and gasification of black liquor derived from kraft pulping. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, n. 34, p. 122–129, 2016.
22. MAGEE, T. V., ZINKEL, D. F. Composition of American Distilled Tall Oils. Thomas V. **JAOCs**, v.69, n. 4, 1992.
23. MAOZ, M.; MORREL, J. J. Ability of chitosan to limit wood decay under laboratory conditions. **The international research group on wood protection**. IRG/WP 04-30339, 2004.
24. McGUIRRE, J. M., POWIS, P. J. Gas Chromatographic Analysis of Tall Oil Fractionation Products After Methylation with N,N-Dimethylformamide Dimethylacetal. **Journal of Chromatographic Science**, v. 36, 1998.
25. PAAJANEN, L., RITSCHKOFF, A.C. Effect of crude Tall Oil, linseed oil and rapeseed oil on the growth of decay fungi. **The International Research Group on Wood Preservation**, IRG/ WP 02-30299, 2002.

26. PANDA, H. **Handbook on Tall Oil Rosin Production, Processing and Utilization**. ASIA PACIFIC BUSINESS PRESS Inc., 2013.
27. POHL, C. H.; KOCK, J. L. F.; THIBANE, V. S. Antifungal free fatty acids: A Review. **Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances**, A. Méndez-Vilas (Ed.). Disponível em:< <https://www.researchgate.net/publication/266463207>>, 2011.
28. RABELLO, A.S.; MIRANDA, L.; PEREIRA, M.C.; VALENTE, V.M.M.; OLIVEIRA, C.R. Caracterização e avaliação da atividade fungicida de extrativos de madeira em fungos do gênero *Trichoderma* e *Rhizoctonia*. **Natureza online**. V. 15 (2), p. 001-007, 2017.
29. RAMOS, L. P.; GARCIA, J. N. Tall Oil: uma fonte de breu ainda pouco usada no país. **Informativo ARESB**, n. 93, nov. 2007.
30. ROSS, J.; PERCY, J. H., **Chemical treatment of black liquor and Tall Oil**. Colgate-Polmolive-Peet Company: Depositante. United States Patent Office 2, 296, 952. Patented Sept. 29, 1942.
31. SALES, H. J. S. Esterificação seletiva para a separação de esteróis, ácidos resínicos e ácidos graxos do residuo oleoso de madeira (*Tall Oil*). Instituto de Química - Departamento de Química Orgânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. 167 p. **Tese de Doutorado**.
32. SATTOLO, N. M. S.; BRITTO, D. de; ASSIS, O. B. G. Quitosana como fungicida em madeiras *Pinus* sp. empregadas na confecção de caixas “K”. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, n. 2, p. 128-132, abr./jun. 2010.
33. SINGH, T.; VESENTINI, D.; SINGH, A. P.; DANIEL, G. Effect of chitosan on physiological, morphological, and ultrastructural characteristics of wood-degrading fungi. **International Bio-deterioration & Biodegradation**, n. 62, p. 116-124, 2008.
34. SIVRIKAYA; CAN, A. Effect of weathering on wood treated with Tall Oil combined with some additives. **Maderas. Ciencia y tecnología** n. 18, v.4, p. 723-732, 2016.
35. SOUZA, R. V.; DEMENIGHI, A. L. Tratamentos preservantes naturais de madeiras de floresta plantada para a construção civil. **Mix Sustentável**, Ed. 05, v. 3, n.1, 2017.
36. TEMIZ, A.; ALFREDSEN, G.; EIKENES, M.; TERZIEV, N. Decay resistance of Wood treated with boric acid and Tall Oil derivates. **Bioresource Technology**, n.99, p. 2102-
37. TORR, K. M.; SINGH, A. P.; FRANICH, R.A. Improving stiffness of lignocellulosics through cell wall modification with chitosan melamine co-polymers. **New Zealand Journal of Forestry Science**, n.36, p. 87-98, 2006.
38. TREU, A.; LARNOY, E.; MILITZ, H. Leaching of new environmental friendly wood protection agents. In: BERGSTEDT, A. 5., 2009, Copenhagen: Denmark. **Anais...** 75 Proceedings of the 5th meeting of the Nordic-Baltic Network in Wood Material Science and Engineering, n. 43, p. 33-40, 2009.
39. VÄHÄOJA, P.; PILTONEN, P.; HYVÖNEN, A. NIINIMÄKI; JALONEN, J.; KUOKKANEN, T. Biodegradability studies of certain wood preservatives in groundwater as determined by the respirometric bod oxitop method. **Water, Air and Soil Pollution**, n. 165, p. 313-324, 2005.



40. VIVIAN, M. A., GROSSKOPF, É. J., NUNES, G. C., ITAKO, A. T., MODES, K. S. Qualidade e eficiência de produtos naturais no tratamento preservativo das madeiras de *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda*, **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 1, 2020.
41. WALTER, D., RAYNOR, L., MITCHELL, A. WALKER, R. WALKER, K. Antifungal activities of four fatty acids against Plant Pathogenic fungi. **Mycopathologia**, v.157, p. 87–90, 2004.



Aplicação da mistura catalítica, SiO_2 - SO_3H , na síntese de di-metóxi e tri-metóxiéteres de glicerol, importantes aditivos para o biodiesel e o diesel

| **Sandro Luiz Barbosa dos Santos**
UFVJM

| **Maria Luiza Pereira e Oliveira**
UFVJM

| **Stanlei Ivair Klein**
UNESP

| **Tassio Trindade Mazala**
UFVJM

| **Helvia Nancy Fuzer Lira**
UFVJM

| **Melina Alves Rodrigues Almeida**
UFVJM

| **Milton de Souza Freitas**
UFVJM

| **Iolanda Araujo Rodrigues**
UFVJM

RESUMO

A transesterificação de óleos de fritura com KOH e metanol resulta numa mistura de biodiesel e glicerol, da qual o glicerol pode ser separado por tratamento com H_3PO_4 ; o fosfato de potássio resultante é importante para a agricultura, e o glicerol, por posterior tratamento com carvão de macaúba ativado, também descrito, é prontamente disponível para a síntese de derivados, como os éteres mono, di e trimetilglicerol.

Palavras-chave: Química Verde, Biomassa Vegetal, Carvão de Macaúba, Glicerol, Éteres Metílicos de Glicerol e Fosfato de Potássio .

■ INTRODUÇÃO

A indústria química tem produzido resíduos tóxicos e consequentemente o aumento na poluição ao meio ambiente. Na alternativa de diminuir esse impacto, a comunidade científica desenvolveu os princípios da química verde, em que se baseia a eliminação ou redução de materiais capazes de provocar poluição ambiental, durante os processos sintéticos (FATTAH *et al.*, 2020).

A utilização da biomassa vegetal em cadeias produtivas semelhantes à do petróleo vem se tornando, nos últimos anos, foco de investimento de grandes recursos financeiros. Conceitos relativamente recentes como biorrefinarias e química verde vêm estimulando e promovendo o desenvolvimento da química renovável, a qual baseia-se, sobretudo, na utilização da biomassa como matéria-prima renovável para processos sustentáveis (VAZ, 2017).

Entre os vários compostos derivados a partir da biomassa, o glicerol é de interesse especial, por ser o subproduto da reação de transesterificação de triglicerídeos de óleos vegetais, gorduras animais ou de óleos e gorduras residuais, com metanol ou etanol, no processo de síntese de biodiesel (BARBOSA *et al.*, 2020). O glicerol equivale, em massa, a aproximadamente 10% do total da mistura biodiesel/glicerol produzida a partir daquelas gorduras.

O aumento global da produção de biodiesel tornou necessária a busca de alternativas para o aproveitamento do glicerol como forma de agregar valor à cadeia produtiva, pois o aumento da oferta do glicerol derrubou o preço da commodity no mundo todo. Assim, vários métodos têm sido usados para o descarte ou utilização de glicerol bruto, incluindo combustão direta (CARVALHO, 2013), fertilizante (SURENDRA *et al.*, 2015), ração animal (GONZÁLEZ *et al.*, 2019), matéria-prima de digestão anaeróbica e tratamento de resíduos (DE OLIVEIRA, 2012), produtos de conversão termoquímica ou biológica de maior valor (GARCÍA-MARTÍN *et al.*, 2019).

Outras aplicações do glicerol estão condicionadas ao seu grau de pureza, que deve ser igual ou superior à 95 %. Este coproduto, também chamado de glicerina, é aditivo para a indústria de cosméticos, farmacêutica, de alimentos e química em geral. Podemos destacar que na indústria farmacêutica a glicerina pura é utilizada como hidratante para a pele, e na formulação de xaropes para tosse, expectorantes, pomadas, cremes, antisépticos, plastificantes para cápsulas de medicamentos, e devido a sua propriedade umectante, faz parte de loções de barbear, desodorantes, e maquiagens, e géis (VASCONCELOS, 2012).

O Glicerol é também muito importante na indústria automobilística, como na preparação de compostos ramificados contendo oxigênio, por meio da sua eterificação com álcoois e alcenos. Esses produtos têm propriedades adequadas para uso como solventes ou aditivos em combustíveis (KARINEN; KRAUSE, 2006), o processo de eterificação do glicerol produz compostos com menor viscosidade e polaridade e consequentemente com maior volatilidade.



Isto faz com que os éteres formados misturados à gasolina ou a biodiesel, aumenta a octanagem desses combustíveis, resultando em melhor eficiência dos motores, e, de contrapartida, uma menor emissão de poluentes como resultado da combustão. Enquanto isso, o uso desses compostos junto ao diesel de petróleo ajuda a reduzir a emissão de gases nocivos como os NO_x, e materiais particulados (UMPIERRE; MACHADO, 2013).

Portanto, a purificação da glicerina é uma via da cadeia produtiva muito importante para o desenvolvimento da economia de interesse da produção industrial de biodiesel. Os processos atualmente empregados para sua purificação incluem destilação a vácuo simples (VAN GERPEN, 2005) filtração por membrana (DUBÉ, 2010), eletrodialise (DZYAZKO *et al.*, 2017), descoloração, cromatografia de troca de íons (ISAHAK *et al.*, 2010) e processos químicos.

Neste trabalho, propomos a utilização de nova técnica para a purificação do glicerol bruto, obtido por catálise básica da produção de biodiesel, utilizando carvão ativado produzido a partir da polpa de macaúba (*Acrocomia aculeata*). O pré-tratamento desse glicerol leva a formação de fosfato de potássio, importante regulador de pH do solo, e importante fonte de fósforo e de potássio. Esse glicerol purificado será utilizado na produção dos aditivos de combustíveis éteres de glicerol.

■ MÉTODOS

Síntese e purificação do glicerol

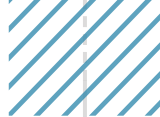
Os triacilglicerídeos contidos nos óleos residuais de fritura, foram tratados com hidróxido de potássio em metanol. A mistura bifásica resultante contém, na sua parte superior o biodiesel impuro, e, na fase inferior, o glicerol bruto. Essa fase foi tratada com ácido fosfórico, fornecendo glicerol bruto e fosfato de potássio, que foi purificado por recristalização em meio aquoso, enquanto que o glicerol foi adsorvido em carvão ativado previamente produzido a partir da polpa do fruto da macaúba.

O glicerol assim purificado serviu de material de partida para a síntese dos éteres metílicos de glicerol.

Síntese da sílica gel e do catalisador SiO₂-SO₃H

A sílica gel utilizada como precursora do catalisador SiO₂-SO₃H, foi produzida conforme metodologia adaptada de Prado *et al.* (2005). Uma mistura de areia de construção civil fina e carbonato de sódio foi aquecida a 850 °C por um período de 4 horas. A mistura quente foi transferida para um filtro de placa sinterizada e lavada com água destilada fervente. O produto solúvel foi então tratado com HCl concentrado para a precipitação da sílica gel



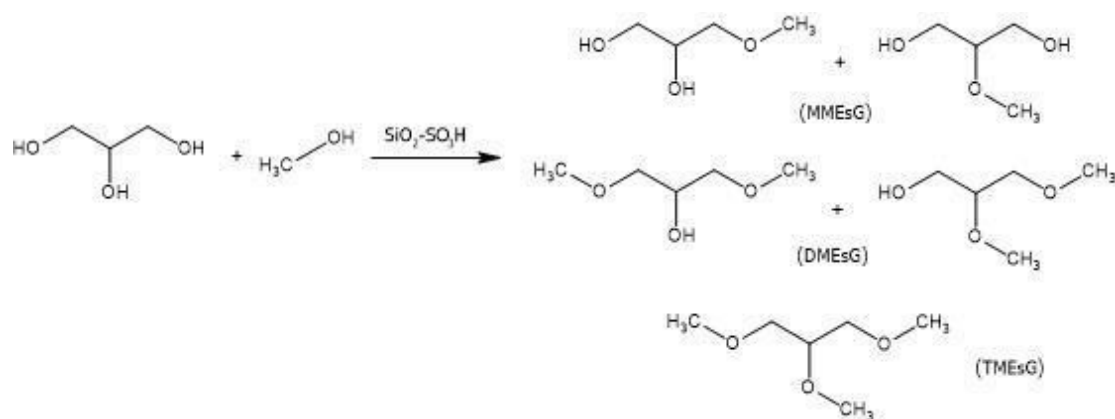


sintética. A sílica obtida foi então misturada a H_2SO_4 concentrado para a obtenção da sílica sulfonada (BARBOSA *et al.*, 2015; BARBOSA *et al.*, 2018).

Síntese de éteres metílicos de glicerol

O glicerol obtido a partir dos óleos de fritura residual e purificado com carvão derivado da macaúba pode ser amplamente utilizado para sínteses orgânicas. Neste caso, foi preparada uma mistura de éteres com metanol, Figura 1 (BARBOSA; RODRIGUES, 2016).

Figura 1. Esquema de síntese de éteres metílicos de glicerol empregando glicerol, metanol e catalisador $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$; MM = monometil; DM = dimetil; TM = trimetil; EsG éteres de glicerol.



■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

No processo de preparação do biodiesel pela transesterificação de gorduras animais ou vegetais, ou óleos de fritura residuais com metanol ou etanol, catalisadas por hidróxidos, formam-se duas fases. A superior, contendo os ésteres dos ácidos graxos dos triglicerídeos das gorduras originais, e a inferior, contendo o glicerol, água, e a maioria dos resíduos da base utilizada como catalisador, entre outras impurezas, caso a gordura utilizada foi proveniente de óleos residuais, tais quais os restos de óleos de fritura.

De qualquer forma, a fase glicerol, como oriunda desses processos, é altamente impura, e altamente alcalina. É chamada de glicerol bruto, e tem poucas utilidades. O procedimento mais procurado pelos cientistas para o aproveitamento dessa fase é o da sua neutralização, seguida, é claro, pela purificação em si.

A neutralização da fase glicerol do biodiesel deve ser feita pela adição de ácidos, para a neutralização da basicidade da fase. Qualquer ácido é suficiente para tal, mas os sais inorgânicos resultantes têm um papel preponderante na escolha daquele importante reagente. Por exemplo, se o hidróxido de síntese foi o NaOH e o ácido escolhido foi o HCl , ou o H_2SO_4 , os sais resultantes serão sais de sódio - cloreto ou sulfato - solúveis na mistura água/glicerol a ponto de fazer sua separação um processo muito difícil, e caríssimo.





A escolha da base KOH para a transesterificação dos óleos e gordura residuais tem as vantagens de que essa base é mais solúvel em solventes orgânicos, no caso o metanol. A neutralização dessa fase com H_3PO_4 irá produzir o sal fosfato de potássio que, por sua vez, é bastante insolúvel na fase glicerol da mistura final do processo de produção do biodiesel. Assim, a fase glicerol do biodiesel pode ser neutralizada pela formação daquele sal inorgânico que é filtrado, deixando o próprio glicerol pronto para ser purificado das impurezas orgânicas que ainda acompanham aquela fase da mistura.

Esse glicerol bruto, de pigmentação amarronzada, pode ser purificado pela adsorção em carvão ativado. Neste processo empregamos o carvão oriundo da polpa da macaúba, previamente sintetizado e ativado quimicamente com cloreto de zinco (BARBOSA *et al.*, 2020). A escolha do carvão ativado de macaúba se deve ao fato deste carvão apresentar uma alta capacidade de retenção de carotenóides, substância responsáveis pela pigmentação de óleos vegetais.

A reação entre o glicerol purificado pelo ácido fosfórico, e posteriormente pela adsorção pela macaúba, e metanol, na presença do catalisador $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$, resulta na total conversão do glicerol em éteres metílicos. A composição típica daquelas misturas é de 18,15 % de MMEsG, 31,40 % de DMEsG e 50,41 % de TMEG confirmados a partir de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. Vale salientar que neste processo não foi verificado a formação de subprodutos oriundos da polimerização do glicerol (BARBOSA; RODRIGUES, 2016).

■ CONCLUSÃO

A reciclagem dos resíduos de óleos e gorduras de frituras é um importante passo para a manutenção do equilíbrio entre o nosso desenvolvimento, como raça humana, e a preservação das qualidades naturais do nosso planeta. As tentativas de reaproveitamento daquelas comodidades têm ainda que levar em efeito a qualidade dos subprodutos daqueles processos, e nós propomos nesse trabalho, a catálise com KOH para a preparação de biodiesel a partir de óleos de frituras, sua neutralização com H_3PO_4 para a produção de resíduos de alto valor econômico para a agricultura, e finalmente um processo de reutilização do subproduto glicerol para a produção dos importantes aditivos de combustíveis, os éteres de glicerol. Nas etapas finais dos processos destacados, é importante qualificar o catalisador $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ como também oriundo de um processo inspirado pela Química Verde.



■ REFERÊNCIAS

1. BARBOSA, S. L. *et al.* Benzyl benzoate and dibenzyl ether from of benzoic acid and benzyl alcohol under microwave irradiation using a $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ catalyst. **Catalysis Communications**, v. 68, p. 97-100, 2015.
2. BARBOSA, S. L. *et al.* Ketalization of Ketones to 1,3-Dioxolanes and Concurring Self-Aldolization Catalyzed by an Amorphous, Hydrophilic $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ Catalyst under Microwave Irradiation. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 29, n. 8, p. 1663- 1671, 2018.
3. BARBOSA, S. L. *et al.* Oxygenated biofuels: Synthesis of fatty acid solketal esters with a mixture of sulfonated silica and $(\text{Bu}_4\text{N})(\text{BF}_4)$ catalyst. **Catalysis Communications**, v. 120, p. 76-79, 2019a.
4. BARBOSA, S. L. *et al.* Synthesis of Phenyl Esters Using $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ Catalyst in Conventional Heating and Microwave-Irradiated Esterification Processes. **Journal of nanoscience and nanotechnology**, v. 19, n. 6, p. 3663-3668, 2019b.
5. BARBOSA, S. L. *et al.* Preparation of activated charcoal from *Acrocomia aculeata* for purification of pretreated crude glycerol. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p. 1-9, 2020.
6. BARBOSA, S. L.; RODRIGUES, M. A.. Aplicação da mistura catalítica, $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$, na síntese de di-metóxi e tri-metóxi éteres de glicerol, importantes aditivos para o biodiesel e o diesel. In: **Anais** do I Workshop do programa de pós-graduação em biocombustíveis da UFVM–UFU & II Workshop do núcleo de biorrefinaria da rede de Química do estado de Minas Gerais, 1 e 2., 2016, Uberlândia. **Anais**. Uberlândia: UFU, UFVJM, RQ-MG, 2016. p. 1 – 68.
7. DZYAZKO, Y. S. *et al.* Composite membranes containing nanoparticles of inorganic ion exchangers for electrodialytic desalination of glycerol. **Nanoscale research letters**, v. 12, n. 1, p. 1-9, 2017.
8. FATTAH, I. M. R. *et al.* State of the Art of Catalysts for Biodiesel Production. **Frontiers in Energy Research**, v. 8, p. 1-17, 2020.
9. GARCÍA-MARTÍN, J. F. *et al.* Production of oxygenated fuel additives from residual glycerine using biocatalysts obtained from heavy-metal-contaminated *Jatropha curcas* L. roots. **Energies**, v. 12, n. 4, p. 740, 2019.
10. GONZÁLEZ, R. *et al.* Application of thermal analysis for evaluating the effect of glycerine addition on the digestion of swine manure. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 135, n. 4, p. 2277-2286, 2019.
11. ISAHAK, W. N. R. W. *et al.* Purification of crude glycerol from transesterification RBD palm oil over homogeneous and heterogeneous catalysts for the biolubricant preparation. **Journal of Applied Sciences**, v. 10, n. 21, p. 2590-2595, 2010.
12. KARINEN, R. S.; KRAUSE, A. O. I. New biocomponents from glycerol. **Applied Catalysis A: General**, v. 306, p. 128-133, 2006.
13. PRADO, A. G. S; FARIA, E. A.; PADILHA, P. M. Aplicação e modificação química da sílica gel obtida de areia. **Química Nova**, v. 28, n. 3, p. 544-547, 2005.



14. QUISPE, C. A. G; CORONADO, C. J. R.; CARVALHO, J. A. J. R. Glycerol: Production, consumption, prices, characterization and new trends in combustion. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 27, p. 475-493, 2013.
15. SALEH, J.; TREMBLAY, A. Y.; DUBÉ, M. A. Glycerol removal from biodiesel using membrane separation technology. **Fuel**, v. 89, n. 9, p. 2260-2266, 2010.
16. SURENDRA, K. C. *et al.* Anaerobic digestion-based biorefinery for bioenergy and biobased products. **Industrial Biotechnology**, v. 11, n. 2, p. 103-112, 2015.
17. UMPIERRE, A.; MACHADO, F.. Gliceroquímica e valorização do glicerol. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 1, p. 106-116, 2013.
18. VAN GERPEN, J. Biodiesel processing and production. **Fuel processing technology**, v. 86, n. 10, p. 1097-1107, 2005.
19. VASCONCELOS, Y. Resíduos bem-vindos. **Revista Pesquisa FAPESP**, v. 196, p. 56- 63, 2012.
20. VAZ, J. S..Rumo a uma Química Renovável Brasileira a partir da Biomassa Vegetal. **Revista Virtual de Química**, v. 9, p. 238-247, 2017.



Bolas de sementes com rejeito da barragem de fundão: uma inovação na restauração florestal das áreas atingidas na região de Mariana, MG

| **Sebastião Venâncio Martins**
UFV

| **William Victor Lisboa Alves**
UFV

| **Pedro Manuel Villa**
UFV

| **Gabriel Correa Kruschewsky**
FUNDAÇÃO RENOVA

| **Andréia Aparecida Dias**
FUNDAÇÃO RENOVA

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de bolas de sementes como técnica alternativa para a restauração florestal de áreas atingidas pelo rejeito da barragem de Fundão. Para tanto, foram confeccionadas bolas que diferiam de acordo com o substrato – rejeito, composto orgânico, argila e fino de carvão, e também pelo diâmetro utilizado – 3 e 6 cm. Assim, os tratamentos utilizados foram: R3: Rejeito (bola de 3 cm de diâmetro), R6: Rejeito (6 cm), RCO3: Rejeito + Composto Orgânico (3 cm), RCO6: Rejeito + Composto Orgânico (6 cm), RCA3: Rejeito + Argila (3cm), RCA6: Rejeito + Argila (6 cm), RFC3: Rejeito + Fino de Carvão (3 cm) e RFC6: Rejeito + Fino de Carvão (6 cm). Dentro de cada bola foram adicionadas 20 sementes de espécies arbóreas nativas de ocorrência na bacia do rio Doce, sendo 5 de cada uma das quatro espécies utilizadas. As bolas de sementes foram mantidas em estufa no viveiro da Universidade Federal de Viçosa, sendo monitoradas semanalmente quanto a germinação das sementes até 100 dias após a montagem do experimento. Foram contabilizadas um total de 540 sementes germinadas, pertencentes às quatro espécies e aos oito tratamentos. Constatou-se que as bolas de menores diâmetros obtiveram melhores taxas de germinação em comparação aos seus pares de substratos. Além disso, os maiores valores médios de germinação foram alcançados por RFC3. Nesse contexto, a técnica de bolas de sementes se mostrou uma alternativa viável para restauração das áreas atingidas por rejeito.

Palavras-chave: Restauração Ecológica, Semeadura Direta, Técnicas Alternativas.

■ INTRODUÇÃO

Para reverter os impactos provocados pelo rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, MG, ocorrido em 05 de novembro de 2015, a Fundação Renova e seus parceiros tem realizado um grande investimento tanto em ações diretas de reabilitação e restauração florestal das áreas atingidas e de áreas de compensação em toda a bacia do Rio Doce, nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Entre as ações de restauração que estão sendo realizadas, está a restauração de 40 mil ha de áreas de preservação permanente (APP's) e áreas de recarga hídrica degradadas ao longo de toda a bacia do Rio Doce, que é considerada uma importante meta para recuperação desta bacia, que historicamente já sofria com a degradação ambiental muito antes do rompimento da barragem.

Assim, a restauração ao longo das áreas atingidas pelo rejeito depende das características ambientais específicas de cada local e o nível de impacto gerado pela deposição do rejeito, o que também determina a escolha da técnica de restauração a ser utilizada (MARTINS, 2016). Desta forma, o sucesso dos projetos de restauração dessas áreas, deve se dar pela adoção de práticas que visem a recuperação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos, e que estejam alinhados às condições específicas de cada área (MARTINS *et al.*, 2015; 2020a, 2020b).

A restauração ativa por plantio de mudas de árvores em todas as áreas onde a restauração passiva através da regeneração natural é limitada, é também conhecido como reflorestamento tradicional, muito aplicado nos últimos anos na restauração em larga escala (MARTINS, 2018). Entretanto, existem outras técnicas, como a nucleação, que consiste no estabelecimento e manejo de núcleos vegetais em áreas degradadas a partir da transposição de bancos de sementes de ecossistemas conservados para promover a recuperação natural (MARTINS, 2018). Além do plantio tradicional e nucleação, existem outras técnicas alternativas de restauração ativa tais como semeadura direta, plantio de enriquecimento, transplante de plântulas, sistemas agroflorestais, entre outras (OLIVEIRA & ENGEL 2017; MARTINS, 2018; MARTINS *et al.* 2020a, 2020b).

De acordo com Martins *et al.* (2015), existem áreas em que realmente o reflorestamento tradicional deve ser indicado, como em áreas agrícolas que perderam totalmente a resiliência. Entretanto, existem áreas em que outras técnicas podem ser indicadas como exclusivas ou até como complementares para aumentar a biodiversidade dos próprios reflorestamentos tradicionais (MARTINS *et al.* 2020a, 2020b). Nesse contexto, a semeadura direta de espécies arbóreas nativas, tem sido utilizada em projetos de restauração (ex, CAMPANHARO *et al.* 2020, 2021; MARTINS *et al.* 2020b).



A semeadura direta tem sido indicada sobretudo por apresentar menor custo em relação ao plantio de mudas, utilização de maiores densidades de indivíduos por unidade de área, organização espacial mais próxima ao de florestas naturais e promoção das relações interespecíficas, como facilitação e competição (GUERIN *et al.*, 2015). Em contrapartida, a técnica também apresenta algumas desvantagens, como as baixas taxas de germinação, variabilidade e dificuldade de controlar as condições de germinação em campo, a predação de sementes e mudas e a competição com espécies já presentes (CECCON *et al.*, 2015).

Nesse contexto, as bolas de sementes (*seed balls*) surgem como uma técnica de semeadura direta, que vem sendo utilizada desde o século passado, majoritariamente na agricultura e jardinagem em diferentes países (FUKOUOKA, 2009). As bolas de sementes geralmente são compostas de argila, fibra, e húmus, além de água para dar aderência, e vem sendo sugeridas para promover melhores condições de germinação das sementes, restando a umidade e facilitando o crescimento por meio de enriquecimento de nutrientes, além de eliminar a predação de sementes e poder fornecer um banco de sementes persistente (JONES *et al.*, 2014).

As bolas de sementes podem conter em sua composição outros materiais além de água, argila e solo, como fertilizantes que auxiliem na germinação e estabelecimento das sementes (GORNISH *et al.*, 2019). Além disso, essa técnica permite conciliar espécies com diferentes funções ecológicas em um mesmo núcleo, simulando condições que ocorrem naturalmente. As técnicas de revestimento de sementes, como as bolas de sementes, são consideradas alternativas e complementares à restauração de áreas degradadas, principalmente em áreas de difícil acesso, se destacando por serem técnica de mais baixo custo em relação ao plantio de mudas (JONES *et al.*, 2014; HOLBERT *et al.*, 2019; GORNISH *et al.*, 2019).

No Brasil, em áreas onde o plantio de mudas é praticamente inviável devido as condições do terreno (declividade, acesso, entre outros) e também como técnica de enriquecimento de áreas em processo de restauração, as bolas de sementes aparecem como uma boa alternativa. Apesar do potencial para uso na restauração florestal, não existem estudos que comprovem a eficiência do uso de bolas de sementes para esta finalidade no país.

Através de uma parceria iniciada em 2018 entre a Fundação Renova e o Laboratório de Restauração Florestal (LARF), diversas pesquisas vêm sendo realizadas visando contribuir para o programa de restauração florestal das áreas atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana, MG. Uma das pesquisas mais recentes e inovadoras desta parceria foi o desenvolvimento de uma nova tecnologia de semeadura de espécies arbóreas nativas, denominada de bolas de sementes.

Bolas de sementes são conglomerados de substrato que envolvem as sementes com a finalidade de protegê-las até que as condições ambientais sejam favoráveis à germinação,





e apresentam como principais vantagens à semeadura direta tradicional: a proteção das sementes do ataque de predadores e o oferecimento de condições mais adequadas para a germinação e estabelecimento das plântulas nos períodos iniciais (JONES *et al.*, 2014). Nesse sentido, esta pesquisa tem como objetivo avaliar o uso de bolas de sementes como técnica alternativa para promover a germinação e estabelecimento de espécies arbóreas potenciais para a restauração florestal de áreas atingidas pelo rejeito.

■ MÉTODO

Nesse estudo, foi avaliado o uso do próprio rejeito da barragem de Fundão, puro e em mistura com outros substratos na confecção das bolas de sementes, visando o reaproveitamento do rejeito para a restauração das áreas diretamente atingidas e outras áreas na bacia do rio Doce. O experimento foi conduzido em ambiente controlado na casa de vegetação do LARF no viveiro da UFV, onde foram testadas bolas de sementes com quatro substratos e dois diâmetros diferentes.

Na definição dos tratamentos, além do rejeito (presente em todos os tratamentos), foram escolhidos mais três substratos, sendo eles: argila, composto orgânico e fino de carvão. Ambos os substratos são de fácil obtenção na região, o que influenciou na escolha destes. Assim, acredita-se que a técnica possa ser uma opção para uso na restauração da bacia do rio Doce, possibilitando a participação ativa dos produtores rurais com trabalho e geração de renda (RAUPP *et al.*, 2020).

Em relação ao diâmetro das bolas foram definidas duas classes de tamanho: bolas pequenas, de 3 cm de diâmetro, e bolas grandes, de 6 cm de diâmetro. Visando a padronização das repetições, após a confecção das bolas, todas tiveram o diâmetro conferido com um paquímetro (Figura 1a). Além disso, na seleção das espécies a serem utilizadas, optou-se pela escolha de quatro espécies arbóreas nativas que ocorrem na bacia do rio Doce, sendo duas classificadas como espécies pioneiras: canafístula (*Peltophorum dubium*) e tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*), e duas classificadas como espécies não pioneiras: paineira (*Ceiba speciosa*) e sobrasil (*Colubrina glandulosa*). Na confecção das bolas foram incorporadas 5 sementes de cada uma das quatro espécies utilizadas, totalizando 20 sementes por bola (Figura 1b).





Figura 1. Medição com paquímetro do diâmetro das bolas de sementes já confeccionadas (a) e adição das sementes no interior das bolas de substrato (b). Laboratório de Restauração Florestal da UFV.



Fonte: o autor.

Todas as sementes utilizadas no experimento foram adquiridas de fornecedores de procedência e se encontravam viáveis. Para as espécies que apresentam algum tipo de dormência, foi realizada a quebra da mesma, conforme instruções do fornecedor. As sementes de *Colubrina glandulosa* e *Peltophorum dubium* foram emergidas em água em temperatura ambiente por 24 horas, e para as sementes de *Enterolobium contortisiliquum* foi realizada a escarificação mecânica com lixa.

Para a adubação das bolas de sementes, foi definida a adição de 10 gramas de fertilizante NPK (06-30-06) para cada quilo de substrato utilizado, visando fornecer melhores condições nutricionais nos estágios iniciais da germinação e fase inicial de crescimento. Além disso, para a confecção das bolas ainda foi necessária a utilização de água para dar aderência a semente ao substrato.

As bolas foram confeccionadas em laboratório e levadas para a casa de vegetação da UFV. Foram confeccionadas doze bolas (repetições) para cada um dos oito tratamentos definidos: R3: Rejeito (bola de 3 cm de diâmetro), R6: Rejeito (6 cm), RCO3: Rejeito + Composto Orgânico (3 cm), RCO6: Rejeito + Composto Orgânico (6 cm), RCA3: Rejeito + Argila (3cm), RCA6: Rejeito + Argila (6 cm), RFC3: Rejeito + Fino de Carvão (3 cm) e RFC6: Rejeito + Fino de Carvão (6 cm).





O experimento foi montado sob delineamento inteiramente casualizado, sendo utilizadas noventa e seis bolas, que foram distribuídas em doze blocos. Cada bloco foi composto por uma bandeja plástica de 20 litros, preenchida apenas com rejeito *in natura*, sem adubação, visando simular a situação normalmente encontrada nas áreas atingidas pelo rejeito, onde as bolas foram dispostas aleatoriamente. Após a distribuição das bolas nos blocos, todas foram devidamente identificadas e sinalizadas com o auxílio de uma placa de identificação (Figura 2).

