

SUSTENTABILIDADE:

Produção
Científica e
Inovação
Tecnológica



Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2021

SUSTENTABILIDADE:

Produção
Científica e
Inovação
Tecnológica



Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
 Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
 Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
 Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
 Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
 Prof^a Dr^a Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
 Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
 Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
 Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
 Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
 Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
 Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
 Prof^a Dr^a Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
 Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
 Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
 Prof^a Dr^a Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
 Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
 Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
 Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
 Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
 Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
 Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
 Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
 Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
 Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
 Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
 Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
 Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
 Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
 Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
 Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
 Prof^a Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
 Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emídio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
 Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
 Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
 Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
 Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
 Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
 Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
 Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
 Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
 Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
 Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
 Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
 Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
 Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
 Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
 Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
 Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
 Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
 Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
 Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
 Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
 Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
 Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
 Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
 Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
 Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
 Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
 Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
 Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
 Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
 Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
 Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
 Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
 Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
 Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
 Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
 Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
 Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
 Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
 Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
 Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof. Me. Gustavo Krahel – Universidade do Oeste de Santa Catarina
 Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
 Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
 Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
 Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
 Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
 Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFRP
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
 Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
 Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
 Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
 Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
 Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
 Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Sustentabilidade: produção científica e inovação tecnológica

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Maria Elanny Damasceno Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S964 Sustentabilidade: produção científica e inovação tecnológica
/ Organizadora Maria Elanny Damasceno Silva. – Ponta
Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-168-5

DOI 10.22533/at.ed.685211606

1. Sustentabilidade. I. Silva, Maria Elanny Damasceno
(Organizadora). II. Título.

CDD 363.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

Prezados leitores e pesquisadores, o livro digital “*Sustentabilidade: Produção Científica e Inovação Tecnológica*”, contém 8 capítulos que tratam de estudos científicos inovadores relacionados à sustentabilidade.

Utilizando de abordagem interdisciplinar entre as áreas de conhecimento, tem-se o estudo do uso de sistemas agroflorestais para reconstrução de Áreas de Preservação Permanentes - APP. A conceituação e contextualização da Economia Verde no sistema social e natural.

É apontada a obtenção energética por meio do aproveitamento de resíduos sólidos alimentares, em Belém-PA. Assim como, a produção de biomassa proveniente do cultivo de microalgas, em fazenda de bovinocultura. Por sua vez, os resíduos sólidos oriundos de indústrias também recebem transformação adequada, como o desenvolvimento de verniz derivado da resina Polivinil Butiral. Os refugos têxteis de confecções são tratados sob a visão do Design Verde no processo de avaliação do ciclo de vida dos produtos da moda.

Por último, a administração da produção e operações de selagem de embalagens de produtos de escritório aborda a otimização e melhorias na tecnologia existente, a fim de reduzir desperdícios no sistema vigente.

A Atena Editora e os autores destas pesquisas agradecem o interesse na temática apresentada. Bons estudos!

Maria Elanny Damasceno Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

USO SUSTENTÁVEL DA TERRA E SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA RECOMPOSIÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Lourival Alves Barreto

Audrey Ferreira Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.6852116061

CAPÍTULO 2..... 15

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ECONOMIA VERDE: SOB A ÓTICA DA REVISÃO INTEGRATIVA

Maristela Frederico

Rogério Allon Duenhas

DOI 10.22533/at.ed.6852116062

CAPÍTULO 3..... 25

BIOSISTEMA DO ALIMENTO: DA ALIMENTAÇÃO HUMANA AO APROVEITAMENTO DE SEUS RESÍDUOS NA PRODUÇÃO DE ENERGIA

Amanda Diely Brito Bulhões da Silva

Alexandre Augusto Pinheiro de Oliveira

Giulianna Campos Lamas

Juliana Carolina Pantoja Revorêdo

Satya dos Santos Gabbay

DOI 10.22533/at.ed.6852116063

CAPÍTULO 4..... 37

PRODUÇÃO DE BIOMASSA E BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE BOVINOS ANAEROBIAMENTE DIGERIDAS USANDO A MICROALGA *S. PLATENSIS*

Denise Salvador de Souza

Marcelo Henrique Otenio

Henrique Vieira de Mendonça

DOI 10.22533/at.ed.6852116064

CAPÍTULO 5..... 45

ESTUDO DE APLICABILIDADE DE POLIVINIL BUTIRAL COMO RESINA DE RECOBRIMENTO

Eric Fabricio de Moraes Silva

Adriano Luiz Roma Vasconcelos Cunha

Thais Sousa Almeida

DOI 10.22533/at.ed.6852116065

CAPÍTULO 6..... 54

BIOPLÁSTICO DE AMIDO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA SOBRE DEGRADAÇÃO NO MEIO AMBIENTE

Caio Vinícius Camargo Rodrigues

Pâmela Silva Garcia Rodrigues

Éverton da Paz Santos

João Pedro Palazzi do Espírito Santo
Bruno Rodrigo Tomazini Borba

DOI 10.22533/at.ed.6852116066

CAPÍTULO 7.....67

A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS TÊXTEIS E O CICLO DE VIDA DE ARTEFATOS DE MODA EM INDÚSTRIAS DE CONFECÇÃO

Mariana Moreira Carvalho
Valdecir Babinski Júnior
Neide Köhler Schulte
Célio Teodorico dos Santos
Silene Seibel
Icléia Silveira

DOI 10.22533/at.ed.6852116067

CAPÍTULO 8.....78

MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO DE SELAGEM DE EMBALAGENS PRÉ-MOLDADAS EM PET: ESTUDO DE CASO DE UMA INOVAÇÃO DE PROCESSO EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR DE MATERIAIS DE ESCRITÓRIO

Fernanda Cancian
Eduarda Regina Carvalho
Erick de Oliveira Queiroz
Karin Fabiana Bandeira de Camargo
Joel Soares
Thalita Jessika Bondancia
Rafael de Almeida Martarello

DOI 10.22533/at.ed.6852116068

SOBRE A ORGANIZADORA.....87

ÍNDICE REMISSIVO.....88

CAPÍTULO 1

USO SUSTENTÁVEL DA TERRA E SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA RECOMPOSIÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Data de aceite: 01/06/2021

Lourival Alves Barreto

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,
Centro de Ciências Agrárias Ambientais e
Biológicas-CCAAB
Cruz das Almas - Bahia
<http://lattes.cnpq.br/3014824695550350>

Audrey Ferreira Barbosa

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,
Centro de Ciências Agrárias Ambientais-
CCAAB
Cruz das Almas - Bahia
<http://lattes.cnpq.br/3317616379667423>

RESUMO: O presente estudo tem por objetivo explanar teoricamente a temática do uso de sistemas agroflorestais na recomposição de áreas de preservação. Pelo problema de intensificação de práticas inconscientes as atividades antropogênicas no decorrer dos anos que ocasionaram diversas alterações na qualidade e funcionamento dos ecossistemas. A supressão vegetal sem consciência expõe áreas de preservação permanentes ao destino da degradação. O problema climático é um dos alvos do desequilíbrio dos ecossistemas, uma vez que afeta toda biosfera. O conceito de SAFs atrela-se ao conceito de Ecologia, mais precisamente as proposições elementares sobre os ecossistemas. O objetivo deste, é manipular os recursos naturais com vistas a otimizar a captura da energia solar e transferi-la para as pessoas na forma de

alimentos ou fibras, criando diferentes estratos vegetais, onde as árvores e/ou os arbustos, pela influência que exercem no processo de ciclagem de nutrientes e no aproveitamento da energia solar são considerados os elementos estruturais básicos para a estabilidade. O uso do SAF, contribui positivamente para o controle da erosão e manutenção da fertilidade do solo, aumentando a biodiversidade, a diversificação da produção e o alongamento do ciclo de manejo de uma área.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Mudanças climáticas, SAF, APP.

USE SUSTAINABLE AND LAND AGROFORESTRY SYSTEMS FOR THE RECOVERY OF PERMANENT PRESERVATION AREAS

ABSTRACT: The present study aims to explain theoretically the theme of the use of agroforestry systems in the restoration of preservation areas. Due to the problem of intensifying unconscious practices, anthropogenic activities over the years have caused several changes in the quality and functioning of ecosystems. Vegetable suppression without conscience exposes permanent preservation areas to the fate of degradation. The climate problem is one of the targets of the imbalance of ecosystems, since it affects the entire biosphere. The concept of SAFs is linked to the concept of Ecology, more precisely the elementary propositions about ecosystems. The purpose of this is to manipulate natural resources in order to optimize the capture of solar energy and transfer it to people in the form of food or fibers, creating different plant strata, where trees and / or shrubs, by the influence they

exercise in the process of nutrient cycling and in the use of solar energy, the basic structural elements for stability are considered. The use of SAF contributes positively to the control of erosion and maintenance of soil fertility, increasing biodiversity, diversifying production and extending the management cycle of an area.

KEYWORDS: Sustainability, Climate change, SAF, APP.

1 | INTRODUÇÃO

As atividades antropogênicas no decorrer dos anos ocasionaram diversas alterações na qualidade e funcionamento dos ecossistemas. As alterações climáticas como as variações de temperaturas fragilizam a vida no planeta causando fortes impactos socioambientais. As alterações dos ecossistemas terrestres principalmente os ecossistemas tropicais, com a ação inicial de supressão da vegetação nativa, são influenciados pelo aumento das temperaturas, prejudicando o ar, a água e o solo (PINTO, 2010).

No Brasil o aumento das emissões de gases de efeito estufa tem ligação com uma parte do setor agrícola, visto que, ambientes naturais são suprimidos para aumento de áreas de manejo com práticas inadequadas (CARVALHO et al., 2010). Conforme dados do Relógio Carbônico¹ do Laboratório de Monitoramento e Diagnóstico do Clima no Havaí-EUA (2019), o índice de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera já ultrapassa mais de 490,8 partículas por milhão (ppm). E fazendo uma análise de impacto no decorrer dos anos, a partir séculos XIX aos dias atuais, o aumento deste gás foi crescente e acentuado e muitas vezes atrelado ao ciclo do carbono no sistema, uma vez que ele não fica no sistema solo e vai para a atmosfera. A figura 1 abaixo demonstra que o índice de emissão do CO₂ será superior, pois o gráfico ilustra o processo e sua intensidade no decorrer dos anos. Do que é estimado pelo gráfico, caso a emissão seja crescente alcançaremos a previsão do ano 2050 nos próximos cinco anos.

1. Relógio Carbônico. Acompanhe em tempo real a concentração de CO₂ no planeta Disponível em < <https://www.apolo11.com/relogiocarbonico.php>>: Acesso em 24 de nov de 2019.

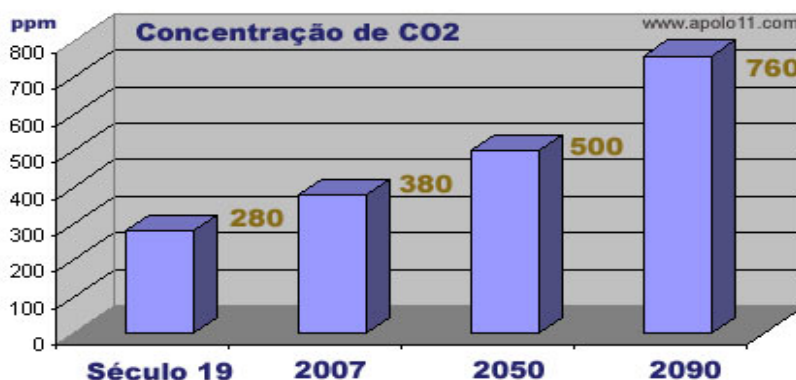


Figura 1: Previsão da concentração de CO2 ao longo dos séculos XIX até 2090

Fonte: Relógio Carbônico: Laboratório de Monitoramento e Diagnóstico do Clima- Apollo 11. Disponível em < <https://www.apolo11.com/relogiocarbonico.php> > Acesso em 24 de nov de 2019.

Os efeitos das mudanças climáticas acarretadas pelos processos biogeoquímicos de alguns elementos químicos afetam os sistemas alimentares globais e a segurança alimentar. E inclinam em peso contra ambientes que têm menos recursos para adaptação, a exemplo são os biomas semiáridos, as florestas tropicais, os recifes aquáticos e os polos árticos. E como alternativa acerca dessas negativas sobre os ecossistemas naturais (terra, mar e gelo) temos a redução das emissões de gases de efeito estufa e poluentes na atmosfera, pois tal prática melhora a eficiência no uso dos recursos do planeta (MYERS et al., 2017)

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2019) destaca que o aumento da temperatura na superfície do globo terrestre impacta em habitats naturais, propicia diretamente o derretimento acentuado das calotas polares e aumenta o nível dos mares, reduz a qualidade da saúde humana, os meios de subsistência alimentar e o crescimento econômico.

Em sua maioria as ações de desenvolvimento das sociedades no decorrer dos anos implicam/implicaram na supressão do equilíbrio ecológico, e atualmente tem levado a muitos questionamentos acerca da vida no planeta terra. O problema climático é um dos alvos do desequilíbrio dos ecossistemas, uma vez que afeta toda biosfera. Além da problemática do clima pela alta emissão de gases de efeito estufa (dióxido de carbono- CO_2 e gás metano- CH_4), a supressão de ecossistemas inicialmente pela supressão da vegetação afeta a subsistência alimentar humana e ocasiona na perda da fertilidade dos solos e afeta na demanda por alimentos.

Para atender a demanda alimentar no mundo segundo a previsão da FAO (2015) com o ritmo de consumo atual, em 2050 o mundo precisará de 60% a mais de alimentos e

40% a mais de água, sendo que, os sistemas de produção agroalimentares terão que serem eficientes em relação ao uso dos recursos naturais, principalmente a água, energia e solo (SAATH e FACHINELLO, 2018). Mas como alcançar essa estimativa se o desenvolvimento não ocorre de modo sustentável? Esse percalço tem levado a diversos debates durante décadas acerca do progresso e da preservação dos sistemas ecológicos. Na década de 80 o termo “Sustentabilidade” teve um forte enfoque. O surgimento do termo a partir da citada década tem levado a sociedade moderna a repensar o futuro da vida e do planeta terra (BRUNDTLAND, 1991).

1.1 Preservação ambiental e a produção agrícola

Com a intensificação do modo de produção da agricultura em meados do século passado, houve implicações negativas na vida dos sistemas ecológicos perda da qualidade da água e dos solos. Várias tentativas de mitigação de impactos ambientais foram criadas para redução de problemas de degradação por parte de atividades de uso e manejo (agricultura e agropecuária e indústria). Vários instrumentos de avaliação da qualidade, bem como, a mensuração de um Índice de Qualidade (IQ) para monitoramento e gestão, tanto para o solo, quanto para a água proporcionaram uma base de uso sustentável (KARLEN et al., 2003).

O problema da insustentabilidade ambiental fez com que diversos setores da sociedade se mobilizassem pelo desenvolvimento de uma “consciência verde” no final do século passado. A ONU desenvolveu uma agenda de ações e pactos para redução da degradação ambiental no mundo, pressionando assim, alguns países a desenvolverem políticas de desenvolvimento ambiental sustentável.

Desde o final do século XX várias ações de mitigação de impactos ambientais no mundo foram adotadas, e, a agenda de reuniões da ONU para acompanhamento das mesmas foram realizadas. A Conferência Rio+20 em 2012 realizada no Rio de Janeiro-BR ressaltou-se que a agenda anterior criada para o milênio acertada no ano de 2000 pelos países participantes não estava sendo seguida, logo em 2015 na 70ª sessão da Assembleia Geral da ONU em Nova York-EUA estabeleceu-se em consenso de uma nova agenda, a Agenda 2030 para ser alcançada a partir de 2016 até 2030. O novo documento contendo dezessete objetivos apresenta atenção para o desenvolvimento social sustentável acerca do futuro do planeta (ONU, 2015).

No Brasil a Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 foi o marco inicial da Política Nacional de Meio Ambiente, onde colocou o Brasil como um dos poucos países na época a ter uma das políticas meio ambiente bem comprometida com o planeta (BRASIL, 2019). Dentro da política nacional, a Lei Federal nº 12.651/2012 veio tencionando um olhar promissor a fim de garantir a proteção aos diferentes ecossistemas do Brasil. Uma das novas práticas de gestão ambiental federal, está no zoneamento e proteção de áreas como as Áreas de Proteção Permanentes (APPs). Mas o que são APPs? Pelo que dita a lei nº

12.651, de 25 de maio de 2012 em seu art 3º, as APPs são definidas como área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2019).

Uma APP em curso d'água a partir da Lei Nº 12.651, no Art. 4º apresenta uma delimitação, tanto em zonas rurais como urbanas e seu tamanho varia de a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros. Mas uma APP em regiões topográficas diferentes de cursos d'água perenes ou não é compreendida pela área total em que se encontra. A figura abaixo ilustra as áreas de APPs em diferentes locais com acentuada declividade (BRASIL, 2019).