Figura 2. Uma das bandejas com as bolas de sementes sobre o rejeito (a) e alocação das bandejas sobre as bancadas (b). Casa de vegetação, Viveiro UFV.



Fonte: o autor.

Na casa de vegetação, as bandejas foram mantidas sobre bancadas, onde a irrigação foi programada de acordo com as condições climáticas locais, com controle de umidade através de irrigação por aspersão automática. A partir da montagem do experimento, as bolas foram monitoradas e vistoriadas semanalmente. No total, foram realizadas quatorze avaliações, sendo que a primeira avaliação ocorreu sete dias e a última após noventa e nove dias da montagem do experimento. Para contabilização da germinação, as bolas foram avaliadas minuciosamente, uma a uma, tendo sido consideradas todas as sementes que emitiram radícula.

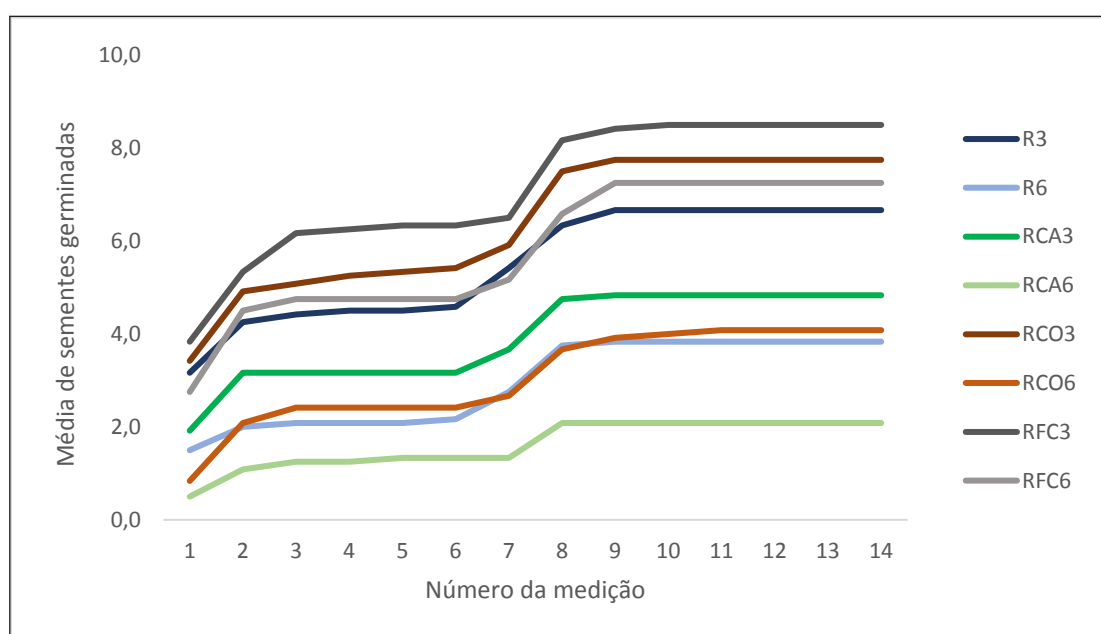
Para comparar a germinação de plântulas de cada espécie na última avaliação do experimento, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis seguido de um teste posterior de Dunn para comparar entre tratamentos (CRAWLEY, 2013). Previamente foi testada a distribuição dos dados de germinação de cada espécie com o teste Shapiro-Wilk e gráfico Q-Q, (CRAWLEY, 2013). As análises estatísticas foram realizadas no programa R 3.6.0 (R CORE TEAM, 2019).



■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as quatro espécies utilizadas, todos os tratamentos e repetições, no total foram contabilizadas 540 sementes germinadas após 100 dias da montagem do experimento. Todos os tratamentos apresentaram sementes germinadas, sendo que a germinação foi observada da primeira até a décima primeira semana de avaliação, 77 dias após a montagem do experimento. Nas primeiras semanas observou-se um predomínio de germinação de sementes de *Ceiba speciosa*, enquanto as sementes de *Enterolobium contortisiliquum* apresentaram alta na germinação somente após cerca de dois meses da montagem do experimento. A figura 3 ilustra a tendência de crescimento e estabilização (após a 11ª semana) das médias de germinação das sementes nos tratamentos utilizados.

Figura 3. Evolução da média de sementes germinadas por tratamento ao longo das avaliações.



Fonte: o autor.

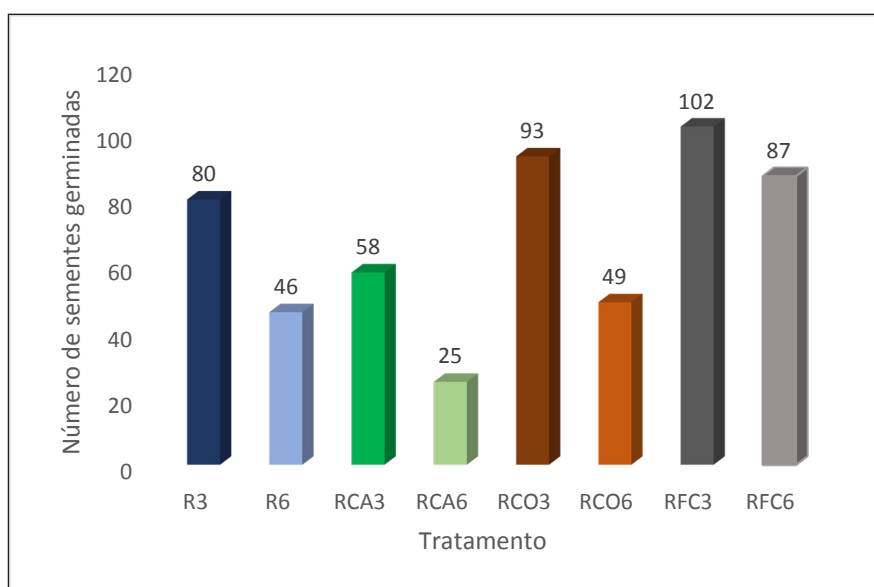
Todos os resultados de germinação das espécies deste experimento ficaram acima dos valores de emergência obtido no único trabalho encontrado com bolas de sementes, da espécie arbustiva no deserto de Mojave Desert, Estados Unidos, *Coleogyne ramosíssima*, onde foi atingido 5% de germinação (JONES *et al.*, 2014).

No presente estudo, *C. speciosa* apresentou a maior germinação, com um total de 295 sementes germinadas, seguida por *E. contortisiliquum*, com 183 sementes germinadas. Em contrapartida, *C. glandulosa* e *P. dubium* apresentaram menores valores de germinação no experimento, germinando um total de 36 e 26 sementes, respectivamente. É válido destacar que estes valores estão sendo influenciados por vários fatores, como as interações com o ambiente, com os substratos, e entre as espécies, que reagem de diferentes maneiras.



Em relação aos tratamentos, o tratamento com RFC3 apresentou a maior quantidade média de sementes germinadas por repetição (8,5). Na sequência os tratamentos com maiores valores foram: RCO3, RFC6 e R3, que apresentaram médias de 7,8, 7,3 e 6,7 sementes germinadas por repetição, respectivamente. No total, apenas 4 bolas não apresentaram nenhuma germinação, sendo todas pertencentes ao tratamento RCO6, o que influenciou no fato deste tratamento apresentar a menor taxa de germinação. Os tratamentos com utilização de argila apresentaram média abaixo de 5 sementes germinadas, indicando que, nestas condições, a interação da argila com o rejeito, não promoveu melhores condições para germinação das sementes das espécies utilizadas. A maior taxa de germinação no tratamento RCA3 em comparação ao RCA6 confirmam que a utilização de bolas menores ou com menores teores de argila podem diminuir efeitos negativos na germinação das sementes (JONES *et al.*, 2014).

Figura 4. Total de sementes germinadas por tratamento ao final das avaliações.



Fonte: o autor.

Nota-se que as bolas com menores diâmetros se destacaram com os melhores valores médios de germinação entre os seus pares de substrato e de uma maneira geral. Das 5 maiores médias de germinação, apenas a terceira foi de um tratamento com bolas de sementes com maior diâmetro (RFC6). Além disso, a utilização de fino de carvão juntamente com o rejeito demonstrou ser uma boa alternativa para promover a germinação das sementes. Até mesmo a utilização somente do próprio rejeito, nas condições deste experimento, se mostrou uma boa opção. Devido a alta densidade de sementes utilizada, o tratamento R3, por exemplo, que teve uma germinação média de 33%, indica que a cada bola de semente utilizada, germinaram cerca de 6 indivíduos de diferentes espécies, o que indica o potencial dessa técnica ao promover um núcleo com vários indivíduos.





Observou-se também que, ao longo das semanas, as bolas foram se abrindo e se incorporando ao rejeito utilizado nas bandejas. As plântulas oriundas das bolas enraizaram neste substrato e mantiveram bom desenvolvimento (Figura 4). Por terem sido usadas sementes de diferentes espécies que possuem diferentes características de germinação e desenvolvimento, as bolas de sementes formaram uma espécie de banco de plântulas, onde na área da mesma bola, se encontravam vários indivíduos com diferentes alturas.

O crescimento dessas plântulas agrupadas pode causar um efeito benéfico às sementes através da facilitação, além de promover melhorias de outros serviços ecossistêmicos (GORNISH *et al.*, 2019). Soma-se a isso também, a possibilidade de existirem sementes que ainda não germinaram, mas que se encontram viáveis, podendo formar um banco de sementes persistente nas áreas em que serão utilizadas (JONES *et al.*, 2014).

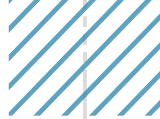
Figura 5. Bandejas com rejeito coberto pelas plântulas oriundas das bolas de sementes. Casa de vegetação, Viveiro UFV.



Fonte: o autor.

Ao comparar o número de todas as plântulas germinadas por espécie, os resultados indicam que apenas *C. glandulosa* apresentou diferenças entre tratamentos ($x^2 = 28.99$, $df = 7$, $p < 0.001$), principalmente entre o tratamento RFC3 em relação aos demais. No entanto não houve diferenças entre tratamentos para as outras espécies avaliadas, *P. dubium* ($x^2 = 12.29$, $df = 7$, $p = 0.10$), *E. contortisiliquum* ($x^2 = 11.94$, $df = 7$, $p = 0.11$), e *C. speciosa* ($x^2 = 7.76$, $df = 7$, $p = 0.35$). Estes resultados permitem inferir que medições de germinação no nível de espécies também são importantes para avaliar eficiência do método e dos tratamentos específicos. Assim foi possível constatar também que o tratamento RFC3 foi o mais





relevante e que apresentou maiores valores médios em relação a todos os tratamentos testados, para *C. glandulosa* a qual foi mais sensível em apresentar diferenças entre tratamentos.

■ CONCLUSÃO

A técnica das bolas de sementes utilizando o próprio rejeito, puro ou com misturas de substratos, configura-se como uma alternativa muito promissora para auxiliar na restauração das áreas atingidas por rejeito e em áreas de compensação na bacia do rio Doce, particularmente em áreas de difícil acesso, áreas com regeneração que precisam de enriquecimento, entre outras. A utilização de bolas pequenas, com cerca de 3 cm de diâmetro mostrou-se mais adequada por resultar em maiores taxas de germinação, além de serem de mais fácil transporte e lançamento manual ou via drones em áreas de difícil acesso.

A próxima etapa da pesquisa será a aplicação da técnica em condições de campo, onde serão lançadas as bolas de sementes em área com depósito de rejeito em Mariana, MG, que serão monitoradas quanto a germinação das sementes e a formação de núcleos de regeneração de espécies arbóreas nativas.

■ REFERÊNCIAS

1. BRASIL. (2016). Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta. **Dispõem sobre acordo entre o Governo Federal, Governo do estado de Minas Gerais, Governo do estado Espírito Santo e as mineradoras Samarco Mineração S/A, Vale S/A e BHP Billiton Brasil Ltda.** Brasília, 2016.
2. CAMPANHARO, Italo Favoreto et al. Forest restoration methods, seasonality, and penetration resistance does not influence aboveground biomass stock on mining tailings in Mariana, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n.1, 2021.
3. CAMPANHARO, Ítalo Favoreto et al. Effects of Forest Restoration Techniques on Community Diversity and Aboveground Biomass on Area Affected by Mining Tailings in Mariana, Southeastern Brazil. **Research in Ecology**, v. 2, n. 4, p. 22 - 30, 2021.
4. CECCON, Eliane; GONZÁLEZ, Edgar J.; MARTORELL, Carlos. Is direct seeding a biologically viable strategy for restoring forest ecosystems? Evidences from a Meta-analysis. **Land Degradation & Development**, v. 27, n. 3, pág. 511-520, 2016.
5. CRAWLEY, Michael J. **The R book**. John Wiley & Sons, 2012.
6. FUKUOKA, Masanobu. **The one-straw revolution: an introduction to natural farming**. New York Review of Books, 2009.
7. GORNISH, Elise; ARNOLD, Hannah; FEHMI, Jeffrey. Review of seed pelletizing strategies for arid land restoration. **Restoration Ecology**, v. 27, n. 6, p. 1206-1211, 2019.





8. GUERIN, Natália et al. Avanços e próximos desafios da semeadura direta para restauração ecológica. In: MARTINS, Sebastião Venâncio. (Ed.) **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa: Editora UFV, 3ª Ed, p. 331 – 376, 2015.
9. HOLBERT, J. et al. Alternative methods for reforestation and land rehabilitation to reduce the plastics waste in forest areas. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2019. p. 012007.
10. JONES, Lisa C.; SCHWINNING, Susanne; ESQUE, Todd C. Seedling ecology and restoration of blackbrush (*Coleogyne ramosissima*) in the Mojave Desert, United States. **Restoration ecology**, v. 22, n. 5, p. 692-700, 2014.
11. MARTINS, Sebastião Venâncio. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. Viçosa: Aprenda Fácil, 3ª Ed, 2016.
12. MARTINS, Sebastião Venâncio; MIRANDA NETO, Aurino; RIBEIRO, Tiago Maciel. Uma abordagem sobre diversidade e técnicas de restauração ecológica. In: MARTINS, Sebastião Venâncio. (Ed.) **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa: Editora UFV, 3ª Ed, p. 19-41, 2015.
13. MARTINS, Sebastião Venâncio. **Restauração Florestal**. Boletim de Extensão, v. 67, 19 p., 2018.
14. MARTINS, Sebastião Venâncio et al. Monitoring the passive and active ecological restoration of areas impacted by the Fundão tailings dam disruption in Mariana, Minas Gerais, Brazil. In: VLIEGER, Kristian de. (Ed.) **Recent Advances in Ecological Restoration**, New York, Nova Science Publishers, p. 51-95, 2020a.
15. MARTINS, Sebastião Venâncio et al. Study on site preparation and restoration techniques for forest restoration in mining tailings of Mariana, Brazil. **Research in Ecology**, v. 2, p. 42-52, 2020b.
16. OLIVEIRA, Renata Evangelista de; ENGEL, Vera Lex. A restauração florestal na Mata Atlântica: três décadas em revisão. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 40-48, 2017.
17. R CORE TEAM. R version 3.6.0. In. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2019.
18. RAUPP, Paola Pisetta et al. Direct seeding reduces the costs of tree planting for forest and savanna restoration. **Ecological Engineering**, v. 148, p. 105788, 2020.



Coleta seletiva e recuperação de valor de resíduos sólidos urbanos em Cuiabá (Brasil)

| Sabrina Fonseca Schmidt

| Alexandre Magno de Melo Faria
UFMT

RESUMO

A Prefeitura de Cuiabá elaborou um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGRS) e buscou parceria com três cooperativas e uma associação de catadores e recicladores de resíduos sólidos urbanos para sua implementação. A meta é atingir 84% de eficiência de triagem e reciclagem dos materiais secos (excluindo orgânicos e rejeitos) até o ano de 2040. Neste trabalho estimou-se uma recuperação potencial de valor de reciclados de cerca de R\$30 milhões anuais, valores compatíveis com estimativas anteriores verificadas na literatura. Atualmente os valores recuperados dos resíduos secos (plástico, alumínio e papel/papelão) representam apenas 7,24% do potencial de agregação de valor de R\$2,5 milhões mensais. Para se ampliar a capacidade de coleta, triagem e recuperação de resíduos sólidos são necessários novos aportes de investimentos em infraestrutura. Ademais, os gestores públicos municipais devem reconhecer que apenas a oferta de veículos e recursos financeiros não representam políticas de longo prazo na estruturação de um processo complexo como o gerenciamento e reciclagem de resíduos sólidos urbanos.

Palavras-chave: Cuiabá, Gestão de Resíduos Sólidos, Reciclagem, Cooperativa, Associação.

■ INTRODUÇÃO

A sociedade moderna tem enfrentado diversos dilemas socioambientais. Um dos mais próximos e visíveis dos cidadãos citadinos é a geração, coleta e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos (RSUs). Desde a Rio-92 o tema ganhou destaque global e os países signatários da ONU passaram a buscar soluções de gestão dos RSUs (JACOBI e BESEN, 2011).

Em média, os países desenvolvidos geram entre 521,95 e 759,2 quilos per capita de RSUs por ano, que significa entre 1,43 e 2,08 quilos/dia por pessoa. Nos países em desenvolvimento, a média anual de geração de resíduos alcança entre 109,5 e 525,6 quilos per capita de RSUs por ano, que significa entre 0,30 e 1,44 quilos/dia por pessoa. Estimativas recentes sugerem que a geração anual de RSUs supera dois bilhões de toneladas, com grande potencial de contaminação ambiental (KARAK *et al.*, 2012).

Dados do Banco Mundial (The World Bank, 2019) indicam que há uma importante correlação da intensidade de geração de RSUs com a renda per capita e o nível de desenvolvimento medido pelo IDH. Países africanos, asiáticos e latino-americanos apresentam menor geração de resíduos sólidos do que norte-americanos e europeus ocidentais. Dessa forma, o resíduo sólido apresenta-se como um subproduto do padrão de desenvolvimento.

Para Sujaudhin *et al.* (2008) a geração de resíduos é influenciada positivamente pelo tamanho da família, o nível educacional e a renda mensal. Esse resultado indica que a redução dos membros de uma família impacta negativamente a geração de resíduos, mas a expansão da educação e da renda tende a elevar a geração de RSUs. Quanto mais rica e educada uma família se torna, mais produção de resíduos é observada. Uma questão importante para a gestão destes materiais é a segregação dos RSUs por tipo de material pelas famílias geradoras, visando a sua reciclagem.

Para Zhuang *et al.* (2008), o comportamento familiar na separação dos resíduos é afetado pelo investimento e suporte de uma companhia estatal de saneamento e pelo envolvimento da comunidade em comitês públicos de solução de problemas coletivos. Para Scheinberg *et al.* (2011), a segregação dos RSUs depende da implantação de uma taxa de serviço de coleta com base no volume de resíduos ou peso. Já para Ekere *et al.* (2009), o gênero, a influência de pares e vizinhos e a localização da família explicam a utilização de resíduos domésticos e o comportamento de separação dos RSUs.

Tadesse *et al.* (2008) analisaram os fatores que influenciam na decisão familiar de descarte de seus RSUs. Os resultados indicam que a disponibilidade de facilidades afeta diretamente a estratégia familiar. A oferta insuficiente de container e a longa distância de locais de acondicionamento dos RSUs elevam a probabilidade de descartar os resíduos em áreas abertas e locais inadequados. Para Pokhrel e Viraraghavan (2005), a ausência tanto de tecnologia adaptada às condições quanto de legislação pertinente resultam em limitada



disposição adequada dos RSUs. Scheinberg *et al.* (2011) percebeu que os elevados preços de acondicionamento em aterros afetaram a maior recuperação de resíduos gerados, com melhores taxas de reciclagem onde os preços da disposição foram maiores.

Desta forma, a gestão de RSUs em uma comunidade não depende apenas de informação sobre a separação dos materiais, mas de infraestrutura e tecnologia de acondicionamento e coleta, de algum tipo de constrangimento social contra práticas inadequadas, de taxas de coleta diferenciadas em função do volume/peso de RSUs gerados e dos elevados custos de acondicionamento em aterros sanitários. A implantação de um sistema de gestão de RSUs em um município não pode considerar apenas a capacidade de coleta e acondicionamento, mas de diversos fatores que influenciam a possibilidade de elevar a reciclagem e recuperação de materiais.

A gestão de RSUs é tipicamente uma ação local de tentar equacionar os efeitos negativos dos dejetos resultantes do metabolismo social. No Brasil, as ações mais estruturadas derivam da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que ocorreu em 2010, buscando criar a estrutura legal mínima para os municípios implantarem a governança de RSUs em suas áreas de administração. A lógica que permeia a PNRS é a tríade reduzir, reutilizar e reciclar. Contudo, como a renda e os níveis de educação têm crescido no Brasil, conforme elucidado por Sujaudín *et al.* (2008), a geração de RSUs não passa por um processo de redução, mas de ampliação. Neste quadro, as estratégias de gestão passam pela reutilização e reciclagem de materiais.

Desta forma, este trabalho tem por objetivo contribuir com estimativas sobre potencial de reciclagem de RSUs no Brasil, utilizando o município de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, como um estudo de caso. Como objetivos específicos, buscar-se-á (1) caracterizar a estrutura de gestão dos RSUs em Cuiabá; (2) estimar a geração de RSUs por regiões administrativas de Cuiabá, em especial alumínio, papel/papelão e plástico; (3) calcular o valor recuperado nos materiais recicláveis; e (4) refletir sobre os desafios e possibilidades de implantação de um sistema de reciclagem dos RSUs em Cuiabá, baseado na estrutura de governança local e casos de outras cidades brasileiras.

■ METODOLOGIA

Foi aplicada uma pesquisa de campo de caso múltiplo utilizando dados qualitativos e quantitativos, através da aplicação de questionários, entrevistas, coleta de dados e documentos oficiais sobre a coleta dos RSUs nos órgãos competentes, trabalhados em planilha eletrônica para a construção do objeto de trabalho, que contempla a estimativa de valor recuperado com a reciclagem de alumínio, papel e plástico descartado como RSUs em Cuiabá e a análise do projeto de implantação de coleta seletiva. Para a construção dos objetivos





específicos foi utilizado como referência teórica o trabalho de Domingos (2011), entrevistas ocorridas na Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (SMSU) nos dias 02/08/2016, 16/08/2016, 24/08/2016, 08/09/2016 e 20/09/2016 com o Diretor Sr. José Abel do Nascimento, no dia 10/10/2016 realizada na Procuradoria Geral do Município de Cuiabá com a Engenheira Sanitária Sra. Kátia Cristina de Souza, além de visita e entrevista em 09/09/2016 com sete catadores no aterro sanitário e, por fim entrevista com os presidentes de quatro cooperativas nos dias 09 a 12/08/2016. Os dados foram atualizados em julho de 2021 com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano Sustentável de Cuiabá.

Os dados trabalhados na planilha dividiram a cidade em quatro zonas distintas; cada zona subdivide-se em diversos setores (microrregiões), que por sua vez engloba diferentes bairros da cidade. As viagens que os caminhões de coleta executam são delimitadas por setor, cada caminhão é responsável por uma microrregião da zona.

Cruzando esses dados com a gravimetria, obtém-se o total e o potencial de geração de valor da cidade, de cada zona e de cada setor correspondente, sua média, uma análise da logística de coleta utilizando as variáveis tempo, velocidade, quilometragem percorrida e tonelada para caracterizar a estrutura de gestão em Cuiabá quanto a forma de atuação dos agentes econômicos participantes do segmento e redirecionamento dos RSUs secos recicláveis. Buscou-se também estimar o valor recuperado pelas cooperativas e catadores.

Os cálculos foram feitos com base na coleta já implantada na cidade de Cuiabá para a coleta dos RSUs secos e úmidos – 77 rotas semanais utilizando 30 veículos por dia – 1729 viagens por mês, 3.778,89 quilômetros/dia percorridos – coletas realizadas diariamente com exceção de domingos e feriados ocorrendo em quatro turnos. Readequando esses dados para uma realidade de coleta de RSUs secos recicláveis com os cenários sem rejeito e com rejeito de 30% do volume total, avaliou-se a coleta com um veículo por zona e o factível dentro da realidade atual. Os cálculos foram readequados para o volume de RSUs secos recicláveis.

■ RESULTADOS

Com base nos dados coletados nas Secretarias Municipais de Serviço Urbano e de Meio Ambiente, além da entrevista com as cooperativas Acamarc¹, Coorepan², Ccopunião³ e Coopemar⁴ pode-se caracterizar a estrutura de gestão dos RSUs em Cuiabá. Além disso, as informações fornecidas propiciaram a estimativa de geração de resíduos recicláveis

1 Associação dos catadores de materiais recicláveis de Cuiabá.

2 Cooperativa Alternativa de Reciclagem e Preservação do Meio Ambiente.

3 Cooperativa de Trabalho União de Catadores de Materiais Recicláveis de Cuiabá.

4 Cooperativa de trabalho dos catadores e produtores de materiais recicláveis de Mato Grosso.





(plástico, papel/papelão e alumínio), bem como seu valor. Por fim, pode-se avaliar o potencial de reciclagem pelas cooperativas existentes em Cuiabá, a partir das metas de implantação do sistema de gerenciamento de RSUs recicláveis em parceria da Prefeitura Municipal e as cooperativas.

Caracterização da estrutura de gestão de RSUs em Cuiabá

Os projetos de reciclagem de RSUs em Cuiabá iniciaram com a ação da Prefeitura Municipal em 1994, a partir de uma licitação pública para implantação de uma usina de triagem, compostagem e destino dos resíduos. Orçada em sete milhões de dólares – valores da época –, a usina alcançou um volume de triagem de 50% dos RSUs da cidade. Após 16 anos de operação, em 2010, a usina foi desativada pela depreciação dos equipamentos, impossibilidade de manutenção e elevado custo de recuperação de seu potencial. Naquele cenário a usina triava 216,50 toneladas/dia das 442,41 toneladas diárias coletadas pelo tecido urbano, conseguindo direcionar para a reciclagem 8,01 toneladas/dia. A recuperação material estava em 3,7% do RSUs triado e apenas 1,8% do total gerado na cidade. Além das esteiras de triagem, a usina contava com 39 contêineres com capacidade para reciclar 40 toneladas de resíduos orgânicos cada contêiner, mas que estavam desativados desde a década de 1990 (CUIABÁ, 2020).

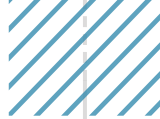
Em 2011 houve a tentativa de implantar a coleta seletiva nos bairros da região do CPA em parceria com a Coopemar, inclusive com separação do seco reciclável por cor de sacola a qual era disponibilizada pela prefeitura. Todavia o projeto não evoluiu e a partir dessa data os resíduos secos e úmidos foram direcionados sem separação ao aterro sanitário. Desde então a coleta foi realizada por empresa privada contratada pela prefeitura através de licitação de locação de veículos de coleta e equipamentos para a realização dos serviços de limpeza pública, sendo geridos pela SMSU. Atualmente a empresa responsável pela coleta de RSUs e rejeitos na cidade é a ECOPAV⁵. Esse volume de resíduos baseia-se em uma população estimada conforme dados de Cuiabá (2020) de 585.367 habitantes.

A Prefeitura de Cuiabá registra um custo mensal com o aterro sanitário no valor de R\$329.772,00, considerando um acondicionamento diário de 554,79⁶ toneladas diárias e 14.979,53 toneladas mensais. O custo por tonelada acondicionada no aterro está em R\$22,01. A logística de coleta e direcionamento ao aterro custa à Prefeitura R\$1.667.542,07 mensais, o que indica um custo de R\$111,32 por tonelada. A tabela 1 resume a geração

⁵ Ecopav Construção e Soluções Urbanas Ltda.

⁶ É importante ressaltar que os valores estão sendo calculados na base de 27 dias trabalhados, pois o aterro não recebe diariamente resíduos e sim em dias úteis e sábados. Além disso, prejudicaria o cálculo das rotas e volumes coletados nas zonas se o cálculo fosse realizado por 30 dias. Portanto, a base são os dias efetivamente trabalhados.





de RSUs secos e úmidos da cidade de Cuiabá. Frente aos dados, se faz a necessidade de uma atitude urgente para tornar o sistema de coleta de RSUs mais eficiente.

Tabela 1. Total RSUs de Cuiabá: coletado até agosto/2016 e projeção.

Coleta e condicionamento	Toneladas
Diária	554,79
Mensal	14.979,53
Anual	179.754,6

Fonte: SMSU (2016).

Além da ECOPAV existe um sistema de coleta particular nos grandes geradores, os chamados atravessadores⁷, além dos catadores do aterro sanitário de Cuiabá (tabela 2), dos catadores avulsos (Tabela 3) que ficam circulando pela cidade coletando alumínio, PET e PAD (plástico duro), e as cooperativas de catadores (tabela 4) quem congregam 73 cooperados.

Estima-se conforme levantamento de dados coletados através de entrevista com o Sr. Tiago da Silva Duarte⁸ representante do Movimento Nacional dos Catadores (MNC, 2016) em Cuiabá, que trabalham no aterro cerca de 30 a 40 catadores atuando como efetivos e em torno de 60 a 70 rotativos (tabela 2). No aterro eles recuperam PET, PAD, plástico seda e metais diversos, principalmente o alumínio e o cobre. Os RSUs recuperados entram no ciclo econômico através dos atravessadores que compram dos cooperados e dos catadores e revendem para indústrias localizadas em sua grande maioria na região Sul e Sudeste do Brasil.

Ainda conforme Tiago da Silva Duarte e mais cinco catadores do aterro, são direcionados aos atravessadores cerca de seis caminhões por dia com 20 bags⁹ cada, diversificados entre PAD e PET, pesando entre 50 e 80 quilos cada, com uma carga composta por 45% de PAD e 55% PET. Além disso, direcionam para uma indústria local o plástico seda para a confecção de canos para construção civil.

Na tabela 2 podem-se observar os valores comercializados pelos catadores do aterro. As informações relatam o transporte de seis caminhões com 20 bags cada, pesando 7.200 quilos de retirada diária de RSUs secos recicláveis do aterro, ou seja, 165,6 toneladas/mês, considerando 23 dias trabalhados. Esse material recuperado representa 1,10% do peso dos RSUs coletados pela ECOPAV mensalmente.

⁷ Agentes da cadeia produtiva que coletam nos grandes geradores com caminhões próprios e/ou particulares, compram os RSUs recicláveis das cooperativas e dos catadores e revendem para as indústrias das regiões Sul e Sudeste em sua grande maioria

⁸ Tiago da Silva Duarte, 33 anos, é catador no aterro sanitário desde os 6 anos de idade.

⁹ Embalagem de grande volume que acondiciona os resíduos.



Tabela 2. Catadores do aterro sanitário de Cuiabá: 2016.

Gênero/Indicadores	Fardos/dia	Kg/fardo	Trabalhando no aterro	Média renda mínima	Média renda máxima
Homens	3,00	50/80	65	R\$ 2.910,00	R\$ 5.670,00
Mulheres	1,30	40/60	23	R\$ 1.106,80	R\$ 1.944,00
Crianças	0,50	20/30	12	R\$ 334,00	R\$ 495,00

Fonte: Entrevista com Tiago da Silva Duarte, representante do Movimento Nacional dos catadores em Cuiabá. Foram entrevistados também sete catadores do aterro, sendo constatado que a média de renda mensal para homens está entre R\$2.910,00 à R\$5.670,00 e para as mulheres que não carregam tanto peso varia de R\$1.106,80 à R\$1.944,00. Porém, são valores estimados em virtude de nem todos os catadores serem efetivos - estima-se que entre 60 e 70 são rotativos e de 30 a 40 são efetivos tendo como base de valores de venda o mínimo de R\$0,80 e o máximo de R\$1,00 por quilo somando R\$150,00 na venda de outros RSUs secos tais como alumínio, cobre e outros plásticos.

Quanto aos catadores avulsos de rua, Tiago da Silva Duarte informou que a recuperação de RSUs secos recicláveis deste grupo é de 15,67 toneladas/dia, e com potencial de 360,53 toneladas/mês. Porém, esses valores são apenas estimados empiricamente, mas sem registros formais do total de materiais recuperados nas ruas de Cuiabá. Esse material reciclado representa 2,40% do peso do total do material coletado pela ECOPAV mensalmente.

Tabela 3. Catadores avulsos de rua em Cuiabá: 2016.

Número de catadores	Quilos/bag	Bags coletados/dia	Quilos/dia	Toneladas/mês
627	25	627	15.675	360,53

Fonte: Entrevista com Tiago da Silva Duarte, representante do Movimento Nacional dos catadores em Cuiabá. Os RSUs coletados são principalmente PET e alumínio.

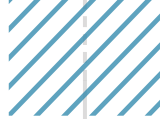
Soma-se à recuperação de RSUs secos recicláveis, o trabalho das quatro cooperativas que também coletam em grandes geradores. Dados constantes na tabela 4 indicam um valor comercializado de R\$75.160,00 mensais, que são tareados entre os 73 cooperados, gerando uma renda média mensal de R\$988,00. A contribuição das cooperativas para a recuperação dos RSUs secos recicláveis foi de aproximadamente 172,40¹⁰ toneladas mensais, representando 1,15% do peso total dos materiais coletados pela ECOPAV.

Tabela 4. Cooperativas de reciclagem de Cuiabá: 2016.