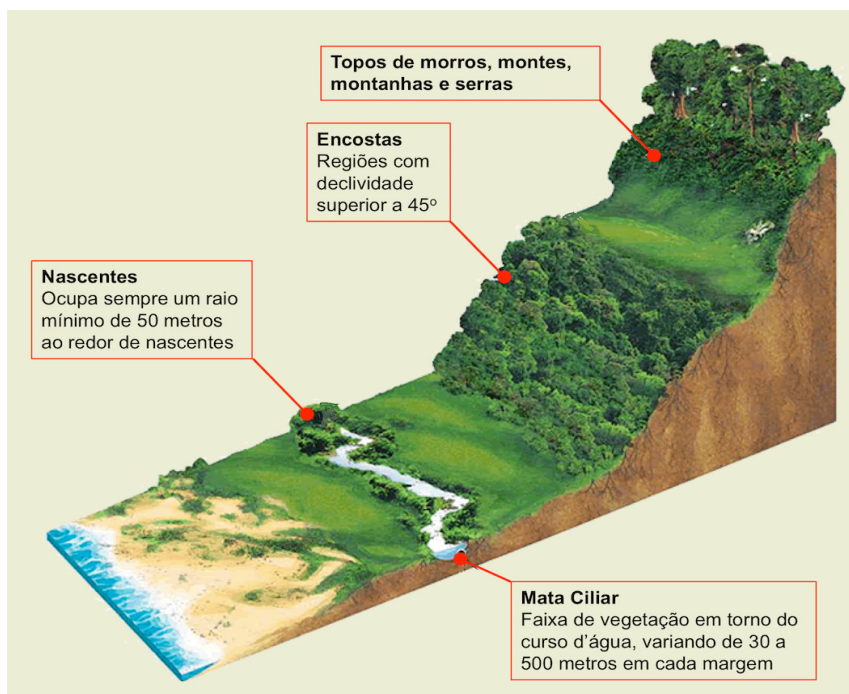


Figura 2: Zonas de APPs

Fonte: Instituto Ecobrasil, 2019

A figura abaixo enfatiza o tamanho da APP na propriedade em função do módulo fiscal em olhos d'água perenes. Pois em uma área que tem um corpo hídrico com até 1 módulo fiscal, o raio da APP é compreendido em 15 m.

Tamanho da propriedade em módulos fiscais	Largura da APP consolidada no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes
Até 1	raio de 15m
de 1 a 2	raio de 15m
de 2 a 4	raio de 15m
Acima de 4	raio de 15m

Figura 3: APP em curso d'água perene conforme o modulo fiscal municipal
Fonte: FAEP, 2012

Já a APP para um rio é compreendida com base em sua largura de curso, pois um rio com largura dimensionada em menos de 10 m, tem como tamanho de margem de APP 30 m e mais que 500 m de largura a lei vigora uma margem de APP em 500 m. A figura abaixo ilustra os altos da lei de preservação de APPs em diferentes tamanhas marginais para cursos d'água correntes.

Largura do rio	Largura da APP em cada margem do rio
Menos de 10m	30m
de 10 a 50m	50m
de 50 a 200m	100m
de 200 a 600m	200m
Mais de 600m	500m

Figura 4: APP de um rio baseada na largura do leito
Fonte: FAEP, 2012

Enfim, na seção II da supracitada lei, no § 1º, caso tenha ocorrido a supressão de vegetação situada na APP, o proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título é obrigado a promover a recomposição da vegetação com base no tamanho da propriedade. A recomposição deve ser concluída no prazo de até 20 (vinte) anos, abrangendo, a cada 2 (dois) anos, no mínimo 1/10 (um décimo) da área total necessária à sua complementação. E esse, parâmetro é o que permite o uso de Sistemas Agroflorestais (SAFs).

2.1 USO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA RECOMPOSIÇÃO DE APPS

Um dos avanços significativos do ponto de vista da preservação ambiental e produção alimentar foi a criação do International Council for Research in Agroforestry (ICRAF) no final da década de 70. O Centro Internacional de Pesquisa em Agrossilvicultura foi o pioneiro em estudo de uso da terra e florestas, várias ações ou modelos de agricultura conservacionista foram adotados desde as últimas três décadas, bem como, uma nova consciência a respeito do uso dos recursos naturais (ICRAF, 2019).

Uma das técnicas bastante utilizada atualmente de modo a reduzir a ação antrópica sobre a natureza com base na produção alimentar são os usos de Sistemas Agroflorestais (SAFs). Mas o que são SAFs? Os SAFs ou Agroflorestas, são sistemas de manejo utilizados para a produção agrícola e florestal. Sua composição combina espécies de animais e vegetais nativas com não nativas aptas para as mesmas condições destinada a produção para o ser humano (YANA, 2001).

O conceito de SAFs atrela-se ao conceito de Ecologia, mais precisamente as proposições elementares sobre os ecossistemas. O objetivo deste, é manipular os recursos naturais com vistas a otimizar a captura da energia solar e transferi-la para as pessoas na forma de alimentos ou fibras, criando diferentes estratos vegetais, onde as árvores e/ou os arbustos, pela influência que exercem no processo de ciclagem de nutrientes e no aproveitamento da energia solar são considerados os elementos estruturais básicos para a estabilidade (RIBASKI, et al. 2001). Além do objetivo de criar vários estratos os SAFs otimizam o uso da terra, conciliando a produção florestal com a produção de alimentos, conservam o solo e diminuem a pressão pelo uso da terra para produção agrícola (ENGEL, 1999).

Os SAFs, são classificados como silviagrícolas, constituídos de árvores e/ou de arbustos com culturas agrícolas; silvipastoris, cultivos de árvores e/ou de arbustos com pastagens e/ou animais; e agrossilvipastoris, cultivo de árvores e/ou arbustos com culturas agrícolas, pastagens e/ou animais (MEDRADO, 2000, apud RIBASKI et al., 2001; NAIR, 1985). O uso de SAFs em APPs é permitido em lei, para sua implantação pelo agricultor deve obedecer às sinalizações dos órgãos ambientais, bem como respeitar a lei de proteção (BRANT in RIGHI e BERNARDES, 2015; IASB, 2009). A abaixo ilustra a composição estrutural do SAF no sentido de ser originado de sistemas de produção humana, pois os

SAFs se baseiam no sistema de manejo agrícola convencional e natural e a junção destes dois sistemas resultam no SAF.

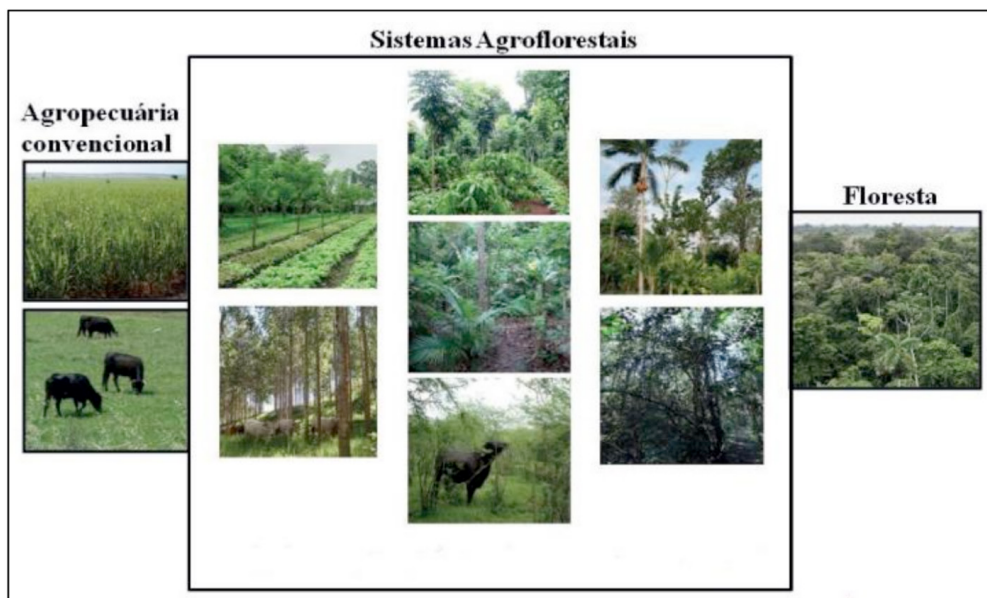


Figura 5: Similaridade entre os diferentes sistemas convencional, agroflorestal e florestal

Fonte: Martins e Ranieri, 2014. Adaptado.

No Brasil, a Resolução CONAMA Nº 369 de 28 de março de 2006 regulamentou a implantação e condução de Sistemas Agroflorestais como indutores da recuperação de APPs em propriedades e a normativa Nº 5 de 8 de setembro de 2009 institui o uso dos SAFs para recuperar e proteger APPs, já a resolução Nº 429, de 28 de fevereiro de 2011 dispõe sobre a metodologia do SAF para recompor uma APP. Sendo assim, o SAF fica subentendido a partir da lei como um sistema de uso e ocupação em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas, forrageiras em uma mesma unidade de manejo, de acordo com arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações entre estes componentes (MMA, 2009).

Além do uso do SAF para recomposição natural, o código florestal destaca que a sua aplicabilidade se torna uma alternativa socioeconômica para diversos produtores, pois agricultores que tinham áreas de preservação totalmente a ser protegida, implicando economicamente em suas vidas, chegando ao ponto de estes não produzirem mais, e, nem terem uma renda econômica, o uso do SAF foi uma saída. Os SAFs se subdividem em: a) sistemas sequenciais: são cultivos agrícolas anuais e as plantações de árvores que

se sucedem no tempo. Nesta categoria se incluem os sistemas de agricultura migratória com intervenção e manejo de capoeiras; o sistema silvagrícola rotativo (capoeiras melhoradas com espécies arbóreas de rápido crescimento); e o sistema Taungya (cultivos anuais consorciados apenas temporariamente com árvores, durante os primeiros anos de implantação); b) sistemas agroflorestais simultâneos: integração simultânea e contínua de cultivos anuais e perenes, árvores madeiráveis ou de uso múltiplo e/ou pecuária. Incluem: associações de árvores com cultivos anuais ou perenes; hortos caseiros mistos e sistemas agrissilvipastoris e c) sistemas complementares: cercas vivas e cortinas quebra-vento: fileiras de árvores para delimitar uma propriedade ou gleba ou servir de proteção para outros componentes e outros sistemas. São considerados complementares às outras duas categorias, pois podem estar associados a sistemas sequenciais ou simultâneos (ENGEL, 1999).

Portanto, pela subdivisão dos SAFs em três principais categorias, na recomposição da APP, a lei não restringe o seu tipo, só subentende este como um sistema silviagrícolas, e na recomposição da APP que sofreu supressão da vegetação, o mesmo pode ser utilizado para recompor, sendo então, esta etapa baseada no tamanho do módulo fiscal da propriedade, no qual varia com relação ao tipo de APP, em topos e encostas, cursos d'água perenes ou não.

2.1 Implantação do SAF silviagrícola em APP

Pelo que considera a lei, o SAF para recompor ou restaurar uma APP tem que ser via sucessão natural e sem a existência de componente como animais domésticos, pois a lei não explicita o uso do tipo de SAF, mas uma área que sofreu supressão da vegetação e teve seus parâmetros edáficos afetados pode ser recomposta com a utilização de um SAF silviagrícolas de baixo impacto.

Os sistemas agroflorestais sucessionais são os de maior complexidade e a experiência mais conhecida é a do agrônomo Ernst Götsch, que, desde 1983, vem implantando e sistematizando essa experiência na Mata Atlântica do Sul da Bahia demonstrando uma solução de inovação do sistema numa vertente agroecológica. A experiência de Götsch com Agricultura Sintrópica ou agrofloresta sucessional é uma mudança de perspectiva de manejo. É o uso do ecossistema e reinterpretação deste para que o agricultor tenha uma produção sustentável (ANDRADE, 2019).

Conforme Alves (2009) as implantações dos SAFs podem serem em faixa contínua, mista/acaso e uniforme. Na implantação adota-se alguns passos como: sondagem das espécies locais ou do nível de impacto, escolha das espécies adequadas à região; combinação corretamente dessas espécies de forma a minimizar a competição e plantio das mesmas no sistema de forma linear ou mista, desde que o espaçamento seja adequado para cada espécie (RIBEIRO; BARROSO, 2008). Conforme Silveira, et al., (2015), no SAF “cada espécie florestal ou agrícola possui uma necessidade específica e possui

características diferentes: tamanho da copa, forma, tamanho da raiz, exigência em relação a luz, solo e água”. A figura a seguir ilustra o esquema de um SAF convencional sequencial adequado para a produção.

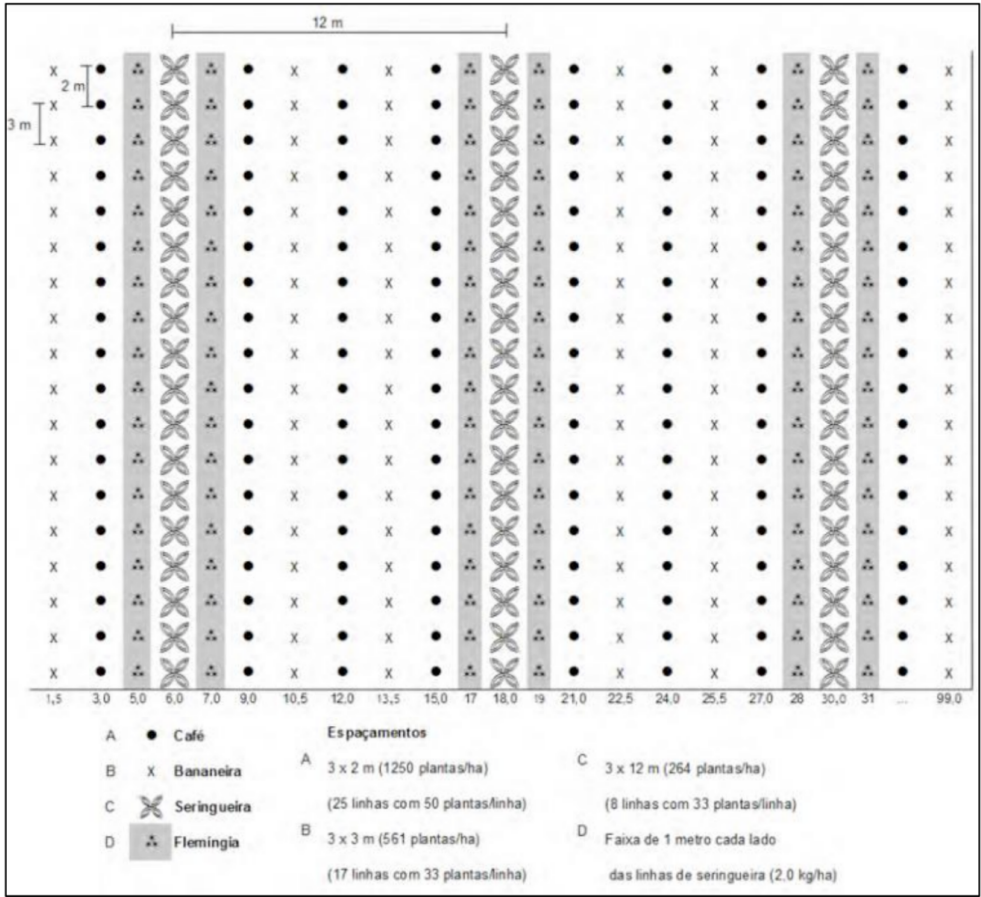


Figura 6: Representação esquemática do consórcio agroflorestal composto por café, banana, seringueira e flemíngia, destacando-se a disposição das plantas, espaçamentos e densidade para uma área útil de 1 hectare do sistema

Fonte: Oliveira et al., 2010, adaptado

Caso o uso do SAF para recompor Áreas de Preservação Permanente (APPs) seja realizado pela aplicação do sistema em entrelinhas temporárias correspondente ao sistema Taungya, o mesmo deve ser adotado e obedecido a lei. Assim, o sistema bem aplicado combinado com espécies florestais nativas eleva o desenvolvimento da fauna e ajuda a “biodiversificar” gratuitamente o “reflorestamento”. O sistema Taungya pode ser utilizado também na restauração da Reserva Legal (REBRAf, 2007).

2.2 Experiências positivas e negativas dos SAFs

As experiências de usos de SAFs de modo geral se ligam a conservação do ambiente natural e restauração de ecossistema que sofreram degradação. No Brasil o SAF para recomposição em áreas de preservação tem sido uma saída para os ecossistemas que tendem a sofrer intensas perdas na qualidade natural a partir do manejo ou que sofreram degradação.

O Sistema Agrofloresta é conhecido como um manejo conservacionista, pois são vários pontos positivos que o faz levar esse título, visto que conserva o solo e água. As espécies arbóreas melhoram os solos por numerosos processos. As árvores influenciam na quantidade e na disponibilidade de nutrientes dentro da zona de atuação do sistema radicular das culturas associadas, através do acréscimo de nitrogênio, pela fixação biológica de NO_2 e deposição de matéria orgânica pela cobertura vegetal, recuperação de nutrientes abaixo do sistema radicular das culturas agrícolas e/ou pastagens, redução das perdas de nutrientes por processos como lixiviação e erosão, enfim, o sistema agroflorestal aumenta a qualidade e disponibilidade de nutrientes através da conservação da matéria orgânica do solo e mantém o carbono no solo (RIBASKI, et al. 2001). O uso do SAF, contribui positivamente para o controle da erosão e manutenção da fertilidade do solo, aumentando a biodiversidade, a diversificação da produção e o alongamento do ciclo de manejo de uma área (ENGEL, 1999).

Com base no IASB (2009) sobre as desvantagens dos sistemas agroflorestais, podem-se mencionar que: as culturas agrícolas e/ou pastagens (animais) podem competir com a (s) espécie (s) arbórea (s) por nutrientes, espaço, energia solar e umidade do solo e pode reduzir o rendimento das culturas. No entanto, isso pode ser minimizado pela escolha de árvores com sistema radicular profundo para evitar competição com as culturas de raízes superficiais, manejo de podas, seleção de componentes com diferentes graus de exigência de recursos, etc. Um outro fator negativo é a alelopatia, esta impede que a germinação de sementes e crescimento de plantas sejam inibidos pela liberação de compostos naturais das raízes e parte aérea para outras plantas.