Cooperativas	Ccopunião	Coopemar	Coorepan	Acamarc	Total
Ton/dia	6,15	3,53	2,41	1,90	13,98
Ton/mês	129,15	74,03	50,61	39,86	293,65
Ton/comercializada	38,75	70,33	35,43	27,90	172,40
% rejeito	0,70	0,05	0,30	0,30	0,41
Faturamento/mês	R\$16.570,50	R\$33.063,00	R\$19.109,50	R\$6.417,00	R\$75.160,00
Cooperados	14	27	23	09	73
Ton/trabalhador/mês	9,22	2,74	2,20	4,42	4,02
Rateio médio	R\$1.183,61	R\$1.224,56	R\$830,85	R\$713,00	R\$988,00

Fonte: Entrevista com os presidentes das cooperativas.

10 Dados de coleta anteriores ao projeto de ampliação firmado com a Prefeitura de Cuiabá em 21/12/2016.



Os três grupos de coletores/recicladores juntos recuperam 698,53 toneladas por mês de materiais. Se considerar que a ECOPAV coleta 14.979,53 toneladas por mês, tem-se uma geração total de 15.678,06 toneladas mensais de RSUs. Neste contexto, a ação de grupos sociais organizados em cooperativas ou catadores avulsos em ruas e no aterro estariam recuperando 4,45% de todo o material descartado gerado em um mês em Cuiabá.

Contudo, considerando apenas os materiais recicláveis, descontando os resíduos orgânicos e rejeitos, tem-se que a geração mensal de RSUs recicláveis é de 5.542,43 toneladas. Se somar as 698,53 toneladas mensais recuperadas pelos recicladores, tem-se um montante de 6.240,96 toneladas totais geradas. A reciclagem de 698,53 toneladas representa 11,20% destes materiais. Os materiais recicláveis representam 37% do volume total e os orgânicos e rejeitos os demais 63%.

Tabela 5. RSUs recicláveis, orgânicos e rejeitos coletados em Cuiabá: 2016.

Característica	Ton/dia	Ton/mês	Ton/ano	%
Recicláveis	178,79	5.542,43	66.509,11	37,0
Orgânicos e rejeitos	304,42	9.437,53	113.245,24	63,0
Total	554,79	14.979,53	179.754,36	1,00

Fonte: SMSU (2016).

A gravimetria dos materiais coletados é de suma importância para se identificar o potencial de valor a recuperar¹¹. O peso destes materiais indica a escala máxima de produção que poderia ser instalada para reciclar os materiais gerados localmente, além de ser a referência para a formação do valor pelos catadores e recicladores na base do sistema. No caso deste trabalho que observa o potencial de reciclagem de papel/papelão, plásticos e metais, tem-se que estes materiais representam 28% do peso dos RSUs total gerado em Cuiabá.

11 Foram considerados como RSUs secos recicláveis: metal, borracha, plástico duro, plástico mole, vidro, embalagem longa vida, isopor e papel/papelão. Porém, neste trabalho a análise se restringirá aos plásticos, papel/papelão e alumínio pois os outros não possuem mercado de comercialização local.



Tabela 6. Gravimetria dos RSUs coletados em Cuiabá.

Material	Ton/dia	Ton/mês	Ton/ano	%
Orgânicos	177,53	4.793,45	57.521,40	32
Diversos	116,51	3.145,70	37.748,42	21
Papel/papelão	49,93	1.348,16	16.177,89	9
Plástico duro	44,38	1.198,36	14.380,35	8
Plástico mole	38,84	1.048,57	12.582,81	7
Entulho	33,29	898,77	10.785,26	6
Metal	22,19	599,18	7.190,17	4
Borracha	22,19	599,18	7.190,17	4
Trapos e panos	22,19	599,18	7.190,17	4
Vidro	16,64	449,39	5.392,63	3
Isopor	5,55	149,80	1.797,54	1
Embalagem longa vida	5,55	149,80	1.797,54	1
Total	554,79	14.979,53	179.754,36	100,0

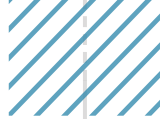
Fonte: SMSU (2016).

O material com maior participação na estrutura de geração de RSUs são os papéis/papelões com 1,3 mil toneladas mensais geradas na cidade e coletadas pela ECOPAV. Os plásticos duros representam quase 1,2 mil toneladas mensais e os plásticos moles pouco mais de 1,0 mil toneladas mensais. Os metais representam quase 600 toneladas a cada mês. A partir desta estrutura, pode-se estimar o valor potencial se os preços deste mercado de reciclagem forem conhecidos.

Estrutura do projeto de reciclagem de RSU pelas cooperativas

A proposição de cenários para a eficiência na implantação das medidas constantes na PNRS é premissa da lei 12.305/10 que a instituiu, a qual veio para alterar a lei 9605/98. Através da lei estadual 7.862/02, o estado de Mato Grosso criou a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e, em termos municipais, a lei complementar que trata do assunto é a 364/14. Como a gestão de resíduos sólidos é de solução local, a Prefeitura de Cuiabá executa um projeto de coleta seletiva, através da Secretaria Municipal de Serviços Urbanos e da Procuradoria Geral do Município, onde as quatro regiões administrativas da cidade (regiões Norte, Oeste, Sul e Leste) foram utilizadas como referência para serem geridas por cooperativas de catadores. O objetivo do projeto é valorizar as cooperativas locais de catadores e fomentar o empreendedorismo.

Em 21/12/2016 a Prefeitura Municipal de Cuiabá, por intermédio da SMSU, firmou contrato de dispensa de licitação, em decorrência do processo administrativo n.º 93.614/2016, com as cooperativas e associações legalmente constituídas no município para prestação de serviços de coleta seletiva, processamento e comercialização de resíduos secos



reutilizáveis. As quatro cooperativas de catadores que operam no município são Coorepan, Coopermar, Acamarc e Ccopunião (CUIABÁ, 2020).

A região Norte de Cuiabá é gerida pela Coopermar com autorização do Contrato 761/2016. A Coorepan recebeu a gestão da região Sul por intermédio do Contrato 762/2016. A Ccopunião é responsável pela região Leste com o Contrato 763/2016. Por fim, a Acamarc é responsável pela região Oeste através do contrato 764/2016. Os limites territoriais de atuação de cada cooperativa estão bem claros no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (CUIABÁ, 2020).

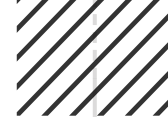
As cooperativas devem se sustentar, gerar rendimentos que proporcionem melhores condições de vida a seus associados e um excedente econômico que possibilite atualização tecnológica a fim de constituir constante aumento em sua produtividade e em seu faturamento. Com a proposta de compartilhar a gestão dos RSUs em Cuiabá, a prefeitura avança em direção ao enfrentamento deste desafio e pode empoderar uma parcela da sociedade que permanece à margem das benesses do sistema econômico, tanto que o Plano Municipal Saneamento Básico e o Plano Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos preveem a coleta seletiva, inclusão social dos catadores, criação de cooperativas e associações de catadores. Desta forma, a prefeitura pretende redirecionar os RSUs recicláveis para as cooperativas, sendo que os RSUs orgânicos serão direcionados para uma empresa privada através de uma Parceria Público-Privada (PPP) que será responsável pelo seu tratamento.

A prefeitura assumiu o compromisso de repassar R\$45.635,50 mensais à cada cooperativa, com meta de cada cooperativa/associação de se alcançar 67,5 toneladas recicladas/comercializadas mensalmente¹². Para a coleta e transporte, o contrato previu ainda o fornecimento de quatro caminhões compactadores, sendo um para cada cooperativa ou associação. Para triagem e acondicionamento dos materiais, a prefeitura cedeu um galpão para cada instituição recicladora.

Além do subsídio de R\$45.635,50, o excedente econômico gerado a partir da reciclagem será retido pelas cooperativas, sendo o valor de uma forma de subsidiar as operações e manutenção de equipamentos. A gestão dos recursos financeiros repassados é de responsabilidade de cada instituição, podendo ser aplicado em investimento, inovação, treinamento e até mesmo utilizado como renda complementar aos cooperados. A expectativa é de que o aumento na coleta seletiva seja gradativo chegando a atingir 84% de eficiência de triagem na Central de Reciclagem e nos galpões de triagem das cooperativas/associações em 2040, conforme meta 13 do Plano Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (CUIABÁ, 2020).

¹² O valor de referência para o RSUs recuperado, considerando a coleta mínima, foi de R\$676,07 por tonelada ou R\$0,67607 por quilo de material reciclado.





As estimativas do projeto de reciclagem e recuperação considerou a população de cada bairro da cidade para uma estimativa de tonelada a ser coletada. Foi dividida a cidade pelas regiões e levou-se em consideração uma velocidade média de coleta de 8 quilômetros/hora e uma gravimetria para RSUs secos recicláveis de 37% (igual à taxa de recuperação de RSUs na tabela 5). Porém, este percentual seria para todo resíduo seco e no caso de Cuiabá, atualmente pode-se conseguir comercializar cerca de 28% (materiais mais valorizados, como papel/papelão, plásticos e alumínio), conforme a tabela 6.

Estimativa de reciclagem de RSUs por regiões

Ao utilizar dados de geração de RSUs por bairros, pode-se agregar pelas quatro regiões que foram utilizadas como referência para as cooperativas. Com base nos dados de cada região, foi detectando o potencial de recuperação de RSUs secos recicláveis mensais por tipo de RSUs seco reciclável (tabela 7). Observa-se que a Acamarc é a cooperativa com acesso à região Oeste, com maior potencial de geração de RSUs recicláveis (em peso), seguida pela Ccopunião que atenderá a região Leste. A Coopermar (Norte) e Coorepan (Sul) atenderão as regiões com menor potencial de geração de RSUs recicláveis. Contudo o potencial é limitado pela disponibilidade de apenas um caminhão de coleta, o que implica em uma restrição real na recuperação dos materiais em todas as regiões.

Tabela 7. Potencial de recuperação de RSUs em Cuiabá (ton./mês).

Coop/materiais	Papel/papelão	Plástico duro	Plástico mole	Metal	Total*	-30%**
Acamarc (Oeste)	396,50	352,45	308,39	176,22	1.233,56	863,49
Ccopunião (Leste)	282,26	250,90	219,53	125,45	878,14	614,70
Coopemar (Norte)	221,70	197,07	172,44	98,53	689,74	482,82
Coorepan (Sul)	221,55	196,93	172,32	98,47	689,27	482,48
Total	1.122,01	997,35	872,68	498,67	3.490,71	2.443,50

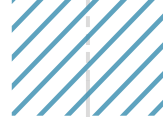
* Valores com uma diferença de 122 toneladas em relação ao total da região em virtude da coleta ocorrer também em regiões que não fazem parte da subdivisão de coleta seletiva, por serem zonas rurais e/ou pelo fato dos motoristas não terem registrado a viagem. Viés em torno de ½ caminhão/dia.

** A Prefeitura Municipal estima que 30% do material coletado encontra-se contaminado e não pode ser recuperado ou reciclado.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados de SMSU (2016).

Na tabela 8 pode-se visualizar a distância total percorrida em cada região, para que em uma situação hipotética conseguisse efetivar em 100% da coleta seletiva. Se considerar que cada região tem uma estrutura física diferente e um potencial de geração de RSUs assimétrica, em função da densidade populacional e da renda, tem-se que cada cooperativa apresentará condições diferentes de coleta de RSUs por quilômetro rodado. Os dados totais de quilômetros percorridos em cada região são importantes, pois influenciam diretamente as outras variáveis de tempo, velocidade e quilos coletados em cada setor. Na média, em cada quilômetro rodado poder-se-á coletar 22,96 quilos de materiais recicláveis. O melhor





indicador ocorre na região Leste, que gera 28,03 quilos/quilômetro rodado. A região Oeste apresenta o pior indicador com 19,98 quilos/quilômetro rodado. As regiões Sul e Norte apresentam indicador muito próximo, entre 23,30 e 23,45 quilos/quilômetro rodado.

Tabela 8. Potencial de recuperação de RSUs em Cuiabá (kg/km).

Coop/Km/RSUs	RSUs potencial (ton/mês)	Quilômetros (mês)	RSUs (kg)/Km
Acamarc (Oeste)	863,49	43.209	19,98
Ccopunião (Leste)	614,70	21.930	28,03
Coopemar (Norte)	482,82	20.717	23,30
Coorepan (Sul)	482,48	20.576	23,45
Total	2.443,50	106.432	22,96

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da SMSU (2016).

Com a referência que 28% do peso dos resíduos representa os materiais mais valorizados (papel/papelão, plásticos e alumínio), estimou-se o potencial de recuperação de RSUs por região operada pela cooperativa (tabela 9). Considerou-se também um rejeito de 30% advindo do acondicionamento inadequado¹³ dos resíduos pelos municípios, o que inviabiliza a sua a reciclagem. No agregado das quatro cooperativas, a recuperação total de materiais está em 177,43 toneladas mensais ou 2.129,60 toneladas anuais.

Tabela 9. Resumo logístico das características de cada região de planejamento.

Indicadores/cooperativas	Acamarc	Coopemar	Ccopunião	Coorepan
Média ton. região/viagem	10,94	10,76	11,09	10,75
Média ton recicláveis/viagem	3,06	3,01	3,11	3,01
Média ton recicláveis (-30% rejeito)/viagem	2,14	2,11	2,16	2,11
Média km percorridos no setor/viagem	67,30	67,05	54,15	67,02
Média ton/km secos/viagem	0,04	0,04	0,05	0,04
Média km/hora/viagem	8,17	7,74	6,02	7,77
Média Km/hora/ton./viagem	0,29	0,30	0,28	0,31
Ton./mês com rejeito	62,59	65,49	59,48	65,93
Ton./mês (-30%rejeito)	43,81	45,84	41,63	46,15
Potencial de geração de postos de trabalho*	15	16	15	16

*Média 2,83 ton/trabalhador, considerando um rejeito de 30%; média entre as cooperativas Coorepan e Acamarc, que apresentam 30% de rejeitos em seu processo produtivo.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da SMSU (2016).

A informação mais relevante da tabela 9 indica que com a operação de apenas um caminhão de coleta seletiva por região, nenhuma das cooperativas está alcançando a sua meta de reciclar 67,5 toneladas mensais. A Coorepan é que a mais se aproxima da meta, mas o cenário indica 46,15 toneladas recicladas para essa cooperativa. As estimativas sinalizam que o planejamento atual da prefeitura de ofertar um caminhão de coleta seletiva para cada

13 Pode ocorrer quando o resíduo não é higienizado e dependendo dos materiais em contato, fica impossibilitada sua recuperação e reciclagem.





cooperativa não garante que a meta da própria prefeitura seja atendida, o que implica na necessidade de operar com dois caminhões de coleta seletiva por região de planejamento.

Outra informação relevante é que, considerando uma média de 2,83 toneladas de RSUs triadas por trabalhador mensalmente, a operação de um caminhão de coleta seletiva gera 62 novos postos de trabalho. Em entrevista com a Engenheira Sanitarista Kátia Cristina de Souza, lotada na Procuradoria Geral do Município de Cuiabá, foi informado que há uma meta de geração de 100 novos postos de trabalho na coleta seletiva. Contudo, considerando a capacidade de trabalho de triagem de RSUs e o montante a ser coletado por um caminhão a ser disponibilizado, a meta somente seria alcançada com a operação de dois caminhões por região, indicando a necessidade de ampliar a estrutura atual de coleta.

Potencial de valor a ser recuperado nos RSUs

Na tabela 10 pode-se visualizar o potencial de geração de valor da reciclagem de alumínio, plásticos e papel/papelão. O peso de referência é da tabela 7, considerando as 2.443,50 toneladas destes materiais, depois de descontar 30% de possíveis rejeitos. Ao atrelar os pesos aos preços praticados no mercado de Cuiabá, vigentes no mês de outubro/2016¹⁴, tem-se um potencial de R\$2,5 milhões mensais. Em termos anuais, o valor alcançaria cerca de R\$30,0 milhões. Domingos (2011) havia estimado um potencial de geração de R\$42,2 milhões anuais em Cuiabá, somente com plásticos, alumínio e papel/papelão que estavam sendo depositados no aterro sanitário, mas desconsiderou os rejeitos de 30%. Se for considerado o rejeito de 30% nos dados de Domingos (2011), o valor ajustado para 2010 seria de R\$29,5 milhões anuais, com forte aderência aos dados encontrados nesta pesquisa.

Tabela 10. Potencial mensal de geração de valor na reciclagem: 100% reciclado.

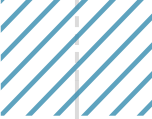
RSUs	Preço (R\$/kg)	Acamarc (R\$)	Ccopunião (R\$)	Coopemar (R\$)	Coorepan (R\$)
Alumínio	2,30	283.718,71	201.971,99	158.640,71	158.531,23
Plástico seda	1,30	280.634,81	199.776,64	156.916,35	156.808,06
Plástico duro	0,90	222.040,73	158.065,03	124.153,60	124.067,92
Papel/papelão	0,35	97.142,82	69.153,45	54.317,20	54.279,71
Total	-	883.537,06	628.967,12	494.027,85	493.686,92

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da SMSU (2016).

Na tabela 11 pode-se visualizar o potencial de expansão da reciclagem considerando a limitação da escala de coleta, conforme as tabelas 9 e 10. A Acamarc está conseguindo reciclar 43,81 toneladas mensais de alumínio, plástico e papel/papelão, com potencial de agregar

14 Mês de referência para a formatação do convênio da Prefeitura Municipal de Cuiabá e período da pesquisa de campo deste trabalho. No mês de agosto/2021 os preços mantêm-se estáveis em relação ao período de planejamento.





R\$44,6 mil. Mesmo a região Oeste tendo geração de 863,49 toneladas mensais (tabela 7), a presença de apenas um caminhão permite a reciclagem de apenas 5,07% dos materiais.

Tabela 11. Geração real de valor (em R\$) na reciclagem em cada região.

RSUs	Preço (R\$/kg)	Acamarc (R\$)	Ccopunião (R\$)	Coopemar (R\$)	Coorepan (R\$)
Alumínio	2,30	14.107,01	13.406,07	14.760,65	14.861,47
Plástico seda	1,30	14.238,44	13.530,97	14.898,17	14.999,93
Plástico duro	0,90	11.434,56	10.866,41	11.964,37	12.046,10
Papel/papelão	0,35	4.906,78	4.662,98	5.134,14	5.169,21
Total	-	44.686,79	42.466,44	46.757,33	47.076,72

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da SMSU (2016).

A Ccopunião consegue reciclar 45,84 toneladas mensais de alumínio, plástico e papel/papelão, com agregação de R\$42,4 mil. Na região Leste há recuperação de geração de 614,70 toneladas mensais (tabela 7), mas com apenas um caminhão, a reciclagem alcança apenas 7,45% dos materiais. Na região Norte a Coopemar recicla 41,63 toneladas mensais em uma região com geração de 482,82 toneladas, com reciclagem de 8,62%. E na região Sul de Cuiabá, a Coorepan recicla 46,15 toneladas mensais em um universo de 482,48 toneladas geradas, com recuperação de 9,56%, a maior taxa de reciclagem verificada.

Com relação aos materiais selecionados, percebe-se na tabela 12 que a maior taxa de recuperação é de plástico duro com 7,37% do peso gerado como RSUs. O segundo material mais recuperado é o plástico seda com 7,26%, seguido de papel/papelão com 7,23% e o alumínio com 7,11%. O total de materiais reciclados com a presença de um caminhão de coleta seletiva por região administrativa alcança 7,24%, representando um montante de R\$180.987,28 mensais. Todo esse esforço de reciclar 177,43 toneladas mensais (tabela 9) representa 7,24% do potencial (tabelas 8 e 10) e apenas 1,18% de todos os RSUs gerados em Cuiabá mensalmente (14.979,53 toneladas na tabela 6).

Tabela 12. Geração de valor (em R\$) na reciclagem em relação ao potencial.

RSUs	Potencial (100% reciclado)	Capacidade instalada	Atendimento
Alumínio	802.862,64	57.135,20	7,11%
Plástico seda	794.135,86	57.667,51	7,26%
Plástico duro	628.327,28	46.311,44	7,37%
Papel/papelão	274.893,18	19.873,11	7,23%
Total	2.500.218,95	180.987,28	7,24%

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da SMSU (2016).

Como comparativo, buscou-se analisar como ratificação dos resultados os números de coleta seletiva de outras três cidades do Brasil, como referência para os gestores de Cuiabá. Elencou-se Londrina/PR, São Paulo/SP e Canoas/RS, pois já realizam a coleta seletiva a mais tempo e possuem estrutura mais consolidada. Londrina/PR é uma das pioneiras em coleta seletiva e possui uma população apenas 16% inferior a Cuiabá. Nesta cidade são





coletadas 410 toneladas diárias de RSUs, sendo reciclada apenas 1,31 toneladas, representando 0,32% do volume total gerado (SOUZA, 2008).

São Paulo/SP é o maior aglomerado urbano do país, onde se geram mais de 50% do total de RSUs produzidos na região Sudeste. Em São Paulo existem 31 centrais de triagem de RSUs, com 1.100 trabalhadores, 23 cooperativas (oito certificadas), reciclando 6,56%¹⁵ dos RSUs paulistano (SÃO PAULO, 2016). O volume de RSUs gerado é de 14.646 toneladas por dia¹⁶ e 439.380 toneladas mensais. Os materiais efetivamente reciclados alcançam 2,26% do volume total gerado (CULI et. al., 2016).

Canoas/RS enfatiza as políticas públicas voltadas à reciclagem, coleta seletiva e as cooperativas de catadores. Em 2014 a cidade de Canoas gerou 84.510 toneladas, sendo que foram direcionadas para a coleta seletiva um montante de 2.606 toneladas, que correspondem a 3,08% do total de RSUs municipal. Os materiais efetivamente reciclados alcançaram 0,98% do volume total (CANOAS, 2015).

Considerando que atualmente já se recicla em Cuiabá 698,53 toneladas por mês de materiais e que o planejamento da prefeitura tende a elevar a coleta em 354,86 toneladas mensais, ter-se-iam 1.053,39 toneladas mensais recuperadas. Se a geração de RSUs avançar para níveis próximos de 16.000 toneladas mensais, a taxa de reciclagem em Cuiabá alcançaria cerca de 6,5%, muito acima das cidades de Londrina, São Paulo e Canoas. No limite, a proposta da Prefeitura de Cuiabá é alcançar 52% de reciclagem de materiais secos até 2032, o que representaria um volume recuperado de 7.789,35 toneladas mensais sobre a geração do ano de 2016, o que demonstra o tamanho do desafio a ser enfrentado.

Desta forma, o sistema de coleta seletiva de Cuiabá deve ser diferente e inovador, espelhando-se em modelos mais eficientes. Os modelos de gestão de RSUs secos e úmidos no Brasil, assim como exemplificado pelas cidades de Canoas, São Paulo e Londrina, as quais já executam o sistema de coleta seletiva há alguns anos, demonstra a necessidade de implantação de um sistema em que os munícipes sejam mais atuantes e responsabilizados pela geração do seu próprio resíduo, seguindo norteadores mais eficazes na coleta seletiva.

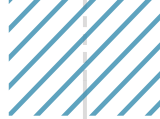
O fator psicológico e preconceituoso a respeito do resíduo, em termos atuais, na coleta seletiva, faz com que a população não despenda esforços para o tratamento adequado de seu próprio resíduo:

A conjectura de que os restos produzidos pelos seres humanos poderiam gerar sofrimento físico e psíquico começou a gerar medo na população. Este fato explica por que as

15 Dados do Sítio Resíduo Zero através do levantamento de dados obtidos na Prefeitura de São Paulo em julho 2016, dados referentes ao ano de 2016.

16 O volume diário gerado em Cuiabá.





“pré-noções” sobre resíduos, ainda hoje, remetem à sujeira, à doença, à miséria e à morte (VELLOSO, 2008).

Logo, são necessários mecanismos para a alteração de hábitos da população para a ótica de que o RSUs é uma matéria-prima, possui valor e, portanto, deve ser redirecionado ao ciclo produtivo como *throughput*¹⁷, pois, os valores potenciais de reciclagem e geração de valor consideram um cenário onde os municípios separam todo ou grande parcela de seus resíduos. A dificuldade de implantar uma atitude proativa em relação à segregação dos diversos materiais reduzirá a efetividade do processo de reciclagem. Assim, instrumentos de comunicação social são fundamentais para informar a sociedade da necessidade de ajustamentos na conduta com seus resíduos.

Na construção da estrutura de governança pública, além da comunicação social, podem-se utilizar os instrumentos de comando e controle como uma das variáveis fundamentais na implementação do processo de reciclagem. As leis de obrigatoriedade auxiliam na definição das atitudes consideradas acertadas e aquelas a serem evitadas. Como exemplo, tem-se em Cuiabá a Lei Municipal n.º 4.390/2003, que em seu artigo 1º definiu que:

Ficam os condomínios residenciais, comerciais e industriais instalados nesse município, obrigados a proceder à seleção do lixo e detritos produzidos por eles, logo, independentemente de fatores econômicos e/ou sociais, os municípios destas condições devem proceder conforme a lei e tal situação sugere que a coleta seletiva comece nesses lugares, priorizando-os.

Há uma obrigatoriedade em segregar seus resíduos para que o sistema de coleta possa proceder a reciclagem e recuperação dos materiais. Neste caso, não é apenas uma forma de comunicar e tentar mudar os hábitos, mas uma força de lei. Os gestores públicos buscam definir os locais onde uma ação mais rígida se torna necessários, esperando impactos mais claros nos processos que se planejaram. E neste caso, espera-se que a legislação possa dar ordem no descarte dos materiais dos condomínios residenciais, comerciais e industriais instalados em Cuiabá.

Outra forma de complementar a estrutura de governança é a criação de instrumentos econômicos. Para potencializar a recuperação de materiais que possam gerar elevado valor agregado, pode-se implementar políticas de apoio à verticalização industrial, com a redução do poder do capital comercial usurário que opera na especulação entre o setor de coleta e as indústrias de reciclagem. Tanto o Governo Estadual quanto Municipal podem

17 Conforme Cavalcanti (2010, p.58-59): “Matéria e energia entram no sistema econômico, passam pelo processo que se chama em inglês de *throughput* (uma tradução de *throughput* para o português poderia ser “transumo”) e iram lixo ou matéria e energia degradadas. O significado do transumo é o mesmo do fluxo metabólico de um organismo vivo. O organismo assimila recursos externos que provêm do meio ambiente e devolve a esse a sujeira que resulta do metabolismo, depois que a parte útil dos recursos é utilizada. Aí não há propriamente criação de riqueza. Há, sim, transformação de matéria e energia de baixa entropia (recursos) em matéria e energia de alta entropia (lixo) – como estabelecem as incontornáveis leis da termodinâmica”.





fomentar políticas fiscais, creditícias e logísticas para elevar a transformação industrial dos materiais dentro das fronteiras de Mato Grosso, reduzindo os vazamentos de renda para outras economias.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dados de Domingos (2011) e encontrados neste trabalho indicam que cerca de R\$30,0 milhões anuais de plástico, alumínio e papel/papelão podem ser recuperados dos RSUs e adicionados à economia cuiabana. Atualmente, a ação de grupos sociais organizados em cooperativas ou catadores avulsos em ruas e no aterro estão recuperando 698,53 toneladas mensais em Cuiabá, que representam cerca de 4,45% do volume total de RSU gerados.

A Prefeitura Municipal de Cuiabá está implementando uma política de reciclagem, em parceria com quatro cooperativas que atuam no mercado de reciclados. A meta é atingir 84% de eficiência de triagem e reciclagem dos materiais secos (excluindo orgânicos e rejeitos) na Central de Reciclagem e nos galpões das cooperativas/associações até o ano de 2040.

Apesar dos esforços, os desafios ainda são enormes e os valores recuperados dos resíduos secos (plástico, alumínio e papel/papelão) representam apenas 7,24% do potencial de agregação de valor de R\$2,5 milhões mensais. Investimentos em infraestrutura de coleta e na segregação dos RSUs pelas famílias são fatores fundamentais para se ampliar o material reciclado.

Ademais, os gestores públicos devem reconhecer que apenas a oferta de caminhões e recursos financeiros não representam políticas de longo prazo na estruturação de um processo complexo como o gerenciamento e reciclagem de RSUs. Não se pode perder o foco nas oportunidades de negócios, na tecnologia, na inovação e na organização dos agentes econômicos envolvidos, buscando sempre alcançar as metas e propor novos desafios aos atores sociais atuantes neste mercado.

■ REFERÊNCIAS

1. ACAMARC (Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Cuiabá). Entrevista com cooperados em 09/08/2016.
2. BRASIL. Lei 5.764/1971. Política Nacional de Cooperativismo. Brasília, 16/12/1971.
3. BRASIL. Lei 12.305/2010. Política Nacional de Resíduos sólidos. Brasília, 03/08/2010.
4. CANOAS. Prefeitura Municipal de Canoas. Produto 2B: Diagnóstico da Coleta Seletiva. Canoas/RS, março de 2015.



5. CAVALCANTI, Clóvis. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. Estudos avançados, 2010, vol. 24, p.53-67.
6. COOPEMAR (Cooperativa de trabalho dos catadores e produtores de materiais recicláveis de Mato Grosso). Entrevista com cooperados em 10/08/2016.
7. CCOPUNIÃO (Cooperativa de Catadores Ccopunião). Entrevista com cooperados em 11/08/2016.
8. COOREPAN (Cooperativa Alternativa de Reciclagem e Preservação do Meio Ambiente). Entrevista com cooperados em 12/08/2016.
9. CULI, Mario Jose Lucero; CONTRERA, Ronan Cleber. Proposta de Modificação do Plano de Gestão dos Resíduos Sólidos Domiciliares da Cidade de São Paulo. Anais do Fórum Internacional de Resíduos Sólidos: Porto Alegre, RS, Brazil, 2016.
10. CUIABÁ. Lei Municipal 4.390/2003. Dispõe sobre a obrigatoriedade dos condomínios residenciais, comerciais e industriais de procederem a seleção do lixo e detritos produzidos por eles. Cuiabá/MT, 17/07/2003.
11. CUIABÁ. Lei Municipal Complementar 364/2014. Política Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Cuiabá/MT, 26/12/2014.
12. CUIABÁ. Entrevista com Engenheira Sanitarista Sra. Kátia Cristina de Souza da Procuradoria Geral do Município de Cuiabá-MT em 10/10/2016.
13. CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Cuiabá/MT, 2020.
14. EKERE, W., MUGISHA, J., DRAKE, L., 2009. Factors influencing waste separation and utilization among households in the Lake Victoria crescent, Uganda. Journal of Waste Management 29, 3047–3051.
15. JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos Avançados, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.
16. KARAK, Tanmoy; BHAGAT, R. M.; BHATTACHARYYA, Pradip. Municipal solid waste generation, composition, and management: the world scenario. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 42, n. 15, p. 1509-1630, 2012.
17. MATO GROSSO. Lei 7.862/2002 e atualizações. Política Estadual de Resíduos Sólidos. Cuiabá, 19/12/2002.
18. MNC (Movimento Nacional dos Catadores). Entrevista com representante do MNC em Cuiabá, Sr. Tiago da Silva Duarte em 08/09/2016, 12/09/2016 e 15/09/2016.
19. OLIVEIRA, Djalma de P R. **Manual de Gestão das Cooperativas Uma Abordagem Prática**. 6ª Ed. Atlas ano . Cidade
20. POKHREL, D., VIRARAGHAVAN, T., 2005. Municipal solid waste management in Nepal: practices and challenges. Journal of Waste Management 25, 555-562.
21. SCHEINBERG, A., SPIES, S., SIMPSON, M.H., MOL, A.P.J., 2011. Assessing urban recycling in low-and-middle income countries: Building on modernised mixtures. Habitat International 35, 188–198.



22. SOUZA Carlos C. Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares na Cidade de Londrina – PR. TCC, 2008, Universidade Estadual de Londrina.
23. SUJAUDDIN, M., HUDA, M.S., RAFIQUUL HOQUE, A.T.M., 2008. Household solid waste characteristics and management in Chittagong, Bangladesh. *Journal of Waste Management* 28, 1688–1695.
24. TADESSE, T., RUIJS, A., HAGOS, F., 2008. Household waste disposal in Mekelle city. *Northern Ethiopia Journal of Waste Management* 28, 2003–2012.
25. The World Bank. Solid Waste Management. September 23, 2019.
26. ZHUANG, Y., WU, S.W., WANG, Y.L., WU, W.Z., CHEN, Y.X., 2008. Source separation of household waste: a case study in China. *Journal of Waste Management* 28, 2022–2030.



Inserção de árvores frutíferas na arborização do parque linear da game linha, Zona Leste de São Paulo

| **Alessandra Pereira dos Santos Marques**
UNICSUL

| **Ana Cláudia Siqueira**
UNICSUL

| **Fabiana Aparecida Vilaça**
UNICSUL

| **Myllena Nascimento de Castro Vicente**
UNICSUL

| **Ana Carolina Barros dos Santos**
UNICSUL

| **Débora Cristina da Silva**
UNICSUL

RESUMO

Trabalho em questão aborda os inúmeros benefícios da arborização nas grandes cidades mostrando como é importante a inserção de árvores frutíferas em parques lineares, com tal inserção demonstra a mudança da paisagem local ajudando no bem-estar físico e mental da população que encontra nesse parque local de lazer, de caminhadas, prática de exercícios, interação social e aproveitam principalmente os benefícios trazidos pelas árvores frutíferas, a avifauna também é atraída por essas espécies frutíferas. Tem como objetivo mostrar a identificação de árvores frutíferas existentes no parque linear da Gamelinha. A metodologia usada nessa pesquisa foi a quali-quantitativa tendo como local de coleta dos dados o parque linear da Gamelinha. Como resultado obteve-se identificação das espécies frutíferas amoreira, abacateiro, bananeira, goiabeira, limoeiro, mamoeiro, mangueira, nespereira e pitangueira várias propriedades benéficas existentes em cada uma delas, e nessa identificação observou-se que dentre as espécies em questão somente duas são nativas a goiabeira e a pitangueira as demais são espécies exóticas a na identificação também foram mostradas em tabela o seus nomes populares, nomes científicos, família pertencente e origem. A modificação da paisagem do lugar com a chegada do parque linear, a arborização e a canalização também foram de ótimo resultado para a população. Se pode concluir que inserção de árvores frutíferas em grandes cidades favorece no microclima, na saúde da população e um novo aspecto à cidade que vive em meio a muita poluição, oferecendo um lugar de passeio e lazer, e incentivando assim a própria população ao plantio de árvores frutíferas com possibilidade de se implantar mais espécies nativas e ressaltando sempre seus grandes benefícios, possibilitando assim as novas gerações a oportunidade de usufruir de áreas verdes incentivando-as à preservar o meio ambiente e conhecerem as muitas vantagens trazidas pela inserção de árvores frutíferas.

Palavras-chave: Ambientes Não-Formais de Ensino, Educação Ambiental, Hortas Urbanas.

■ INTRODUÇÃO

O paisagismo tem funções de promover encontros sociais entre diferentes grupos. A vida urbana se amplia cada vez mais no entorno dos espaços públicos, com isso, as paisagens tornam-se parte do convívio, de tal forma a influenciar os mais diversos aspectos, desde o ecológico e econômico até o social (LIRA FILHO *et al*; 2001).

Em grandes cidades onde a poluição, a falta de áreas verdes, inúmeros prédios, asfalto que deixam a cidade com o clima pesado a necessidade de espaços com inserção de árvores é necessário.

A cidade por conta da arborização exibe outra paisagem mudando o aspecto cinzento e carregado em virtude da poluição dos carros das indústrias presentes nos grandes centros, a população se beneficia de forma efetiva pois oferece benefícios para a saúde bem como a conscientização para um meio ambiente mais puro, saudável e agradável tendo o pensamento voltado para a melhoria urbana podendo aproveitar momentos de diversão e lazer nesses espaços.

Fica demonstrado através desse trabalho a importância crucial da inserção de árvores frutíferas bem como de outras espécies também que oferecem uma gama de benefícios para a sociedade pois oferece para populações de várias cidades a oportunidade da prática de esportes trazendo assim melhorias para a saúde.

Essa introdução ameniza um pouco o clima pesado das grandes cidades que trazem consigo absurda poluição trazendo um novo respirar mais leve, traz a população a oportunidade de aproveitar a inserção dessas árvores nos parques lineares bem como em outros espaços da cidade mais o que está em questão e apresentado aqui são os parques lineares a oportunidade para o lazer num clima mais agradável, também existe a questão de atração de aves que vem por conta dos frutos das espécies inseridas e a população nesse mesmo aspecto usufrui dos mesmos frutos expostos pelo parque.

É uma forma de despertar a população para ter uma vida mais saudável pois o ambiente é propício e incentiva a prática, outro fator é a participação no plantio dessas espécies aumentando assim a diversidade. Existe também a questão de atração para pássaros dependendo da espécie plantada que enriquece o ambiente proporcionando uma variedade de pássaros nesses locais revitalizados.

O uso de mais árvores frutíferas e espécies nativas propiciam uma maior variedade da fauna em áreas urbanas e por isso as condições importantes para receber uma variedade de pássaros e insetos em áreas verdes urbanas dependem da seleção de espécies (MINKS,2013).



Assim a arborização é uma floresta social no conceito restrito de árvores plantadas na calçada, à medida que gera diversos serviços e produtos diretos, como material de poda comerciável (GONÇALVES; PAIVA, 2004).

A arborização pode também ser fator de desenvolvimento urbano e da qualidade de vida. Bairros com urbanização protegida e funcional têm significativa valorização em aspectos sociais e econômicos, podendo ter efeito no microclima local ou regional (PAIVA; GONÇALVES, 2002).

Para que haja sucesso no planejamento do paisagismo urbano é necessário haver participação da comunidade, pela sua função primordial, sendo prática recomendável como forma de educação ambiental, provocando mudanças de atitudes e comportamentos relacionados à arborização (SILVA *et al.*, 2007).

Segundo Pinheiro (2013b), os parques lineares são obras estruturadas em áreas urbanas, muito utilizados como instrumento de planejamento e gestão de áreas degradadas, buscando conciliar tanto os aspectos urbanos como também naturais. Eles se constituem de áreas lineares, destinadas tanto a conservação como à preservação dos recursos naturais, tendo como principal, características a capacidade de interligar fragmentos de vegetação como outros parques, praças ou corredores verdes, permitindo ainda o acréscimo de funções de uso humano.

De acordo com LIMA (1993), as áreas urbanas constituem um ambiente artificial, pois possuem grande concentração de áreas construídas e pavimentadas que favorecem a absorção a radiação solar de dia e reflexão durante a noite. Denominadas ilhas de calor, este fenômeno pode ter um diferencial térmico bastante significativo em relação à locais mais vegetados. As árvores interceptam, refletem, absorvem e transmitem a radiação solar. Uma adequada arborização e uma boa ventilação constituem dois elementos fundamentais para a obtenção de conforto térmico para o clima tropical úmido.

O objetivo desse trabalho é a identificação de árvores frutíferas existentes no Parque linear da Gamelinha, bem como retratar a importância da implantação dessas áreas para melhorar a qualidade de vida das pessoas que vivem em centros urbanos, arborização urbana e aproveitamento de espaços para área de convivência.

■ METODOLOGIA

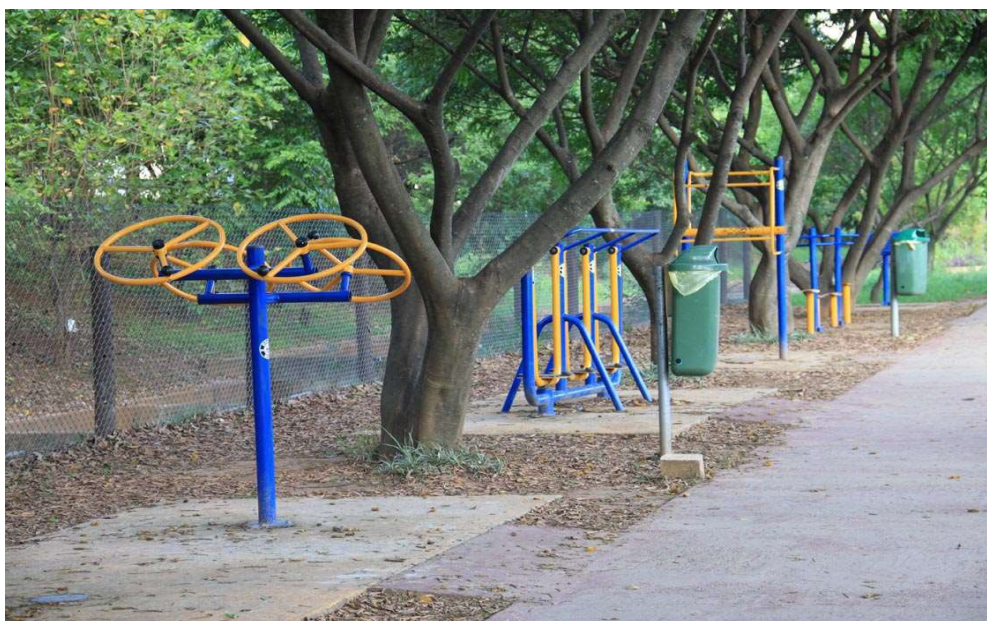
Essa pesquisa, que é de natureza quali-quantitativa, foi realizada na cidade de São Paulo precisamente no bairro da Vila Matilde onde o local de estudo é o parque linear da Gamelinha situado na Av. Dr. Bernardino Brito Fonseca de Carvalho próximo ao nº 1.200 com o intuito de identificar as espécies de árvores frutíferas usadas para arborização existentes nessa localidade. A realização dessa coleta de dados foi no mês de junho de



2019. O caráter qualitativo da arborização refere-se à escolha da (s) espécie (s) mais adequada (s) a cada espaço da cidade como ruas, parques, praças, alamedas, considerando, sempre, as condições edafoclimáticas e físicas locais. O caráter quantitativo, qualquer que seja, é insatisfatório se não vier acompanhado por parâmetros de qualidade da (s) espécie (s) em questão ou, segundo Griffith e Silva (1987), a melhor maneira de avaliar um sistema de áreas verdes não é necessariamente a quantidade de espaço verde por habitante, uma vez que aspectos como a forma, a qualidade e a distribuição das áreas são subjetivos, e tão fundamentais quanto à quantidade.

Localizado na zona leste de São Paulo atende também as comunidades da Vila Guilhermina, cidade Patriarca, o parque linear Gamelinha (Figura 1) possui uma área de extensão de 122.500 m², com iluminação por toda a sua área, pista de caminhada pavimentada, área de descanso para a população, quadras , área de gramados, com ciclovia para pedestres. Possui também em meio ao parque uma área com aparelhos para prática de esportes.

Figura 1. Vista do Parque Linear Gamelinha.



Fonte: BIAGOLINI (2018).

Figura 2. Vista do alto do Parque Gamelinha Zona Leste, SP.



Fonte: Google Eart, acessado em:27/05/2019.

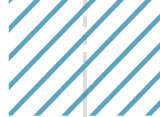
O parque possui variedades de plantas introduzidas por moradores e poder público em sua maioria espécies frutíferas e possui nessa área 3,8 Km de extensão e 25 metros de largura. (Figura 2).

Através de registro fotográfico foram registradas em caráter quantitativo 9 espécies de árvores frutíferas no Parque Linear da Gamelinha dentre as quais de forma qualitativa estão a amoreira, o abacateiro, a bananeira, a goiabeira, o limoeiro, a mangueira, o mamoeiro, a nespereira e a pitangueira.

Resultados e Discussões:

De acordo com as observações feitas no local em questão o parque linear da Gamelinha é visível a presença de várias espécies de árvores frutíferas não só as exóticas como também as nativas.

Os benefícios para a população são enormes o bem-estar que proporciona em meio a cidade poluída pelas indústrias é de grande valia a inserção de árvores é necessário a cidade com espaços verdes para melhor modo de vida da população, da avifauna e de um clima mais leve e saudável, o parque linear da Gamelinha é um exemplo desses benefícios.



É evidente que o parque linear da Gamelinha obteve vários benefícios com a inserção das árvores e a canalização do córrego para melhor escoamento das águas que nos anos 80 causava muitos transtornos à população.

Figura 3. Enchentes provocadas pelas fortes chuvas no local.



Fonte: Google.

A canalização foi também uma estratégia utilizada para a melhoria no escoamento das águas para melhor benefício de toda localidade melhorando a condição de vida da população trazendo uma nova perspectiva e novas expectativas aos moradores de todo local e imediações. No ano de 1991 foi feita a canalização do córrego melhorando as condições do lugar nas figuras 4 e 5 abaixo são demonstrados tais transformações na estrutura do local.

Anos de problemas enfrentados de enchentes e inundações finalmente foram revertidos em novas possibilidades para muitas pessoas que moravam já há anos na região.



Atualmente o parque possui uma estrutura muito diferente de décadas atrás.

Figura 4. Início das obras de canalização Gamelinha.



Fonte: Google.

Figura 5. Parque Linear Gamelinha.



Acervo: Autor.

De acordo ainda com os registros fotográficos de BIAGOLINI 2018 se pode observar na Figura: 6(a) o antes e (b) depois do parque linear da Gamelinha bem como também a pista de ciclismo Figura. 4 onde se pode observar a mudança no parque e o local pensado para beneficiar a população também nos passeios com bicicleta e para aqueles também usam para se deslocar para o trabalho como meio de locomoção em substituição muitas vezes do automóvel contribuindo assim para melhoria do ar na cidade.

Figura 6. (a) Córrego da Gamelinha com margens gramadas ano de 2002 (b) Córrego Gamelinha arborizado com a implementação do parque linear ano de 2017.



Fonte: BIAGOLINI (2018).

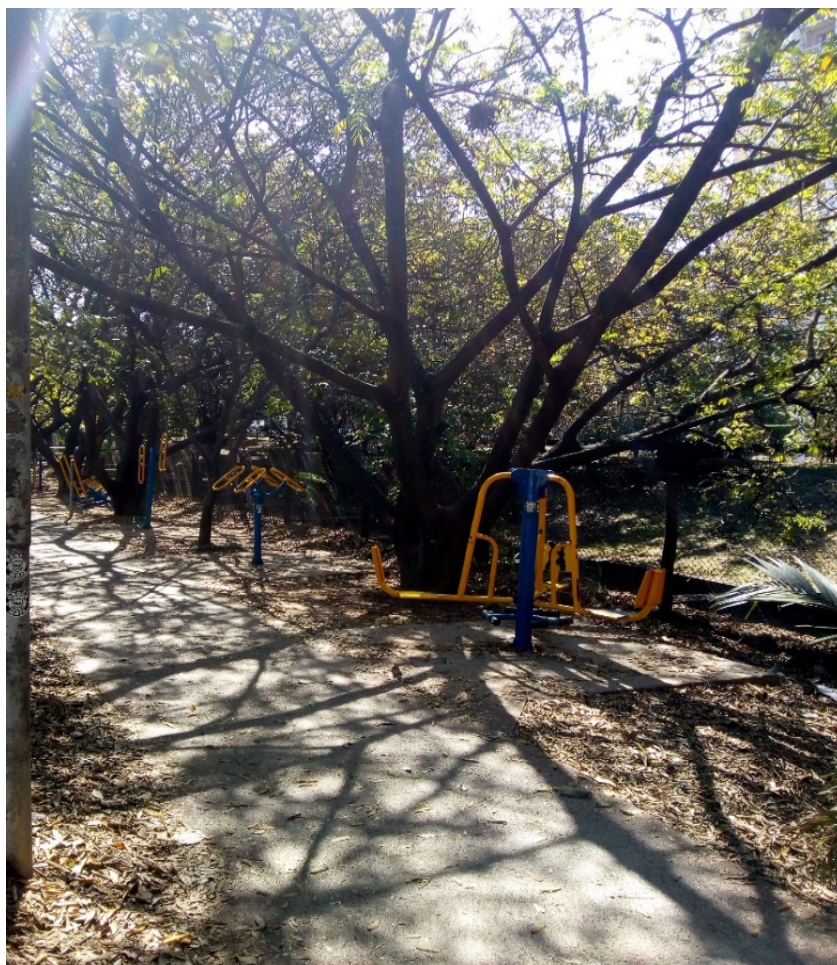
Figura 6. Ciclovía às margens do parque linear da Gamelinha.



Fonte: BIAGOLINI (2018).

Segundo Giordano (2004), os parques lineares são áreas destinadas tanto à conservação como a preservação dos recursos naturais, tendo como principal característica interligar fragmentos florestais e outros elementos encontrados em uma paisagem, assim como os corredores ecológicos, porém neste tipo de parque têm-se a agregação de funções de uso humano, expressas principalmente por atividades de lazer e com rotas de locomoção humana não-motorizada, compondo desta forma princípio de desenvolvimento sustentável.

Figura 7. Aparelhos Parque Linear Gamelinha.



Acervo: Autor.

A população conta com equipamentos para prática de esportes beneficiando assim à saúde e trazendo bem-estar e melhor qualidade de vida por conta da prática dos exercícios físicos que são muito importantes para a manutenção do corpo e da mente.

Segundo FRIEDRICH (2007), o parque linear estimula a coesão social, além de viabilizar a promoção recreacional e educacional. Os passeios lineares acarretam benefícios a coletividade, verificado pela quantidade de pessoas que caminham e pedalam em eixos viários lineares existentes. Dessa maneira, o bosque urbano está em congruência com a mudança cultural ocorrida na década de 1990, caracterizada pela valorização ambiental e pelo exercício físico (MERINO, 2006 apud FRIEDRICH, 2007).

Figura 8. Pista de caminhada Gamelinha.



Acervo: Autor.

A pista de caminhada é também uma ótima opção para os moradores locais utilizarem para sua recreação e aproveitar para as caminhadas matinais nas manhãs e fins de tarde.

Em Garabini (2004), o parque linear agregado á áreas de fundo de vale apresenta-se como um espaço aberto, livre e de pouca manutenção, onde subespaços recreativos são de outra natureza, nos quais playgrounds e jogos lúdicos são preteridos pela preservação ambiental, pelo culto ao corpo, pela prática de longas caminhadas e pelo lazer contemplativo.

Todas essas espécies frutíferas como as demais proporcionam ao lugar um clima mais ameno, agradável e com possibilidades de diferentes espécies de aves se alimentarem de seus frutos, o abacateiro por ser uma espécie grande e de crescimento mais lento deveriam estar presentes antes da revitalização do parque, foram mapeadas as espécies frutíferas conforme tabela abaixo:

Tabela 1. Origem e relação das espécies frutíferas existentes no Parque Linear da Gamelinha.

NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	FAMÍLIA	ORIGEM
<i>Persea americana</i>	Abacateiro	Lauraceae	América Central (México)
<i>Morus nigra</i>	Amoreira	Moraceae	Ásia, África e América do Norte
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitangueira	Myrtáceas	América do Sul (Mata Atlântica)
<i>Musa velutina</i>	Bananeira	Musaceae	Sudeste Asiático
<i>Psidium guajava</i>	Goiabeira	Myrtáceas	América (exceto México e Canadá)
<i>Mangifera indica L.</i>	Mangueira	Anacardiaceae	Sudeste Asiático
<i>Carica papaya</i>	Mamoeiro	Caricaceae	Sul do México, América Central e Norte da América do Sul
<i>Citrus limon</i>	Limoeiro	Rutaceae	Ásia
<i>Eriobotrya japonica</i>	Nespereira	Rosaceae	Sudeste da China

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

É certo que árvores frutíferas ou outras espécies proporcionam uma grande diferença na paisagem das cidades em meio aos parques e praças cada espécie estudada nesse trabalho além de trazer mais riqueza e diversidade em solos pouco prováveis para sua frutificação mais de umas menos de outras, mas estabelecem uma harmonia entre homem e natureza, bem-estar e poluição se sobressaindo e dando nova visão em cidades tomadas pela poluição atmosférica que tantos danos causam a saúde de quem nelas vive.

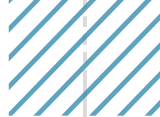
É de grande contribuição na área de Ciências Biológicas esse estudo pois possibilita agregar o verde, o puro e a beleza de grandes florestas, grandes santuários da natureza em meio ao caos da cidade com seus elementos poluentes e maléficos à vida, a visão de lugares mais agradáveis de se viver.

Muito importante se estabelecer esse contato um tanto oposto da inserção de árvores frutíferas no meio de grandes centros agitados e com tantas ocupações e preocupações para que se tenha uma conexão entre as pessoas e o meio ambiente para que isso não se perca ao longo do tempo.

É preciso saber a capacidade que o ser humano tem de preservar e analisar com bons olhos o meio ambiente e o benefício diverso que ele nos traz, será que futuramente teremos ainda a oportunidade de nos deparar com ambientes frutíferos, arborizados e voltados para a preservação e perpetuação de tantas e tantas espécies, será que se não tomarmos medidas hoje para que isso aconteça lá no futuro teremos oportunidade de ver todas essas belezas e maravilhas da natureza.

Fica claro que a arborização nas grandes cidades contribui em aspectos importantes para a vida da população que pode desfrutar de um local para seu lazer, prática de esportes, convívio social trazendo assim benefícios para a saúde física e mental.

O fato de estar num ambiente com temperatura amena um clima agradável ajuda nas caminhadas que os moradores podem fazer pelas manhãs, o ar mais puro fornecido



pela inserção das árvores frutíferas agrega vários outros benefícios como a diminuição da poluição sonora, poluição do ar, parte dos raios sendo absorvidos e atração de aves para o parque linear.

É interessante também se implantar mais árvores nativas nesses parques pois dentre as espécies frutíferas observadas somente duas são nativas a goiabeira e a pitangueira sendo todas as outras espécies exóticas, é importante a inserção de espécies brasileiras.

O que se conclui é que só benefícios são observados pois a inserção de árvores frutíferas em parques lineares é uma medida correta para a melhoria do ambiente no geral nas cidades grandes onde também a população pode participar no plantio e na manutenção dessas espécies.

São necessárias mais ações como essa nas grandes cidades, nos parques, nas praças onde for possível ser implantado, pois há uma grande necessidade de preservação das áreas verdes para as futuras gerações possam usufruir desse bem, e podemos observar também que apesar de tantas melhorias no local, ainda há muito por se fazer, tanto pelo poder público como também pela comunidade que usufrui desse espaço.

A população pode ter uma maior participação não só na questão que está relacionada ao plantio das árvores, mas também na preservação das mesmas, as pessoas que são mais próximas ao local que sempre estão fazendo caminhada por lá sempre que possível observar como está a condição das árvores e incentivar mais pessoas a fazerem o mesmo.

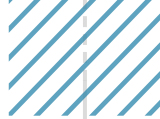
Os benefícios para a população são inúmeros, pois além da sombra que as árvores fornecem também existe a parte da alimentação vinda dos frutos que elas produzem.

Assim, restaurar e recuperar espaços públicos nas grandes cidades, localizados as margens de rios e córregos, principalmente para a implantação de áreas de lazer ou de preservação, pode ao mesmo tempo contribuir para a preservação de ambientes naturais, contribuir com a melhoria de ambientes degradados e melhorar de forma significativa a qualidade de vida das pessoas (DE ANGELIS NETO; DE ANGELIS; OLIVEIRA, 2004).



■ REFERÊNCIAS

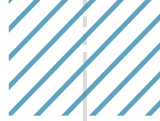
1. ALMEIDA, A. R.; ZEM.; BIONDI, D. **Relação observada pelos moradores da cidade de Curitiba-PR entre a fauna e árvores frutíferas**. REVSBAU, Piracicaba -SP, v.4, n.1, p. 3-20, 2009.
2. ARAÚJO, R. C. R.; PIRES, L. L **Opções de árvores frutíferas do cerrado para paisagismo em Bairros da Periferia de Goiânia**- GO: Revista Caatinga vol.22, nº4, outubro-deciembre, 2009, pp. 235-239.Universidade Rural do semi-Árido, Mossoró ,Brasil. Disponível em: <http://www.redalyc.org:9081/articulo.oa?id=237117843034> Acesso:26/02/2019
3. ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. **Influência de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio experimental**. Ambiência, Guarapuava, v. 8, n. 1, p. 101 - 111, 2012.
4. BIAGOLINI, C. H.; LOURENÇO, R. W. **Identificação das principais espécies frutíferas existentes em 10 parques lineares da cidade de São Paulo**. Cadernos de Agroecologia- ISSN.2236-7934- Anais do x CBA- Vol. 13, nº1, Mar. 2018. Univerdidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita UNESP- Campus Sorocaba,2018.
5. BIAGOLINI, C. H. **Método avaliativo e qualitativo de parques lineares da cidade de São Paulo**, (SP). 2018. 124 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Campus Experimental de Sorocaba, UNESP – Universidade Estadual Paulista, 2018
6. CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; OLIVEIRA, A. S. de; NOGUEIRA, M. C. D. J. A. **Uso do solo e temperatura superficial em área urbana**, Universidade Federal do Ceará, Brasil. Revista Mercator, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 207 - 223, 2011.
7. CARVALHO, Ruy Inácio Neiva de. **Produção de frutas em pomar Doméstico**. Curitiba: Champagnat, 1998.
8. COUTO, H. T. Z. **Métodos de amostragem para avaliação de árvores de ruas**. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2, 1994, São Luis. Anais... São Luis: SBAU, 1994. p.169-179.
9. DANTAS, I. C.; SOUZA, C.M. C. **Arborização urbana na cidade de Campina Grande-PB: Inventário e suas espécies**. Revista de Biologia e Ciências da Terra. v.4, n.2, 2004.
10. DE ANGELIS NETO, G.; DE ANGELIS, B. L. D.; OLIVEIRA, D. S. **O uso da vegetação na recuperação de áreas urbanas degradadas**. Acta Scientiarum Technology, Maringá, v. 26, n. 1, p. 65-73, 2004. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Documents/1555-4116-1-PB.pdf>. Acesso em: 26 out. 2019
11. DOULOS, L. M.; SANTAMOURIS, L. I. **Passive cooling of outdoor urban spaces: the role of materials**. In.: Solar Energy, Número 77, 2004. p. 231-249.
12. FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**, São Paulo, Anablume, 2001.
13. FRIEDRICH, Daniela. **O parque linear como instrumento de planejamento e gestão das áreas de fundo de vale urbanas**. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2007.
14. FRISCHENBRUDER, Maria T. Mamede; PELLEGRINO, Paulo. **Using greenways to reclaim nature in Brazilian cities**, 2006 apud FRIEDRICH, D., p. 59, 2007.



15. GANGLOFF, D. Urban forestry in the USA. In: **Second National Conference on Urban Forestry**. USA, K D. Collins, 1996. p. 27-29.
16. GARABINI, Élcio Araújo. Parques Urbanos Aqui, Ali, Acolá. Porto Alegre, 2004. **Dissertação de Mestrado**. Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
17. GENGO, R. C.; HENKES, J.A. **A utilização do paisagismo como ferramenta na preservação e melhoria ambiental em área urbana**. Revista gestão sustentável ambiental. Florianópolis, v.1, n.2, p.55-81, out. 2012/mar. 2013.
18. GIORDANO, Lucilia do Carmo. Análise de um conjunto de procedimentos metodológicos para a delimitação de corredores verdes (greenways) ao longo de cursos fluviais. Rio Claro, 2004. **Tese de Doutorado**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
19. GONÇALVES, W.; PAIVA, H.N. **Árvores: para o ambiente urbano**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2004, 243p.
20. GRIFFITH, J.J.; SILVA, S.M.F. **Mitos e métodos no planejamento de sistemas de áreas verdes**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., 1987, Maringá. Anais... Maringá: Imprensa da Prefeitura Municipal, 1987. p. 34-42. GUIMARÃES, Elom Alano. **Parques lineares como gerenciadores de paisagem: realidades e possibilidades do Rio Tubarão no contexto urbano de Tubarão, SC**. Dissertação de Mestrado. UFSC, Florianópolis, Brasil, 2011.
21. INPE, **Clima Urbano**. Disponível em:, acesso em 14 de set. de 2019.
22. LIMA, A.M.L. Piracicaba, SP: **Análise da arborização na área central e em seu entorno. Piracicaba**, 1993. 238p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
23. LOIS, E.; LABAKI, K. L. C. **Conforto térmico em espaços externos: uma revisão**. In.: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, VI; Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, III, 2001. São Pedro. Anais... São Pedro: ANTAC, 2001. p. 209-212.
24. LIRA FILHO, J.A.; PAIVA, H.N.; GONÇALVES W. **Paisagismo: princípios básicos Viçosa: Aprenda Fácil Editora**, 2001, 166p.
25. MACIEL, C. de R.; NOGUEIRA, M. C. de J. A.; NOGUEIRA, J. de S. **Cobertura do solo e sua influência na temperatura de microclimas urbanos na cidade de Cuiabá - MT**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 12, n. 39, p. 40 - 57, 2011.
26. MAZZAFERRO, Ângela Cristina Pereira. **Os espaços coletivos sob a ótica do desenvolvimento sustentável**. 2004 apud FRIEDRICH, D., p. 61, 2007.
27. MELO, E. F. Q.; ROMANI, A. Praça Ernesto Tochetto: **Importância da sua preservação histórica e aspectos de sua arborização**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. Piracicaba. v.3, n.1, 2008. p.54-72.
28. MENDONÇA, L.B.; ANJOS, L. **Feeding behavior of hummingbirds and perching birds on Erythrina speciosa Andrew (Fabaceae) flowers in an urban area, Londrina, Paraná, Brazil**. Revista Brasileira de Zoologia, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 42-49, 2006.
29. MENEGUETTI K. S.; REGO, R.L.; BELOTO, G.E. **Maringá, a paisagem urbana e o sistema de espaços livres**. Revista Paisagem Ambiente: ensaios, nº26, p. 29-50, 2009.



30. MERINO, Emílio. **Promoção de bicicletas como meio de transporte sustentável**, 2006 apud FRIEDRICH. D., p. 103, 2007.
31. MILANO, M. S.; DALCIN, E. C. Arborização de vias públicas. Rio de Janeiro, RJ: Light, 2000. 131 MILANO, M. S.; DALCIN, E. C. **Arborização de Vias Públicas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Light, 2000. 226p.
32. MILLER, R.W. Urban Floresty: **Planning and Managing Urban Greenspaces**. 2nd ed. New Jersey, Prentice Hall, 1997. 502p.
33. MINKS, Volker. **A rede de desing verde urbano- uma alternativa sustentável para mega-cidades**. Revista Labverde. São Paulo, n.7. artigo n.6, p. 1-22, 2013. Disponível em:<<http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/81089/84732>> Acesso: 04/03/2019.
34. NASCIMENTO, Oswaldo. **O guia mapograf**, 1994
35. NINCE, P. C. do C.; SANTOS, F. M. de M.; NOGUEIRA, J. de S.; NOGUEIRA, M. C. D. J. A. **Conforto térmico dos usuários em vegetação e revestimentos urbanos no campus da UFMT em Cuiabá-MT**. Revista Monografias Ambientais, Santa Maria, v. 13, n. 4, p.3299 – 3305, 2014.
36. NOWAK, J.N. NOBLE, M.H., SISINNI, S.M.& DWYER, J.F. PEOPLE & Trees: **Assessing the US Urban Forest Resource**. Journal of Foresty, v.99, n.3, p. 37-42, 2001.
37. NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**. São Paulo: Humanitas/FAPESP, 2001. 150 p.
38. OLIVEIRA, A. S. de. **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso e praças públicas**. 162 f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.
39. OLIVEIRA, C. H. **Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Ecologia Urbana.) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos. 132 p. São Carlos, 1996.
40. OLIVEIRA, M.M.A. **Arborização e avifauna urbana em cidades do interior paulista**. Boletim Centro de Estudos Ornitológicos, São Paulo, n. 7, p 10-14, 1990.
41. PAIVA, H.N.; GONÇALVES, W. **Florestas urbanas: planejamento para a melhoria de vida**. Viçosa; Aprenda Fácil Editora, 2002. 180p (Série Arborização Urbana, 2).
42. PEREIRA et al. **O uso de Espécies Vegetais, como Instrumento de Biodiversidade da Avifauna Silvestre, na Arborização Pública**: o caso de Recife. Atualidades Ornitológicas. Olinda, n. 125, p. 1-15, maio/junho, 2005.
43. PESCI, Rúben. **La ciudad de la urbanidad**, 1999 apud FRIEDRICH, D., p. 61, 2007.
44. PINHEIRO, L. Projeto Técnico: **Parques Lineares como medidas de Manejo de Águas Pluviais. Soluções para cidades, São Paulo**- Fundação Centro Técnico de Hidráulica, SBCP, Disponível em: http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Parques%20Lineares_Web.pdf > Acesso : 21/04/19



45. PINHEIRO, L. Projeto Técnico: Programa Drenurds: **Uma concepção inovadora dos recursos hídricos no meio urbano.** (Org.) MOTA, E. Soluções para Cidades, Fundação Centro Técnico de Hidráulica, SBCP, 2013. Disponível em: http://www.solucoesparacidades.com.br/wpcontent/uploads/2013/09/AF_DRENNURBS_W EB.pdf> Acesso:04/03/2019
46. PIVETTA, K.F.L e SILVA FILHO, D.F. **Arborização Urbana**, In: Boletim Acadêmico: Série arborização Urbana. UNESP/FCAV/FUNEP, Jaboticabal, São Paulo: 2002.
47. SCALISE, Walnyce, **Parques Urbanos- evolução, projeto, funções e uso.** Revista Assentamentos Humanos, Marília, v.4, n.1, p.17-24, 2002.
48. SANTOS, N.R.Z dos; TEIXEIRA, I.F. **Arborização de vias públicas: ambiente x vegetação.** Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2001. 135p.
49. SARA.BRASIL S/A. (Empresa que elaborou). **Mapa topográfico do Município de São Paulo.** Escala 1:5.000, 1930, folha 54.
50. SILVA. L.F. et al. **Participação comunitária no planejamento viário de alguns bairros da cidade de Americana/ SP.** Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v.2, n.3, p. 47 -64, 2007.
51. TRENTIN, Gracieli, SIMON, Adriano Luís Heck. **Análise da ocupação espacial urbana nos fundos de vale do município de Americana- SP**, BRASIL, UNESP, 2003. Disponível em:<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/ega/12/GeografiasocioeconomicaGeografiaurbana/287.pdf>. Acesso em 08/06/2019.
52. TROWBRIDGE, P. J.; BASSUK, N. L. **Trees in Urban Landscapes: site assessment, design and installation.** Hoboken: Wiley & Sons, 2004. 207p.
53. VILLALOBOS, J.U.G. **Fundos de vale, política e situação ambiental**, 2003 apud BARBOSA, L. C., p. 49, 2010.
54. www.jardineiro.net/ plantas-de-a-a-z-por-nome-popular Acesso:03 de out. 2019.