Entretanto, pode ocorrer alelopatia positiva, potencializando o desenvolvimento dos componentes. Algumas das espécies servem de Habitat ou hospedeiros alternativos para pragas: quando próximas a outras culturas, as espécies arbóreas podem constituir um habitat para pragas de todas as classes. Algumas pragas de árvores também afetam culturas agrícolas e vice-versa. Entretanto, a diversidade nesses sistemas promove a presença de inimigos naturais, reduzindo a incidência das pragas potenciais. A mecanização dos SAF's é inviabilizada restando ao produtor trocar a mecanização, a qual já está acostumado, pelo trabalho manual (IASB, 2009).

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da tecnologia SAF, bem como, os sistemas de integração agricultura, agropecuária e floresta revolucionaram o modo de produção e preservação de diversos ecossistemas.

Em decorrência de várias negativas socioambientais existentes na atualidade, os sistemas agroflorestais têm um grande potencial de manter os serviços prestados pelos ecossistemas a nossa espécie. O uso do sistema conservacionista aumenta a biodiversidade nos agroecossistemas, reduz o impacto das ações antrópicas sobre as florestas e são formas de sustentação de famílias. A recuperação/recomposição de áreas de preservação permanentes pelo uso de SAFs é um caminho de sustentabilidade econômica e ambiental, tanto para pequenas propriedades, quanto para grandes propriedades, pois as condições de produção pelo sistema condicionam aumento da produtividade e conservação do ecossistema, beneficiando o lado econômico, social e ambiental.

REFERÊNCIAS

ALVES, Luciana Medeiros. **Sistemas Agroflorestais (SAF's) na restauração de ambientes degradados**. Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais. Disponível em <<http://www.ufjf.br/ecologia/files/2009/11/Est%C3%A1gio-Doc%C3%A1ncia-LUCIANA.pdf>>: Acesso em 01 de dez. de 2019.

ANDRADE, Diana. O que é agricultura sintrópica? Agenda Ernst Götsch, 2019. Disponível em <https://agendagotsch.com/en/what-is-syntropic-farming/>> Acesso em 04 de dez. de 2019.

BRANT, Henrique Sarmiento C. **Os Sistemas Agroflorestais com funções ecológicas ressaltadas em áreas de conservação no Brasil**, p.7-22 in: RIGHI, Ciro Abbud; BERNARDES, Marcos Silveira. **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais**. Volume 1, Piracicaba-SP, 2015, p. 79.

BRASIL, Presidência da República. **Política Nacional do Meio Ambiente**. LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. Disponível em<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>: Acesso em 22 de nov. de 2019.

BRASIL, Presidência da República. **Código Florestal**. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Disponível em< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm >: Acesso em 22 de nov. de 2019.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Nosso Futuro Comum**. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Editora Fundação Getúlio Vargas, 2ª ed. 1991, p. 71. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf>: Acesso em 22 de nov. de 2019.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R. de; CERRI, C. E. P. **Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil**. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.34 no.2 Viçosa Mar./Apr. 2010. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000200001>: Acesso em 24 de nov. de 2019.

CANUTO, João Carlos. **Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões**. Brasília, DF: Embrapa, 2017, p. 216.

Centro Internacional de Pesquisa em Agrossilvicultura - ICRAF. **Resumo do ICRAF**. Nairobi, Quênia. Disponível em <<http://www.ciesin.org/IC/icraf/ICRAF.html>>: Acesso em 01 de dez. de 2019.

ENGEL, Vera Lex. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p. Recursos Naturais/FCA - Unesp/Botucatu. Disponível em <<http://saf.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/01.pdf>>: Acesso em 01 de dez. de 2019.

Federação da Agricultura do Estado do Paraná - FAEP. **Novo Código Florestal**. ANO I - Edição 2012, p. 92. Disponível em <<http://codigoflorestal.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2012/11/novo-codigo-florestal.pdf>>: Acesso em 01 de dez. de 2019.

Instituto Ecobrasil. Área de Preservação Permanente (APP), 2019. Disponível em<http://www.ecobrasil.provisorio.ws/site_content/30-categoria-conceitos/1191-apps-recomposicao?preview=1>: Acesso em 03 de dez. de 2019.

Instituto das Águas da Serra da Bodoquena – IASB. **Sistemas Agroflorestais: uma alternativa para manter a floresta em pé**. 1ª Edição, outubro de 2009 Bonito/MS, outubro – 2009, p.52. Disponível em <http://iasb.org.br/projetos/arquivos/arquivo_37_18.pdf>: Acesso em 01 de dez. de 2019.

KARLEN, D. L., DITZLER, C. A., ANDREWS, S. S. **Soil quality: why and how?** Elsevier Science EUA, 2003.

MINISTRO DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE- MMA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 5**. Diário Oficial da União – Seção 1 Nº 172, quarta-feira, 9 de setembro de 2009 GABINETE DO MINISTRO. Disponível em<https://www.mma.gov.br/estruturas/pnfl/_arquivos/in_mma_05_2009_5.pdf>: Acesso em 24 de nov. de 2019.

NAIR, P.K.R. **Classification of agroforestry systems**. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Dordrecht. Printed in the Netherlands. 1985, p. 9 7-128.

MARTINS, Tatiana Parreiras; RANIERI, Victor Eduardo Lima. **Sistemas agroflorestais como alternativa para as reservas legais**. Ambiente & Sociedade, São Paulo v. XVII, n. 3, 2014, p. 79-96.

Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). **FAO: Se o atual ritmo de consumo continuar, em 2050 o mundo precisará de 60% mais alimentos e 40% mais água**. 2015. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/fao-se-o-atual-ritmo-de-consumo-continuar-em-2050-mundo-precisara-de-60-mais-alimentos-e-40-mais-agua/>>: Acesso em 22 de nov. de 2019.

Organização das Nações Unidas-ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio), última edição em 13 de outubro de 2015, p. 49. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>>: Acesso em 22 de nov. de 2019.

OLIVEIRA, Tádário Kamel de; SÁ, Claudenor Pinho de; OLIVEIRA, Tânia Carvalho de; Samuel Almeida da Luz. **Caracterização de dois modelos de consórcios agroflorestais, índices técnicos e indicadores de viabilidade financeira**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2010. p. 44. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/976401/caracterizacao-de-dois-modelos-de-consorcios-agroflorestais-indices-tecnicos-e-indicadores-de-viabilidade-financeira>>: Acesso em 01 de dez. de 2019.

Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). **Aquecimento global de 1,5°C**. Resumo para formuladores de políticas, 2019, p.32. Disponível em https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf >: Acesso em 22 de nov. de 2019.

PINTO, Erika de Paula Pedro; MOUTINHO, Paulo; STELLA, Osvaldo; MAZER, Simone; CASTRO, Isabel; RETTMANN, Ricardo; MOREIRA, Paula F. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IBAM). **Perguntas e respostas sobre AQUECIMENTO GLOBAL**. Belém, Pará, Brasil, 5ª edição, revisada, dezembro, 2010, p.64. Disponível em < https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2010/05/perguntas_e_respostas_sobre_aquecimento_.pdf >: Acesso em 24 de nov. de 2019.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHERI, H. R. **Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos**. Informe Agropecuário, v. 22, n. 212, p. 61–67, 2001.

RIBEIRO, Lamônica Kelly; BARROSO, Deborah Guerra. **Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e recomendações**. Niterói- RJ: Programa Rio Rural, 2008.

SAATH, Kleverton Clovis de Oliveira; FACHINELLO, Arlei Luiz. **Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil**. Rev. Econ. Sociol. Rural vol.56 no.2 Brasília Apr./June 2018. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032018000200195 > Acesso em 22 de nov. de 2019.

SILVEIRA, Franco, Fernando; TONELLO Kelly, Cristina; SILVA, Felipe Nogueira. **Bate papo com produtores rurais: sistemas agroflorestais**. Sorocaba, 2015. 27p. Disponível em <https://smastr16.blob.core.windows.net/sare/2019/04/carsaf_adaptada2.pdf>: Acesso em 01 de dez. de 2019.

YANA, W.; WEINERT, H. **Técnicas de sistemas agroflorestais multiestrato: manual prático**. [s.l.] Sapecho: PIAF - el Ceibo, 2001. p. 58. Disponível em < https://www.amazonlink.org/amazonia/agroflorestal/manual_multiestrato.pdf >: Acesso em 24 de nov. de 2019.

MYERS, S. S.; SMITH, M. R.; GUTH, S.; GOLDEN, C. D.; VAITLA, B.; MUELLER, N. D.; DANGOUR, A. D.; HUYBERS, P. **Mudança climática e sistemas alimentares globais: impactos potenciais na segurança e desnutrição alimentar**. Volume 38, 2017, p. 259-277. Disponível em < https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev-publhealth-031816-044356#_i2 >: Acesso em 24 de nov. de 2019.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ECONOMIA VERDE: SOB A ÓTICA DA REVISÃO INTEGRATIVA

Data de aceite: 01/06/2021

Maristela Frederico

Mestranda em Planejamento e Políticas Públicas do Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Governança Pública (PPGGP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Curitiba/PR, Brasil

<https://orcid.org/0000-0001-6526-0231>
<http://lattes.cnpq.br/2818612991148965>

Rogério Allon Duenhas

Professor-Doutor da Pós-Graduação em Planejamento e Governança Pública da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Departamento Acadêmico de Gestão e Economia, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Governança Pública Curitiba / PR, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-0766-0322>
<http://lattes.cnpq.br/3801711252187891>

RESUMO: A economia verde é uma área do desenvolvimento econômico sustentável, que majora e privilegia o bem-estar humano e a equidade social, ao mesmo tempo em que, diminui os riscos ambientais e a escassez ecológica. Este estudo tem por objetivo apresentar a economia verde e sua relação com o sustentável, bem como, compreender as afinidades entre essas duas extensões do desenvolvimento. A pesquisa foi organizada a partir de uma revisão integrativa da literatura disponível nas bases de dados: Dialnet; Science Direct e SciELO - Scientific Electronic

Library Online, ano de 2010-2018. As buscas dos textos foram realizadas a partir da delimitação de descritores e valeu-se do método bibliográfico. Como resultado prevaleceu o ano de 2014; o nível de evidência 5 e que ainda é um desafio para a sustentabilidade integrar a economia, o meio ambiente e a sociedade. Ao final, constatou-se que os estudos exaltam o desenvolvimento sustentável atinente à integração dos três pilares: ambiental, o social e o econômico, no entanto, a economia verde não foi objeto direto das investigações. Corroborando pela necessidade da elaboração de pesquisas que investiguem as conexões entre o desenvolvimento sustentável e a economia verde.

PALAVRAS-CHAVE: Economia verde, Meio ambiente, Desenvolvimento sustentável, Sustentabilidade.

ABSTRACT: The green economy is an area of sustainable economic development, which enhances and privileges human well-being and social equity, while reducing environmental risks and ecological scarcity. This study aims to present the green economy and its relationship with the sustainable, as well as to understand the affinities between these two extensions of development. The research was organized based on an integrative review of the literature available in the databases: Dialnet; Science Direct and SciELO - Scientific Electronic Library Online, year 2010-2018. The searches for the texts were carried out based on the delimitation of descriptors and the bibliographic method was used. As a result, the year of 2014 prevailed; the level of evidence 5 and that it is still a challenge

for sustainability to integrate the economy, the environment and society. In the end, it was found that the studies exalt sustainable development related to the integration of the three pillars: environmental, social and economic, however, the green economy was not the direct object of the investigations. Corroborating the need for research to investigate the connections between sustainable development and the green economy.

KEYWORDS: Green economy, Environment, Sustainable development, Sustainability.

INTRODUÇÃO

O Desenvolvimento Sustentável (DS) surgiu em 1980, como a relação entre preservação do planeta e atendimento das necessidades humanas (IUCN, 1980, *apud* SARTORI, *et. al.*, 2014, p. 3).

A explicação dos termos DS vem por meio do Relatório Brundtland, como desenvolvimento que “satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (WCED, 1987, *apud*, SARTORI, *et. al.*, 2014, p. 3).

O DS visa “a proteção ambiental e manutenção do capital natural para alcançar a prosperidade econômica e a equidade para as gerações atuais e futuras” (KELLY *et al.*, 2004, *apud*, SARTORI, *et. al.*, 2014, p. 3).

A sustentabilidade diz respeito a atuação dos seres humanos com a natureza e a sua responsabilidade com as presentes e futuras gerações. Desse modo, a sustentabilidade está relacionada com o crescimento econômico fundamentado na justiça social e eficiência na utilização de recursos naturais (GUIMARÃES, 2012; LOZANO, 2012, *apud*, SARTORI, *et. al.*, 2014, p. 4).

Atinente sustentabilidade cabe destacar o significado da sustentabilidade fraca e sustentabilidade forte. A sustentabilidade fraca é vista como a extensão da satisfação econômica, ou seja, a produção do capital econômico pelas gerações atuais indenizará os danos naturais para as gerações futuras (NEUMAYER, 2003; FIORINO, 2011, *apud*, SARTORI, *et. al.*, 2014, p. 4).

Por outro lado, na sustentabilidade forte exige-se a preservação física de parte do capital natural para não afetar os interesses as gerações futuras (SARTORI, *et. al.*, 2014).

É grande o interesse pelos estudos sobre desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, os quais recentemente vêm ganhando novos enfoques, como a economia verde. “Uma economia verde é aquela que aumenta e privilegia o bem-estar humano e a equidade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica”. (DINIZ, 2012, p. 02).

A proposta da economia verde visa reordenar as políticas públicas dessa área para um desenvolvimento com baixo uso de capital natural e acrescentar nas decisões os custos e benefícios econômicos pela utilização dos serviços e bens dos ecossistemas (NAÇÕES UNIDAS, 2012).

Nessa linha, o presente trabalho visa efetivar uma revisão integrativa da literatura sobre a relação da economia verde com o desenvolvimento sustentável, visto que se faz necessário reduzir os impactos ambientais para o desenvolvimento sustentável econômico e para a melhoria do bem-estar das gerações atuais e futuras (NAÇÕES UNIDAS, 2012).

OBJETIVO

A presente pesquisa busca desenvolver uma revisão integrativa sobre a economia verde e o desenvolvimento sustentável, a partir da literatura disponível nas bases de dados da *Dialnet*; *Science Direct* e *SciELO - Scientific Electronic Library Online*.

MÉTODOS

Neste estudo utilizou-se a revisão integrativa da literatura a qual, segundo Souza, *et. al.* (2010) possibilita a mais ampla abordagem metodológica referente às revisões, permitindo a inclusão de estudos experimentais e não-experimentais para uma compreensão completa do fenômeno analisado.

A revisão integrativa é um instrumento metodológico, mais amplo, alusivo às revisões que possibilitam a inserção de estudos experimentais e não experimentais para uma concepção completa do fato estudado (SOUZA, , *et. al.*, 2010). Desse modo, o presente estudo foi estruturado e conduzido conforme SOUZA, *et. al.*, (2010).

Para elaboração desta revisão integrativa foram adotadas as seguintes fases: seleção das questões norteadoras; fixação dos descritores; delimitação dos critérios de exclusão e inclusão dos textos; buscas ou amostragens nas literaturas disponíveis nas seguintes bases de dados: *Dialnet*; *Science Direct* e *SciELO - Scientific Electronic Library Online*, pertinentes à fase anterior; pré-seleção dos textos; leitura crítica dos textos escolhidos e, por fim, a interpretação dos resultados.

As questões norteadoras que balizaram o presente estudo foram: 1- Qual a relação entre desenvolvimento sustentável e economia verde? 2- Como a economia verde pode ser um meio para promoção de políticas públicas? 3- Como o conhecimento científico vem abordando a aplicabilidade da economia verde?

A busca na literatura envolveu os seguintes descritores: economia verde; meio ambiente; recursos naturais; natureza; desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, os quais foram considerados individualmente e combinados.

Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos da seguinte forma: foram incluídos integralmente textos que abordassem sobre o desenvolvimento sustentável e economia verde ou desenvolvimento econômico com conotação de responsabilidade ambiental.

Foram excluídos os textos que não se referiam ao tema proposto ou não eram condizentes com as perguntas norteadoras. Utilizou-se os idiomas Português; Inglês e Espanhol.

Para a análise do nível de evidência da característica do texto utilizou-se os fundamentos de Stetler et. al. (1998, *apud* Souza, 2010, p. 4 e 5) que propõem uma hierarquia das evidências, segundo a delimitação do estudo, os quais se classificam em níveis de um a seis, conforme demonstrado a seguir:

NÍVEL DE EVIDÊNCIA	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO
NÍVEL 1	evidências resultantes da meta-análise de múltiplos estudos controlados.
NÍVEL 2	evidências obtidas em estudos individuais com delineamento experimental.
NÍVEL 3	evidências de estudos quase-experimentais.
NÍVEL 4	evidências de estudos descritivos (não-experimentais) ou com abordagem qualitativa.
NÍVEL 5	evidências provenientes de relatos de caso ou de experiência.
NÍVEL 6	evidências baseadas em opiniões de especialistas.

Figura 1 – Níveis de evidências para delimitação dos estudos

Fonte: Adaptado pelos autores (2018) a partir de Stetler et. al (1998, *apud* Souza, 2010, p. 4/5)

Efetivou-se a apreciação prévia dos textos, sendo que a decisão pela aceitação ou rejeição dos estudos foi auxiliada pela classificação dos textos em níveis hierárquicos de evidências, conforme exposto na Figura 1.

Primeiramente, analisou-se os textos que continham uma das expressões mencionadas nos descritores.

Aplicou-se o método de inclusão e exclusão aos textos selecionados, momento em que foram rejeitados: os textos que não abordaram o desenvolvimento econômico no sentido de responsabilidade ambiental; os textos que apenas citavam exemplos ou continham conotação diversa dos descritores e os textos com evidências classificadas nos níveis 1; 2 e 3.