Possibilidades de utilização da casca de coco verde

| **Cristiano Liell**
UNEMAT

| **Alexandre Magno de Melo Faria**
UFMT

RESUMO

A sociedade de consumo do século XXI gera enorme montante de resíduos que necessitam ser alocados e tratados adequadamente para a manutenção do bem-estar social. Dentre inúmeros produtos consumidos diariamente, a água de coco, gera como resíduo sua casca. Este subproduto diferente dos resíduos domiciliares, apresenta grande volume, peso e resistência. Sua decomposição leva em torno de 8 a 12 anos, ocupando grandes espaços e gerando gases de efeito estufa. Felizmente, existem atualmente inúmeras pesquisas que desenvolvem usos para este resíduo, como forma de redução de impactos ambientais, concomitantemente com a geração de benefícios socioambientais. Desta forma, esta pesquisa tem como objetivo analisar a literatura nacional e internacional relacionada a reutilização das cascas de coco. Para isto, a metodologia empregada foi a revisão da literatura utilizando de Palavras-chave para identificar pesquisas com o foco relacionado ao objetivo proposto. Destaca-se que a literatura nacional tem menor amplitude e complexidade de abordagens em relação à literatura internacional, sendo necessária a oferta de maior material em língua portuguesa para implementação de políticas e ações de reciclagem e aproveitamento da casca de coco verde no Brasil.

Palavras-chave: Casca de Coco, Resíduos Sólidos, Reciclagem, Matéria-Prima.

■ INTRODUÇÃO

O coqueiro é uma cultura atualmente disseminada pelo mundo, sendo encontrado em mais de 200 países, entre os paralelos 23°N e 23°S, tendo sua produção expressiva em aproximadamente 90 países. Seu cultivo é destinado ao fruto do qual se extrai a polpa chamada copra, utilizada na produção de óleo de coco, leite de coco e coco seco desidratado. No Brasil, além da utilização industrial para produção de leite de coco e coco ralado como no restante do mundo, sua água é muito apreciada, apresentando consumo crescente ao longo dos anos (SIQUEIRA; ARAGÃO; TUPINAMBÁ, 2002). O consumo da água de coco é intenso em áreas litorâneas e de clima quente, estimulado pelos benefícios a saúde proveniente dos nutrientes encontrados em sua composição. É facilmente encontrado em praias e calçadões, comercializado por vendedores ambulantes que servem a bebida na própria casca ou em recipientes de acordo com o gosto do consumidor. Este consumo por sua vez gera além de copos, garrafas e canudos como resíduos, a própria casca de coco, que é volumosa e pesada em comparação aos demais resíduos, se tornando um problema urbano. Se não acondicionada de forma correta, gera poluição visual, atrai vetores de doenças e pode causar acidentes com carros e pedestres se mal alocada, devido à alta resistência da casca.

Grande parte destas cascas tem como destino os aterros municipais, que em condições naturais tem período de decomposição entre 8 a 12 anos, e gera gases de efeito estufa, dentre eles o metano (PASSOS, 2005). Visto estes fatores, aliados ao grande acúmulo destes resíduos em cidades litorâneas e de clima quente, tem-se buscado alternativas para reutilizar estas cascas com a finalidade de gerar matéria-prima de valor de uso e econômico, reduzindo seu acúmulo no ambiente. Desta forma, materiais naturais são poupados, e novos produtos ecologicamente corretos são produzidos, gerando emprego e renda, além da manutenção do consumo. Com isto, este trabalho tem como objetivo analisar a literatura nacional e internacional relacionada a reutilização das cascas de coco. Desta forma, será possível ampliar a compreensão dos métodos e aplicações para este resíduo, esclarecendo as potencialidades e carências das pesquisas nesta área nas devidas literaturas. Como hipótese, é suposto que as pesquisas nacionais estão pouco avançadas nesta temática em relação as pesquisas internacionais, sendo necessário buscar experiências em outros países de tratamentos e usos para esta matéria-prima.

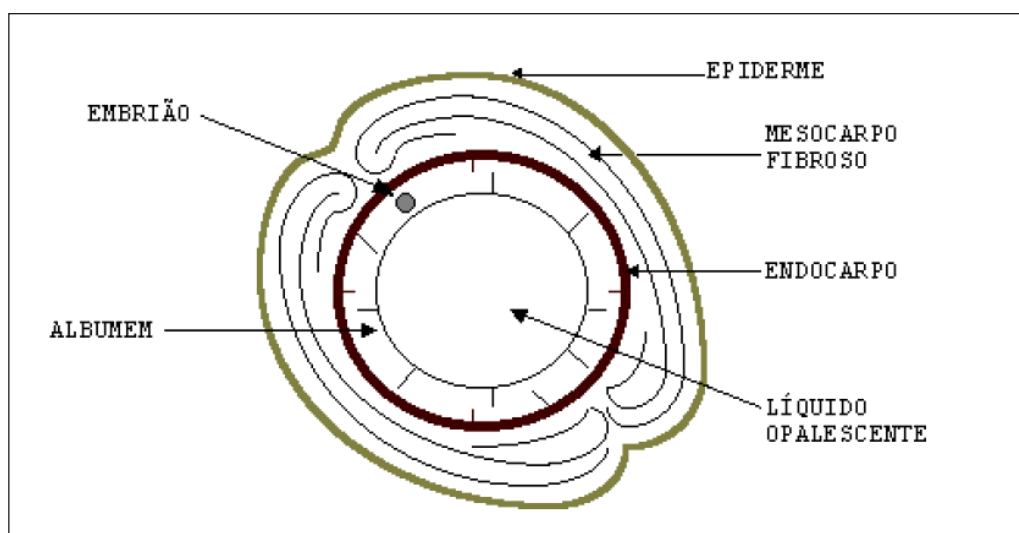
■ CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO

O coqueiro é conhecido como “a árvore da vida” por dele tudo se aproveitar, desde suas folhas e troncos até mesmos todas as partes de seu fruto (BITENCOURT, 2008). A epiderme



é a parte externa do coco, podendo ser verde, amarelada ou avermelhada de acordo com a espécie de planta. O mesocarpo fibroso representa sua casca, da qual podem ser retirados fibras e pó, sendo as fibras utilizadas na fabricação de inúmeros utensílios e na substituição de matérias-primas, já o pó é muito utilizado como substrato agrícola. O endocarpo também chamado de coque, corresponde a uma casca dura que protege a parte consumida como alimento, por vezes utilizada como combustível em caldeiras. O embrião é responsável pela germinação do fruto. O albúmen ou albúmen sólido corresponde a castanha branca brilhante com 1 a 2cm, de espessura, utilizada nas indústrias alimentícias para produção de diversos produtos como coco ralado, óleo e leite de coco, e na gastronomia em geral. O líquido opalescente, também conhecido como albúmen líquido ou popularmente como água de coco, é a parte líquida do fruto consumida *in natura* ou envasada por indústrias, ocupando 3/4 do volume da cavidade central (CALLADO; PAULA, 1999). A Figura 1 apresenta as partes de um coco por um corte vertical.

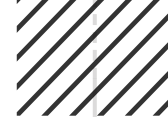
Figura 1. Corte esquemático de um coco maduro.



Fonte: Fremond, Ziller e Lamothe (1969) apud Callado e Paula (1999).

A produção do coco gigante é destinada para a indústria, por conter maior quantidade de albúmen sólido, sendo mais produtivo, já a produção de coco anão é direcionada para o consumo da água, sendo colhido antes de sua maturação. O peso do fruto aumenta até meados da sua maturação e depois diminui pelo fato de, após certo tempo o fruto perde umidade tanto no seu interior quanto nas fibras da casca, o que pode ser observado nos valores da casca e fibra. Já o coque aumenta à medida que o fruto se torna maduro. Quanto ao albúmen sólido e líquido, o primeiro aumenta à medida que o fruto amadurece devido ao líquido se transformar na parte sólida, o que justifica a colheita do coco verde ocorrer entre seis e sete meses de maturação. Além disto, neste período o fruto apresenta a maior quantidade de frutose podendo atingir 30 gramas de açúcares e 2 gramas de potássio,





tornando a água mais saborosa e ideal para o consumo *in natura*. Neste período e de acordo com o tipo de cultivo, Aragão (2002) afirma que o fruto pode atingir entre 300 a 600ml de água, consistindo uma solução estéril, levemente ácida e contendo fontes de crescimento e gorduras neutras, vitaminas, açúcares, proteínas e sais minerais. A Tabela 2 apresenta as composições do fruto em distintos períodos de maturação.

Tabela 2. Peso (g) e composição (%) média dos componentes dos frutos de coqueiro-anão em diferentes idades.

Mês	Peso do fruto (g)	Composição do fruto (%)			
		Casca e Fibra	Coque	Albúmen sólido	Albúmen líquido
6	1358,92	61,43	8,72	5,77	24,07
7	1558,97	64,30	7,52	9,12	19,04
12	770,34	44,16	12,83	27,85	15,15

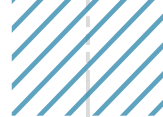
Fonte: Aragão (2002, p.20).

Devido ao aumento do consumo de coco pelas indústrias para processamento, e do consumo direto *in natura*, consequentemente ocorre o aumento da geração de resíduos, especificamente sua casca e coque. A casca quando depositada de forma inadequada em lixões e aterros, em condições anaeróbicas gera metano, gás poluidor da atmosfera e altamente inflamável. A casca também gera lixiviado que contamina o solo, as águas superficiais e subterrâneas, e sua disposição atrai animais como ratos e insetos que são vetores de doenças, além de causar poluição visual se disposta em vias públicas, praças e praias. Uma solução empregada para o coque por indústrias de beneficiamento do albúmen sólido em geral, é a utilização do mesmo como combustível para caldeiras, também podendo ser utilizada em artesanatos (JERÔNIMO, 2012; MAKISHI, 2012; SILVA; JERONIMO, 2013). A casca de coco verde, que representa a maior parte do resíduo, tem em média 1,5 quilogramas de peso, podendo ser armazenado um volume de 300 cascas inteiras ou cortadas em uma área de 1m³, em média (SILVEIRA, 2008). Visto que este resíduo é pesado e volumoso, gerador de problemas de disposição final e impactos socioambientais, diversas pesquisas vêm sendo elaboradas para desenvolver tecnologias que possam extrair as fibras e o pó de forma a ser utilizadas como matéria-prima por outros setores.

■ METODOLOGIA

Este trabalho foi elaborado a partir de uma revisão da literatura de pesquisas nacionais e internacionais que constassem em suas palavras-chave os termos “casca de coco”, “reciclagem”, “reutilização”, “fibra de coco”, “pó de coco” e suas respectivas traduções para o inglês. Sendo assim, foram selecionados trabalhos que apresentasse alguns destes termos para inicial triagem por meio da leitura de seus resumos, totalizando 37 artigos nacionais e 40 internacionais. Após esta triagem, foram selecionados artigos que tenham desenvolvido





de forma teórica e prática, atividades de reutilização das cascas por meio de sua manufatura. Por fim, foram analisados 29 artigos nacionais e 38 internacionais dispostos por tipos de utilização para distinguir quais materiais utilizados e destinos que estão sendo empregados para estes resíduos. Por fim é realizada uma comparação teórica entre os assuntos abordados.

■ PROCESSO DE OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FIBRA E PÓ DA CASCA DE COCO

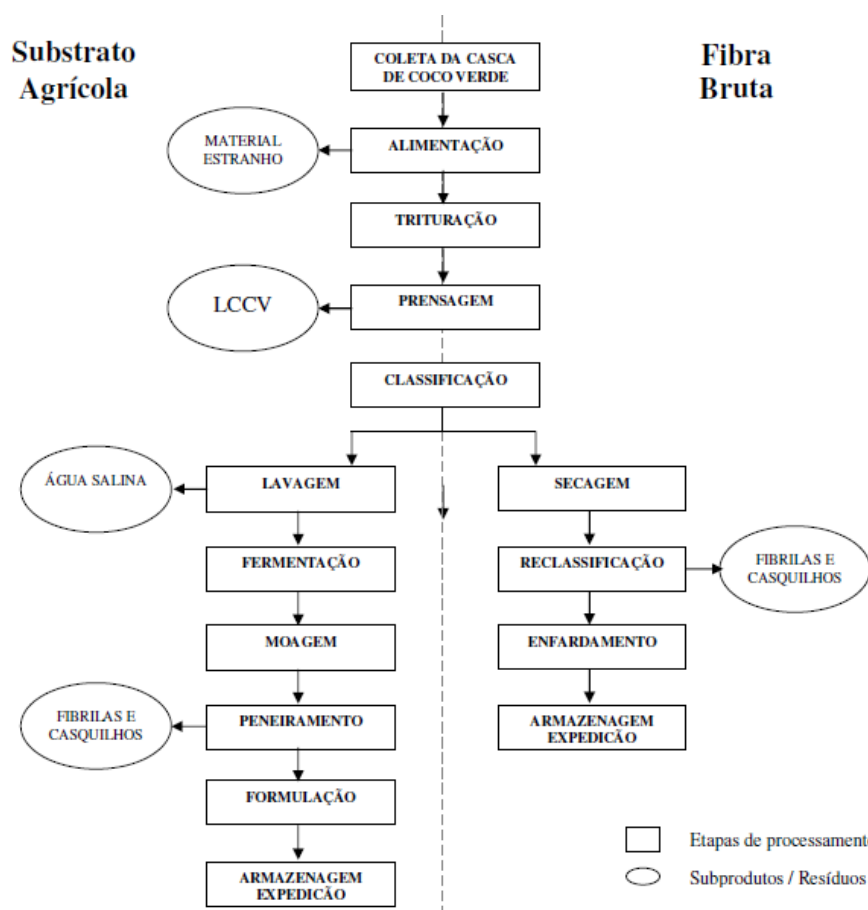
Existem três processos básicos para a obtenção das fibras: o manual com maceração, o industrial com lavagem e desfibração, e o industrial com lavagem sem desfibração. Estes processos têm rendimentos e tipos de produtos distintos entre si. O manual com maceração em água separa as fibras por meio da ação de micro-organismos que separam as fibras decompondo as substâncias pécicas, responsáveis pela ligação entre fibras. Este processo resulta fibras mais longas do que o adquirido em processos industriais, é de baixo investimento, mas a obtenção das fibras é mais demorada do que o industrial, podendo dificultar a escolha pelo processo. No processo industrial com lavagem e desfibração se obtém fibras longas, e em contrapartida o sem desfibração gera fibras mistas de tamanho intermediário, sendo que ambos necessitam de maior investimento que o método de maceração. No Brasil podem ser encontrados quatro processos de obtenção da fibra: trituração integral, fermentação úmida, maceração em água e industrial sem lavagem (NUNES, 2002).

A trituração integral é o processo mais rápido e de menor custo, mas o produto gerado somente tem utilidade como substrato agrícola por triturar casca e pó juntos, não separando ambos no processo. A fermentação húmida é semelhante a maceração em água, entretanto esta não imerge as cascas em água, mas sim utiliza da umidade das cascas para gerar o processo microbiológico de separação das cascas, resultando fibras ligeiramente mais escuras devido ao processo. A maceração em água é a mesma feita na Ásia, explicada anteriormente, gerando fibra de cor marrom. Por fim, o processo industrial representa o método mais oneroso, separando o pó da fibra e gera fibras de melhor qualidade. Os primeiros equipamentos nacionais deste beneficiamento foram desenvolvidos em uma parceria entre a Embrapa Agroindústria Tropical e a metalúrgica cearense FORTALMAG (MAKISHI, 2012). O processo industrial completo é apresentado na Figura 2¹.

¹ Pode-se observar que no processo de extração da fibra e pó das cascas de coco verde, são gerados outros resíduos como restos de fibras e casquilhos, águas residuais de lavagens de equipamentos e lavagem das fibras, além do LCCV – Líquido Gerado das Cascas de Coco Verde. Sobre a potencial utilização do LCCV, ler Mattos *et al.* (2011).



Figura 2. Fluxograma operacional da etapa de produção de substrato agrícola e fibra de coco verde.



Fonte: Mattos *et al.* (2011).

A máquina primeiramente tritura as cascas inteiras ou cortadas por meio de um rolo de facas fixas, em seguida o material passa por uma prensa rotativa horizontal responsável por extrair o excesso de líquido existente nas fibras. Após a prensagem, o produto segue para uma máquina selecionadora que utiliza de marteletes fixos helicoidais e uma chapa perfurada para separar as fibras do pó, respectivamente 30% e 70% do produto. Após este processo, fibra e pó seguem processos distintos até se tornar produto final comercializável, e sendo manejadas de acordo podem ser utilizadas para diversos fins (MATTOS *et al.*, 2011). Aragão, Santos e Aragão (2005) relatam que a fibra extraída do coco verde é classificada como fibra branca longa, e apresentam os valores médios para suas propriedades físico-químicas:

pH = 5,4; condutividade elétrica (CE) = 1,8 dS/m; capacidade de troca catiônica (CTC) = 92mmol_cdm⁻³; relação C/N = 132; d = 70 g/L; porosidade total = 95,6%; retenção de água = 538 mL/L; capacidade de aeração = 45,5% e água facilmente assimilável = 19,8%; percentagem de lignina 35% a 45%; e percentagem de celulose 23% a 43%. A hemicelulose, que é a fração prontamente atacada por microrganismos, é de apenas 3% a 12% (ARAGÃO; SANTOS; ARAGÃO, 2005, p.1).



Atualmente existe uma gama de produtos sendo desenvolvidos para a utilização destes produtos, substituindo matérias-primas não degradáveis e de impacto ambiental de longo prazo. As cascas dispostas na natureza demoram por volta de oito² anos para se decompor, acumulando volume, atraindo vetores de doenças e causando impacto ambiental. Com a utilização delas para a fabricação de fibras, se diminui o impacto ambiental, utiliza valor energético existente nas cascas que seria desperdiçado, gerando empregos e renda. A fibra tratada para consumo tem boa resistência pela alta quantidade de lignina, apresenta boas propriedades térmicas e demais componentes que propiciam inúmeras aplicações dela. Já o pó tem boas qualidades como substrato agrícola, sendo abundante na extração das cascas e de baixo preço, se comparados com demais concorrentes no mercado (BITENCOURT, 2008; MAKISHI, 2012).

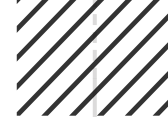
Pesquisas nacionais para a fibra e pó da casca de coco verde

Neste subcapítulo é apresentado uma revisão da literatura para demonstrar as diversas aplicações das fibras e pó provenientes da casca de coco. Rosa *et al.* (2002) apresenta uma caracterização detalhada dos componentes químicos do pó da casca de coco, e avalia a sua utilização como substrato agrícola. Os autores ressaltam que a utilização do pó da casca de coco maduro, utilizado por indústrias no beneficiamento de alimentos provenientes do albúmen sólido, já é consolidado no mercado, já a mesmo produto proveniente da casca de coco verde não. Com isto, são apresentadas referências de trabalhos que estudaram a utilização da casca de coco verde para este mesmo fim. Em outro de seus trabalhos, Rosa *et al.* (2001a) fazem uma caracterização do substrato agrícola proveniente do pó da casca de coco verde, e Rosa *et al.* (2001b) apresentam o processo técnico de obtenção do pó da casca de coco verde. Bezerra e Rosa (2002) demonstram a existência de substratos agrícolas de origem artificial, mineral, vegetal e animal, dos quais é de suma importância a boa escolha para a produção, pois o substrato irá exercer a função do solo fornecendo água, oxigênio, nutrientes e sustentação para a planta. O objetivo do trabalho foi a utilização do pó para a produção de alface, concluindo por indicar a utilização do mesmo, ressaltando que o substrato seja devidamente lavado e a concentração de rega apresente concentração inferior a indicada por Marulanda (1995).

Bezerra e Bezerra (2001) testaram a utilização de cinco substratos para a produção de mudas de meloeiro. Com exceção da amostra que utilizou o solo mais esterco de gado, o trabalho conclui que os demais substratos, incluindo o de pó de casca de coco, são altamente

2 Apesar dos autores relatarem o tempo médio de 8 anos para degradação das cascas na natureza, outros trabalhos relatam períodos de 10 ou até 12 anos para este processo, sendo usualmente mais observado na literatura o tempo de 10 anos.





recomendados para a produção destas mudas. Correia *et al.* (2003) testaram a produção de mudas de cajueiro anão-precoce por meio de três ensaios, sendo o S_1 = casca de arroz carbonizada + folha triturada de carnaubeira decomposta + solo hidromórfico; S_2 = casca de arroz carbonizada + folha triturada de carnaubeira decomposta + pó de casca de coco verde; S_3 = casca de arroz carbonizada + folha triturada de carnaubeira decomposta + pó de casca de coco maduro; todos às proporções de 5:3:2 v/v³. Foi concluído que as amostras contendo as cascas de coco são indicadas para a produção de mudas substituindo o solo hidromórfico na proporção de 20%, apresentando facilidade da retirada das mudas dos tubetes, e de fácil agregação das raízes ao substrato.

Carrijo, Liz e Makishima (2002) produziram tomates a partir de oito substratos diferentes para avaliar o desempenho em geral da produção do fruto. Como resultado foi observado que a fibra da casca de coco utilizada como substrato, apresentou ligeiramente melhores resultados que os demais sete materiais utilizados. A produção utilizando a fibra do coco foi cerca de uma tonelada a mais ao longo dos três anos. Carrijo *et al.* (2004) em outro experimento com tomateiros, utilizaram novamente vários produtos como substrato e casa de vegetação. Em geral os resultados de produtividade foram semelhantes, mas o peso do fruto maior foi observado nos cultivares que utilizaram o pó de coco como substrato. Silveira *et al.* (2002) avaliou o potencial de produção juntamente com as qualidades das mudas de tomateiro, utilizando pó de coco isolado e em misturas com outros substratos. Dentre os resultados foi comprovada a qualidade dos frutos devido a utilização do pó de coco combinado com o substrato comercial Plantmax®. Além disto, em relação aos custos foi observado que um cultivo de 128 células por bandeja, em 66 bandejas, utilizando 6 sacos do substrato Plantmax® se teve um custo de R\$ 78,00 na Zona da Mata de Pernambuco. No entanto, a mesma quantidade produzida pode ser obtida com a mistura do substrato Plantmax® mais pó de coco a um valor de R\$41,00, representando uma redução no custo de 47,44%.

Ramos *et al.* (2012) testaram a combinação de pó de coco com demais soluções nutritivas em comparação com o substrato Plantmax®, para avaliar os resultados da produção dos cultivares Opara e Top Gun de melancia. Os tratamentos com pó de coco mais solução de Hoagland e Arnon a 50, 75 e 100% obtiveram teores de nutrientes nas mudas semelhantes aos alcançados com o substrato Plantmax®. Estes tratamentos se mostraram promissores para a produção de mudas de melancia, gerando bons resultados de conjuntura

3 O título ou porcentagem em volume pode ser descrita como o cociente entre o volume do soluto pelo volume da solução. O volume da solução é representado pela somatória dos volumes do soluto e do solvente da solução. Esta unidade de medida é utilizada para soluções que tenham como componentes o soluto e o solvente no mesmo estado físico, sendo líquido ou gasoso. Exemplos conhecidos são a gasolina, que apresenta uma proporção de gasolina como solvente e o etanol como soluto, ambos em estado líquido (DIAS, 2017).





nutricional e crescimento do broto. Souza e Jasmim (2004) fizeram experimentos com quatro combinações diferentes de substrato comercial mais MCT – Mesocarpo de Coco Triturado, e tutores de xaxim e mesocarpo de coco triturado, para cultivar mudas de singônio. Quanto as características morfológicas, a combinação de substrato comercial mais MCT com tutor de MCT apresentou os melhores resultados. Entretanto, a utilização de apenas substrato comercial com tutor de MCT foi a que gerou mudas com maior teor de nitrogênio foliar. Foi concluído que a produção de singônio utilizando MCT em combinação com substrato comercial, diminui os custos, e se utilizando o MCT como tutor, ele fornece nutrientes para a planta não sendo necessária a adubação até o momento da colheita.

Ainda outros trabalhos como Mattos *et al.* (2011), Makishi (2012), Rocha *et al.* (2010) dentre outros, citam em geral a utilização do pó e casca de coco para a produção de substrato agrícola. Bitencourt (2008), Silva e Jeronimo (2013) ressaltam a importância de se utilizar o pó da casca do coco para a produção de substrato por aproveitar matéria-prima que está sendo descartada, além de contribuir com o desenvolvimento social, ambiental e econômico. Em alguns processos de extração da casca de coco, ela é triturada com o pó, direcionando o produto em geral para a agricultura em forma de substrato, como demonstrado até agora. Mas em processos que se separam o pó das fibras, estas podem ser utilizadas em diversos produtos. Miranda *et al.* (2004) avaliaram a capacidade de redução de temperatura do solo de uma plantação de coco verde, utilizando cascas de coco verde trituradas. Foi medido a temperatura do solo em profundidades de 0,05; 0,1; 0,2 e 0,4 metros nas plantas com cobertura e sem cobertura. Como resultado foi vista a diminuição da temperatura em todas as camadas nas plantas que tinham a cobertura de cascas durante o dia, e a retenção de calor no período da noite. A cobertura também contribui com a redução da evaporação de água, reposição de nutrientes e melhora das condições de desenvolvimento de raízes e microrganismos benéficos para a cultura.

Souza *et al.* (2015) fizeram uma revisão da literatura para identificar a potencialidade do uso das fibras de coco para a produção de mantas termoacústicas. Foi observado que a qualidade das mantas e placas da fibra de coco tem maior resistência, atendem as exigências técnicas para proteção acústica, apresentam durabilidade sendo biodegradáveis e de custo menor que outras concorrentes no mercado. A fabricação de 1m² de piso além de apresentar as qualidades já mencionadas, retiram da natureza 80 cascas que demorariam oito anos para se decompor. Passos (2005) propôs a utilização das fibras de coco na produção de novos produtos, com o intuito de mitigar os impactos ambientais causados. Foi sugerida a implantação de um polo eco social para a utilização das cascas, com produção sugerida de telhas e placas de fibra de coco. Além disto, foram compostos alguns índices para mensurar





a emissão de metano proveniente das cascas de coco, identificando que cada tonelada de cascas gera em torno de 6 quilos de metano.

Soares *et al.* (2009) investigaram o impacto social, econômico e ambiental da utilização das cascas de coco para produção de chapas de fibra de coco. Para identificação do impacto ambiental, foram entrevistados vendedores de água de coco da Praia do Futuro e Beira Mar em Fortaleza. Os comerciantes em sua grande maioria desconhecem os impactos causados pelas cascas de coco no meio ambiente, seus riscos à saúde, a destinação final e as potencialidades da reciclagem, mas reconhecem que elas geram um problema ambiental e urbano, identificando o impacto ambiental. Como impacto econômico foram produzidas lâminas a partir das fibras de coco, que por sua vez apresentaram desempenho melhor que materiais utilizados para a construção civil e moveleira com menores custos, podendo substituir as mesmas ou ainda ter um fim mais nobre.

Pereira (2012) desenvolveu uma tese para avaliar a utilidade das fibras de coco verde na produção de fibrocimentos, em substituição do cimento Portland pela cinza da casca de arroz. Esta substituição se deve pelo fato de ser necessária a redução da alcalinidade do produto sob as fibras de coco. Após testes físicos e de resistência, se concluiu a possibilidade de utilização das fibras para produção de fibrocimentos, desde que as fibras sejam tratadas e a solução tenha alcalinidade reduzida. Santos (2006) testou as propriedades mecânicas de compósitos híbridos de polipropileno/fibras de vidro e coco, com tratamento em soluções aquosas em diferentes concentrações de NaOH – Hidróxido de Sódio, nas fibras de coco. Como resultados, a matriz de polipropileno não apresentou aumentos significativos em suas propriedades mecânicas, embora a dureza e resistência ao impacto terem aumentado. O autor sugere que devido a adição de fibras de coco não ter resultado em melhoras mecânicas na matriz, outros tratamentos podem ser aplicados as fibras para talvez melhorar a sua utilização neste produto. Florentino *et al.* (2011) tiveram como objetivo estudar o efeito da alteração química das fibras de coco verde, por meio de tratamento alcalino (NaOH) no desenvolvimento de biocompósitos de poliuretano. Concluiu-se que ocorreu um aumento na resistência a tração dos compósitos, devido ao tratamento superficial com solução alcalina NaOH. Isto se deve a retirada de extrativos e ceras, que favorecem a ação entre matriz/fibra, sendo tratamento diferente ao realizado por Santos (2006).

Monteiro, Boniolo e Yamaura (2009) investigaram a utilização da casca de coco para bioissorção de chumbo em soluções aquosas. Foi triturada a casca de coco e lavada, identificando fibras de 2 a 3 milímetros e em seguida trituradas e peneiradas obtendo-se um pó





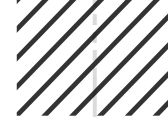
da casca de 80 mesh⁴. Após os experimentos de adsorção do chumbo com a casca tratada do coco, concluiu-se que a adsorção de chumbo pelo coco aumenta à medida que o pH aumenta, sendo o processo de remoção maior que 95% em pH maior que 5. Sendo assim, se indica a utilização da casca de coco verde para bioadsorção de chumbo em águas residuais comuns. Pimenta *et al.* (2015) produziram briquetes a partir da casca de coco carbonizada e utilizou-se o pó à 40 mesh, com aglutinantes de amido de milho em 6, 8, 10 e 12% e argila de 12,15 e 18% em relação ao peso seco total do briquete. Foram avaliados a resistência a compressão, composição química imediata (umidade, teores de carbono fixo, matérias voláteis e cinzas), poder calorífico e densidade aparente. Os melhores resultados para fins comerciais foram observados nas soluções 12/12 e 12/15.

Silveira (2008) dissertou sobre a possibilidade de utilizar as cascas de coco verde para produção de briquetes, com a finalidade de dar fim útil as cascas e diminuir o impacto ambiental e visual na orla de Salvador na Bahia, do Porto da Barra a Ondina. A finalidade é justificada para utilizar este resíduo que é amplamente gerado na região, considerada turística, sendo impactada pelo elevado consumo de água de coco, e ainda diminuir a utilização de madeira para produção de briquetes. Foi realizado um levantamento de custos para instalação de uma fábrica de briquetes na capital, concluindo que é necessária uma quantidade de 25.182 quilogramas de cascas de coco na alta estação para funcionamento de 6 horas/dia, e 12.372 quilogramas de cascas na baixa estação para funcionamento de 3 horas/dia. O custo anual para coleta e disposição das cascas no aterro local é de R\$727.683,00. O custo de implantação da fábrica com material convencional de mercado é de R\$375.900,00 e custo mensal de energia de R\$6.411,24. Já a implantação com maquinário alternativo fica em R\$258.000,00 e custo de energia mensal de R\$2.621,32. Apesar da quantidade mensura pelo trabalho não abastecer totalmente o projeto da fábrica, a área de estudo abrangeu apenas uma parte da orla, sendo viável o abastecimento dela se posteriormente for quantificado uma área maior, visto que o consumo de toda a cidade é elevado.

Marin *et al.* (2016) testaram a viabilidade da utilização das fibras de coco verde para produção de papel. As fibras foram classificadas físico-quimicamente e tratadas com peróxido de hidrogênio e solução de NaOH para o processo de deslignificação. Parte da amostra recebeu tratamento de branqueamento para ter resultado visual mais brando, e os resultados foram diferentes para os dois tipos de deslignificação. “A polpa obtida da deslignificação com solução de peróxido de hidrogênio não produziu a folha de papel como era esperado após a formatação, não havendo o entrelaçamento necessário, o que se deve ao baixo teor

4 Mesh é uma unidade de medida granulométrica, utilizada em peneiras. No Brasil, as normas de granulometria são determinadas pela norma técnica 248 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003).





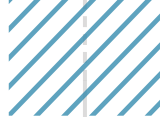
de deslignificação” (MARIN *et al.*, 2016, p.5-6). Já as características observadas no papel produzido pela solução de NaOH foram semelhantes ao papel comercial *Kraft*, mas com propriedades médias inferiores ao mesmo. Deste modo, o papel feito das fibras de coco com deslignificação em solução de NaOH é viável comercialmente para designações que não exijam carga excessiva como envelopes, sacos de tamanho pequeno e papel para embalagens.

Martins *et al.* (2013) tiveram como objetivo experimentar a produção têxtil a partir da fibra de coco verde. Foram executados processos químicos de purga e pré-alveamento e em seguida amaciamento das fibras para melhorar a fiabilidade e qualidade do produto. Testes estatísticos comprovaram que o tratamento químico não alterou a qualidade física das fibras, sendo então transformadas em fio e posteriormente em tecidos, e por fim passaram por nova purga e alveamento. Concluiu-se que é possível a utilização das fibras de coco em estruturas de tecelagem plana, para certas aplicações na área têxtil.

Senhoras (2003) também identificou as potencialidades para a utilização das cascas de coco geradas em uma cadeia agroindustrial do coco. O trabalho apresenta uma caracterização do coqueiro juntamente com seu fruto e fibras, e ressaltou a utilização das fibras como aproveitamento dos resíduos e material com valor, concomitantemente com a diminuição dos impactos causados pela sua disposição na natureza. Como resultados o trabalho apresenta fins já mencionados para as fibras como produção de mantas para proteção do solo, na agricultura e biotecnologia, alimentos e zootecnia, produção de papel dentre outras.

Em síntese, é possível observar que já existem pesquisas que tem como objetivo dar um fim diferente para as cascas de coco, uma aplicação alternativa a seu depósito em aterros e lixões. A casca de coco demora em torno de 8 a 12 anos para se decompor na natureza, e um volume de 300 cascas a 1,5 quilogramas em média ocupam um espaço de 1m³, sendo um resíduo volumoso e pesado se comparado aos demais RSU – Resíduos Sólidos Urbanos. Passando por processo adequado, a casca de coco gera pó e fibras, dos quais o primeiro está sendo amplamente utilizado na produção de substrato agrícola para a produção de diversos cultivos. Já as fibras, devido seus componentes químicos, apresenta utilidades na produção de mantas para a proteção do solo, isolamento acústico, biotecnologia e agricultura, produção de papel, engenharia de alimentos e zootecnia, engenharia civil e de materiais, artesanato, na indústria automobilística, fabricação de briquetes, matrizes polimétricas, indústria têxtil, absorção de materiais pesados dentre outros. Por meio de planejamento estratégico, visando atender as questões do tripé econômico-social-ambiental, além da utilização das metodologias de localização espacial, logística e logística reversa, é possível desenvolver processos dinâmicos que sejam referência e provenham retornos positivos para a sociedade e meio ambiente, com ganhos econômicos (BITENCOURT, 2008; ROCHA *et al.*, 2010; MATTOS *et al.*, 2011; MAKISHI, 2012;).





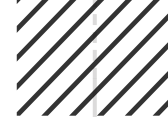
Pesquisas internacionais

Este subcapítulo continua a revisão de literatura identificando os estudos que buscam utilizar os resíduos da casca de coco, mas com o foco em literaturas internacionais a título de análise do que é investigado fora do Brasil, e fazer possíveis comparações com as pesquisas nacionais. Arena, Lee e Clift (2016) tiveram como objetivo analisar o ciclo de vida do carbono ativado produzido a partir do coque de coco, abundantemente disponível na produção de cocos da Indonésia, como alternativa sustentável e redução de impactos ambientais. Esta análise foi desenvolvida por meio de balanços de emissões em cada etapa da produção, ou seja, da plantação até o transporte e utilização final deste produto. O carbono ativado é utilizado na purificação da água, do café descafeinado, descoloração, desodorização ou remoção de aroma, tratamento de água potável, limpeza industrial de gases de combustão e ar-condicionado, além de alta utilização em processos de adsorção. O carbono ativado pode ser extraído do carvão mineral, mas também de diversas outras cascas biodegradáveis como de arroz, café e demais resíduos agrícolas, que tem como vantagens sobre o carvão mineral em termos de emissões de gases de efeito estufa e ácidos. Como resultados, a substituição de energia térmica fóssil por biomassa reduziria significativamente o grau de poluição global liberado pelo processo. A própria utilização dos gases gerados pelo processo de produção do carbono ativado, reduziria em 60% a taxa de toxidade humana e em 80% o aquecimento global, em contrapartida a sua liberação como é feito atualmente.

Farzan *et al.* (2017) tiveram como objetivo o tratamento dos resíduos sólidos urbanos no Sri Lanka, utilizando o biochar produzido a partir da casca de coco. O Sri Lanka sofre com as questões dos resíduos urbanos pela falta de estrutura em saneamento básico, e o devido tratamento proposto transforma estes resíduos em compostagem, com a intensão de reverter o mesmo para a agricultura local. Foram feitos cinco testes alterando as proporções aplicadas do composto, resultando diferentes melhorias no composto gerado, comparado a compostos comerciais. Em geral, a aplicação do biochar de coco melhorou as qualidades do composto, mas ainda se faz necessários mais testes para aperfeiçoar a produção e seus resultados. Jabal, Seok e Hoon (2016) testaram a utilização do pó da casca de coco e o carvão ativado a partir da casca de coco para absorver sinais de micro-ondas de frequência de 1-8 GHz. De acordo com os testes para identificar a morfologia da superfície e porosidade destes produtos, além das propriedades dielétricas, ambos produtos são bons para a utilização nesta finalidade. Mas foi observado que o carvão ativado de casca de coco é mais eficiente, o que se deve pelo maior teor de carbono em sua composição em contrapartida ao pó da casca de coco.

Kulkarni *et al.* (2013) testaram a aplicação da casca de coco para produção de carvão ativado, para ser utilizado como adsorvente em águas residuais. Após inúmeros testes,



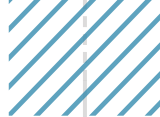


observou-se que a maior concentração do produto aumenta a percentagem de saturação do adsorvente. Também o aumento da taxa de vazão do fluido no carvão ativado aumenta a adsorção. Por fim, dentre os tamanhos de partículas testados, o ideal identificado foram as partículas de 0,42 milímetros. Rolence, Machunda e Njau (2014) propuseram a utilização de carbono ativado a partir da casca de coco para remoção de dureza da água. O termo “água dura” está relacionada ao teor elevado de cálcio e magnésio presentes na água. Na Tanzânia, que tem na sua constituição do solo a grande presença de rochas sedimentares que são ricas destes minerais (cálcio e magnésio), a “água dura” danifica maquinários e afeta a saúde humana. Foram aplicados testes usando modelos de Langmuir e Freundlich, além de demais testes estatísticos, que resultaram na eficiência desta aplicação na água a pH 0. Apesar da necessidade de se tratar a água em pH 0 posteriormente, o processo ainda é economicamente viável.

Barzegar *et al.* (2016) testaram a utilização de carbono ativado a partir da casca de coco em supercondensadores de alto desempenho, no instituto de materiais aplicados da universidade de Pretória, na África do Sul. A utilização da casca de coco para sintetizar o carbono ativado, proporcionou ótima performance eletroquímica, com alta densidade de energia e potência, e insignificante perda de capacidade no dispositivo testado. Este resultado encoraja o aprofundamento de análises para maior utilização das cascas para esta finalidade, e pela fonte abundante e renovável do resíduo no meio ambiente. Ibrahim, Said e Asmawi (2015) propuseram a produção de escova de carbono a partir da casca de coco para aplicação em máquinas elétricas em aplicações ferroviárias na Malásia. Como resultado, as escovas de carbono apresentaram maior densidade e condutividade, devido a densidade e porosidade do coco, mesmo assim a escova não atingiu as porcentagens apropriadas de qualidade exigida em aplicações ferroviárias. Mas existe espaço para novos testes com intuito de melhorar este produto e sua utilização.

Agunsoye, Isaac e Samuel (2012) testaram a adesão de partículas de casca de coco a matriz de polietileno, utilizado na produção de plástico, para observar as modificações em suas propriedades. O resultado mostrou que o acréscimo de partículas de casca de coco na matriz de polietileno diminui a porosidade e aumenta a dureza desta matriz, sendo de boa utilização em partes interiores de automóveis. Husseinsyah e Mostapha (2011) propuseram a utilização do pó da casca de coco para preenchimento de compósito de poliéster. Devido ao seu custo atual, o poliéster vem sendo preenchido por fibras naturais, que tem custo menor e contribuem com as características físicas e mecânicas do compósito. O estudo concluiu que o compósito aumentou a resistência a tração, a absorção a água e o módulo de Young, mas diminuiu o alongamento de ruptura após o acréscimo do pó da casca de coco. Em resumo, o preenchimento melhorou a matriz de poliéster. Farah, Salmah e Marliza (2016) testaram a





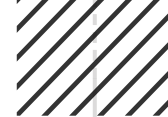
produção de filmes de biocompósitos utilizando casca de coco. Foi observado um aumento da resistência a tração e do módulo de elasticidade aplicando 3% de casca de coco a solução dos filmes. Também melhoraram os índices de tração e cristalina do composto, resultando em um biocompósito com melhores qualidades físicas.

Gao *et al.* (2016) utilizaram a casca de coco para a produção de óleo de coco a partir de pirólise. O processo de pirólise é de reduzido impacto ambiental, gerando produtos utilizáveis como combustíveis sólidos, líquidos e gasosos. Os pesquisadores identificaram que o óleo de coco consumido por pirólise gerou um rendimento máximo à 575°C, com taxa de aquecimento a 20 °C/minuto, gerando tamanhos de partículas de 5 milímetros. Os principais componentes observados são a água (cerca de 50% de seu peso), aromáticos e compostos contendo fenol, ácido, cetona e éter. Hadanu e Apituley (2016) identificaram os componentes voláteis da fumaça líquida produzida a partir da casca de coco por pirólise, utilizando cromatografia gasosa e espectrometria de massa para identificar estes componentes. Em tradução livre, a fumaça líquida, também conhecida como vinagre de madeira, tem inúmeras aplicações, sendo a mais utilizada na gastronomia para dar sabor a carnes e vegetais. Como resultado, os pesquisadores obtiveram em sua composição 90,75% de fenol, 3,71% de carbonil, 1,81% de álcool e 3,73% de benzeno, sendo possível conseguir outros compostos voláteis durante sua preparação controlada.

Kailaku *et al.* (2017) produziram a partir da casca de coco, fumaça líquida por meio de pirólise, para testar a inibição microbiana deste produto. Foram feitas três amostras de diferentes graus de processamento, resultando diferentes produtos com diferentes composições químicas. As três amostras se mostraram eficientes no combate microbiano, sendo a terceira mais eficiente por apresentar em sua composição um maior teor de fenol. Tarawan *et al.* (2017) promoveram o estudo da utilização do fumo líquido proveniente da casca de coco para cicatrização em animais. Foram utilizados ratos que foram induzidos a queimaduras, e depois tratados com fumo líquido, iodopovidona e NaCl. O número de fibroblastos, diretamente ligados a cicatrização, foi maior no grupo que recebeu a aplicação do fumo líquido em comparação aos outros dois grupos. O estudo conclui que a utilização do fumo líquido produzido a partir da casca de coco tem propriedades que contribuem para a cicatrização, mas mais estudos devem ser promovidos para a elaboração mais eficaz de uma droga tópica para uso de cicatrização de queimaduras.

Franco (2016) fez um estudo de viabilidade econômica da utilização das cascas de coco geradas como resíduos na região perimetral de Guayaquil, para produção de fertilizante com a finalidade de gerar emprego e renda para pessoas envolvidas na produção do coco. O estudo identificou grande potencial de aceitação no mercado local por parte de empresas do ramo, principalmente na recuperação de áreas verdes degradadas da cidade. Guerra (2015) fez um



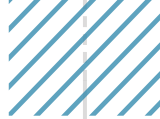


estudo de viabilidade econômica para a produção e comercialização de substrato agrícola proveniente da casca de coco, na província de Santa Helena no Equador. A justificativa do trabalho se deve pela província de Santa Helena ter grande movimentação turística, somada ao já consolidado consumo local de coco, que consequentemente gera resíduos que são desperdiçados, podendo gerar emprego e renda, além de diminuir a quantidade de resíduos disposta no meio ambiente. O estudo concluiu que a quantidade de resíduos geradas na região pode ser convertida em substrato para atender a demanda local, visto que o produto industrial comercializado não satisfaz o consumo. A aceitação também ocorreu devido a conscientização ambiental do produto produzido a partir do resíduo do coco.

Samadhi *et al.* (2017) propuseram a utilização de casca de coco, casca de arroz e cinza de carvão para a produção de geopolímero. Este material é utilizado na construção civil, em substituição do cimento Portland, apresentando resistência a compressão mais rápida, mas módulos elásticos pouco mais baixos. Esta substituição reduz o dispêndio de energia, visto que a produção do cimento Portland necessita de mais energia térmica que o geopolímero para ser produzido. Após a produção de concreto utilizando os materiais propostos, observou-se que apenas o resultado obtido com a casca de coco apresentou resultados satisfatórios melhores que o produto convencional, além de cumprir com as normas indonésias. A adição das cinzas em conjunto com as cascas de coco aumentou a velocidade de consolidação e a força do concreto. Gunasekaran *et al.* (2017) propuseram a produção de tubos de concreto utilizando como parte dos agregados, casca de coco, e compararam os devidos tubos com outros produzidos utilizando agregados convencionais. Ambos os tubos foram fabricados e testados de acordo com as normas técnicas vigentes da Índia. Ambos os tubos atendem as normas locais, sugerindo a então produção de tubos utilizando a casca de coco como substituto de parte dos agregados, sendo material renovável, ambientalmente aceito e de baixo custo.

Kambli e Mathapati (2014) testaram a utilização de casca de coco em substituição parcial de agregados para a produção de concreto, para utilização na construção civil. Foram testadas diferentes misturas, com diferentes porções de casca de coco na produção do concreto. A sugestão de utilização da casca de coco como substituto se deve pelo baixo custo do material, o que incentiva a construção imobiliária de menor custo para população de baixa renda, além de utilizar resíduo amplamente descartado pela atividade agrícola. Como resultados se concluiu que a substituição produz concreto de boa qualidade para utilização imobiliária, como incentivo a maior utilização, devido ao seu baixo custo. Além disto, pode ser utilizado não somente em zonas urbanas de baixa renda, mais também em zonas rurais, onde o material é abundante. Leman *et al.* (2016) testaram a utilização do pó da casca de coco na produção de concreto. Como resultado identificou-se que o pó da casca





de coco tem excelentes qualidades químicas e físicas para ser usado como preenchimento na produção de concreto.

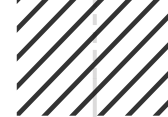
Rodney Fernando (2017) investigou a utilização de 0 a 10% de cinzas de casca de coco na produção de tijolos de barro. Foram testadas as propriedades físicas e mecânicas dos tijolos para identificar em qual proporção se obtinham os melhores resultados. O estudo resultou que as melhores propriedades foram atingidas nos tijolos produzidos com 2% de cinzas de casca de coco. Ganiron Jr., Ucol-Ganiron e Ganiron III (2017) investigaram a utilização da casca e fibras do coco como agregado na produção de blocos de concreto ocos utilizados na construção civil. Esta substituição é sugerida pelas propriedades físicas e mecânicas da casca do coco, além de ser um possível agregado que pode ser utilizado em larga escala, pela sua disponibilidade como resíduo agrícola, de baixo custo se comparado a demais agregados industriais, se tornando uma alternativa econômica, social e ambiental. Após a aplicação de testes, os pesquisadores concluem que o bloco oco tem melhores desempenhos de resistência a compressão, condutividade térmica ao calor e frio, absorção de umidade, resistência ao esmagamento e textura melhores que o bloco comercial.

Ramadhansyah *et al.* (2016) testaram algumas porcentagens de substituição de agregados por casca de coco para a produção de asfalto. Também foi produzido um asfalto padrão como parâmetro para análises. Após a aplicação dos testes físicos e das propriedades das amostras resultantes, concluiu-se que em geral o asfalto padrão tem melhores propriedades para uso, mas observou-se que a substituição de 10% dos agregados melhora as qualidades mecânicas do asfalto. O estudo conclui que a utilização das cascas é pouco recomendada para a produção de asfalto, mas pode ser utilizada em estradas rurais ou de baixo volume de tráfego. Abdullah *et al.* (2017) investigaram a mistura de cinzas de casca de coco no betume para melhorar suas propriedades. A utilização das cinzas de casca de coco no betume para produção de asfalto ainda é incomum na Malásia. O motivo é a falta de estudos que afirmem suas qualidades de aplicação. O estudo resultou que a mistura adequada das cinzas de casca de coco no betume melhorou a viscosidade e resistência a oscilações térmicas, o que aumenta sua vida útil, mas diminuiu sua capacidade de penetração.

Macabebe, Dumlao e Perez (2016) apresentaram um estudo de implantação de duas pequenas usinas de briquetagem nas Filipinas com comunidades produtoras de coco. Foram firmadas parcerias entre as comunidades e o Rotary Club, que disponibilizou o maquinário e o devido treinamento para a produção. Já o governo municipal incentivou a atividade com a organização comercial dos briquetes, incentivando a economia das comunidades e o reaproveitamento ecológico das cascas.

Observa-se que o leque de estudos envolvendo os resíduos da casca de coco são nas mais diversas áreas. Pugersari, Syarief e Larasati (2013) estudaram a viabilidade econômica





da utilização das cascas para artesanato, já Sah (2017) produziu polímero para utilizar na produção de peças internas de automóveis. Yuliah *et al.* (2017) utilizaram casca de coco para a produção de briquete, enquanto George e Vinayakrishnan (2002) testaram as propriedades térmicas da casca, dentre outras literaturas (YERRAMALA; RAMACHANDRUDU, 2012; HABEEB *et al.*, 2016; LOOR, 2016; NORHAFIZAH *et al.*, 2016; JAHIDING *et al.*, 2017; KANOJIA; JAIN, 2017; LIU *et al.*, 2017; SRISORRACHATR *et al.*, 2017; ZAKARIA; IDRIS; ALIAS, 2017). É visto que o Brasil tem pesquisas semelhantes a outros países quanto a utilização da casca de coco, apesar de algumas áreas ainda não contemplarem estes estudos. Esta revisão é importante para conhecer os estudos ao redor do mundo, e quanto mais for disseminada, contribui com a ciência e neste caso, diretamente com as questões econômica, social e ambiental, tão discutidas atualmente. Esses estudos sugerem um cenário de diversas oportunidades de invenções técnicas utilizando a cascas de coco como base, porém ainda há uma lacuna para que tais invenções se estabeleçam como inovações econômicas e impulsionem a reciclagem deste material em ampla escala.

Relação entre as pesquisas nacionais e internacionais

Foi possível observar que existem inúmeros empregos para os resíduos provenientes das cascas de coco verde, e as diferenças entre as literaturas nacionais e internacionais. A cascas manufaturadas geram pó em abundância com fibras, que apresentam empregos diferenciados. Além disto, foi possível identificar a utilização do coque em alguns casos, misturados ou não ao pó ou fibra, para a manufatura de novos produtos. Apesar de alguns empregos semelhantes dessas matérias-primas, também foi observado alternativas distintas para o mesmo material, aumentando as possibilidades de emprego de acordo com a capacidade técnica e humana disponível. Para melhor observar estas características, o Quadro 1 apresenta uma síntese das literaturas relacionadas a utilização do pó de casca de coco.



Quadro 1. Usos para pó de casca de coco.

Literatura	Referência	Emprego específico
Nacional	Rosa <i>et al.</i> (2002)	Caracterização do pó de casca de coco e utilização como substrato agrícola
	Rosa <i>et al.</i> (2001a)	Caracterização do pó de casca de coco verde
	Rosa <i>et al.</i> (2001b)	Processo de obtenção e utilização do pó da casca de coco verde
	Bezerra e Rosa (2002)	Substrato para produção de alface
	Bezerra e Bezerra (2001)	Substrato para produção de meloeiro
	Correia <i>et al.</i> (2003)	Substrato para produção de cajueiro
	Carrijo, Liz e Makishima (2002)	Substrato para produção de tomate
	Carrijo <i>et al.</i> (2004)	Substrato para produção de tomate
	Silveira <i>et al.</i> (2002)	Substrato para produção de tomate
	Ramos <i>et al.</i> (2012)	Substrato para produção de melancia
	Souza e Jasmim (2004)	Substrato para produção de singônio
	Mattos <i>et al.</i> (2011)	Substrato para produção em geral
	Makishi (2012)	Processo técnico de obtenção e utilização do pó da casca de coco verde
	Rocha <i>et al.</i> (2010)	Processo técnico de obtenção e utilização do pó e fibras da casca de coco verde
	Bitencourt (2008)	Processo técnico de obtenção e utilização do pó e fibras da casca de coco verde
	Silva e Jeronimo (2013)	Processo técnico de obtenção e utilização do pó e fibras da casca de coco verde
Internacional	Farzan <i>et al.</i> (2017)	Substrato para produção em geral
	Husseinsyah e Mostapha (2011)	Preenchimento de poliéster
	Franco (2016)	Substrato para produção em geral
	Guerra (2015)	Substrato para produção em geral
	Samadhi <i>et al.</i> (2017)	Produção de geopolímero
	Kambli e Mathapati (2014)	Produção de concreto
	Leman <i>et al.</i> (2016)	Produção de concreto
	Rodney Fernando (2017)	Produção de tijolos de barro
	Abdullah <i>et al.</i> (2017)	Produção de betume
	Yerramala e Ramachandrudu (2012)	Produção de concreto
	Kanojia e Jain (2017)	Produção de concreto
	Jabal Seok e Hoon (2016)	Absorver sinais de micro-ondas

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O pó dentre os materiais de possível extração da casca do coco, é o mais simples e barato, devido apenas da necessidade de uma moedora, transformando toda a casca neste material. É visto que a literatura nacional apresenta maior foco na extração e utilização do pó da casca de coco como substrato agrícola para a produção de diversos vegetais e frutas. Já a literatura internacional além de apresentar a mesma alternativa para adubação, também utiliza do pó como agregado substituto na manufatura de outros produtos como geopolímero, tijolos, concreto, adsorvente, dentre outros. Pode-se notar está diferenciação em pesquisas realizadas em países de baixa renda *per capita*, que utilizam do resíduo agrícola como substituto na manufatura para reduzir custos de produção, além de dar resolução ao problema ambiental do excesso de alocação de resíduos na natureza. Neste ponto, a

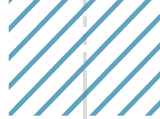
pesquisa nacional demonstra defasagem no emprego de novos usos para este resíduo, com possibilidades de novos campos de exploração. O Quadro 2 apresenta a síntese das literaturas com foco na utilização das fibras da casca de coco.

Quadro 2. Usos para fibra de casca de coco.

Literatura	Referência	Emprego específico
Nacional	Miranda <i>et al.</i> (2004)	Redução da temperatura do solo
	Souza <i>et al.</i> (2015)	Produção de manta termoacústica
	Passos (2005)	Produção de telhas e chapas de partículas
	Soares <i>et al.</i> (2009)	Produção de chapas de fibra
	Pereira (2012)	Produção de fibrocimentos
	Santos (2006)	Produção de polipropileno
	Florentino <i>et al.</i> (2011)	Produção de biocompósitos de poliuretano
	Monteiro, Boniolo e Yamaura (2009)	Biossorção de chumbo em soluções aquosas
	Pimenta <i>et al.</i> (2015)	Produção de briquetes
	Silveira (2008)	Produção de briquetes
	Marin <i>et al.</i> (2016)	Produção de papel
	Martins <i>et al.</i> (2013)	Produção têxtil
	Senhoras (2003)	Produção de vários produtos
Internacional	Agunsoye, Isaac e Samuel (2012)	Produção de plástico
	Farah, Salmah e Marliza (2016)	Produção de filmes de biocompósitos
	Gao <i>et al.</i> (2016)	Produção de óleo de coco
	Hadanu e Apituley (2016)	Produção de fumaça líquida
	Kailaku <i>et al.</i> (2017)	Produção de fumaça líquida
	Tarawan <i>et al.</i> (2017)	Produção de fumaça líquida
	Gunasekaran <i>et al.</i> (2017)	Produção de tubos de concreto
	Ganiron Jr., Ucol-Ganiron e Ganiron III (2017)	Produção de blocos de concreto ocos
	Ramadhansyah <i>et al.</i> (2016)	Produção de asfalto
	Macabebe, Dumlaio e Perez (2016)	Produção de briquetes
	Pugersari, Syarief e Larasati (2013)	Produção de artesanato
	Sah (2017)	Produção de polímero utilizado em peças de automóveis
	Yuliah <i>et al.</i> (2017)	Para produção de briquetes
	George e Vinayakrishnan (2002)	Produção de manta térmica
	Loor (2016)	Produção de vários produtos
	Norhafizah <i>et al.</i> (2016)	Produção de asfalto
	Jahiding <i>et al.</i> (2017)	Produção de fumaça líquida
	Zakaria, Idris e Alias (2017)	Produção de vários produtos

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Se tratando das fibras de casca de coco como matéria-prima, ambas pesquisas nacionais e internacionais demonstram maior variedade de aplicações desenvolvidas. Novamente se nota algumas aplicações específicas de acordo com a literatura buscando alternativas para resoluções de problemas regionais por meio das propriedades físico-químicas da casca de coco. Vale ressaltar as repetidas referências relacionadas a produção de fumaça líquida, utilizada em várias aplicações, não sendo observado estudo semelhante junto a literatura nacional. Independentemente do tipo de aplicação desenvolvido, o maior número de alternativas desenvolvidas proporcionada maior facilidade de adequação de um projeto



sustentável de absorção das cascas, sendo benéfica a interação entre pesquisas nacionais e internacionais para todos. Por fim, foi identificado um grupo de referências que objetivaram o uso do coque da casca de coco, sendo apresentado pelo Quadro 3.

Quadro 3. Usos para coque de casca de coco.

Literatura	Referência	Emprego específico
Internacional	Arena, Lee e Clift (2016)	Produção de carbono ativado
	Kulkarni <i>et al.</i> (2013)	Produção de carbono ativado
	Rolence, Machunda e Njau (2014)	Carbono ativado na remoção de dureza de água
	Barzegar <i>et al.</i> (2016)	Carbono ativado em supercondensadores de alto desempenho
	Ibrahim, Said e Asmawi (2015)	Carbono ativado em máquinas elétricas para aplicações ferroviárias
	Habeeb <i>et al.</i> (2016)	Carbono ativado na adsorção do sulfeto de hidrogênio
	Liu <i>et al.</i> (2017)	Carbono ativado na remoção do metilmercaptano
	Srisorrachatr <i>et al.</i> (2017)	Carbono ativado na remoção de corante

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Foi identificado apenas entre a literatura internacional a utilização do coque do coco para produção de carbono ativado. A produção deste material pode ser proveniente de várias matérias-primas, sendo algumas provenientes de resíduos como a casca de coco. Além da diminuição do montante de resíduos e proteger recursos naturais, o carbono ativado tem maior valor agregado que o coque, e grande emprego doméstico, medicinal e industrial, o que pode incentivar sua produção, apesar de ser necessário maior investimento médio na sua produção que os demais exemplos anteriores. Neste ponto, várias indústrias nacionais utilizam do coque simplesmente como combustível para caldeiras, não explorando o possível valor econômico existente (CALLADO; PAULA, 1999).

■ CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo analisar a literatura nacional e internacional relacionada a reutilização das cascas de coco. Foi possível observar que existe uma ampla gama de estudos voltados a reutilização deste resíduo. Foram identificados o uso do pó, fibras e coque, sendo este último apenas em pesquisas internacionais. A utilização do pó é amplamente utilizada na produção de substrato agrícola, apesar de identificado demais usos industriais na literatura internacional. Já para o uso das fibras, ambas literaturas apresentam várias utilidades na substituição de matérias-primas tradicionais, reduzindo o desperdício de resíduos de consumo do meio ambiente. Como hipótese, foi suposto que as pesquisas nacionais estão pouco avançadas nesta temática em relação as pesquisas internacionais, sendo necessário buscar experiências em outros países de tratamentos e usos para esta matéria-prima. Desta forma, a hipótese é válida devido apenas ao amplo uso das fibras em inúmeros processos, mas ainda deixando aquém demais usos para a fibra e o aproveitamento





do coque como identificado na literatura internacional. Sugere-se a necessidade de maior oferta de material em língua portuguesa para implementação de políticas e ações de reciclagem e aproveitamento da casca de coco verde no Brasil.

■ REFERÊNCIAS

1. ABDULLAH, M. E.; MAD ROSNI, N. N.; JAYA, R. P.; YAACOB, H.; HASSAN, N. A.; AGUSSA-BTI. Effect of Charcoal Ash Coconut Shell from Waste Material at Different Size on the Physical Properties of Bitumen. **Key Engineering Materials**, v. 744, n. 4, p. 121–125, 2017. Disponível em: <<http://www.scientific.net/KEM.744.121>>.
2. AGUNSOYE, J. O.; ISAAC, T. S.; SAMUEL, S. O. Study of mechanical behaviour of coconut shell reinforced polymer matrix composite. **Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering**, v. 11, n. 8, p. 774–779, 2012. Disponível em: <<http://www.scirp.org/journal/jmmce>>.
3. ARAGÃO, W. M. **Coco: pós-colheita**. Brasília: Embrapa, 2002.
4. ARAGÃO, W. M.; SANTOS, V. do A. J.; ARAGÃO, F. B. Produção de fibra de cultivares de coqueiro. **Embrapa, Comunicado Técnico 36**, p. 1–4, 2005. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2005/cot-36.pdf>.
5. ARENA, N.; LEE, J.; CLIFT, R. Life Cycle Assessment of activated carbon production from coconut shells. **Journal of Cleaner Production**, v. 125, p. 68–77, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.073>>.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados - Determinação da composição granulométrica. **NBR 248**, p. 6, 2003.
7. BARZEGAR, F.; KHALEED, A. A.; UGBO, F. U.; OYENIRAN, K. O.; MOMODU, D. Y.; BELLO, A.; DANGBEGNON, J. K.; MANYALA, N. Cycling and floating performance of symmetric supercapacitor derived from coconut shell biomass. **AIP Advances**, v. 6, n. 11, p. 1–8, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1063/1.4967348>>.
8. BEZERRA, F. C.; BEZERRA, G. da S. S. Diferentes substratos para a formação de mudas de meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 2, p. 3–6, 2001.
9. BEZERRA, F. C.; ROSA, M. F. Utilização do pó da casca de coco-verde como substrato para produção de mudas de alface. **Embrapa, Comunicado Técnico 71**, p. 1–4, 2002.
10. BITENCOURT, D. V. **Potencialidades e estratégias sustentáveis para o aproveitamento de rejeitos do coco (cocus nucifera L.)**. 2008. 137 f. Dissertação - Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, 2008.
11. CALLADO, N. H.; PAULA, D. R. Gerenciamento de resíduos de uma indústria de processamento de coco - estudo de caso. **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, p. 1937–1946, 1999. Disponível em: <<http://search.bvsalud.org/cvsp/resource/pt/rep-42156>>.
12. CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S. de; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 533–535, 2002.



13. CARRIJO, O. A.; VIDAL, M. C.; REIS, N. V. B. dos; SOUZA, R. B. de; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 5–9, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362004000100001&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>.
14. CORREIA, D.; ROSA, M. D. F.; NORÕES, E. R. de V.; ARAUJO, F. B. S. de. Uso de pó da casca de coco na formulação de substratos para formação de mudas enxertadas de cajueiro anão precoce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 557–558, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-29452003000300052&script=sci_arttext>.
15. DIAS, D. **Título ou porcentagem em volume**. Disponível em: <<http://manualdaquimica.uol.com.br/fisico-quimica/titulo-ou-porcentagem-volume.htm>>. Acesso em: 13 ago. 2017.
16. FARAH, N. H.; SALMAH, H.; MARLIZA, M. Effect of Butyl Methacrylate on Properties of Regenerated Cellulose Coconut Shell Biocomposite Films. **Procedia Chemistry**, v. 19, p. 335–339, 2016. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1876619616000668>>.
17. FARZAN, M. T. M.; KULARATNE, M. G.; WICKRAMASINGHE, W. M. S.; JAYASINGHE, G. Y. Evaluation of the quality of compost mixed with coconut shell biochar. **Proceedings of the 1st International Symposium on Agriculture**, p. 135–145, 2017.
18. FLORENTINO, W. M.; BRANDÃO, A.; MILÉO, P. C.; GOULART, S. A. S.; MULINARI, D. R. Biocompósitos de poliuretano reforçados com fibras de coco verde. **Cadernos UniFOA**, v. 17, p. 11–16, 2011.
19. FRANCO, T. N. I. **Estudio de pre factibilidad para la elaboración de un abono orgánico en base del reciclaje de la corteza del coco en el KM 27 1/2 vía perimetral norte de la ciudad de Guayaquil**. 2016. 106 f. Monografía - Ciencias Sociales y Derecho, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2016.
20. GANIRON JR., T. U.; UCOL-GANIRON, N.; GANIRON III, T. U. Recycling of waste coconut shells as substitute for aggregates in mix proportioning of concrete hollow blocks. **World Scientific News**, v. 77, n. 2, p. 107–123, 2017.
21. GAO, Y.; YANG, Y.; QIN, Z.; SUN, Y. Factors affecting the yield of bio-oil from the pyrolysis of coconut shell. **SpringerPlus**, v. 5, n. 1, 2016.
22. GEORGE, N. A.; VINAYAKRISHNAN, R. Photoacoustic evaluation of the thermal diffusivity of coconut shell. **Journal of Physics Condensed Matter**, v. 14, n. 17, p. 4509–4513, 2002.
23. GUERRA, A. A. B. **Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de la fibra de coco en la elaboración de sustrato, en la provincia de Santa Elena**. 2015. 95 f. Monografía - Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.
24. GUNASEKARAN, K.; ANNADURAI, R.; CHANDAR, S. P.; ANANDH, S. Study for the relevance of coconut shell aggregate concrete non-pressure pipe. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 8, n. 4, p. 523–530, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.asej.2016.02.011>>.
25. HABEEB, O. A.; RAMESH, K.; ALI, G. A. M.; YUNUS, R. M.; THANUSHA, T. K.; OLALERE, O. A. Modeling and Optimization for H₂S Adsorption from Wastewater Using Coconut Shell Based Activated Carbon. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 10, n. 17, p. 136–147, 2016.