Posteriormente, realizou-se a análise dos títulos que continham as expressões dos descritores e em seguida analisou-se das resenhas dos textos efetivadas no decorrer na disciplina.

Aplicou-se o método de inclusão e exclusão aos textos selecionados, momento em que foram rejeitados: os textos que não continham as especificidades do tema proposto.

Em seguida, procedeu-se a análise integral dos textos e a verificação das ideias norteadoras da temática, momento em que foram excluídos os textos que apenas citavam as expressões desenvolvimento sustentável e economia verde, sem conotação com as

questões norteadoras, bem como, conforme o nível de evidência, sendo incluídos os textos com nível 4; 5 e 6.

A amostra final selecionada foi de 3 produções científicas conexas ao tema, desenvolvimento sustentável e economia verde, sendo três classes de análise dos resultados, os quais estão relacionadas as questões norteadoras: relação entre desenvolvimento sustentável e economia verde; a economia verde pode ser um meio para promoção de políticas públicas e a aplicabilidade da economia verde pelo conhecimento científico.

A figura 2 exibe os principais dados da delimitação dos estudos até agora efetivados, no tocante as fases de amostragem, coleta de dados e análise dos textos:

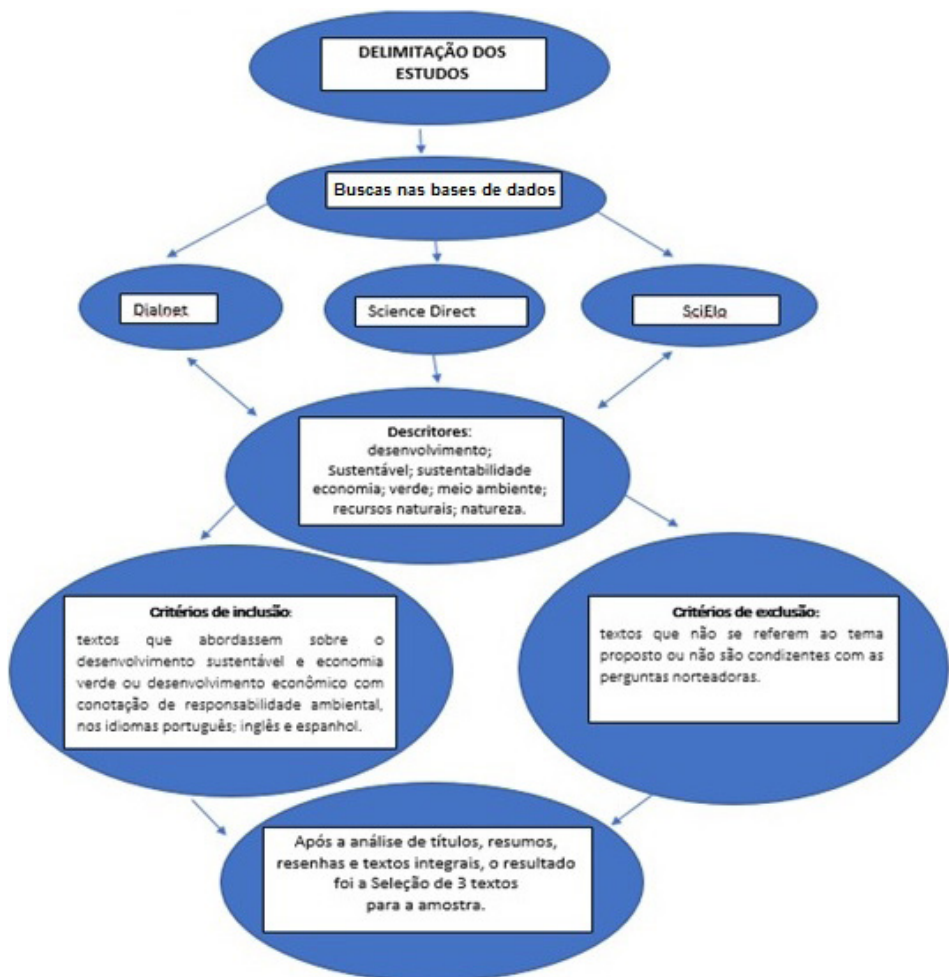


Figura 2 – Representação da Delimitação dos Estudos.

Fonte: dados da pesquisa (2018).

Dessa forma, realizou-se a leitura e análise dos textos selecionados e a aplicação dos critérios de exclusão e inclusão, resultando numa amostra final de 3 textos, os quais serão discutidos e terão os resultados pormenorizados na próxima etapa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A princípio as buscas bibliográficas nas bases de dados: *Dialnet*; *Science Direct* e *SciELO - Scientific Electronic Library Online* resultaram em 274 artigos que continham a expressão “economia verde”, sendo que depois da análise e da aplicação dos critérios inclusão e exclusão, apenas 3 textos foram selecionados para amostra do presente estudo. De tal modo que, para esta revisão integrativa, foram analisados três artigos, localizados consoante critérios antes mencionados.

Consoante ao tipo de metodologia de pesquisa desenvolvidas pelos textos analisados verificou-se que dois¹ deles são relatos de casos ou de experiências e que ambos detêm abordagem qualitativa/quantitativa e com evidência classificada no nível 5; o último texto² é uma revisão integrativa da literatura, com evidência classificada no nível 4.

A figura 3 a seguir, sintetiza as especificações de cada texto, onde se observa que o ano de publicação se concentrou em 2014 e que houve prevalência pela evidência 5.

Texto Nº	Autores e título	Periódico de publicação	Nível de Evidência	Considerações das temáticas
1	DINIZ, Eliezer M. BERMAN, Celio. Economia verde e sustentabilidade	Estudos Avançados 2012	5	Relaciona a economia verde ao bem-estar humano; a equidade social; a redução dos riscos ambientais e escassez ecológica, a partir de teses e dissertações da USP.
2	ALVES, José Eustáquio Diniz. População, desenvolvimento e sustentabilidade: perspectivas para a CIPD pós-2014, Rio de Janeiro	R. bras. Est. Pop. 2014	5	Analisa a ideia da economia a verde apresentada na Rio+20. Expõe que a economia verde e o desenvolvimento sustentável viraram maquiagem verde (greenwashing), sem perspectivas de conter o regresso ambiental.
3	SARTORI, Simone. LATRÔNICO, Fernanda. CAMPOS, Lucila M.S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura.	Ambiente & Sociedade, 2014	4	Define o desenvolvimento sustentável e relata o crescimento das abordagens sobre a economia verde. O estudo é rico em conceitos sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável.

Figura 3 – Textos levantados nas bases de dados.

Fonte: adaptado pela autores (2018) a partir de Souza (2010, p. 3)

1. DINIZ, Eliezer M. BERMAN, Celio. *Economia verde e sustentabilidade*. ALVES, José Eustáquio Diniz. *População, desenvolvimento e sustentabilidade: perspectivas para a CIPD pós-2014*.

2. SARTORI, Simone. LATRÔNICO, Fernanda. CAMPOS, Lucila M.S. *Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura*.

O primeiro texto da Figura 3, numa abordagem metodológica qualitativa/quantitativa, tem por objetivo identificar algumas linhas principais de atuação da USP relacionadas aos temas de economia verde e sustentabilidade (DINIZ, et. al., 2012).

O segundo texto da Figura 3, numa abordagem metodológica qualitativa/quantitativa, apresenta uma visão crítica ao expor que de nada resolveu a CIPD ter agrupado os princípios da Cúpula da Terra (Rio-92), adicionando a expressão sustentável ao desenvolvimento. Também foi um fiasco a ideia de economia verde, apresentada na Rio+20, em 2012. Assevera que, na prática, a economia verde e o desenvolvimento sustentável transformaram-se em maquiagem verde (*greenwashing*), sem perspectivas de conter o regresso ambiental. Afirma que a natureza precisa ser considerada por sua importância intrínseca e não pelos acréscimos utilitaristas que motivam os padrões insustentáveis da economia (ALVES, 2014).

O terceiro texto da Figura 3, apresenta uma metodologia de levantamento e bibliográfica quanto aos procedimentos técnicos de coleta de dados. Este texto os conceitos e as diferenciações entre o desenvolvimento sustentável e sustentabilidade. Com relação a economia verde, expõe que é crescente esta abordagem relacionada ao desenvolvimento sustentável. Explica que a sustentabilidade ambiental é a desmaterialização da atividade econômica, alegando que a diminuição do processamento de material pode diminuir a pressão sobre os sistemas naturais e expandir as políticas públicas ambientais para a economia. A sustentabilidade econômica é a conservação de capital natural, que é uma condição necessária para não haver decrescimento econômico (SARTORI, , et. al., 2014).

Condizente a primeira pergunta norteadora (Qual a relação entre desenvolvimento sustentável e economia verde?) houve consenso entre os três textos da Figura 3, os quais expõem, em suma, que se deve pensar sobre a relação do desenvolvimento de uma economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável, como forma de poupar os recursos naturais e aumentar a prestação de serviços ambientais; o bem-estar humano e a equidade social.

A segunda questão norteadora (Como a economia verde pode ser um meio para promoção de políticas públicas?) é respondida somente pelo primeiro texto da Figura 3, o qual apresenta que a economia verde pode ser um meio para promoção de políticas públicas específicas, quando se tem por objetivo fomentar políticas públicas com um desenvolvimento baixo em carbono, resiliente aos desastres e à mudança climática, criar empregos verdes e integrar nas decisões os custos e benefícios econômicos associados.

Por fim, há consenso dos três textos da Figura 3, no tocante a terceira questão norteadora (Como o conhecimento científico vem abordando a aplicabilidade da economia verde?), os quais abordam que a aplicabilidade da economia verde é um desafio para o desenvolvimento sustentável, porquanto, ainda se faz necessário reduzir os impactos ambientais negativos e melhorar o bem-estar das gerações atuais e futuras. (DINIZ, 2012; ALVES, 2014; SARTORI, et. al., 2014).

Ressalta-se que no mundo globalizado, os países ainda não chegaram a um acordo a respeito do que se entende por economia verde e que, portanto, a economia verde adquirirá características distintas de acordo com as prioridades e a particularidade de cada região, mas não se pode dissociar os objetivos de uma economia verde ao desenvolvimento sustentável (DINIZ, 2012).

Os resultados dos estudos apresentados indicam que o desenvolvimento sustentável em economia contempla uma das formas eficazes de promover a economia verde. Entretanto, a interface entre as temáticas da sustentabilidade e da economia verde ainda é pouca evidenciada no Brasil, pois, atualmente, há poucas análises de aplicações sustentáveis para identificar o tipo de resultados que podem ser esperados. Mas, parece haver um consenso sobre os desafios da sustentabilidade de integrar a economia, o meio ambiente e a sociedade, bem como, considerar as consequências das ações do presente no futuro; conscientizar e envolver a sociedade (SARTORI, , *et. al.*, 2014).

Extraí-se ainda dos textos analisados que a abordagem atribuída a economia verde é demonstrada como uma necessidade de implementação, por meio da reordenação das políticas públicas dessa área, com vistas ao desenvolvimento econômico sustentável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises dos textos, constatou-se que os estudos exaltam o desenvolvimento sustentável atinente à integração dos três pilares: ambiental, o social e o econômico, no entanto, a economia verde não foi objeto direto das investigações.

Embora tenha sido registrado um grande progresso, ainda não se obteve uma mudança no modelo de desenvolvimento que permita avançar simultânea e sinergicamente nas dimensões social, econômica e ambiental do desenvolvimento (OECD, 2008; MISOCZKY, 2012; ROMEIRO, 2012; SIMONS, 2014; TORRES, 1998; WENCESLAU, *et. al.*, 2012)

A necessidade de transitar para um novo modelo de desenvolvimento, que tenha o valor da igualdade no centro de suas ações e seja capaz de ir adiante de forma simultânea com o desenvolvimento social, o crescimento da economia e a sustentabilidade ambiental, põe a região e o mundo diante de um imperativo de mudança (ACSELRAD, 1999; COSTA, 1999; CECHIN, 2012; HAMDOUN, 2012; NAÇÕES UNIDAS, 2012; SEPE, 2014; LOPES 2016).

Nesse viés, faz-se necessário o desenvolvimento de linhas de pesquisa que busquem investigar as conexões interdisciplinares da economia verde, bem como, estudos exploratórios sobre os impactos gerados pela economia verde na urbanização das Cidades.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, Henri. **Discursos da Sustentabilidade Urbana**. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais nº 1, mai. 1999. P. 79 – 90.

AGUILAR, M; GONÇALVES, J. **Conhecendo a Perspectiva Pós-Estruturalista: Breve Percorso de Sua História e Propostas**. Conhecimento online. Novo Hamburgo. a. 9. v. 1. jan./jun. 2017, p. 36-44.

ALMEIDA, Luciana Togeiro de. **Economia verde: a reiteração de ideias à espera de ações**. Estudos Avançados, 2012, Volume 26 Nº 74, p. 93–103.

ALVES, José Eustáquio Diniz. **População, desenvolvimento e sustentabilidade: perspectivas para a CIPD pós-2014**. R. bras. Est. Pop., Rio de Janeiro, v. 31, n.1, jan./jun. 2014. p. 219-230.

CARO-RAMÍREZ, Edgar Ernesto. **Economía Ecológica. Paradigmas de la Economía**. Persona y Bioética, Jul 2016, Volume 20 Nº 2 Páginas 175 – 191.

CECHIN, Andrei; PACINI, Henrique. **Economia verde: por que o otimismo deve ser aliado ao ceticismo da razão**. Estudos Avançados, 2012, Volume 26 Nº 74, p. 121 – 136.

COSTA, Heloísa Soares Moura. **Desenvolvimento Urbano Sustentável: uma contradição de termos?** Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, n. 2, nov. 1999, p. 55-71.

DINIZ, Eliezer M. BERMANN, Celio. **Economia verde e sustentabilidade**. Estudos Avançados, Volume 26 Nº 74, 2012, p. 323-329.

GUIMARÃES, Roberto; FONTOURA, Yuna. **Desenvolvimento sustentável na Rio+20: discursos, avanços, retrocessos e novas perspectivas**. Cadernos EBAPE.BR, Set 2012, Volume 10 Nº 3 Páginas 508 – 532.

HAMDOUCH, Abdelillah; DEPRET, Marc-Hubert. **Sustainable development policies and the geographical landscape of the green economy: Actors, scales and strategies**. Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia, Dez 2012, Nº 94, p. 49 – 80.

LOPES, Alberto (coord). **Políticas públicas para cidades sustentáveis: integração intersetorial, federativa e territorial**. Rio de Janeiro: IBAM, MCTIC, 2016.

MISOCZKY, Maria Ceci; BÖHM, Steffen. **Do desenvolvimento sustentável à economia verde: a constante e acelerada investida do capital sobre a natureza**. Cadernos EBAPE.BR, Set 2012, Volume 10 Nº 3, p. 546 – 568.

NAÇÕES UNIDAS. CEPAL. **A sustentabilidade do desenvolvimento 20 anos após a cúpula da terra: avanços, brechas e diretrizes estratégicas para a América Latina e o Caribe**. Síntese. 2012. p. 09 - 55.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Introductory Handbook for Undertaking Regulatory Impact Analysis (RIA)**. 2008. 27 p.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. *Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica*. Estudos Avançados, 2012, Volume 26 Nº 74, p. 65 – 92.

SARTORI, Simone. LATRÔNICO, Fernanda. CAMPOS, Lucila M.S. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura**. Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XVII, n.1, jan-mar, 2014. p. 1-22.

SEPE, P. M.; PEREIRA, H.M.S.B; BELLENZANI, M.L; **O novo Código Florestal e sua aplicação em áreas urbanas: uma tentativa de superação de conflitos?** Anais APPURBANA - A dimensão ambiental das cidades, 2014.

SIMONS, Petrus. **A green economy?** Koers, Jan 2014, Volume 79, N° 1.

SOUZA, Marcela Tavares de; DA SILVA, Michelly Dias; DE CARVALHO, Rachel. **Revisão integrativa: o que é e como fazer.** Einstein, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010.

SOUZA, Celina. **Políticas Públicas: uma revisão da literatura.** Sociologias. n° 16. Junho/dezembro 2006, p. 20-45.

TORRES, H.G. **População e meio ambiente urbano: breve discussão conceitual.** In: XI Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 1998, Caxambu. Anais do XI Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 1998, p. 1645-1669.

WENCESLAU, Juliana; ANTEZANA, Natalia Latino; CALMON, Paulo du Pin. *Políticas da Terra: existe um novo discurso ambiental pós Rio +20?* Cadernos EBAPE.BR, Set 2012, Volume 10 N° 3, p. 584 – 604.

BIOSISTEMA DO ALIMENTO: DA ALIMENTAÇÃO HUMANA AO APROVEITAMENTO DE SEUS RESÍDUOS NA PRODUÇÃO DE ENERGIA

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 08/03/2021

Amanda Diely Brito Bulhões da Silva

Centro Universitário do Estado do Pará
(CESUPA)
Belém/PA
<http://lattes.cnpq.br/9722718596351144>

Alexandre Augusto Pinheiro de Oliveira

Centro Universitário do Estado do Pará
(CESUPA)
Belém/PA
<http://lattes.cnpq.br/3682241601828115>

Giulianna Campos Lamas

Centro Universitário do Estado do Pará
(CESUPA)
Belém/PA

Juliana Carolina Pantoja Revorêdo

Escola Superior da Amazônia (ESAMAZ)
Belém/PA
<http://lattes.cnpq.br/2850679556782947>

Satya dos Santos Gabbay

Centro Universitário do Estado do Pará
(CESUPA)
Belém/PA

RESUMO: Em Unidades de Alimentação e Nutrição, o desperdício é reflexo da falta de qualidade devendo ser evitado por meio de um planejamento adequado. Sendo assim o uso de biodigestores surge como uma alternativa sustentável e econômica, associado ao adequado

tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos, produzidos por UANs, e a diversificação da matriz energética. **Objetivo:** Construir um referencial teórico baseado em experiências na implantação de biodigestores para geração de energia através da decomposição de resíduos alimentícios. **Metodologia:** No estudo, foi feita uma revisão da literatura, utilizando o modelo de revisão sistemática de Cook e colaboradores, como base à construção de um biodigestor no “Preventório Santa Terezinha”, em Belém, PA. Em seguida, realizou-se um diagnóstico no local de estudo, através da aplicação de um formulário tipo questionário, para avaliar a melhor proposta de biodigestor. **Resultados:** É possível relatar que apesar de vários pontos positivos para ocorrer a implantação do biodigestor, foi observado para que aconteça a geração de biogás em grande quantidade é necessário além de resíduos alimentares, materiais como dejetos animais ou de humanos, além do que, a cozinha do Preventório fica localizada no segundo andar da escola, em consequência disso não seria viável a construção de um biodigestor, mas como opção, foi analisado que devido ter resíduos de alimentos produzidos diariamente, é possível a implantação de uma composteira para que gere adubo para horta do local. **Conclusão:** A partir dos resultados da pesquisa bibliográfica e o diagnóstico local foi possível concluir que o modelo ideal de sistema de tratamento de resíduos sólidos orgânicos, gerados no Preventório Santa Terezinha seria um biodecompositor com capacidade de 200 litros, eliminando os resíduos orgânicos e os transformando em adubo, além da contribuição para educação ambiental implantada na escola

trazendo mudanças comportamentais e oferecendo um olhar sustentável ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Biodigestor, Energia anaeróbia e Biogás.

FOOD BIOSYSTEM: FROM HUMAN FOOD TO THE USE OF ITS RESIDUES IN THE PRODUCTION OF ENERGY

ABSTRACT: In Food and Nutrition Units, waste is a reflection of the lack of quality and should be avoided through adequate planning. Therefore, the use of biodigesters appears as a sustainable and economical alternative, associated with the appropriate treatment of the organic fraction of solid residues, produced by FNU, and the diversification of the energy matrix. **Objective:** To build a theoretical framework based on experiments in the implantation of biodigesters for energy generation through the decomposition of food residues. **Methodology:** In the study, a review of the literature was made, using the systematic review model of Cook et al., As a basis for the construction of a biodigester in the “Preventório Santa Terezinha”, in Belém, PA. Next, a diagnosis was made at the study site, through the application of a questionnaire type form, to evaluate the best biodigester proposal. **Results:** It is possible to report that in spite of several positive points for the implantation of the biodigester, it was observed that in order to generate large quantities of biogas it is necessary besides food waste, human or animal desires and in the vicinity of the place do not have as the location of the Preventory kitchen is located on the second floor of the school, as a consequence of that would not be feasible the construction of a biodigester, but as an option, it was analyzed that due to having food residues produced daily, it is possible to implement a compost to generate fertilizer for the local garden. **Conclusion:** From the results of the bibliographic research and the local diagnosis it was possible to conclude that the ideal model of organic solid waste treatment system, generated in the Santa Terezinha Preventory would be a biodecompositor with a capacity of 200 liters, eliminating the organic residues and transforming them into fertilizer, besides the contribution to environmental education implemented in the school bringing behavioral changes and offering a sustainable look to the environment.

KEYWORDS: Biodigester, Anaerobic, energy and Biogas.

1 | INTRODUÇÃO

O assunto sustentabilidade ganhou atenção mundial devido ao fato de que ao adquirir recursos energéticos as nações devem priorizar o baixo custo e o menor impacto ambiental (SEGURA, 2014).

Segundo um estudo publicado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) em 2013, o desperdício global de alimentos por ano é de aproximadamente 1,3 milhões de toneladas, levando a perdas econômicas diretas de 750 milhões de dólares por ano, é também responsável por impactos nos recursos naturais, como a emissão 3,3 milhões de toneladas de gases com efeito estufa, na atmosfera do planeta (SILVA, 2009).

Estes resíduos, quando dispostos de maneira inadequada e dependendo da forma de gerenciamento, também contribuem para a emissão de gases do efeito estufa, causando impacto na saúde da população e no meio ambiente (CHANGE, 2007).

Em Unidades de Alimentação e Nutrição (UAN), o desperdício pode ocorrer em todo o processo de produção de refeições, no armazenamento, pré-preparo, cocção e distribuição, incluindo matéria-prima e recursos como água, energia e mão-de-obra. Envolve perdas de alimentos que não são utilizados ou até em preparações prontas não servidas, além de sobras nos pratos dos comensais que tem como destino o lixo (VAZ, 2006).

Nas UANs, o desperdício é reflexo de falta de qualidade devendo ser evitado por meio de um planejamento adequado, com a finalidade de detectar práticas que geram gastos e através de uma avaliação diária das sobras e restos produzidos como medida de controle (VASCONCELOS, 2015).

A escola possui um papel de destaque na formação crítica do aluno, e isto faz da mesma um ambiente que deve ser multidisciplinar. Para o futuro do aluno, deve ser problematizada e abordada criticamente, possibilitando a construção de novos conhecimentos. Esta preparação não deve ser linear e deve abordar distintas estratégias e métodos para o melhor desempenho do aluno no processo de ensino aprendizagem (FREITAS et al, 2018).

Contudo, a educação ambiental pode ser entendida como toda ação educativa que contribui para a formação de cidadãos conscientes da preservação do meio ambiente e aptos a tomar decisões coletivas sobre questões ambientais. Essas condições são necessárias para o desenvolvimento de uma sociedade sustentável, sendo um tema muito discutido atualmente, devido ao fato de se perceber a necessidade de uma melhoria do mundo em que vivemos, já que é facilmente notado que estamos regredindo na qualidade de vida de um modo geral (KRETZER, 2015).

Kretzer (2015), ainda afirma as crianças aprendem de forma participativa, apoiadas em vivências dentro e fora da escola, descobrindo suas aptidões, reunindo experiências e tirando suas próprias conclusões, em um processo pedagógico interativo, potencializando o poder de disseminação que cada criança possui em seus lares e no seu convívio (KRETZER, 2015).

Neste contexto a implantação de um sistema de tratamento de resíduo orgânico no Preventório Santa Terezinha, contribuirá para a educação ambiental das crianças que utilizam o espaço, além de contribuir ao descarte adequado dos resíduos orgânicos gerados.

2 | OBJETIVO

2.1 Geral

Construir um referencial teórico baseado em experiências na implantação de biodigestores para geração de energia através da decomposição de resíduos orgânicos alimentícios.

2.2 Específicos

- Identificar o tipo de biodigestor ou biodegradador mais viável para ser implantado no Preventório Santa Terezinha;
- Levantar dados quanto a UAN do Preventório Santa Terezinha e o destino de seus resíduos orgânicos;
- Estabelecer destino adequado dos resíduos alimentares;
- Demonstrar opção correta para destino final dos restos de alimentos;

3 | METODOLOGIA

Este estudo foi estruturado em 2 (duas) partes, num primeiro momento foi realizada uma revisão da literatura, utilizando o modelo de revisão sistemática de Cook e colaboradores (1995), com o objetivo de construir um referencial teórico que embasasse a construção de um biodigestor no “Preventório Santa Terezinha”, localizado na Avenida Almirante Barroso, em Belém, PA.

Foi realizado um levantamento em bases de dados eletrônicas *Elsevier*, EMBASE, *The Cochrane Library* (via *Bireme*) e LILACS e Google acadêmico, utilizando as palavras chave: biodigestor; Energia anaeróbia e Biogás. Como estratégia de identificação do estudo, foram utilizados variáveis e critérios de inclusão e exclusão, para salientar os artigos que melhor responderam aos objetivos deste trabalho.

A segunda parte do estudo foi a realização de um diagnóstico no local de estudo, através da aplicação de um formulário tipo questionário, para melhor verificação das condições locais para avaliar a melhor proposta de biodigestor. Os dados foram relacionados aos destinos dos resíduos orgânicos dessa unidade, como também foram observados e quantificados os restos das refeições dos alunos e funcionários em geral, para poder dar subsídios confiáveis aos resultados da pesquisa do trabalho.

3.1 Fontes dos dados e origem dos artigos

O estudo foi constituído por artigos publicados relacionados ao tema biossistema do alimento, no período de 2010 a 2019, devido o estudo ser sobre os processos químicos da geração do biogás e da criação de biodigestores terem a base de alguns estudos antigos e a adaptação do mesmo para implantação na sociedade ser de ideias atuais.

3.2 Seleção dos artigos

Os artigos foram selecionados de acordo com critérios de inclusão e exclusão, sendo estes importantes na identificação, seleção e avaliação dos resultados pertinentes que fundamentam a revisão.

3.2.1 Como critérios de inclusão

Relatos de caso, com base na criação e implantação de biodigestores;
Artigos de investigação e construção de biodigestores;
Artigos no idioma em português, espanhol e inglês;
Estudos relacionados à produção de biogás através da decomposição anaeróbica;

3.2.2 Como critérios de exclusão

Artigos de revisão de literatura, por não se tratar de fonte primária.

3.3 Caracterização dos artigos

Os artigos capturados para o estudo foram caracterizados e sistematizados em uma planilha de dados do *MicrosoftExcel®* de acordo com o Quadro 1. As mesmas serão utilizadas para dar base a revisão da literatura: Data de publicação /Idioma /País de origem/ Título/Indexação/Metodologia Utilizada/Resultados/Conclusão.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos periódicos pesquisados mediante as palavras chave biodigestor e resíduos alimentícios foram identificados um total de 428 artigos, a partir dos critérios de inclusão e exclusão de artigos restaram 17 (dezessete) artigos para compor este estudo, vale ressaltar a escassez de trabalhos recentes sobre o tema proposto.

Na base de dados Google Acadêmico foram selecionados 16 (dezesesseis) artigos associados à biodigestão anaeróbia, através do uso de resíduos orgânicos e alimentícios, sendo que estes artigos abordaram estudos associados ao tema proposto neste estudo. Destes 15 (quatorze foram realizados no Brasil, 1 (um) no México, 1(um) na Romênia. Quanto ao tipo de estudo 16 (dezesesseis) eram de estudos experimentais de construção de biodigestores e 1(um) de estudo de modelagem matemática. Com relação a estratégia de busca, a seleção dos 17 (dezessete) artigos foi realizada em Periódicos e no Google Acadêmico, onde 4 (quatro) artigos foram do periódico e 13 do Google acadêmico, Gráfico 3.

Um estudo experimental realizado no Laboratório de Saneamento Ambiental da EXTRABES, por Leite (2014) foi construído, instalado e monitorado um reator anaeróbio de batelada com capacidade de 2.200 litros, no qual foi utilizado como substratos resíduos orgânicos, tipicamente vegetais, provenientes de sistemas de tratamentos de águas residuais domésticas, constituído por 80% resíduos sólidos e 20% de lodo de esgoto sanitário.

Apesar de o substrato ter apresentado relação carbono/nitrogênio – C/N inferior ao recomendado para o processo de tratamento biológico, não foi evidenciada redução da produção de biogás e de gás metano, o autor obteve um percentual de sólidos totais

voláteis em torno de 70% dos resíduos, adequado ao recomendado, sendo uma fonte ótima de energia alternativa.

Entretanto, vale ressaltar no estudo a presença de iodo¹ anaeróbio de esgoto sanitário propiciou formação de substrato com característica neutra sem a necessidade do uso de espécies químicas alcalinizantes o que contribuiu para a formação de maior densidade bacteriana.

Segundo Silva (2015) é fundamental estabelecer o tipo de resíduo a ser utilizado como alimento às bactérias envolvidas no processo de biodigestão anaeróbia para a formação de biogás, principalmente o gás metano. Uma vez que a relação carbono/ nitrogênio é fator importante, por estar envolvido na formação de ácidos orgânicos utilizados pelas bactérias, sendo o carbono como fonte de energia e nitrogênio para a construção das estruturas celulares, assim destaca-se o material vegetal como uma das melhores matérias-primas.¹

No estudo experimental realizado na Universidade Estadual de Maringá/PR cujo objetivo foi verificar a capacidade de biodegradação anaeróbia de resíduos de frutas e verduras, oriundos da Central de Abastecimento Ceasa de Maringá. Os resíduos foram picados, triturados e inoculados com 20% de lodo de esgoto, para acelerar a capacidade de degradação do resíduo. Neste estudo os autores concluíram que há necessidade de considerar a diluição do resíduo, ou seja, a quantidade de inoculante ao meio, como forma de acelerar ou facilitar o processo de biodigestão anaeróbia (SGORLON, et al, 2011).

Santos (2017) afirma que a energia provinda da biomassa vem ganhando cada vez mais espaço, dentre as fontes renováveis de energia e que no Brasil este fato é ainda mais destacado devido à abundância de resíduos agroindustriais, urbanos e oriundos das criações animais realizados de forma intensiva. Considera-se assim, o Brasil como um país com grande potencial para produção limpa e barata sendo que no aspecto de educação ambiental, a implantação de um biodigestor, pode ter vantagens incomensuráveis, visto que pode ser alvo de intensas discussões e reflexões quanto ao uso e preservação do meio ambiente, das prospecções de futuro e como forma de integração da população.

No seu estudo foi realizado a construção e implantação de biodigestor caseiro, para tratamento dos dejetos gerados da suinocultura, integrando a universidade nas suas diversas áreas do conhecimento com a comunidade, a estimativa média da produção potencial de biogás, constatou que para cada 1 m³ de biomassa de dejetos de suínos se produz em média 30 m³ de gás metano (CH₄), levando em conta a qualidade e a quantidade da matéria seca e da quantidade de água, demonstrando a eficiência da integração entre universitários e comunidade, tendo um alto índice de aceitabilidade pela população local.

No estudo realizado por Sotti (2014) no restaurante universitário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, na cidade de Londrina, foi observado uma produção diária

1. Lodo de esgoto é um resíduo rico em matéria orgânica gerado durante o tratamento das águas residuárias nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). Biossólido é o nome dado ao lodo de esgoto, tratado ou processado, com características que permitam sua reciclagem de maneira racional e ambientalmente segura. Fonte: Adriana M. M. Pires (adriana@cnpma.embrapa.br) Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente

de no máximo 250 refeições, os resíduos gerados dos alimentos foram utilizados em sistema de batelada.

Esse método recebe o resíduo, sem injeção de ar no reator, para que seja realizada a fermentação anaeróbica. O biogás produzido é armazenado no interior do próprio biodigestor ou em um gasômetro acoplado ao sistema. Ao término da produção do biogás, o digestor é aberto e limpo, recebendo uma nova quantidade de substrato para que o processo seja reiniciado.

Nesse trabalho foram observados 3 tipos de reatores. O reator I possuía apenas esgoto sintético, reator II era composto por esgoto sintético e restos de alimentos e o reator III esgoto sintético e esgoto sanitário. Os reatores 2 e 3 tiveram um padrão de produção do biogás semelhante ao longo do tempo, tendo diferença apenas na amplitude de produção e o reator 1 não foi observado produção de biogás.

Cremones (2016) afirma que o biodigestor de operação batelada possui um sistema mais simples e de menor exigência operacional, sendo ele utilizado no seu estudo, onde foi colocado os substratos para o processo de digestão como a água residual de suinocultura e copos plásticos biodegradáveis produzidos a partir de fécula de mandioca. A partir do seu estudo foi possível analisar que os polímeros produzidos a partir de fécula de mandioca apresentam elevadas biodegradabilidade no seu processo anaeróbio devido isso foi garantido valores de pH próximos da neutralidade e as maiores produções acumuladas de biogás.

Contudo, Silva (2016) salienta que as comunidades rurais já procuram buscar meios para que possam desenvolver projetos voltados a sustentabilidade, contudo, para que ocorra o desenvolvimento deles, é necessário parcerias com entidades que possam planejar orientação e financiamento para que consigam possibilitar a execução dos programas.

A Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA) propôs uma hierarquização de ações para recuperação de alimentos com o objetivo de prevenir e aproveitar alimentos desperdiçados, sendo que os primeiros níveis da hierarquização correspondem à melhor maneira de prevenir ou aproveitar os resíduos alimentares, uma vez que trazem maior benefício ao meio ambiente, sociedade e economia. O reaproveitamento industrial dos alimentos desperdiçados é considerado atrativo, tendo destaque a produção de biogás com aproveitamento energético (DA ROCHA et al. 2016).

Para Kretzer (2016) o tratamento e descarte correto de resíduos orgânicos podem ser viabilizados com uso dos biodigestores, onde os resíduos orgânicos passam por um processo de biodigestão anaeróbia dentro do biodigestor, sendo degradado e estabilizando a matéria orgânica, alterando a estrutura bioquímica do resíduo, reduzindo microrganismos patogênicos, produzindo gases (biogás) como metano e biofertilizantes (matéria orgânica estabilizada), gerando menos poluentes.

Contudo, Silva (2016) relata que primeira etapa da construção de um biodigestor é escolher a área, ou seja, o terreno, o local precisa ser próximo à residência (cerca de 15

metros). O terreno deve ser nivelado para que se inicie de fato a construção. Santos (2017) complementa que a construção de um biodigestor pode ser desenvolvida em qualquer propriedade rural, sendo de grande importância para o fortalecimento e a consolidação da agricultura familiar na localidade onde este está inserido.