26. HADANU, R.; APITULEY, D. A. N. Volatile Compounds Detected in Coconut Shell Liquid Smoke through Pyrolysis at a Fractioning Temperature of 350-420 °C. **Makara Journal of Science**, v. 20, n. 3, p. 95–100, 2016. Disponível em: <<http://journal.ui.ac.id/index.php/science/article/view/6239>>.
27. HUSSEINSYAH, S.; MOSTAPHA, M. The effect of filler content on properties of coconut shell filled polyester composites. **Malaysian polymer journal**, v. 6, n. 1, p. 87–97, 2011.
28. IBRAHIM, M. H. I.; SAID, M. N.; ASMAWI, R. Characterization of Carbon Brush from Coconut Shell for Railway Application. **Applied Mechanics and Materials**, v. 773–774, n. 7, p. 291–295, 2015. Disponível em: <<http://www.scientific.net/AMM.773-774.291>>.
29. JABAL, S. N. A.; SEOK, Y. B.; HOON, W. F. The Potential of Coconut Shell Powder (CSP) and Coconut Shell Activated Carbon (CSAC) Composites As Electromagnetic Interference (EMI) Absorbing Material. **Malaysian Journal of Analytical Sciences**, v. 20, n. 2, p. 444–451, 2016.
30. JAHIDING, M.; MASHUNI; ILMAWATI, W.; ERMAWATI; RAHMAT; ARSYAD, J.; RISKAYANTI, S. S. Characterization of Coconut Shell Liquid Volatile Matter (CS-LVM) by Using Gas Chromatography. **Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing**, v. 846, p. 12025, 2017. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/1742-6596/846/i=1/a=012025?key=crossref.8f3318d901d-7c0f74e2c6b484d22fa03>>.
31. JERÔNIMO, C. E. de M. Tecnologias limpas aplicadas a gestão dos resíduos do coco. **Revista Qualidade Emergente**, v. 3, n. 1, p. 20–29, 2012.
32. KAILAKU, S. I.; SYAKIR, M.; MULYAWANTI, I.; SYAH, A. Antimicrobial activity of coconut shell liquid smoke. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing**, v. 206, p. 12050, 2017. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/1757-899X/206/i=1/a=012050?key=crossref.8ec01cd012186552f6d33a004b186fb7>>.
33. KAMBLI, P. S.; MATHAPATI, S. R. Compressive Strength of Concrete by Using Coconut Shell. **IOSR Journal of Engineering (IOSR-JEN)**, v. 4, n. 4, p. 1–7, 2014. Disponível em: <[http://www.iosrjen.org/Papers/vol4_issue4_\(part-7\)/A04470107.pdf](http://www.iosrjen.org/Papers/vol4_issue4_(part-7)/A04470107.pdf)>.
34. KANOJIA, A.; JAIN, S. K. Performance of coconut shell as coarse aggregate in concrete. **Construction and Building Materials**, v. 140, p. 150–156, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.066>>.
35. KULKARNI, S. J.; TAPRE, R. W.; PATIL, S. V.; SAWARKAR, M. B. Adsorption of phenol from wastewater in fluidized bed using coconut shell activated carbon. **Procedia Engineering**, v. 51, p. 300–307, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.040>>.
36. LEMAN, A. S.; SHAHIDAN, S.; SENIN, M. S.; HANNAN, N. I. R. R. A Preliminary Study on Chemical and Physical Properties of Coconut Shell Powder As A Filler in Concrete. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing**, v. 160, p. 12059, 2016.
37. LIU, Q.; KE, M.; LIU, F.; YU, P.; HU, H.; LI, C. High-performance removal of methyl mercaptan by nitrogen-rich coconut shell activated carbon. **RSC Advances**, v. 7, n. 37, p. 22892–22899, 2017. Disponível em: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=C7RA03227G>>.
38. LOOR, A. J. Q. **Aprovechamiento de los residuos de coco para su uso interno y exportación**. 2016. 60 f. Dissertação - Ciencias Administrativas, Universidad de Guayaquil, 2016. Disponível em: <[file:///C:/Users/Fernando/Documents/INVESTIGACION 2016/documentos para temas/rotavirus/TESIS DE ROTAVIRUS FINAL.pdf](file:///C:/Users/Fernando/Documents/INVESTIGACION%202016/documentos%20para%20temas/rotavirus/TESIS%20DE%20ROTAVIRUS%20FINAL.pdf)>.

39. MACABEBE, E. Q. B.; DUMLAO, S. M. G.; PEREZ, T. R. Waste to Energy: A Look into Community-Based Charcoal Briquetting in the Philippines. **International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering**, v. 93, n. 9, p. 62–68, 2016.
40. MAKISHI, F. **Criação de valor compartilhado na cadeia de reciclagem: processamento dos resíduos da comercialização do coco verde**. 2012. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2012.
41. MARIN, M. P. de A.; PRADO, A. P. A. S.; TURBIANI, C. N.; SILVA, J. V. A.; CARDOSO, M. B.; SILVA, M. S. R. da. Estudo da viabilidade técnica da produção de papel a partir da fibra da casca do coco verde. **XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, set. 2016.
42. MARTINS, A. P.; WATANABE, T.; SILVA, P. L. R. Da; BORELLI, C.; MARCICANO, J. P. P.; SANCHES, R. A. Aproveitamento de fibra de coco verde para aplicabilidade têxtil. **Redige**, v. 4, n. 2, p. 1–16, 2013.
43. MARULANDA, C. **A horta hidropônica popular**. Santiago: FAO, 1995.
44. MATTOS, A. L. A.; ROSA, M. D. F.; CRISÓSTOMO, L. A.; BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; VERAS, L. de G. C. **Beneficiamento da casca de coco verde**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011.
45. MIRANDA, F. R. de; OLIVEIRA, F. N. S.; ROSA, M. de F.; LIMA, R. N. de. Efeito da cobertura morta com a fibra da casca de coco sobre a temperatura do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 2, p. 335–339, 2004.
46. MONTEIRO, R. A.; BONIOLO, M. R.; YAMAURA, M. Uso de fibras de coco na biossorção de chumbo em águas residuárias industriais. **VI CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA AUGM**, p. 1–15, out. 2009. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/2009/eventos/14597.pdf>>.
47. NORHAFIZAH, M.; RAMADHANSYAH, P. J.; AMIERA, S. N. J.; AQEELA, N. M.; NORHIDAYAH, A. H.; HAININ, M. R.; NORAZMAN, C. C. W. The effect of coconut shell on engineering properties of porous asphalt mixture. **Jurnal Teknologi**, v. 78, n. 7–2, p. 127–132, 2016.
48. NUNES, M. U. C. Fibra da casca de coco: produto de grande importância para a indústria e para a agricultura. In: ARAGÃO, W. M. (Ed.). **Coco: pós-colheita**. Brasília: Embrapa, 2002. p. 66–71.
49. PASSOS, P. R. de A. **Destinação sustentável de cascas de coco (Cocos nucifera) verde: obtenção de telhas e chapas de partículas**. 2005. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Técnico) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
50. PEREIRA, C. L. **Aproveitamento do resíduo do coco verde para produção de compósitos destinados à construção rural**. 2012. 137 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2012.
51. PIMENTA, A. S.; SANTOS, R. C. dos; CARNEIRO, A. C. de O.; CASTRO, R. V. O. Utilização de resíduos de coco (Cocos nucifera) carbonizado para a produção de briquetes. **Ciência Florestal (UFSM Impresso)**, v. 25, n. 1, p. 137–144, 2015.



52. PUGERSARI, D.; SYARIEF, A.; LARASATI, D. Eksperimen Pengembangan Produk Fungsional Bernilai Komersial Berbahan Baku Tempurung Kelapa Berusia Muda dengan Teknik Pelunakan. **ITB Journal of Visual Art and Design**, v. 5, n. 1, p. 74–91, 2013. Disponível em: <http://journal.itb.ac.id/index.php?li=article_detail&id=1302>.
53. RAMADHANSYAH, P. J.; NURFATIN AQEELA, M.; SITI NUR AMIERA, J.; NORHAFIZAH, M.; NORHIDAYAH, A. H.; DEWI, S. J. Use of coconut shell from agriculture waste as fine aggregate in asphaltic concrete. **ARN Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 11, n. 12, p. 7457–7462, 2016.
54. RAMOS, A. R. P.; DIAS, R. de C. S.; ARAGÃO, C. A.; MENDES, A. M. S. Mudanças de melancia produzidas com substrato à base de pó de coco e soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 339–344, 2012.
55. ROCHA, F. B. de A.; CAMPOS, M. C.; COLOMBO, C. R.; CELESTINO, J. E. M. Gestão de resíduos como ferramenta aplicada ao beneficiamento do coco verde. **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, out. 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_sto_121_788_17278.pdf>.
56. RODNEY FERNANDO, P. Mechanical and Physical Properties of Fired Clay Brick Partial Doped with Coconut Shell Ash. **Journal of Energy and Natural Resources**, v. 6, n. 5, p. 58, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=167&doi=10.11648/j.jenr.20170605.11>>.
57. ROLANCE, C.; MACHUNDA, R. L.; NJAU, K. N. Water Hardness Removal by Coconut Shell Activated Carbon. **International Journal of Science, Technology and Society**, v. 2, n. 5, p. 97–102, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo.aspx?journalid=183&doi=10.11648/j.ijsts.20140205.11>>.
58. ROSA, M. D. F.; BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; SANTOS, F. J. de S.; ABREU, F. A. P. de; FURTADO, A. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. de V. Utilização da casca de coco como substrato agrícola. **Embrapa, Documentos 52**, p. 24, 2002.
59. ROSA, M. D. F.; SANTOS, F. J. de S.; MONTENEGRO, A. A. T.; ABREU, F. A. P. de; CORREIA, D.; ARAUJO, F. B. S. de; NORÕES, E. R. de V. Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola. **Embrapa, Comunicado Técnico 54**, p. 1–6, 2001a.
60. ROSA, M. de F.; ABREU, F. A. P. de; FURTADO, Â. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. de V. Processo agroindustrial: obtenção de pó de casca de coco verde. **Embrapa, Comunicado Técnico 61**, p. 1–4, 2001b.
61. SAH, M. H. Mechanical Properties of Coconut Shell Powder Reinforced PVC Composites in Automotive Applications. **Journal of Mechanical Engineering**, v. 14, n. 2, p. 49–61, 2017.
62. SAMADHI, T. W.; WULANDARI, W.; PRASETYO, M. I.; FERNANDO, M. R. Reuse of Coconut Shell, Rice Husk, and Coal Ash Blends in Geopolymer Synthesis. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 248, p. 1–5, 2017. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/1757-899X/248/i=1/a=012008?key=crossref.d7a5fdf1381e4c780f1e62908f173e1e>>.
63. SANTOS, A. M. dos. **Estudo de compósitos híbridos polipropileno/fibras de vidro e coco para aplicações em engenharia**. 2006. 90 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, 2006.



64. SENHORAS, E. M. **Estratégias de uma agenda para a cadeia agroindustrial do coco: transformando a ameaça dos resíduos em oportunidades eco-eficientes**. 2003. 37 f. Dissertação de Pós-Graduação *Latu Sensu* em Gestão e Estratégia de empresas. Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 2003.
65. SILVA, G. O.; JERONIMO, C. E. Estudo de alternativas para o aproveitamento de resíduos sólidos da industrialização do coco. **Revista Monografias Ambientais**, v. 10, n. 10, p. 2193–2208, 2013. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/remoa/article/view/6935>>.
66. SILVA, T. M. M.; OLIVEIRA, D. C. Estudo de caso – aproveitamento do resíduo de coco verde no ambiente da Grande Vitória, norte e sul do Espírito Santo. **I EINEPRO**, abr. 2015. Disponível em: <<http://www.marcaambiental.com.br/backend/uploads/imagem/223c0a5cef894131a0e-22272e767cfa3.pdf>>.
67. SILVEIRA, E. B.; RODRIGUES, V. J. L. B.; GOMES, A. M. A.; MARIANO, R. L. R.; MESQUITA, J. C. P. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 211–216, 2002.
68. SILVEIRA, M. S. **Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em Salvador - BA**. 2008. 163 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2008.
69. SIQUEIRA, L. A.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A. A introdução do coqueiro no Brasil: importância histórica e agrônômica. **Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos**, 47, p. 24, 2002.
70. SOARES, R. do N.; MERA, R. D. M.; SILVA, A. C. da; MAYORGA, M. I. de O.; BATTISTELLE, R. A. G. Uso da fibra da casca de coco verde na produção de lâminas, e seu impacto social, econômico e ambiental. **48º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)**, p. 1–12, jul. 2009. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/3702/1/2010_eve_rnsoares.pdf>. Acesso em: 29 maio. 2017.
71. SOUZA, E. S. de; BRITO, R. dos A.; CAMPOS, N. L. F.; RAMOS, D. da P. Aplicação da fibra de coco no processo de isolamento termo acústico. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, n. especial, p. 233–245, 2015. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3350/2383>.
72. SOUZA, N. A. de; JASMIM, J. Crescimento de singônio com diferentes tutores e substratos à base de mesocarpo de coco. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 39–44, 2004.
73. SRISORRACHATR, S.; KRI-ARB, P.; SUKYANG, S.; JUMRUEN, C. Removal of basic dyes from solution using coconut shell charcoal. **MATEC Web of Conferences**, v. 119, 2017.
74. TARAWAN, V. M.; MANTILIDEWI, K. I.; DHINI, I. M.; RADHIYANTI, P. T.; SUTEDJA, E. Coconut Shell Liquid Smoke Promotes Burn Wound Healing. **Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine**, v. 22, n. 3, p. 436–440, 2017. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2156587216674313>>.
75. YERRAMALA, A.; RAMACHANDRUDU, C. Properties of Concrete with Coconut Shells as Aggregate Replacement. **International Journal of Engineering Inventions**, v. 1, n. 6, p. 21–31, 2012.



76. YULIAH, Y.; KARTAWIDJAJA, M.; SURYANINGSIH, S.; ULFI, K. Fabrication and characterization of rice husk and coconut shell charcoal based bio-briquettes as alternative energy source. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, v. 65, p. 12021, 2017.
77. ZAKARIA, S. M.; IDRIS, A.; ALIAS, Y. Lignin extraction from coconut shell using aprotic ionic liquids. **BioResources**, v. 12, n. 3, p. 5749–5774, 2017.



Produção de biopigmentos utilizando-se hidrolisados de bagaço de cana-de-açúcar – um estudo com a levedura *Pichia kudriavzevii*

| **Gilda Mariano Silva**
EEL/USP

| **Rodrigo Berredo Leal Ferreira Amado**
EEL/USP

| **Carla Jaqueline Garcia**
EEL/USP

| **Felipe Antonio Fernandes Antunes**
EEL/USP

| **Júlio César dos Santos**
EEL/USP

| **Silvio Silvério da Silva**
EEL/USP

RESUMO

Objetivo: Avaliar a produção de biopigmentos pela levedura *Pichia kudriavzevii* cultivada em diferentes fontes de carbono: glicose, xilose e hidrolisados de bagaço de cana-de-açúcar. **Método:** O bagaço de cana-de-açúcar foi submetido a um pré-tratamento ácido para obtenção de um hidrolisado hemicelulósico e a um pré-tratamento alcalino sucedido de hidrólise enzimática para elaboração do hidrolisado celulósico. A levedura foi, inicialmente, cultivada em meios contendo glicose ou xilose em três diferentes concentrações e, posteriormente, nos hidrolisados de bagaço de cana-de-açúcar. Avaliou-se o crescimento celular, o consumo de açúcares e, qualitativamente, a produção de biopigmentos. **Resultados:** Comparando-se o crescimento celular e o consumo de açúcares em glicose e xilose, observou-se que a glicose foi mais favorável ao metabolismo de *P. kudriavzevii*. Os cultivos em xilose mostraram-se menos eficientes para a produção de biopigmentos, verificando-se a alteração de cor do cultivo apenas em 60 g/L da pentose. Ambos os hidrolisados propiciaram o crescimento celular e tiveram seus açúcares expressivamente consumidos, porém a biomassa cultivada em hidrolisado hemicelulósico tornou-se escura, impedindo a visualização dos pigmentos. Os resultados em hidrolisado celulósico foram semelhantes aos obtidos em glicose, inclusive em relação à produção de biopigmentos. **Conclusão:** Observou-se que a produção de biomassa e de biopigmentos por *P. kudriavzevii* foi favorecida pelo fornecimento de glicose, bem como constatou-se a maior exequibilidade desse processo com hidrolisado celulósico do que com hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar. Enquanto fonte de carbono renovável, o hidrolisado celulósico foi considerado o substrato mais vantajoso para o processo.

Palavras-chave: Hidrolisado Hemicelulósico de Bagaço de Cana-de-Açúcar, Hidrolisado Celulósico de Bagaço de Cana-de-Açúcar, Biomassa Lignocelulósica, Biopigmentos, *Pichia Kudriavzevii*

■ INTRODUÇÃO

Pigmentos, moléculas que atribuem cor a um determinado material, são amplamente utilizados em diversos setores industriais (indústrias de papel, plásticos, indústria química e têxtil) (MANI; CHOWDHARY; BHARAGAVA, 2018). A grande maioria dos pigmentos utilizados na indústria é de origem sintética e seu uso indiscriminado tem sido questionado devido aos danos ambientais relacionados à sua produção e descarte e à ocorrência de problemas de saúde, como o desenvolvimento de tumores e alergias (HEER; SHARMA, 2017). Atualmente, muitos colorantes sintéticos foram banidos e há uma tendência da sociedade em rejeitar esses compostos em favor dos pigmentos naturais, também chamados de biopigmentos (KALRA; CONLAN; GOEL, 2020).

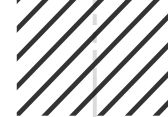
Biopigmentos são colorantes produzidos por inúmeros seres vivos e pertencem a uma ampla diversidade de classes moleculares (antocianinas, carotenoides, quinonas, policetídeos, etc.). Diferentemente do observado em relação aos colorantes sintéticos, esses apresentam baixa toxicidade, benefícios à saúde (como atividade antioxidante) e se degradam facilmente no organismo e no meio ambiente (RAO; XIAO; LI, 2017).

Estudos recentes têm investigado a produção microbiana de biopigmentos, pois essa é considerada mais vantajosa do que sua obtenção a partir de plantas (NIGAM; LUKE, 2016). Ademais, leveduras são mais propícias para o processo do que fungos filamentosos devido a sua maior velocidade de crescimento e não patogenicidade de muitas espécies (SÁNCHEZ-MUÑOZ *et al.*, 2019).

A levedura *Pichia kudriavzevii* é uma espécie que possui características metabólicas relevantes do ponto de vista biotecnológico, como resistência ao estresse ácido e osmótico, termotolerância e capacidade de metabolizar compostos inibidores a outras espécies, como fenóis e ácido acético (DÍAZ-NAVA *et al.*, 2017; HOU-RUI *et al.*, 2009).

Previamente valorizada pela síntese de metabólitos de interesse biotecnológico, como etanol e enzimas (MUSO-CACHUMBA *et al.*, 2017), este grupo de pesquisa identificou a produção de biopigmentos por *P. kudriavzevii*. Até o presente momento, não foram encontrados estudos que relatem a produção de pigmentos naturais por essa espécie.

As características fisiológicas de *P. kudriavzevii* permitem seu crescimento em materiais provenientes da hidrólise da biomassa vegetal que contenham diferentes açúcares e compostos inibidores. Dessa forma, acredita-se na viabilidade de um bioprocessamento para a obtenção de biopigmentos a partir do cultivo dessa levedura em materiais de baixo custo como hidrolisados celulósicos e/ou hemicelulósicos de subprodutos agroindustriais, o que contribuiria para a competitividade econômica do produto final. Atualmente, biopigmentos apresentam custo significativamente elevado em relação a pigmentos sintéticos (RAO; XIAO; LI, 2017).



Há inúmeros estudos de produção microbiana de biopigmentos em subprodutos agroindustriais e o bagaço de cana-de-açúcar é uma fonte interessante de fontes de carbono, não apenas por sua ampla disponibilidade no cenário brasileiro, mas também pela abundância de carboidratos em sua estrutura: aproximadamente 41% de celulose e 24% de hemicelulose (PHILIPPINI *et al.*, 2019). Tais carboidratos podem ser utilizados como substratos em bioprocessos por meio de pré-tratamentos e processos hidrolíticos, como a hidrólise ácida, que libera os monômeros de cinco carbono da hemicelulose, e o pré-tratamento alcalino seguido de hidrólise enzimática, que produz um hidrolisado rico em glicose.

A exploração de subprodutos agroindustriais para a obtenção de produtos de alto valor agregado é de particular relevância no cenário tecnológico e econômico brasileiro, pois essa estratégia reduz os custos ambientais da destinação final desses materiais e tem o potencial de tornar viável a produção de importantes biomoléculas. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a produção de biopigmentos pela levedura *P. kudriavzevii* em cultivos baseados em diferentes concentrações de glicose e xilose e em hidrolisados de bagaço de cana-de-açúcar.

■ MÉTODO

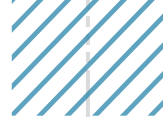
Obtenção Dos Hidrolisados De Bagaço De Cana-De-Açúcar

O bagaço de cana-de-açúcar utilizado nesse trabalho foi gentilmente cedido pela Usina São Francisco, localizada no município de Sertãozinho/SP. O material foi seco ao sol até que sua umidade fosse igual ou inferior a 12% e, em seguida, separado em peneiras de Tyler (14-20 mesh) para que as partículas com tamanho entre 1,41 mm e 0,841 fossem utilizadas para a obtenção dos hidrolisados hemicelulósicos e celulósicos.

O hidrolisado hemicelulósico do bagaço de cana-de-açúcar (HHBCA) foi obtido conforme procedimento estabelecido por Chandel *et al.* (2014). O bagaço de cana-de-açúcar teve seu teor de umidade determinando (medidor de umidade Marte Científica ID50, São Paulo, Brasil) e pré-tratado por meio de uma hidrólise ácida (H_2SO_4 , 98% de pureza) em uma proporção de 100 mg de ácido para cada grama de bagaço (massa seca). O procedimento foi realizado em um reator de mistura de 200 L, à temperatura de 121°C, pressão de 1 atm e durante 20 minutos. Transcorrido o tempo da hidrólise, o hidrolisado foi esfriado à temperatura ambiente, filtrado em filtro de tecido para remoção da fração sólida remanescente (celulignina) e armazenado a 4°C.

O hidrolisado hemicelulósico resultante foi concentrado a vácuo (evaporador rotativo Quimis, Diadema, Brasil) na temperatura de 70°C e destoxificado, de acordo com adaptação da metodologia de Alves *et al.* (1998). Segundo esta, o material foi submetido aos seguintes





procedimentos: a) alcalinização (NaOH 11 mol/L) até pH 7; b) filtração a vácuo em papel de filtro Whatman® n° 1; c) acidificação com H₃PO₄ até pH 5,5; d) segunda etapa de filtração; e) adição de carvão ativo na proporção de 2,5% (m/v) e agitação da mistura a 200 rpm, 30°C e durante 1h; f) terceira etapa de filtração; g) autoclavagem.

Após a autoclavagem, uma alíquota do hidrolisado foi separada para filtração (Sep-pack C18, Merck Millipore®, Burlington, EUA) e posterior análise por CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência). A análise foi realizada em um cromatógrafo Agilent 1200 series, equipado com uma coluna Aminex HPX-87H (300 x 7,7 mm, Bio- Rad), à temperatura de 45°C, utilizando-se como eluente uma solução de H₂SO₄ 0,001 N (fluxo de 0,6 mL/min) e detecção por índice de refração RID 6A. Foram utilizados padrões de celobiose, glicose, xilose e arabinose.

O hidrolisado celulósico do bagaço de cana-de-açúcar (HCBCA) foi obtido conforme a adaptação da metodologia de Antunes *et al.* (2017), a qual foi estruturada em duas etapas principais: a primeira consistiu-se do pré-tratamento alcalino do bagaço, enquanto que a segunda caracterizou-se pela hidrólise enzimática da fração sólida previamente isolada.

O pré-tratamento do material foi realizado em um reator de coluna (Bioengineering AG, PID Fermenter AWS, Wald, Suíça) com capacidade de 2 L. Para tal, a coluna foi preenchida com 30 g de partículas de bagaço de cana-de-açúcar previamente selecionadas e 1500 mL de uma solução a 0,5 mol/L de NaOH. O pré-tratamento foi realizado com a recirculação de 1,5 L da referida solução a uma vazão de 1600 mL/min à temperatura constante de 90°C e durante 4h.

Após o pré-tratamento alcalino, o bagaço foi filtrado, lavado e seco até que seu teor de umidade estivesse entre 10 e 15%. Para a condução da hidrólise enzimática, adicionou-se, em frascos Erlenmeyer de 125 mL, 3 g de bagaço pré-tratado e 20 FPU/g de bagaço do complexo de celulasas “Cellulase CP CONC” (Dyadic Inc, EUA). Para cada grama de bagaço, adicionou-se 40 mL de tampão citrato (50 mmol/L, pH 4,8) e 0,1 g de Tween 80. O processo foi conduzido a 50°C, em agitador orbital, a 200 rpm e por 72h.

Posteriormente, o líquido remanescente contendo açúcares fermentescíveis, majoritariamente glicose e xilose, foi filtrado, centrifugado e autoclavado (110°C, 0,5 atm durante 20 minutos). Assim como para o HHBCA, uma alíquota do HCBCA foi analisada por CLAE para quantificação dos seus açúcares. Ambos os materiais foram armazenados a 4°C para uso posterior nos cultivos microbianos.

***P. kudriavzevii* – Manutenção E Preparo Do Inóculo**

A linhagem de *P. kudriavzevii* em estudo pertence ao banco de cultura de leveduras do Laboratório de Bioprocessos e Produtos Sustentáveis (LBios, EEL, USP). O aspecto





da biomassa celular de *P. kudriavzevii*, quando cultivada em meio sólido, está apresentado na Figura 1.

Figura 1. Aspecto da biomassa da levedura *P. kudriavzevii* em placa de Petri. Meio de cultura YMA.



Fonte: autoria própria.

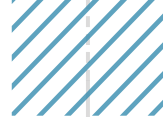
A partir de uma placa de Petri contendo a levedura cultivada por 48h, transferiu-se duas alçadas das colônias para um meio de cultura líquido complexo (30 g/L da fonte de carbono, 20 g/L de peptona e 10 g/L de extrato de levedura). Os frascos de cultivo foram incubados a 30°C, sob agitação de 300 rpm e durante 48h. Uma vez que essas células seriam utilizadas como inóculo para os cultivos posteriores, *P. kudriavzevii* foi cultivada em glicose para os experimentos com essa mesma fonte de carbono e com o HCBCA, enquanto que os cultivos em xilose e em HHBCA receberam células previamente cultivadas em xilose.

Após o cultivo, a suspensão celular foi repetidamente centrifugada, ressuspensa em água destilada estéril e determinou-se sua concentração, a fim de calcular-se o volume necessário para que os cultivos fossem inoculados com 0,5 g/L de células. A determinação da concentração celular por espectrofotometria foi realizada a partir da equação de uma reta de ajuste linear de uma curva de calibração a qual relacionou a concentração de uma suspensão celular e sua absorvância a 600 nm (espectrofotômetro Eppendorf BioSpectrometer® Fluorescence, Hamburgo, Alemanha), em diferentes diluições. Previamente, determinou-se a concentração celular da suspensão utilizada para a curva de calibração, aferindo-se a massa seca de um volume conhecido dessa, a qual foi obtida por meio de seu acondicionamento em cadinhos de porcelana e secagem em estufa (60°C) até massa constante.

Cultivos Em Meios De Cultura Semidefinidos (Glicose E Xilose De Origem Comercial Como Fonte De Carbono)

O meio de cultura utilizado como base para os experimentos de produção de biopigmentos por *P. kudriavzevii* foi proposto por Hou-Rui *et al.* (2009), tendo sido empregado para a levedura em questão em outros processos biotecnológicos. Esse meio foi elaborado combinando-se três componentes: a) solução da fonte de carbono; b) solução de ureia (2 g/L); c) “meio básico”, composto por K_2HPO_4 (4 g/L), KH_2PO_4 (6 g/L), $(NH_4)_2SO_4$ (2 g/L), extrato de levedura (0,5 g/l) e $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$ (0,2 g/L). A solução da fonte de carbono e o





meio básico foram autoclavados (1 atm, 121°C, durante 15 minutos), enquanto que a solução de ureia foi filtrada em uma membrana de 0,22 µm (Merck Millipore®, Burlington, EUA) e armazenada em recipiente estéril.

Inicialmente, realizou-se a modificação da composição do meio de cultura em função da natureza e da concentração de duas fontes de carbono: glicose e xilose de origem comercial, nas concentrações de 30, 45 e 60 g/L. Os experimentos foram conduzidos em duplicata. Frascos Erlenmeyer de 250 mL contendo 100 mL de meio de cultivo foram inoculados com 0,5 g/L de células e incubados a 250 rpm, 30 °C e por 168h. Ao final do cultivo, avaliou-se o crescimento celular (densidade óptica a 600 nm), o consumo de açúcares (CLAE) e, qualitativamente, a produção de biopigmentos.

Cultivos Em Hidrolisado Hemicelulósico E Hidrolisado Celulósico De Bagaço De Cana-De-Açúcar

Os cultivos em hidrolisado hemicelulósico e hidrolisado celulósico de bagaço de cana-de-açúcar foram precedidos do crescimento do inóculo assim como descrito anteriormente. Foram desenvolvidos dois meios de cultura, cada um com um dos tipos de hidrolisado como fonte de carbono, suplementados com nutrientes necessários para o crescimento da levedura, assim como efetuado nos ensaios com glicose e xilose (HOU- RUI *et al.*, 2009).

A concentração inicial de células e as condições de cultivo estabelecidas para os experimentos em HHBCA e HCBCA foram as mesmas utilizadas nos cultivos com açúcares de origem comercial. Da mesma forma, os ensaios foram preparados em duplicata. Diferentemente dos primeiros experimentos, essa etapa não envolveu a variação da concentração inicial da fonte de carbono. Optou-se por utilizar uma concentração intermediária às avaliadas nos cultivos com açúcares de origem comercial.

■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

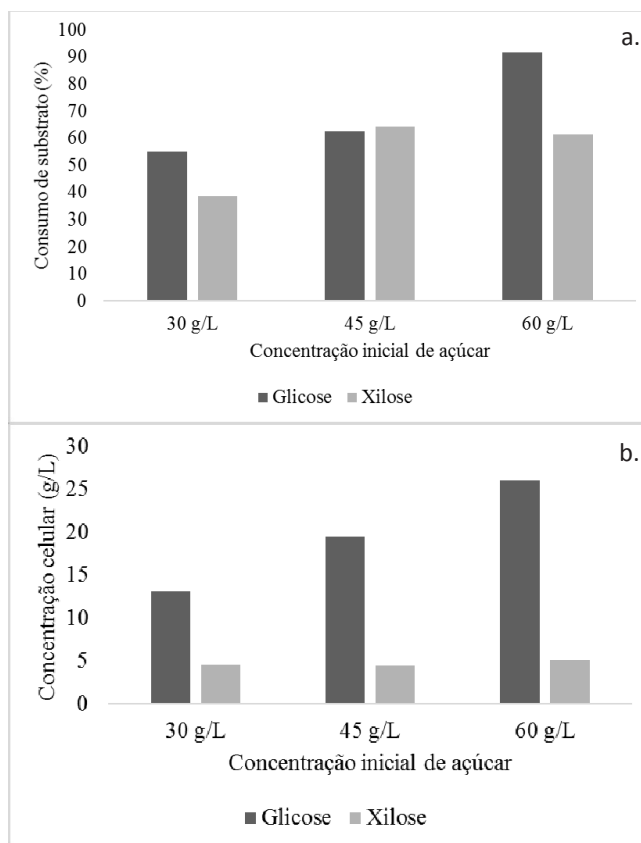
Avaliação Do Uso De Glicose E Xilose De Origem Comercial Como Fonte De Carbono

O aproveitamento da fonte de carbono foi avaliado em termos de porcentagem de consumo de açúcares em meios de cultivo semidefinidos contendo, inicialmente, 30, 45 ou 60 g/L de glicose ou xilose. Uma vez que os biopigmentos produzidos por *P. kudriavzevii* são de natureza intracelular, o crescimento celular também foi avaliado. Os valores máximos de concentração de biomassa celular e o consumo percentual de açúcar estão apresentados na Figura 2.





Figura 2. Consumo de substrato (a) e concentração celular máxima (b) da levedura *P. kudriavzevii* em meios de cultivo contendo glicose ou xilose como fonte de carbono, em diferentes concentrações. Tempo de cultivo: 168h.



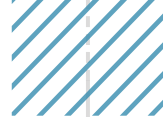
Fonte: autoria própria.

Observa-se, primeiramente, que o tempo de cultivo de 168h não permitiu o esgotamento da fonte de carbono (Figura 2a), contudo, nota-se que a levedura apresentou maior capacidade de consumir glicose do que xilose quando estes açúcares foram fornecidos nas concentrações de 30 g/L e 60 g/L; ademais, a maior porcentagem de consumo de açúcar (91,68%) foi obtida no cultivo com 60 g/L de glicose. Sugere-se que concentrações altas de glicose sejam favoráveis à natureza osmofílica da espécie, previamente demonstrada (DÍAZ-NAVA *et al.*, 2017).

Os resultados obtidos em glicose (Figura 2) evidenciam que, nas concentrações iniciais de 30 g/L e 45 g/L, uma fração considerável do açúcar consumido foi convertida em biomassa celular, pois as porcentagens de consumo foram de 54,99% e 62,41%, respectivamente, e os valores máximos de concentração celular foram de 13,11 g/L no ensaio com 30 g/L e de 19,49 g/L no cultivo com 45 g/L. No cultivo com 60 g/L, por outro lado, o consumo de glicose foi superior a 90% e a concentração celular final foi de 26,04 g/L, o que indica que essa condição possa ter propiciado a produção de metabólitos não quantificados no presente trabalho.

A partir da Figura 2, verificou-se que a linhagem em estudo possui a capacidade de consumir xilose, sendo que as porcentagens de consumo foram de 38,54%, 64,35% e 61,38% nos cultivos com 30 g/L, 45 g/L e 60 g/L, respectivamente. Ademais, observou-se que, diferentemente do ocorrido nos cultivos em glicose, o aumento da concentração inicial





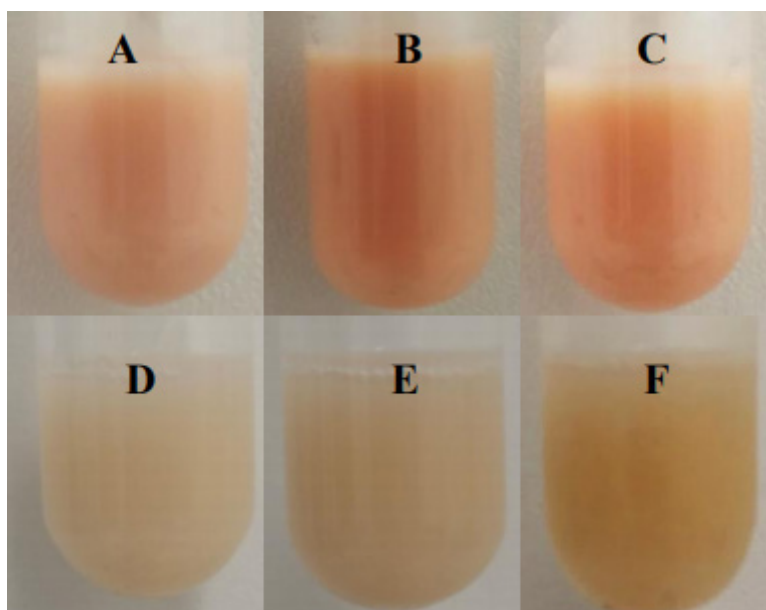
de xilose não resultou em maior acúmulo de biomassa (Figura 2b): os maiores valores de concentração celular foram de 4,60 g/L, 4,45 g/L e 5,06 g/L para as condições com 30 g/L, 45 g/L e 60 g/L de xilose, respectivamente.