De acordo com Cioabla e colaboradores (2012), o uso de biodigestores permite a produção de biogás, descontaminação biológica e química de dejetos e a geração de biofertilizante por meio de processo anaeróbico. Entretanto, no estudo feito por Azevedo (2015), relacionado à classificação dos biodigestores e suas respectivas aplicações, ressalta que para definir o tipo de biodigestor é necessário levar em conta fatores como: o teor de sólidos totais, forma de alimentação e número de estágios e a quantidade resíduo orgânico tratado.

Devido a questão energética está sendo discutida, a matriz dos combustíveis fósseis é altamente poluente e consequentemente prejudicial ao meio ambiente. Assim, soluções energéticas limpas e renováveis se tornou alvo de muitas pesquisas em vários países do mundo. No Brasil, este é um fato ainda mais destacado devido ser um país com grande potencial para produção limpa e barata.

Com os dados levantados na literatura e no diagnóstico realizado no Preventório Santa Terezinha foi observado que a pessoa responsável pela UAN, possui conhecimento sobre a utilização do biodigestor como opção para produção energética limpa, além de ter um grande interesse na implantação do mesmo, por não utilizarem fonte de energia alternativa e por ser uma unidade escolar, considera importante, pela educação ambiental que pode ser estabelecida no local, e o envolvimento das crianças nesse processo.

No entanto, foi observado que apesar de informar que existe um local destinado a implantação de um biodigestor. A localização da cozinha, no segundo andar do prédio, sem uma área que evitasse a atração de pragas no local de preparação de alimentos, impossibilita a construção do mesmo, visto que, nos artigos estudados recomendam que os biodigestores devam ser construídos próximos ao local que será utilizado, geralmente, em ambientes externos que sejam amplos.

Quanto ao número de refeições, são produzidas cerca de 200 - 250 refeições diárias, incluídos lanches para turma da manhã, almoço para turmas do turno da manhã e da tarde e o lanche para a turma da tarde, sendo elaboradas diferentes preparações, gerando em torno de 7kg quilos de resíduos orgânicos semanais descartados, conforme demonstrado na Tabela 2. Todavia, cascas, talos entre outras sobras não são utilizadas nas preparações, podem ser utilizados também como substratos para o biodigestor.

No local, são realizados monitoramentos de restos de alimentos deixados pelos alunos, essa medida foi adotada pela nutricionista do preventório com o intuito de obter o controle dos desperdícios diários. Com a aprovação da responsável do refeitório, foram realizados a coleta de dados da ATA (caderno de registros) nos meses de fevereiro, março, abril e maio. Devido à falta de alguns registros semanais, foi estabelecido a utilização de

dados de um período de sete dias da semana de cada mês onde será demonstrado na Tabela 02.

Na tabela 02 apresenta os resíduos quantitativamente deixados pelos alunos, no almoço, no período de sete dias dos respectivos meses, no ano de 2019.

Mês	Resíduo Gerado (Kg)
Fevereiro	8,0
Março	8,0
Abril	6,4
Maio	7,7

Em relação a fonte de energia alternativa, o local não possui, apesar dos resíduos alimentícios serem uma boa opção para produção de energia, estudos experimentais apontam que é necessária quantidade significativa destes, inclusive o uso de esterco para acelerar o processo de degradação.

Esta informação foi corroborada por Silva (2015) que afirma que ao utilizar esterco bovino fresco, este auxilia no aumento da produção de 30-35% do volume em biogás, e que a produção de biogás a partir destes substratos varia em torno de 4,0 - 4,9 m³ de biogás/100 kg de esterco bovino. Por conseguinte, o uso de esterco bovino como inóculo é uma maneira de acelerar o processo da biodigestão anaeróbia (VICTORINO, 2016).

Contudo, observou-se que o ideal inicialmente seria a implantação de uma composteira, ou biodecompositores, com custo médio de R\$ 350,00 (trezentos e cinquenta reais), para produção de húmus, onde seria utilizado na horta do preventório como adubo orgânico. Ao comparar com o questionário, o orçamento deste é aproximado ao gasto mensal de gás no local, sendo este R\$300,00 (trezentos reais), portanto é uma alternativa não só sustentável, mas principalmente econômica.

De acordo com relato, no preventório, existem funcionários que podem fazer a manutenção e a alimentação do biodigestor assim como obter ajuda das colaboradoras da UAN para a seleção correta dos resíduos alimentares deixados diariamente, visto que no local não ocorre a coleta seletiva, utilizando o serviço da prefeitura para o descarte final dos seus materiais orgânicos. Apesar disso, a unidade não oferta fritura para os alunos, sendo assim, não são utilizados óleos em grande quantidade.

Com relação a geração de dejetos no local, foi identificado que não há criação de animais ou produção de fezes no preventório, inclusive as fezes humanas são diretamente ligadas ao esgoto, o que não condiz com a proposta recomendada para a construção de um biodigestor. Ademais não há acesso a locais próximos para realizar a coleta e alimentar o sistema de biodigestão, inclusive para utilizar fezes humanas haveria necessidade de elaborar um projeto oneroso.

Antunes (2019) salienta a definição de biocompostagem como sendo um processo complexo de transformação de resíduos biodegradáveis em matéria orgânica estável, que dependendo da sua origem possui degradação lenta ou rápida. Ademais, Santos (2018) relata o uso de misturas de materiais ricos em carbono com outros ricos em nitrogênio, este processo oferece matéria orgânica e energia, já os materiais nitrogenados potencializam o processo de degradação, pois o nitrogênio é fundamental ao crescimento microbiano. Portanto, quanto menor a relação C/N mais rápido finaliza a compostagem.

Em um estudo experimental realizado em Garopaba-SC com o intuito de adotar medidas que visem a reciclagem, como metodologia foi confeccionado e instalado biodecompositores orgânicos em escolas públicas do município. O método envolveu a construção de biodecompositores a partir de tambores de plásticos com 220 litros, estes anteriormente utilizados para armazenar azeítonas.

Para o projeto de implantação a metodologia do estudo descrito seria adequada ao Preventório, devido a produção constante de resíduos alimentícios produzidos no local, assim como sendo apropriada com a quantidade diária destes, além de adotar ação sustentável estando de acordo com o princípio de sustentabilidade que o local adere.

5 | CONCLUSÃO

A partir dos resultados da pesquisa bibliográfica e o diagnóstico local, foi possível concluir que o modelo ideal de sistema de tratamento de resíduos sólidos orgânicos, gerados no Preventório Santa Terezinha seria um biodecompositor com capacidade de 200 litros, eliminando os resíduos orgânicos e os transformando em adubo, além da contribuição para educação ambiental implantada na escola trazendo mudanças comportamentais e oferecendo um olhar sustentável ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, LF de S. et al. Consumo de resíduos agrícolas e urbanos pelo diplópode *Trigoniuluscorallinus*. **EMBRAPA Agrobiologia-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 162-168, mar/abr. 2019.

CHANGE, Intergovernmental Panel On Climate. **Report of the nineteenth session of the intergovernmental panel on climate change (IPCC)**. Geneva, 2007, 17-20 p.

CIOABLA, A. E., Ionel, I., Dumitrel, G.-A., Popescu, F. Comparative study on factors affecting anaerobic digestion of agricultural vegetal residues. **Biotechnology for Biofuels**, Timisoara, v. 5, n. 1, p. 39-44, 2012.

CREMONEZ et al. Biodigestão anaeróbia de polímero orgânico de fécula de mandioca. **Revista de Ciências Agrárias**, 2016, 39(1): 122-133. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15028>. Acesso em: 20 de abril de 2019.

DA ROCHA, Camila Marçal. **Proposta de Implantação de um Biodigestor anaeróbio de resíduos alimentares**. 2016 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em:<<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TCC-camila-final-pdf>>. Acessado em: 4 out. 2018.

DE AZEVEDO FRIGO, Késia Damaris et al. Biodigestores: seus modelos e aplicações. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 4, n. 1, p. 57-65, 2015.

DOS SANTOS, Sidney José et al. **Construção de um biodigestor caseiro como uma tecnologia acessível a suinocultores da agricultura familiar**: PUBVET, v. 11, n. 3, p. 290-297, Mar, 2017.

ESPERANCINI, Maura ST et al. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. **SciELO**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 110-118, 2007.

FREITAS et al. Construção de um biodigestor didático para a Estação Ciências do Parque Tecnológico de Itaipu. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 9, n. 2, p. 65-74 mai.– ago. 2018 e-ISSN 2358-0399. <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/8/sexoestec/art1877.pdf>. Acesso em : 13 de maio de 2019.

KRETZER & GOMES. Produção de biogás com diferentes resíduos orgânicos de restaurante universitário. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.5, n.4, p.551-565, 2016. Disponível em : <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/174375> . Acesso em : 12 de maio de 2019.

KRETZER et al. Educação ambiental em gestão de resíduos e uso de biodigestor em escola pública de Florianópolis. **Extensio: R. Eletr. de Extensão, ISSN**, Florianópolis, v. 12, n. 19, p.2-15, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/1807-0221.2015v12n19p2> . Acesso em: 12 de maio de 2019.

LEITE, Valderi Duarte et al. Bioestabilização anaeróbica de resíduos sólidos orgânicos: aspectos quantitativos. **Tecno-Lógica**, v. 18, n. 2, p. 90-96, 2014.

PACHECO, Sabrina et al. Montagem de biodecompositores orgânicos em escolas de educação básica do município de Garopaba-SC. **SEPEI- Seminário de Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC**, Santa Catarina, 2014.

SANTOS, G. S. O., A utilização de resíduos vegetais e de esterco bovino: uma alternativa para uma agricultura sustentável. **Repositório Digital UFFS**, 32 f, jun. 2018. Disponível em:<<https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/2002>>. acesso em: 19/05/2019.

SEGURA, Mateus Lini. A evolução da matriz energética brasileira: O papel dos biocombustíveis e outras fontes alternativas. In: **ÂMBITO JURÍDICO**, 15, 2014. **Anais eletrônicos**. Rio Grande, 2014.

SGORLON, Julia Guerra, et al. Evaluation of the COD and the C/N ratio in the anaerobic treatment of fruit and vegetable wastes. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 421, 2011.

SILVA&ARAÚJO. VIABILIDADE DE USO DE BIODIGESTOR CONTÍNUO: Um estudo de caso na Comunidade Arara, município de Tavares-PB. **Inter Espaço** Grajaú/MA v. 2, n. 7 p. 179-194 set./dez. 2016.

SILVA, Francisco Felipe Maia et al. Implicações e possibilidades para o ensino a partir da construção de biodigestor no IFRN-CAMPUS APODI. **HOLOS**, Ano 31, v. 6, p. 315-327, 2015.

SILVA, viabilidade de uso de biodigestor contínuo: Um estudo de caso na Comunidade Arara, município de Tavares-PB, **InterEspaço** Grajaú/MA v. 2, n. 7 p. 179-194 set./dez. 2016. Disponível em : <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.v2n7p179-194>. Acesso em : 20 de março de 2019.

SOTTI, Gustavo De. Biogás de digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos de restaurante universitário com efluente sanitário. 2014. 59 F. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014. Disponível em :<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2420>. Acesso em: 7 de maio de 2019.

VASCONCELOS, Milena Paula. avaliação do resto-ingesta e sobras de alimentos em uma unidade de alimentação e nutrição de uma unidade socioeducativa localizada em Abreu e Lima Pernambuco, 2015. 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso (especialização)- Instituto Nacional de Ensino Superior e Pesquisa- INESP e ao Centro de Capacitação Educacional, Recife, 2015. Disponível em: <https://www.cceursos.com.br/img/resumos/avalia--o-do-resto-ingesta-e-sobras-de-alimentos-em-uma-unidade-socioeducativa-localizada-em-abreu-e-lima-pe.pdf>. Acesso em: 28/02/2019.

VAZ, C.S. Restaurantes: controlando custos e aumentando lucros: 2.ed. Brasília: Metha, 2006.

VICTORINO A, Vianna J. N. S., Zaneti I. C. B. B, Vilarinho M. T. L. Biotecnologia e Sustentabilidade: Potencial de digestão anaeróbia na redução de resíduos, na produção de energia e de biofertilizantes Fronteiras: **Journal of Social, Technological and Environmental Science** v.5, n.1, jan - jun. 2016

CAPÍTULO 4

PRODUÇÃO DE BIOMASSA E BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE BOVINOS ANAEROBIAMENTE DIGERIDAS USANDO A MICROALGA *S. PLATENSIS*

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 07/03/2021

Denise Salvador de Souza

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
(UFRRJ)
Instituto de tecnologia/Departamento de
engenharia
Seropédica – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/2601170766094494>

Marcelo Henrique Otenio

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
(EMBRAPA Gado de Leite)
Juiz de Fora – Minas Gerais.
<http://lattes.cnpq.br/7429610959671819>

Henrique Vieira de Mendonça

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
(UFRRJ)
Instituto de tecnologia/Departamento de
engenharia
Seropédica – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/8897355054570578>

RESUMO: Microalgas são organismos que podem ser utilizados para biorremediação de águas residuárias e ao mesmo tempo, produzir biomassa rica em macromoléculas. No presente estudo a microalga *S. Pratenses* (*Arthrospira*) foi cultivada em água residuária de bovinocultura, após tratamento em reator UASB. Foram utilizados 2 fotobiorreator horizontais e duas diferentes temperaturas. Os resultados obtidos podem ser considerados promissores em termos

de produção de biomassa, com valores máximos de 6,6 g L⁻¹ e 0,610 g L⁻¹ dia⁻¹ de produtividade volumétrica. As remoções verificadas foram de 82,6%, 85,5%, 100% e 91,1% de DBO₅, ST, NH₄⁺, fósforo, respectivamente. A biofixação máxima de CO₂ encontrada foi de 942 mg L⁻¹ dia⁻¹. Por meio dos resultados obtidos, Podemos considerar que o pós-tratamento da água residuária de bovinos anaerobiamente digerida pode ser considerada uma estratégia importante para mitigar impactos ambientais, com benefício de uso da biomassa para obtenção de bioprodutos.

PALAVRAS-CHAVE: Biorecurso, biofixação, biomassa, tratamento de efluentes.

BIOMASS PRODUCTION AND BIOREMEDIATION OF ANAEROBICALLY DIGESTED CATTLE WASTEWATER USING *S. PLATENSIS* MICROALGAE

ABSTRACT: Microalgae are organisms that can be used for bioremediation of wastewater and, at the same time, produce biomass rich in macromolecules. In the present study, the microalgae *S. Platensis* (*Arthrospira*) was grown in cattle wastewater, after treatment in a UASB reactor. Two horizontal photobioreactors and two different temperatures were used. The results obtained can be considered promising in terms of biomass production, with maximum values of 6.6 g L⁻¹ and 0.610 g L⁻¹ day⁻¹ of volumetric productivity. The verified removals were 82.6%, 85.5%, 100% and 91.1% of BOD₅, ST, NH₄⁺, phosphorus, respectively. The maximum CO₂ biofixation found was 942 mg L⁻¹ day⁻¹. Through the results obtained, we can consider that the post-treatment of anaerobically digested cattle

wastewater can be considered an important strategy to mitigate environmental impacts, with the benefit of using biomass to obtain bioproducts.

KEYWORDS: Bioresource, biofixation, biomass, wastewater treatment.

1 | INTRODUÇÃO

Microalgas possuem relevante capacidade de produção de biomassa, composta por lipídios, proteínas e carboidratos, macromoléculas que servem como matéria prima na produção industrial (MATA et al., 2010; DE MENDONÇA et al., 2018). Devido a sua composição macromolecular, a biomassa pode ser utilizada para fabricação de produtos importantes como biocombustíveis (biodiesel, bioetanol, bio-óleo), biopolímeros, biofertilizantes, suplemento proteico dentre outros (BARKIA et al., 2019; DE MENDONÇA et al., 2020).

O cultivo das microalgas para produção de biomassa pode ocorrer com sucesso em vários resíduos líquidos como: água residuária de bovinocultura, suinocultura, abatedouros, esgoto sanitário, águas residuária de aquicultura (ALMOMANI et al., 2019; CARDOSO et al., 2020; DE SOUZA et al., 2021) ocorrendo assim, o processo de biorremediação desses efluentes. Além da remoção de nutrientes, as microalgas possuem a capacidade de assimilar a matéria orgânica solúvel *via* mixotrofia (MOHAMMADI et al., 2018). Coliformes totais e termotolerantes podem ser drasticamente reduzidos em reatores cultivados com microalgas, uma vez que muitas espécies são capazes de expelir metabólitos com efeito bactericida (KÜMMERER, 2008).

Nas últimas décadas houve crescimento na geração da água residuária de bovinocultura (ARB) em fazendas de produção intensiva para corresponder à demanda de consumo da sociedade (YU; KIM, 2017). Estes resíduos possuem elevado potencial poluidor, contendo relevantes concentrações de nutrientes e matéria orgânica. A DBO₅ da ARB pode estar entre 2.000 e 30.000 mg L⁻¹, o nitrogênio total entre 200 e 2.055 mg L⁻¹, amônia entre 110 e 1.650 mg L⁻¹ e o fósforo total entre 100 e 620 mg L⁻¹ (CHENG et al., 2019). Portanto, adotar metodologias inovadoras de tratamento, como o cultivo de microalgas, para biorremediação destes efluentes são importantes para reduzir a poluição ambiental.

Outro benefício ambiental do cultivo das microalgas é a fixação biológica de dióxido de carbono (CO₂) (DUARTE; FANKA; COSTA, 2020), um processo que ajuda na mitigação da poluição atmosférica. As microalgas realizam fotossíntese que exige elevadas taxas de fixação biológica de CO₂ para transformação do carbono em energia bioquímica (RIBEIRO et al., 2019).

Neste capítulo, será discutido resultados dos experimentos realizados com *S. platensis* em fotobiorreatores horizontais (FBH), operados sob duas diferentes temperaturas. Serão discutidos dados sobre remoção de poluentes, nutrientes e coliformes da ARB, assim como taxa de fixação de CO₂ e a produtividade de biomassa desta microalga.

2 | MATERIAIS E MÉTODO

A microalga utilizada nesta pesquisa foi *Spirulina platensis* (*Arthrospira*) extraída do banco de cultivo do Laboratório de Processos Fermentativos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), campus Seropédica, RJ, Brasil. O pré-cultivo da microalga foi realizado no meio sintético Zarrouk (ZARROUK, 1966), com iluminação de $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$. Além disso, foi realizada uma agitação por meio de um compressor de ar, para promover mistura homogênea entre o meio sintético e a microalga. A biomassa produzida nesta etapa foi utilizada para inoculação dos fotobiorreatores que receberam a água residuária.

A água residuária de bovinocultura foi anaerobiamente digerida por reator UASB e foi coletada na área experimental “Fazendinha Agroecológica” da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), campus de Seropédica, RJ, Brasil (coordenadas: 22° 45’ 21” S; 43° 40’ 28” W).

Para realização do experimento foi utilizado dois fotobiorreatores horizontais (FBH) com dimensões idênticas e volume útil de 7,5 L. Ao fundo de cada fotobiorreator foi inserido dois difusores de bolhas finas (20- μm), conectados a uma bomba de ar (Aleas, modelo AP-9804, China) para promover a mistura ARB com as microalgas. A caracterização da ARB após tratamento em reator UASB e utilizada como meio de cultivo, está apresentada na Tabela 1.

Parâmetros	Concentração
pH	7 _(0,15)
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	1496 _(2,2)
DQO (mg L^{-1})	1400 _(3,1)
DBO ₅ (mg L^{-1})	890 _(0,2)
DBO ₅ /DQO	0,64
ST (mL L^{-1})	650 ₍₂₂₎
SST (mL L^{-1})	28 ₍₈₎
SSV (mL L^{-1})	162 ₍₃₎
SV (mL L^{-1})	490 ₍₁₃₎
NTK (mL L^{-1})	558 ₍₄₎
NH ₄ ⁺ (mg L^{-1})	366 _(0,9)
NO ₃ ⁻ (mg L^{-1})	77 _(0,1)
PT (mg L^{-1})	79 _(0,2)
Colif. termotolerantes (NMP/100 mL)	$3 \times 10^{+5}$ _($3 \times 10^{+1}$)

CE (condutividade elétrica); DQO (demanda química de oxigênio); DBO₅ (demanda bioquímica de oxigênio); ST (sólidos totais); SST (sólidos suspensos totais); SSV (sólidos suspensos voláteis); SV (sólidos voláteis); NTK (nitrogênio total de Kjeldhal); PT (Fósforo total)

Tabela 1: Água residuária utilizada como meio de cultivo (De Souza et al. 2021)

Diferentes temperaturas foram utilizadas em cada FBR. O reator R1 foi operado à temperatura ambiente de 25 °C ($\pm 2,1^\circ\text{C}$). No segundo reator, R2, houve o controle de temperatura à 35 °C ($\pm 1,1^\circ\text{C}$), considerada ideal para cultivo *S. Platensis* (KUMAR; KULSHRESHTHA; SINGH, 2011). A iluminação foi mantida constante por 24 h dia⁻¹ com irradiância de 265 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Para conseguir fazer uma análise do crescimento da microalga *Spirulina* foram calculados o tempo de duplicação (Td), a taxa específica de crescimento máxima (μ_{max}), concentração de biomassa seca, produtividade volumétrica (Pv).

O tempo de duplicação (Td) foi obtido por meio da Equação 1.

$$Td = \frac{\text{LN}(2)}{\mu_{\text{max}}} \quad (1)$$

As produtividades volumétricas foram obtidas por meio da Equação 2.

$$Pv = \frac{X_f - X_i}{T_f - T_i} \quad (2)$$

Onde, $X_f - X_i$ = Diferença entre as concentrações de biomassa final e inicial, (g L^{-1}); e $T_f - T_i$ = Intervalo de tempo até o fim do processo (d).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), demanda bioquímica de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos voláteis (SV), nitrato (NO_3^-), nitrogênio amoniacal (NH_4^+), NTK (nitrogênio total de Kjeldhal); fósforo total (PT), coliformes termotolerantes e pH foram determinados em triplicatas conforme Standard Methods (APHA, 2012).

E por fim, a biofixação de CO_2 (R_{CO_2}) foi calculada com base na produtividade e na concentração de carbono orgânico contido na biomassa produzida (g g^{-1}), conforme Equação 3. Para determinar as concentrações de carbono orgânico na biomassa, foi obtido por análise elementar (Elementar Vario EL III, German).

$$R_{\text{CO}_2} \left(\text{mg L}^{-1} \text{d}^{-1} \right) = Pv \times C \times \left(\frac{M_{\text{CO}_2}}{M_C} \right) \quad (3)$$

P = Produtividade de biomassa ($\text{mg L}^{-1} \text{d}^{-1}$); C = Concentração de carbono na biomassa (g g^{-1}); M_{CO_2} = Massa molar do CO_2 (g mol^{-1}); M_C = Massa molar do carbono (g mol^{-1}).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os parâmetros para verificar o crescimento das microalgas pode ser citado a taxa específica de crescimento máximo (μ_{max}) em dia⁻¹ e o tempo de duplicação mínimo (Td) em dias. Os resultados nesta pesquisa foram de 0,3 dia⁻¹ no reator 1 (R1) e 0,22 dia⁻¹ no reator 2 (R2) para μ_{max} . Já o Td foi de 2 dias no R1 e 3,22 dias no R2 (Tabela 2).

FBH	Biomassa seca (g L ⁻¹)	Produtividade volumétrica (g L ⁻¹ dia ⁻¹)	Taxa específica de crescimento $\mu_{\max}$ (dia ⁻¹)	Tempo de duplicação (dias)	Biofixação de CO ₂ (mg L ⁻¹ dia ⁻¹)	Referência
R1	6,5 _(0,014)	0,5578 _(0,001)	0,30	2,0	882 _(5,6)	Presente pesquisa
R2	6,6 _(0,2)	0,610 _(0,18)	0,22	3,22	942 _(8,4)	DE SOUZA et al., (2021)

Os valores entre parênteses indicam desvio padrão; FBH- Fotobiorreator horizontal.

Tabela 2: Parâmetros da cinética, produção de biomassa e biofixação de CO₂ da microalga *S. Platensis*

Em relação ao $\mu_{\max}$ foi encontrado um resultado superior, porém próximo, do R1 comparado ao R2, levando a perceber que neste caso manter a temperatura em 35°C (R2) não auxiliou no crescimento da microalga. O Td também alcançou resultado melhor no R1 com somente 2 dias para ocorrer a duplicação. Esta estirpe demonstrou melhor crescimento à temperatura ambiente, mostrando estar adaptada as estas temperaturas, uma vez que por anos foi cultivada nestas faixas de temperatura.

Depois que a *S. platensis* alcançou seu máximo crescimento na ARB foi separado a biomassa da água residuária tratada e medido a concentração de biomassa seca e a produtividade volumétrica, outros parâmetros importantes para analisar se o cultivo da *Spirulina* na ARB obteve resultados expressivos. A biomassa seca medida no R1 foi de 6,5 g L⁻¹ e no R2 de 6,6 g L⁻¹ e a produtividade volumétrica foi 0,5578 g L⁻¹ dia⁻¹ (R1) e 0,610 g L⁻¹ dia⁻¹ (R2), valores apresentados na Tabela 2.

Os resultados encontrados para biomassa seca e produtividade volumétrica ficaram muito próximos. Desta forma o aquecimento de culturas desta cepa em específico podem descartadas em locais onde a temperatura ambiente seja elevada, acima de 25°C (±2,1°C). Segundo dados publicados pelos autores DOS SANTOS et al., (2020), boa parte do nordeste brasileiro seria uma região propícia ao cultivo de *S. platensis*, assim como correu com o cultivo na presente pesquisa nas condições climáticas da cidade de Seropédica (RJ).

Nesta pesquisa foram alcançados elevados valores de biomassa seca, resultado importante para utilização da biomassa para produção de bioprodutos, como biocombustíveis, biopolímeros e biofertilizantes.

ZHU et al. (2016) cultivaram a microalga *Chlorella sp.* em água residuária de bovino e alcançou os resultados de $\mu_{\max}$ entre 0,275 e 0,375 dia⁻¹ e Td entre 2,52 e 2,85 dias, valores muito próximos desta pesquisa. Por outro lado, os valores de biomassa seca e produtividade de biomassa dos autores citados foram menores comparados aos da presente pesquisa, com 2,88 g L⁻¹ de biomassa seca e 0,288 g L⁻¹ dia⁻¹ de produtividade de biomassa.

Os autores HENA et al. (2017) cultivaram *Arthrospira platensis*, na água residuária de fazendas de bovinos leiteiros e obtiveram biomassa seca de 5,35 g L⁻¹ e produtividade volumétrica de 0,41 g L⁻¹ dia⁻¹, valores próximos aos encontrados no presente trabalho.

Os resultados de biofixação de CO₂ também estão apresentados na Tabela 2. Valores elevados foram encontrados no R2 de 942 mg L⁻¹ dia⁻¹, já no R1 foi de 882 mg L⁻¹ dia⁻¹, portanto manter a temperatura do FBR em 35°C ajudou no processo de biofixação de carbono, entretanto com pouca variação (penas 60 mg L⁻¹ dia⁻¹ a mais) em comparação ao reator R1, operado à temperatura ambiente. DE MENDONÇA et al., 2018 encontraram valor máximo de biofixação de CO₂ de 547 mg L⁻¹ dia⁻¹ com o cultivo da microalga *Scenedesmus obliquus* em água residuária de bovinocultura anaerobiamente digerida, metade do valor registrado no presente trabalho para *S. platensis*.

Nesta pesquisa, valores relevantes de remoção de poluentes, nutrientes e coliformes foram encontrados (Tabela 3). A remoção de matéria orgânica chegou a valores máximos de 82,6% de DBO₅ e 73,6% de DQO, ambos em R2. A eficiência de remoção de sólidos alcançou valores máximos de 85,5% de ST e 92,6% de SSV (R2). Os nutrientes foram removidos da ARB de forma mais eficaz no R2, alcançando valores de 100%, 96,1% e 91,1% de NH₄⁺, NTK e PT, respectivamente. E por fim, os coliformes termotolerantes foram removidos com porcentagens similares no R1 e R2, com 99,9% e 99,7%, respectivamente. Com os dados apresentados, pode ser analisado que no R2, em geral, maiores remoções de contaminantes foram encontradas, embora a diferença entre os dois reatores tenha sido sutil.

Parâmetros	R1 (%)	R2 (%)
DBO ₅ (mg L ⁻¹)	77,05	82,6
DQO (mg L ⁻¹)	61,65	73,6
ST (mg L ⁻¹)	78,5	85,5
SSV (mg L ⁻¹)	88,4	92,6
NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	98,3	100
NTK (mg L ⁻¹)	97,5	96,1
PT (mg L ⁻¹)	90,1	91,1
Colif. termotolerantes (NMP /100 mL)	99,9	99,7

DQO (demanda química de oxigênio); DBO₅ (demanda bioquímica de oxigênio); ST (sólidos totais); SSV (sólidos suspensos voláteis); NTK (nitrogênio total de Kjeldhal); PT (Fósfoto total

Tabela 3: Eficiência de remoção de matéria orgânica, nutrientes e microrganismos com o cultivo da *S. platensis* na ARB

Valores de 80% de DQO, 98% NH_4^+ e 86,4% de fósforo foram encontrados pelos autores PRAJAPATI et al., (2014), similares aos encontrados na pesquisa exposta. Os autores citados cultivaram *Chroococcus sp.* em água residuária da pecuária leiteira sem tratamento prévio (exceto por filtração em laboratório).

Os valores encontrados de remoção de poluentes foram, portanto, relevantes para promover o cultivo da microalga *S. platensis* na ARB.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram expostos nesta pesquisa dados do crescimento da *S. platensis* na ARB e foram obtidos resultados relevantes de produtividade de biomassa, desta forma, este estudo é importante para verificar se é viável produzir biomassa para produção de bioprodutos. E além do mais, as remoções de poluentes orgânicos e nutrientes eutrofizantes da ARB foram elevados, determinando que este é um tratamento eficaz para este tipo efluente e que poderá ser aplicado em um futuro próximo.

REFERÊNCIAS

ALMOMANI, F. et al. Intergraded wastewater treatment and carbon bio-fixation from flue gases using *Spirulina platensis* and mixed algal culture. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 124, p. 240–250, 2019.

American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA, Washington. 2012.

BARKIA, I; SAARI, MANNING, N S.R. Microalgae for high-value products towards human health and nutrition, Mar. Drugs 17 (2019) 304, <https://doi.org/10.3390/md17050304>.

CARDOSO, L. G. et al. *Spirulina sp.* LEB 18 cultivation in outdoor pilot scale using aquaculture wastewater: High biomass, carotenoid, lipid and carbohydrate production. **Aquaculture**, v. 525, n. January, p. 735272, 2020.

CHENG DL, NGO HH, GUO WS, CHANG SW, NGUYEN DD, KUMAR SM (2019) Microalgae biomass from swine wastewater and its conversion to bioenergy. *Bioresour Technol* 275:109–122.

DE MENDONÇA, H. V. et al. Microalgae-mediated bioremediation and valorization of cattle wastewater previously digested in a hybrid anaerobic reactor using a photobioreactor: Comparison between batch and continuous operation. **Science of the Total Environment**, v. 633, p. 1–11, 2018.

DE MENDONÇA H.V., Assemany P., Abreu, M. et al. (2020) Microalgae in a global world: new solutions for old problems? *Renew Energy* 165:842–562. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.11.014>

DE SOUZA, D. S. et al. Enhanced *Arthrospira platensis* Biomass Production Combined with Anaerobic Cattle Wastewater Bioremediation. **Bioenergy Research**, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12155-021-10258-4>

DOS SANTOS MGB, DUARTE RL, MACIEL AM, ABREU M, REIS A, DE MENDONÇA HV (2020) Microalgae biomass production for biofuels in Brazilian scenario: a critical review. *Bioenergy Res* 14:23–42. <https://doi.org/10.1007/s12155-020-10180-1>

DUARTE, J. H.; FANKA, L. S.; COSTA, J. A. V. CO₂ Biofixation via *Spirulina sp.* Cultures: Evaluation of Initial Biomass Concentration in Tubular and Raceway Photobioreactors. **Bioenergy Research**, v. 13, p. 939–943, 2020.

HENA, S. et al. Dairy farm wastewater treatment and lipid accumulation by *Arthrospira platensis*. **Water Research**, v. 128, p. 267–277, 2017.

KUMAR, M.; KULSHRESHTHA, J.; SINGH, G. P. Growth and biopigment accumulation of cyanobacterium *Spirulina Platensis* at different light intensities and temperature. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 42, p. 1128–1135, 2011.

KÜMMERER, K. Pharmaceuticals in the Environment e Sources Fate Effects and Risks. First edition. Berlin, Germany, 2008.

MATA, T. M.; MARTINS, A. A.; CAETANO, N. S. Microalgae for biodiesel production and other applications: a review. *Renew. Sust. Energ. Rev.* v. 14, p. 217–232, 2010.

MOHAMMADI, M. et al. Cultivation of microalgae in a power plant wastewater for sulfate removal and biomass production: A batch study. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, n. 2, p. 2812–2820, 2018.

PRAJAPATI, S. K. et al. Algae mediated treatment and bioenergy generation process for handling liquid and solid waste from dairy cattle farm. **Bioresource Technology**, v. 167, p. 260–268, 2014.

RIBEIRO, D. M. et al. Characterization of different microalgae cultivated in open ponds. **Acta Scientiarum technology**, v. 41, p. 6–11, 2019.

YU, J. U.; KIM, H. W. Enhanced Microalgal Growth and Effluent Quality in Tertiary Treatment of Livestock Wastewater Using a Sequencing Batch Reactor. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 228, n. 9, p. 357, 2017.

ZARROUK, C. Contribution à l'étude d'une cyanophycée : influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima*. Université des Paris, 1966.

ZHU, L. D. et al. Cultivation of *Chlorella sp.* with livestock waste compost for lipid production. **Bioresource Technology**, v. 223, p. 296–300, 2016.

ESTUDO DE APLICABILIDADE DE POLIVINIL BUTIRAL COMO RESINA DE RECOBRIMENTO

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 07/03/2021

Eric Fabricio de Moraes Silva

UNITPAC – Centro Universitário Presidente
Antônio Carlos
Araguaína – TO
<http://lattes.cnpq.br/8719463552346779>

Adriano Luiz Roma Vasconcelos Cunha

UNITPAC – Centro Universitário Presidente
Antônio Carlos
Araguaína – TO
<http://lattes.cnpq.br/0638628868718065>

Thais Sousa Almeida

UNITPAC – Centro Universitário Presidente
Antônio Carlos
Araguaína – TO
<http://lattes.cnpq.br/7367196771882509>

RESUMO: Resíduos provenientes dos para-brisas, quando descartados de forma incorreta, formam grandes entulhos e agredem o meio ambiente. Decorrente disso, a presente pesquisa visa propor um novo produto que possa ser um possível destino para a reutilização desses resíduos. Esse produto consiste no desenvolvimento de um revestimento (verniz), proveniente da resina Polivinil Butiral (PVB). A pesquisa trabalhou diferentes aplicações da resina em basicamente dois testes, absorção e abrasão. Os resultados mostraram que na média as amostras chegaram a ter uma taxa de absorção apenas 9%, e uma perda de massa de 0

gramas após a abrasão, em umas das aplicações. Portanto, através dos resultados, o revestimento se mostrou com grandes possibilidades de ser viabilizado e utilizado, cumprindo com os seus objetivos.