Os resultados observados em xilose (Figura 2) são condizentes com os resultados obtidos por Marcelino (2016), segundo os quais a mesma linhagem de *P. kudriavzevii* consumiu 28% dos 40 g/L de xilose presentes em um hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar. Esses dados são indicativos da baixa atividade do metabolismo de pentoses dessa levedura e justificam a reduzida produção de biomassa verificada no presente trabalho (Figura 2b). Ressalta-se, também, o fato de alguns autores relatarem que determinadas linhagens de *P. kudriavzevii* não assimilam ou metabolizam xilose (DÍAZ-NAVA *et al.*, 2017; YUANGSAARD *et al.*, 2013).

Os reduzidos valores de crescimento celular em xilose indicam que o fornecimento dessa fonte de carbono pode ter propiciado uma condição de estresse ao microrganismo, resultando na inibição de seu crescimento. Apesar do fornecimento de xilose ter propiciado uma menor produção de biomassa em relação aos cultivos em glicose, o cultivo iniciado com 60 g/L permitiu a síntese de biopigmentos, a qual tornou-se evidente pela a coloração alaranjada da biomassa (Figura 3).

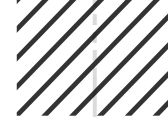
Nos cultivos em glicose, a coloração da biomassa se tornou evidente em todas as concentrações iniciais de açúcar, porém menos intensa no cultivo com 30 g/L, o que pode ser relacionado ao melhor crescimento celular nesse meio. Ressalta-se, também, que a coloração de todos os meios com glicose foi mais acentuada do que no cultivo com 60 g/L de xilose (Figura 3).

Figura 3. Coloração dos cultivos de *P. kudriavzevii* em 30 g/L (A), 45 g/L (B), 60 g/L (C) de glicose e 30 g/L (D), 45 g/L (E), 60 g/L (F) de xilose. Tempo de cultivo: 72h.



Fonte: autoria própria.





Em relação ao cultivo com 60 g/L de xilose, observou-se que sua maior concentração celular (5,06 g/L) pouco diferiu dos resultados nas demais concentrações e a porcentagem de consumo de açúcar (61,38%) foi semelhante ao consumo no meio com 45 g/L (64,35%). Os resultados apresentados na Figura 3, portanto, permitem sugerir que essa condição experimental favoreceu a alocação da fonte de carbono para a produção de biopigmentos.

Do ponto de vista cinético, foi observado que, independentemente da natureza e concentração inicial da fonte de carbono, a velocidade de consumo de açúcar foi maior nas primeiras 72h de cultivo e oscilou pouco entre 72 e 168h. O intervalo de 72h também coincidiu com o final da fase logarítmica de crescimento celular e a intensificação da coloração alaranjada da biomassa de *P. kudriavzevii* (Figura 3), não tendo sido observada variação de coloração até o final do cultivo. Dessa forma, pode-se relacionar a produção de biopigmentos por *P. kudriavzevii* ao final da fase exponencial de crescimento celular, um comportamento associado à produção de carotenoides em algumas leveduras (TKÁČOVÁ *et al.*, 2017).

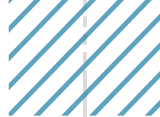
É importante destacar que, de acordo com o conhecimento desses autores, não há registros na literatura da produção de biopigmentos pela levedura *P. kudriavzevii*. Assim sendo, os resultados apresentados neste estudo são contribuições para a elucidação desse processo metabólico e para Futuros aprofundamentos sobre a influência das condições de cultivo na produção desses compostos.

A observação da produção de biopigmentos em xilose é de grande relevância, uma vez que há um número muito reduzido de espécies conhecidas de leveduras que metabolizam pentoses (Antunes, 2015) e, até o momento, poucos estudos investigaram a produção de biopigmentos microbianos em meios de cultivo que possuam esse açúcar. A capacidade de *P. kudriavzevii* de sintetizar esses valiosos metabólitos em xilose é mais um exemplo da versatilidade metabólica da espécie.

Considerando-se que os biopigmentos de *P. kudriavzevii* são intracelulares, o acúmulo de biomassa é um fator fundamental para a produção biotecnológica de tais compostos, pois uma maior produção por volume de meio é interessante para conduzir um bioprocessamento em escalas maiores. O estudo conduzido por Yehia *et al.* (2013), por exemplo, evidenciou que a condição mais favorável para a produtividade volumétrica e acúmulo de carotenoides celulares por *Rhodotorula glutinis* foi a mesma na qual se registrou os valores mais expressivos de densidade celular e massa celular seca.

De acordo com Heer e Sharma (2017), a concentração e o tipo de fonte de carbono são variáveis que interferem substancialmente na produção de biopigmentos por leveduras. Os autores ressaltam que a fonte de carbono influencia a coloração do pellet celular não





apenas por alterar a intensidade de cor, mas também por modificar os tipos de pigmentos produzidos pelos microrganismos.

Considerando-se os resultados obtidos nos meios de cultura semidefinidos com glicose e xilose, ponderou-se que a utilização de glicose como fonte de carbono pode ser promissora ao rendimento da produção de biopigmentos por *P. kudriavzevii*, uma vez que esse açúcar se mostrou mais favorável ao crescimento celular e fez com que a coloração do cultivo se tornasse mais intensa do que em xilose. Ademais, concentrações inferiores a 60 g/L seriam melhor aproveitadas pela levedura e permitiriam a redução do tempo do processo sem que houvesse açúcar residual.

Cultivo Em Hidrolisado Hemicelulósico De Bagaço De Cana-De-Açúcar (HHBCA)

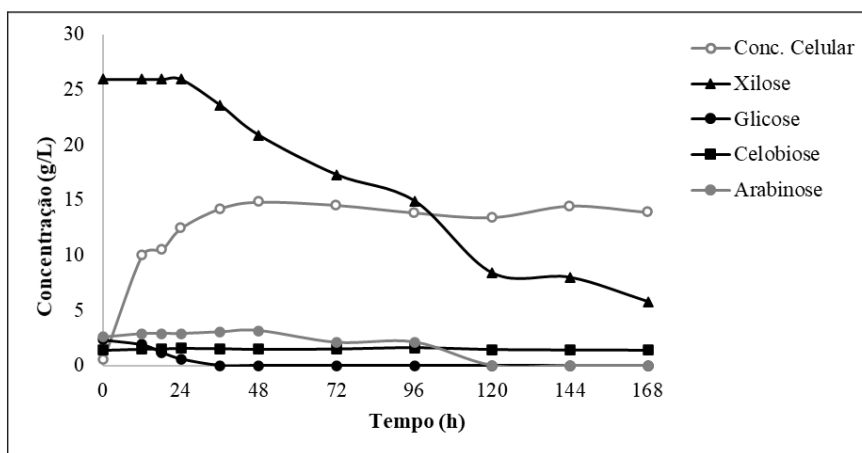
Devido à capacidade dessa linhagem de *P. kudriavzevii* de metabolizar pentoses e ao fato de que as primeiras observações de sua produção de biopigmentos tenham sido em hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar (MARCELINO, 2016), explorou-se o potencial de tal substrato para a obtenção de biopigmentos. Como suplementação nutricional do hidrolisado, adotou-se o meio de cultivo proposto por Hou- Rui *et al.* (2009), que já havia sido utilizado para essa linhagem (FONSECA, 2009). Um aspecto favorável dessa suplementação para essa pesquisa foi a presença de ureia e extrato de levedura, uma vez que fontes de nitrogênio orgânicas e complexas podem resultar em maior acúmulo de pigmentos, quando comparadas a fontes inorgânicas (EL-BANNA; EL-RAZEK; EL-MAHDY, 2012).

O consumo de açúcares e o crescimento celular em hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar (HHBCA) ao longo das 168h de cultivo estão apresentados na Figura 4. Observa-se que a glicose foi rapidamente consumida, esgotando-se em 36h, enquanto que o consumo de xilose intensificou-se após 48h e, ao fim de 168h, sua concentração era cerca de 20% do valor inicial; a arabinose foi totalmente consumida em 48h, ao passo que não se observou o consumo da celobiose.





Figura 4. Variação nas concentrações de açúcares e do crescimento celular de *P. kudriavzevii* em HHBCA ao longo do tempo. 168h de cultivo.



Nota: HHBCA: hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar.

Fonte: autoria própria.

Embora o cultivo em hidrolisado hemicelulósico não tenha permitido o consumo total de xilose (Figura 4), a porcentagem de consumo observada (77,77%) foi considerada satisfatória e superior a valores obtidos em estudos prévios com a mesma levedura. Ao cultivar *P. kudriavzevii* no mesmo tipo de hidrolisado e com a mesma suplementação nutricional, Fonseca (2009) observou uma porcentagem de consumo de xilose de 11,5% a partir de uma concentração inicial de 11,3 g/L desse açúcar. Tais resultados indicam a necessidade do aprofundamento de estudos sobre o cultivo desse microrganismo em pentoses.

Comparando-se aos resultados obtidos nos meios de cultura complexos, considera-se que o HHBCA tenha sido um substrato favorável ao crescimento celular, pois observou-se uma concentração celular máxima de 20,60 g/L. Sugere-se que a presença de outros compostos tenha contribuído para o crescimento microbiano, pois a literatura demonstra que *P. kudriavzevii* metaboliza compostos fenólicos, furfurais, ácido acético, ácido ferúlico, siringaldeído e etanol (HOU-RUI *et al.*, 2009; YUAN; GUO; HWANG, 2017), os quais são comumente presentes nesse tipo de hidrolisado.

A avaliação qualitativa da produção de biopigmentos no HHBCA foi dificultada pela cor inerente do material, a qual é decorrente da oxidação dos compostos fenólicos derivados da lignina, que ocorre no processo de neutralização (etapa da destoxificação) (SANTOS; MARTON; FELIPE, 2014). Além de não ter sido observada a coloração alaranjada no meio de cultivo, observou-se que, ao final do processo, o pellet celular possuía uma coloração acinzentada (Figura 5), a qual impediu a constatação visual da presença dos biopigmentos na célula.



Figura 5. Aspecto visual do cultivo de *P. kudriavzevii* em meio baseado em HHBCA.



Nota: HHBCA: hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar.

Fonte: autoria própria.

Ao estudar o comportamento da mesma levedura no mesmo tipo de hidrolisado, Fonseca (2009) relatou a formação de um precipitado de coloração escura ao longo do cultivo, o qual se depositou junto ao pellet de biomassa celular após a centrifugação, interferindo nas análises espectrofotométricas. Infere-se que o mesmo fenômeno tenha ocorrido nesse trabalho e sugere-se que a capacidade de assimilação de compostos fenólicos por *P. kudriavzevii* tenha contribuído para o escurecimento da biomassa.

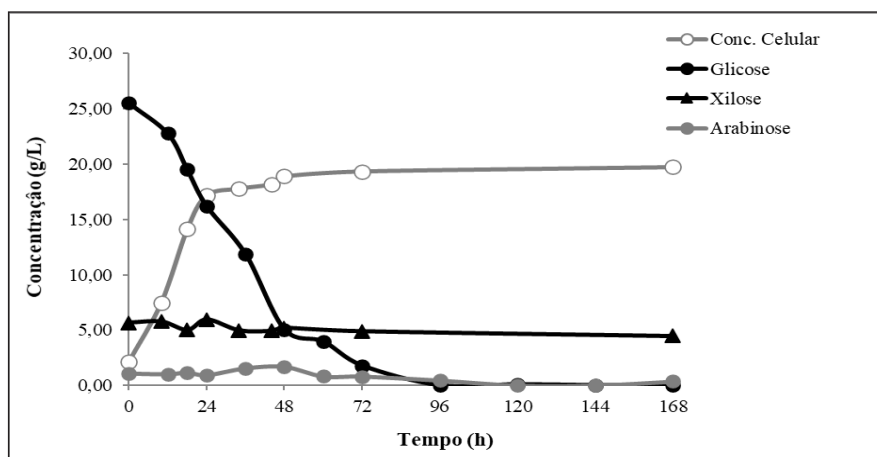
Uma vez demonstrado que a linhagem de *P. kudriavzevii* em estudo consome os principais açúcares presentes no HHBCA, produzindo uma quantidade satisfatória de biomassa celular, e que foi averiguada sua capacidade de sintetizar biopigmentos quando cultivada em xilose, considera-se que hidrolisados hemicelulósicos sejam viáveis para a produção de biopigmentos por essa levedura. Todavia, o escurecimento da biomassa celular proporcionado por compostos presentes nesse tipo de hidrolisado implicam na necessidade de modificar as etapas de pré-tratamento, inclusive a destoxificação, no sentido de efetuar um clareamento desse substrato antes do cultivo celular (SANTOS; MARTON; FELIPE, 2014).

Cultivo Em Hidrolisado Celulósico De Bagaço De Cana-De-Açúcar (HCBCA)

Os resultados do cultivo em hidrolisado celulósico de bagaço de cana-de-açúcar (HCBCA) (Figura 6) evidenciam que, assim como o cultivo em hidrolisado hemicelulósico, essa condição também propiciou o esgotamento da glicose: inicialmente, a concentração desse açúcar no meio era de 25,53 g/L passando a 5,06 g/L após 48h (80,18% de consumo) e esgotando-se em 96h de cultivo. Em relação à xilose, constatou-se um consumo de 21,13% de consumo em 72h e a intensificação deste com o esgotamento da glicose: 67,29% (em relação ao tempo inicial) em 96h e 97,5% em 168h.



Figura 6. Variação nas concentrações de açúcares e do crescimento celular de *P. kudriavzevii* em HCBCA ao longo do tempo. 168h de c.ultivo



Fonte: autoria própria.

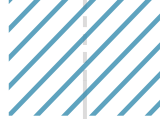
Assim como evidenciado pelos resultados previamente discutidos, a levedura em estudo apresenta maior aptidão para o consumo de glicose do que de xilose (Figura 2). A observação de um reduzido consumo de xilose antes do esgotamento da glicose pode ser explicada pelo fenômeno da repressão catabólica: em presença dessa hexose, os genes que codificam as enzimas necessárias para o catabolismo de açúcares de fermentação lenta (como é o caso das pentoses) não são expressos por estarem sofrendo inibição (YOUNG; LEE; ALPER, 2010).

O valor máximo de concentração celular em HCBCA (21,48 g/L) foi superior aos valores registrados em HHBCA, nos três ensaios com xilose de origem comercial e nos ensaios com 30 e 45 g/L de glicose, representando um aumento de 42,95 vezes em relação ao inóculo de 0,5 g/L; apenas o ensaio com 60 g/L de glicose atingiu uma concentração celular maior (26,04 g/L), porém a partir de uma concentração maior de açúcar. Esses resultados demonstram que as condições nutricionais oferecidas pelo HCBCA foram vantajosas à alocação de carbono em favor do crescimento celular, o que pode ser um ponto positivo para a síntese de biopigmentos intracelulares.

A concentração inicial de glicose no HCBCA era de 25,53 g/L e, portanto, seria esperada uma similaridade entre os resultados com essa fonte de carbono e aqueles do cultivo com 30 g/L de glicose de origem comercial. A partir da Figura 6, entretanto, percebe-se divergência entre as duas condições experimentais: o consumo total de glicose foi de 54,99% no cultivo de *P. kudriavzevii* com 30 g/L de glicose de origem comercial e de 100% em HCBCA; em relação à biomassa final, os valores obtidos foram de 13,11 g/L e de 21,48 g/L, respectivamente.

Resultados semelhantes aos obtidos no HCBCA foram relatados por Yuangsaard *et al.* (2013). No referido estudo, *P. kudriavzevii* foi cultivada em hidrolisado amiláceo de mandioca (180 g/L de glicose) durante 48h e observou-se consumo total do açúcar após 24h de cultivo





e um aumento de biomassa de, aproximadamente, 40 vezes. Os resultados apresentados por Yuangsaard *et al.* (2013) demonstraram que a espécie é capaz de crescer e produzir etanol em hidrolisado celulósico, mesmo em altas concentrações de açúcares, evidenciando sua natureza osmofílica.

Em relação à avaliação da produção de biopigmentos em HCBCA, observou-se similaridade com os cultivos nos meios semidefinidos: a coloração alaranjada das células intensificou-se nas primeiras 72h de cultivo e não sofreu variações aparentes entre 72 e 168h. Diferentemente do ocorrido em HHBCA, o pellet celular obtido no cultivo em HCBCA apresentou a mesma coloração das células cultivadas em glicose de origem comercial. O aspecto do cultivo em HCBCA está apresentado na Figura 7.

Figura 7. Aspecto visual do cultivo de *P. kudriavzevii* em meio baseado em HCBCA.



Nota – HCBCA: hidrolisado celulósico de bagaço de cana-de-açúcar.

Fonte: autoria própria.

A partir dos resultados apresentados, considera-se que o HCBCA tenha demonstrado melhor desempenho do que o HHBCA. Apesar de terem sido obtidos valores semelhantes de concentração celular em ambos os hidrolisados (21,48 g/L em HCBCA e 20,60 g/L em HHBCA), o consumo de xilose no HCBCA foi superior a 95%, enquanto que, no cultivo em HHBCA, este foi de, aproximadamente 80%. Ademais, embora ambos os ensaios tenham propiciado o consumo total da glicose, a concentração desse açúcar era cerca de dez vezes superior no HCBCA, indicando que as condições oferecidas por essa fonte de carbono foram mais favoráveis do que aquelas oferecidas pelo HHBCA.

Como consideração final, a simplicidade metodológica da produção do HCBCA em relação aos procedimentos necessários para produzir e destoxificar o HHBCA se apresenta como mais uma vantagem quanto ao uso do primeiro material para a produção biotecnológica de biopigmentos. Apesar do custo significativo que o complexo de enzimas celulases oferece à hidrólise enzimática necessária para a obtenção dos monômeros de glicose presentes no bagaço de cana-de-açúcar, a utilização do HCBCA nesse processo mostrou-se mais





vantajosa para o microrganismo em estudo e contorna o problema da coloração indesejada do pellet celular.

Avaliando-se os resultados obtidos entre os meios de cultura semidefinidos (30, 45 e 60 g/L de glicose e xilose) e os dois hidrolisados de bagaço de cana-de-açúcar, considerou-se que o HCBCA foi a fonte de carbono que proporcionou as condições mais favoráveis de crescimento celular e assimilação de açúcares. O aproveitamento das fontes de carbono e a produção de biopigmentos em HCBCA foram similares aos resultados em meios baseados em glicose de origem comercial, com o benefício adicional de que seus açúcares são provenientes de uma fonte renovável, abundante e de baixo custo, o bagaço de cana-de-açúcar.

É importante ressaltar que a viabilização da produção de biopigmentos utilizando-se fontes de carbono de origem renovável, como os hidrolisados celulósico e hemicelulósico avaliados nesse trabalho, consistir-se-á de uma grande contribuição para essa área de pesquisa. Uma das principais limitações da produção em larga escala de biopigmentos microbianos é seu elevado custo em relação aos pigmentos sintéticos e a utilização de nutrientes de baixo custo e de caráter sustentável pode contribuir significativamente para a viabilidade da ampliação de escala desse bioprocessos.

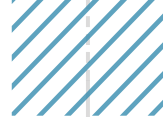
Ademais, pode-se considerar que a levedura *P. kudriavzevii* é um microrganismo-chave para o desenvolvimento de novos bioprocessos baseados nos princípios da sustentabilidade e da química verde e com potencial industrial (como é o caso da produção biotecnológica de biopigmentos) devido à sua capacidade de tolerar inibidores e metabolizar diferentes açúcares. Ressalta-se, igualmente, que a característica natural dessa espécie de crescer e se manter ativa em temperaturas superiores a 35°C, altas concentrações de sais e grande diversidade metabólica faz com que *P. kudriavzevii* seja vantajosa para as condições usualmente empregadas em processos industriais.

■ CONCLUSÃO

Os cultivos da levedura *P. kudriavzevii* nas fontes de carbono de origem comercial evidenciaram que a produção de biomassa foi favorecida em 60 g/L de glicose e o emprego desse açúcar foi mais vantajoso para a produção de biopigmentos do que o fornecimento de xilose. Ademais, nos cultivos em xilose, a intensificação de cor dos cultivos, o crescimento celular e o consumo de açúcar foram inferiores aos resultados em glicose, desfavorecendo o uso dessa fonte de carbono para a produção de biopigmentos.

A levedura foi capaz de crescer e aproveitar as fontes de carbono de ambos os hidrolisados avaliados, contudo, a coloração escura do hidrolisado hemicelulósico foi um fator negativo à avaliação qualitativa da produção de biopigmentos. Os resultados de crescimento celular, consumo de açúcares e produção de biopigmentos em hidrolisado celulósico





se aproximaram daqueles obtidos em meios de cultura baseados em glicose de origem comercial, um aspecto vantajoso do uso desse material. A possibilidade de obtenção de biopigmentos de leveduras em hidrolisado celulósico de bagaço de cana-de-açúcar é uma estratégia relevante no sentido de desenvolver um bioprocessos sob os princípios da química verde e economicamente viável.

■ AGRADECIMENTOS

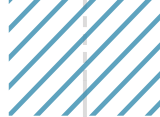
Capes, CNPq e FAPESP (processo nº 2016/10636-8).

■ REFERÊNCIAS

1. ANTUNES, F. A. F. **Imobilização celular de *Scheffersomyces shehatae* UFMG-HM 52.2 em gel de alginato de cálcio visando a produção de etanol a partir de hidrolisado hemi-celulósico de bagaço de cana-de-açúcar em reator de leito fluidizado**. 2015. 169 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.
2. ANTUNES, F. A. F. et al. A novel process intensification strategy for second-generation ethanol production from sugarcane bagasse in fluidized bed reactor. **Renewable Energy**, v. 124, p. 6–13, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.06.004>
3. ALVES, L. A. et al. Pretreatment of sugarcane bagasse hemicellulose hydrolysate for xylitol production by *Candida guilliermondii*. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 70-72, n. 1, p. 89-98, 1998.
4. CHANDEL, A. K. et al. Multi-scale structural and chemical analysis of sugarcane bagasse in the process of sequential acid-base pretreatment and ethanol production by *Scheffersomyces shehatae* and *Saccharomyces cerevisiae*. **Biotechnology for Biofuels**, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2014.
5. DÍAZ-NAVA, L. E. et al. Effect of carbon sources on the growth and ethanol production of native yeast *Pichia kudriavzevii* ITV-S42 isolated from sweet sorghum juice. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 40, n. 7, p. 1069–1077, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00449-017-1769-z>
6. EL-BANNA, A. A.; EL-RAZEK, Amal M. Abd; EL-MAHDY, Ahmed R. Some Factors Affecting the Production of Carotenoids by *Rhodotorula glutinis* var. *glutinis*. **Food and Nutrition Sciences**, v. 03, n. 01, p. 64–71, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/fns.2012.31011>
7. FONSECA, B. G. **Destoxificação biológica de hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar empregando as leveduras *Issatchenkia occidentalis* e *Issatchenkia orientalis***. 2009. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2009.
8. HEER, K.; SHARMA, S. Microbial Pigments As a Natural Color: a Review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 8, n. 5, p. 1913– 1922, 2017. Disponível em: [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.8\(5\).1913-22](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.8(5).1913-22)



- 
9. HOU-RUI, Z. et al. Novel isolates for biological detoxification of lignocellulosic hydrolysate. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 152, n. 2, p. 199–212, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12010-008-8249-5>
 10. KALRA, R.; CONLAN, X. A; GOEL, M.. Fungi as a Potential Source of Pigments: Harnessing Filamentous Fungi. **Frontiers in Chemistry**, v. 1, p. 369, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00369>
 11. MANI, S.; CHOWDHARY, P.; BHARAGAVA, R. N. Textile wastewater dyes: toxicity profile and treatment approaches. In: BHARAGAVA, R. N.; CHOWDHARY, P. (eds.). **Emerging and eco-friendly approaches for waste management**. Singapura: Springer Singapore, 2018. p. 219–244.
 12. MARCELINO, P. R. F. **Produção de biossurfactantes de segunda geração por leveduras em hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar**. 2016. 157 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2016.
 13. MUSO-CACHUMBA, J. J. et al. Influence of agitation on the periplasmic l-asparaginase production by *Rhodotorula glutinis* and *Issatchenkia orientalis* yeast. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE BIO-PROCESSOS, 21., 2017, Aracaju. **Anais eletrônicos...** [s.l.: s.n.], 2017. Disponível em: <https://proceedings.science/sinaferm/sinaferm-2017/papers/influence-of-agitation-on-the-periplasmic-l-asparaginase-production-by-rhodotorula-glutinis-and-issatchenkia-orientalis-?lang-pt-br#>. Acesso em: 15 jul. 2021.
 14. NIGAM, P. S.; LUKE, J. S. Food additives: Production of microbial pigments and their antioxidant properties. **Current Opinion in Food Science**, v. 7, p. 93–100, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.02.004>
 15. PHILIPPINI, R. R. et al. Pretreatment of Sugarcane Bagasse from Cane Hybrids: Effects on Chemical Composition and 2G Sugars Recovery. **Waste and Biomass Valorization**, v. 10, n. 6, p. 1561–1570, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0162-0>
 16. RAO, M. P. N.; XIAO, M.; LI, W. J.. Fungal and bacterial pigments: Secondary metabolites with wide applications. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, p. 1–13, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01113>
 17. SÁNCHEZ-MUÑOZ, S. et al. Production of fungal and bacterial pigments and their applications. In VERMA, M. L; CHANDEL, A. K. **Biotechnological Production of Bioactive Compounds**. Elsevier, 2019, p. 327-361.
 18. SANTOS, J. C.; MARTON, José M.; FELIPE, Maria G.A. Continuous system of combined columns of ion exchange resins and activated charcoal as a new approach for the removal of toxics from sugar cane bagasse hemicellulosic hydrolysate. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v. 53, n. 42, p. 16494–16501, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/IE502712J>
 19. TKÁČOVÁ, J. et al. Correlation between lipid and carotenoid synthesis in torularhodin-producing *Rhodotorula glutinis*. **Annals of Microbiology**, v. 67, n. 8, p. 541–551, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13213-017-1284-0>
 20. YEHA, H. M. et al. Improvement of carotenoid pigments produced by *Rhodotorula glutinis*. **Life Science Journal**, v. 10, n. 4, p. 386-400, 2013.



21. YOUNG, E.; LEE, S-M.; ALPER, H.. Optimizing pentose utilization in yeast: the need for novel tools and approaches. **Biotechnology for Biofuels**, v. 3, n. 1, p. 1-12, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1754-6834-3-24>.
22. YUAN, S. F.; GUO, G. L.; HWANG, W. S.. Ethanol production from dilute-acid steam exploded lignocellulosic feedstocks using an isolated multistress-tolerant *Pichia kudriavzevii* strain. **Microbial Biotechnology**, v. 10, n. 6, p. 1581–1590, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12712>
23. YUANGSAARD, N. et al. Selection and characterization of a newly isolated thermotolerant *Pichia kudriavzevii* strain for ethanol production at high temperature from cassava starch hydrolysate. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 103, n. 3, p. 577–588, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10482-012-9842-8>



SOBRE O ORGANIZADOR

Prof. Dr. Robson José de Oliveira

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2002), mestrado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2004) e doutorado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2008). Atualmente é professor associado I da Universidade Federal do Piauí/CTT em Teresina -PI. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Legislação Florestal, Colheita, Estradas e Transportes Florestais, atuando principalmente nos seguintes temas: estradas, transportes, estabilização, pavimentação, redes neurais artificiais, ferramentas computacionais aplicadas ao setor florestal, logística, política e legislação ambiental, avaliação de impactos ambientais, perícia ambiental, educação ambiental, colheita florestal, ergonomia, qualidade, gestão de projetos, ética e deontologia.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2371730431088108>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açúcar: 142, 145, 149, 151

Ambientes: 94

Aproveitamento de Rejeitos: 35

Associação: 77, 90, 121

B

Bagaço de Cana: 139, 140, 142, 143, 145, 147, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156

Biomassa: 60

Biopigmentos: 141

C

Cacau: 13, 15, 32

Cooperativa: 77, 91

D

Destilado: 35, 38, 39

E

Educação Ambiental: 94

G

Gestão de Resíduos: 91, 136

Glicerol: 55

H

Hortas Urbanas: 94

M

Madeira: 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 48, 49, 51, 121, 125

Matéria: 31, 89

Q

Química: 39, 40, 43, 50, 51, 54, 58, 59, 60, 135

R

Reciclagem: 77, 83, 90, 91

Região Cacaueira: 13

Resíduos Sólidos: 90

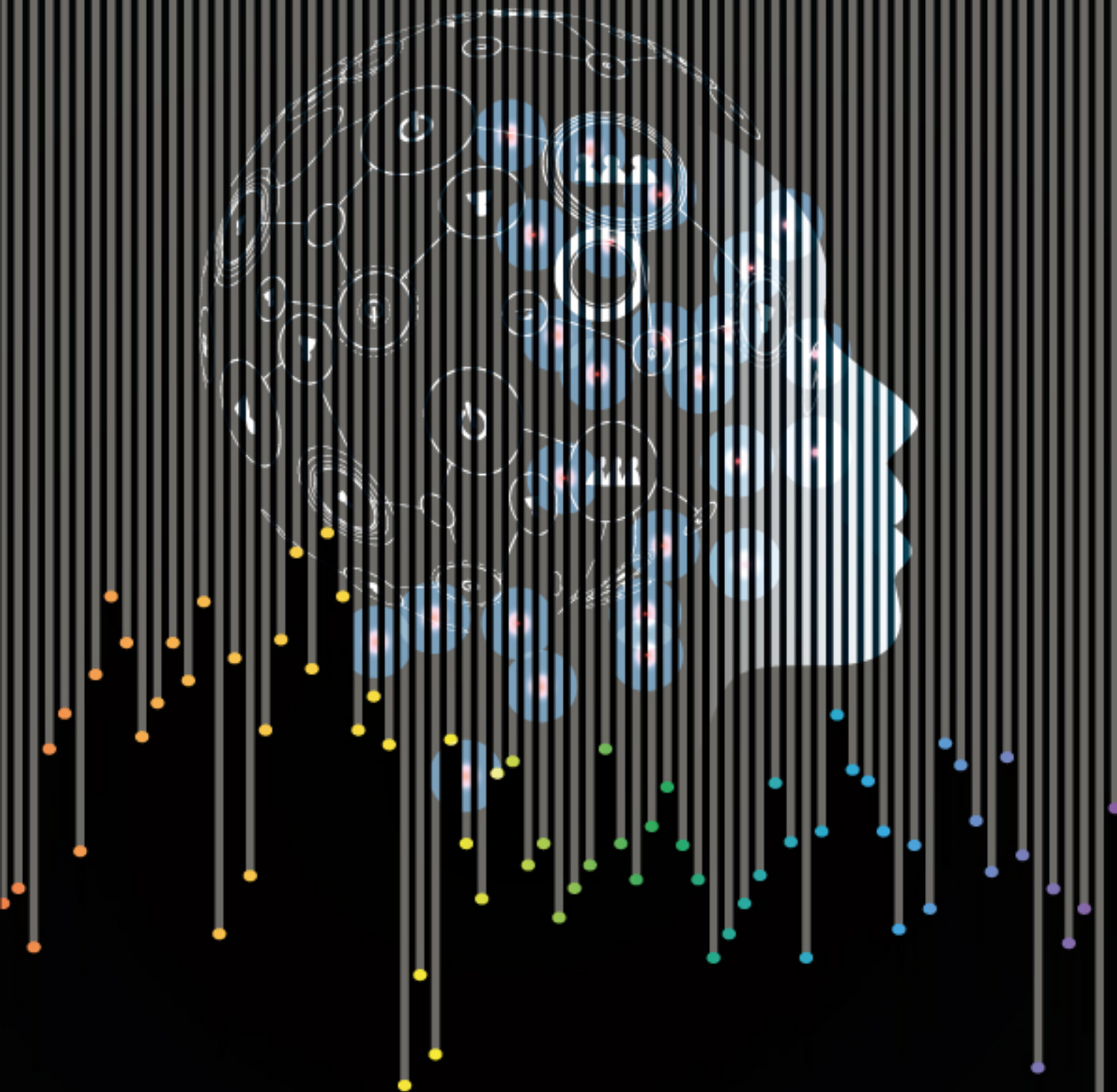
Restauração Ecológica: 62, 72

S

Semeadura Direta: 62

T

Técnicas Alternativas: 62



www.editoracientifica.org

contato@editoracientifica.org

ISBN 978-658982689-7



VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS

GESTÃO DE RESÍDUOS E A ELABORAÇÃO DE BIOPRODUTOS PARA USO NA AGRICULTURA

PESQUISA E APLICAÇÃO



editora
científica digital