PALAVRAS-CHAVES: Polivinil Butiral, PVB, Para-brisas, Revestimento, Vidro laminado.

APPLICABILITY STUDY OF BUTYRAL POLYVINYL AS RECOVERY RESIN

ABSTRACT: Waste from windshields, when disposed of incorrectly, form large debris and harm the environment. As a result, this research aims to propose a new product that can be a possible destination for the reuse of this waste. This product consists in the development of a coating (varnish), made from Polyvinyl Butyral (PVB) resin. The research worked different applications of the resin in basically two tests, absorption and abrasion. The results showed that on average the samples had an absorption rate of only 9%, and a loss of mass of 0 grams after abrasion, in one of the applications. Therefore, through the results, the coating showed great possibilities of being viable and used, fulfilling its objectives.

KEYWORDS: Polyvinyl Butyral, PVB, Windshield, Coating, Laminated glass.

1 | INTRODUÇÃO

A indústria automobilística vem crescendo cada vez mais, anualmente. Decorrente desse crescimento, a produção de para-brisas cresce proporcionalmente e futuramente grande parte

dessa quantidade será descartada de forma incorreta no meio ambiente. Segundo RAUBER (2014) no Brasil, apenas 1,5% da sua frota que saía de circulação por algum motivo, era destinada de forma adequada, enquanto os restantes eram despejados na maioria das vezes em aterros sanitários. Ao contrário do Brasil, a EUROPA e EUA na mesma época, tinha o índice de reciclagem de toda a sua frota superior a 50%, e almejavam chegar a 95% do total dos seus veículos até 2015.

Mesmo o vidro não sendo extremamente ofensivo à natureza, ele demora milhares de anos para se decompor e o descarte incorreto do mesmo acaba virando grandes entulhos misturados aos lixos comuns. O PVB é um dos componentes utilizados na fabricação dos para-brisas junto com o vidro laminado. Ele é uma resina com características similar ao plástico, leva cerca de 500 anos para se decompor, e é posto entre as placas de vidros e sofre um tratamento térmico. Em qualquer situação que o vidro possa ser danificado, os estilhaços ficam grudados no PVB, impedindo que se espalhem.

Para impedir o descarte incorreto na natureza desses resíduos gerados pelos para-brisas, é necessário fazer a logística reversa. Que na prática é a reutilização desses resíduos como matéria prima para fabricação de novos produtos. Portanto, a presente pesquisa busca propor um produto proveniente do PVB, para recobrimento de superfícies de madeira (verniz). Nesta pesquisa foi usado a madeira proveniente de páletes (pinho branco), devido ao fácil acesso a esse material e por ter semelhanças bem próximas da madeira comum.

Dessa forma, buscando criar um produto desse material, a pesquisa também propõe uma metodologia de extração ou separação do PVB em relação as placas de vidro, a diluição do PVB em forma líquida para aplica-lo nos objetos e análises através de testes de absorção e abrasão. Tudo isso, se resumindo a processos que resultaram no objeto de estudo desta pesquisa.

A viabilização desse produto traria consequências positivas, tanto ambientais quanto cultural. As grandes quantidades de resíduos gerados pelos para-brisas e descartados de forma incorreta na natureza seriam cada vez menores. Pois caso o mercado aceite o produto, cada vez mais eles seriam reciclados. E pelo lado cultural, a sociedade começaria a ter o costume de reciclar, devido os para-brisas deixariam de serem resíduos ou lixo para se tornarem matéria prima, pois começariam a serem valorizados e terem valor de mercado.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Em todas as pesquisas já feitas sobre a descoberta do vidro, nenhuma aponta ao certo quando o mesmo surgiu. AKEMAN (2000) conta a origem do vidro que surgiu há cerca de 4000 anos, no antigo Egito. Quando um grupo de mercadores acenderam uma fogueira na areia, usaram grandes pedaços de trona (Carbonato de sódio natural) para apoiar os

vasos que seriam usados para cozer os animais caçados, e adormeceram durante a noite. Quando acordaram, perceberam pequenos blocos brilhantes e transparentes, pelo o chão. Assim, surgindo o vidro através da fusão da areia.

Segundo Hedgbeth, carrot *et al* (2016, 2015, apud GOMES, 2018, p.24), os primeiros para-brisas utilizados nos automóveis, eram vidros comuns. Quando sofriam grandes avarias, acabavam atingindo e ferindo as vítimas que estavam no automóvel. Diante disso, surgiu o vidro laminado, criado pelo francês Edouard Benedictus, que era composto por duas camadas de vidro e entre eles existia uma camada de filme celulose, chamada de camada tríplice. Dessa forma, essa celulose tinha a função de impedir que os estilhaços espalhassem e atingisse a vítima.

As características mais comuns do PVB é a resistência, flexibilidade do material, alta claridade óptica e alta elasticidade. As propriedades do mesmo é resultado do grupo de butiral, hidroxil e acetil (FONTANELLA, 2018).

A principal aplicação do PVB é na indústria automobilista, com a fabricação dos para-brisas junto às placas de vidro laminado. O PVB tem a função de filtrar os raios ultravioletas que passam pelo o vidro, podendo prejudicar a saúde e danificam objetos. Na construção civil ele também é muito utilizado, não só pela segurança de evitar que o vidro se estilhaçasse e se espalhasse após o impacto, mas também por todas as características ditas anteriormente.

3 | METODOLOGIA (MATERIAIS E MÉTODOS)

3.1 Extração do PVB

Para iniciar o processo de separação da resina junto as placas vidro, o para-brisas foi limpo com uma espátula para a retirada de toda a cola nas bordas do vidro. Na sequência, com um auxílio de um martelo, o para-brisa foi separado em várias partes menores para serem inseridos no equipamento de ENSAIO ABRASÃO LOS ANGELES. Cujo objetivo era diminuir a granulometria do vidro. O equipamento é composto por um tambor de 719 x 510 (diâmetro x largura) de aço reforçado, tensão AC380V, sistema digital controlador dos giros e um motor elétrico que faz o seu acionamento. O mesmo possui 12 esferas de aço de 46,8 mm de diâmetro, que ajudam a desgastar o material, sendo necessária 2 mil rotações por minuto (RPM).

Após a retirada do material junto ao equipamento, parte do vidro já separado da resina, foi passado por uma peneira de 600 μ m e malha 30, para a separação do pó do vidro que seria utilizado nos testes adiante, como as de absorção e abrasão.

3.2 Preparação da amostra com PVB

As amostras de madeira proveniente de páletes (pinho branco) foram dimensionadas em tamanhos de 9,5 x 5 x 3 cm de comprimento, largura e espessura respectivamente.

Logo em seguida, as mesmas foram lixadas em todas as suas faces para garantir a homogeneização do recobrimento quando estiver em contato com a amostra. A lixa utilizada foi a de número 220 para o acabamento. Para um controle dos testes, as amostras foram numeradas e pesadas de acordo com a quantidade de peças disponíveis. A balança utilizada para a pesagem das amostras foi a BEL Engineering e modelo ES 2201.

Para diluir o PVB em forma líquida, o mesmo foi armazenado em um Becker junto ao solvente thinner por um tempo de 24h. Após isso, cada amostra foi recoberta com a resina com auxílio de uma espátula e passaram 24h secando para uma secagem por completa. Ao todo foram recobertas 27 amostras, sendo 15 para o teste de absorção e 12 para o teste de abrasão. Preparou-se 3 amostras para cada ensaio, para analisar se haveria dispersões dos dados.

O teste de absorção consistia em inserir as amostras em um tanque de água e por 24 horas. Após esse tempo, as amostras foram retiradas do tanque e imediatamente pesadas para coleta dos dados e os cálculos necessários.

O teste de abrasão foi realizado com a utilização de uma lixadeira SKIL F012723202, 220V, 50/60 Hz e 200W de potência. O teste consistia em manter um atrito constante na amostra em contato com a lixa durante 15 segundos. Os dados eram coletados para mostrar o quanto de massa o recobrimento perdia, devido à abrasão provocada pelo o aumento de temperatura resultante do atrito, e o quanto de avaria o corpo de prova sofria na sua superfície. As lixas utilizadas para a realização do teste foram a de número 60 e 220, para demonstrar a resistência da resina quando levada aos dois extremos da abrasão.

3.3 Preparação da amostra com 5%, 10% e 15% de carga de vidro ao PVB

Após o PVB ter sido diluído, para cada repetição de teste foi adicionado essas porcentagens de pó de vidro ao PVB, respectivamente. Essas porcentagens são referentes à quantidade de massa da resina utilizada para realização dos testes. Nessas amostras, diferentes das primeiras foram recobertas com três mãos de tinta. Ou seja, três camadas de PVB. Como já explicado o método de aplicação, neste caso as três camadas precisaram passar 24h secando, cada uma.

Esse procedimento foi necessário devido o vidro ter uma característica arenosa. Homogeneizado com o PVB, percebeu-se que a resina fica mais densa e mais viscosa e acaba dificultando a aplicação com mais de uma camada. Consequentemente, quando a espátula passa aplicando a segunda camada, acaba desgrudando parte da primeira, devido não estar bem secada em alguns pontos. Da mesma forma com a terceira camada.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Teste de absorção

O primeiro teste de absorção consistiu em na aplicação do PVB puro, com uma mão de verniz, sem adição de carga de vidro. O gráfico 1 a seguir, compara as médias para cada teste de absorção realizado.

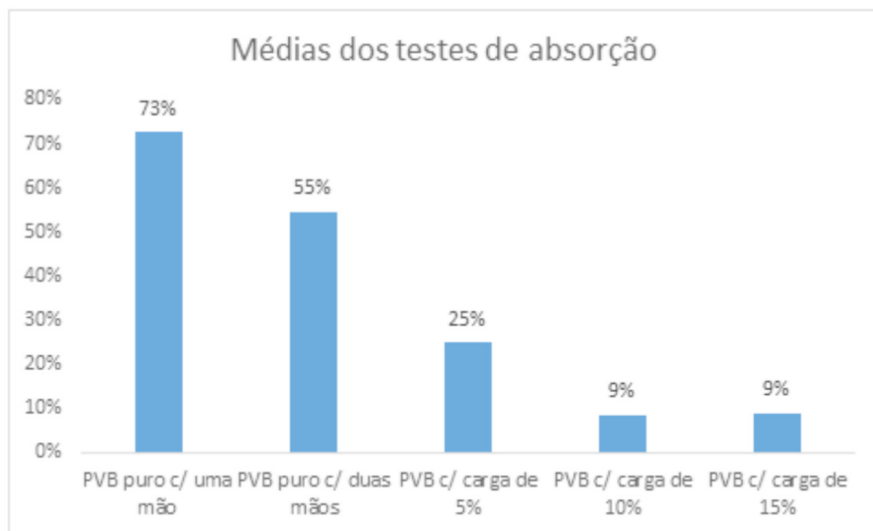


Gráfico 1 - Médias das taxas de absorções por teste.

Os dados refletem o que já havia sido mencionado anteriormente. A primeira coluna do gráfico ilustra bem que, pelo fato das amostras possuírem somente uma mão de tinta, a absorção foi significativa. A segunda coluna é responsável pela média do segundo teste, com PVB puro, mas com duas mãos de verniz. É possível constatar através do resultado, que a adição de mais uma camada, ajuda a dificultar a absorção, devido à unificação das duas camadas serem mais resistentes.

Os demais testes consistiram no recobrimento com três camadas de PVB mais a adição de 5%, 10% e 15% de carga de vidro homogeneizados com a resina. O objetivo foi observar se o vidro teria uma influência positiva nos resultados. Analisando o gráfico, percebe-se que as cargas de vidro, nas suas respectivas porcentagens, somadas com as três camadas da resina, tiveram um impacto na redução da absorção ainda maior, em comparação com os testes que não tinham a carga de vidro.

Esse resultado foi proveniente do aumento da consistência da resina, após ser homogeneizado com o pó de vidro. Ao longo da aplicação da resina nas superfícies das amostras, percebeu-se que conforme aumentava a adição de porcentagem de carga de

vidro ao PVB, a resina ficava mais densa e viscosa. Por conta disso, o recobrimento se tornava mais uniforme a cada camada aplicada nas amostras.

Tanto o teste com 5%, quanto o 10% foram reduzindo a absorção pela metade, tendo somente o de 15% possuindo o resultado semelhante ao de 10%, contrariando o que se esperava. Buscando entender as causas que levaram essa média ser mais alta do que esperado, observou-se que, com a carga de vidro de 15%, o PVB ficou muito mais viscoso e espesso. Isso até dificultou no recobrimento das amostras, devido a resina estar muito densa e bem pegajosa. Como já mencionado, o pó de vidro tem características sílica, arenosa. Misturado a um líquido ele suga o mesmo e fica muito denso.

Essa pode ter sido uma explicação para esse terceiro teste com carga de vidro. 15% de adição de vidro pode ter excedido o limite do PVB para que ele continuasse mais maleável e fácil de ser aplicado. Como consequência disso, a resina pode não ter alcançado uma resistência maior que o teste anterior, deixando algumas imperfeições entre a massa do recobrimento e permitindo a infiltração. Concluiu-se que para o PVB continuasse em um estado que não apresentasse resistência em aplica-lo quando homogeneizado com o vidro, e garantisse uma baixa absorção, a porcentagem máxima de adição de carga de vidro seria em torno de 10%.

4.2 Teste de abrasão

Após resultados satisfatórios obtidos com os testes de absorção, a pesquisa deu seguimento para novos testes. As amostras foram submetidas aos testes de abrasão com o recobrimento de 3 camadas de PVB. Esse procedimento, como já mencionado, consiste em provocar uma abrasão resultante do atrito entre a lixa e a superfície do corpo de prova durante 15 segundos, provocando um aumento de temperatura na superfície do recobrimento.

Os primeiros testes foram realizados com novas amostras e com o recobrimento de PVB puro, sem adição de pó de vidro para comparações com dados de outros testes. O objetivo do teste é mensurar o quanto de massa o recobrimento perde em atrito com a lixa e o estado da superfície após a finalização. A seguir, o gráfico 2, com as médias de cada teste de abrasão:

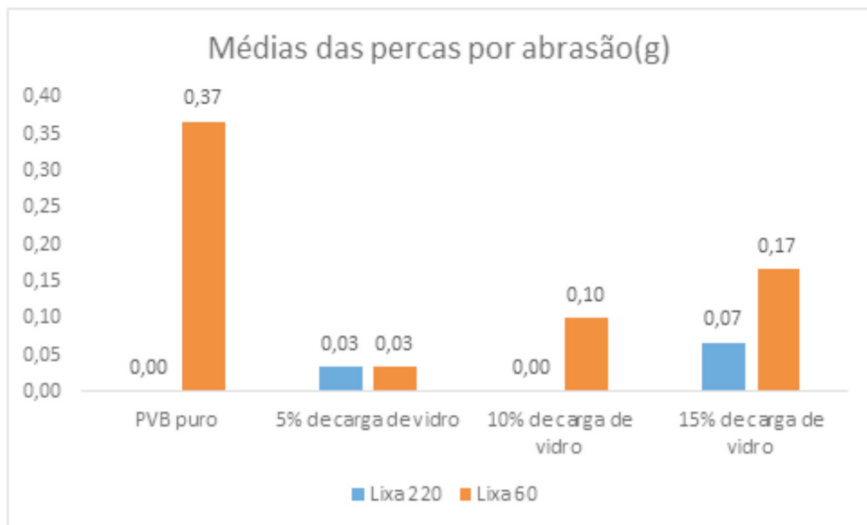


Gráfico 2 - Médias das perdas por abrasão.

Analisando o gráfico, nota-se que as abrasões provenientes da lixa 220, provocaram pouquíssimas perdas de massa. Através das médias, pode-se perceber que o recobrimento teve uma resistência positiva em relação a uma lixa que caracteristicamente é mais fina e menos áspera. Devido a esses fatores, as superfícies das amostras não sofreram avarias que comprometessem o recobrimento, sobrando apenas resquícios da lixa, resultante do atrito.

As abrasões provenientes da lixa 60 provocaram um desgaste maior, como mostra os resultados. Isso aconteceu devido o fato desta mesma lixa ser por característica mais áspera e bem mais espessa em relação à de 220, podendo ter mais chance de danificar o verniz. O recobrimento com o PVB puro, demonstrou um desgaste maior em comparação com os demais. Isso mostra, que mesmo com todas as amostras com 3 camadas de revestimento, a adição de carga de vidro se mostrou significativa na redução da perda de massa, aumentando a consistência do recobrimento. A seguir, figura 1 mostra a deformação em uma das amostras com o PVB puro, após a abrasão:



Figura 1 – Antes e depois da amostra após abrasão com a lixa 60

5 | CONCLUSÃO

A presente pesquisa buscou meios e métodos de reutilização desses resíduos descartados em grandes escalas no meio ambiente. A falta de políticas voltadas para o tema, poucos trabalhos de pesquisas apresentando soluções para esses problemas e cada vez mais ser necessário encontrar meios que possam reduzir o impacto do homem no meio ambiente, motivaram a realização desta pesquisa.

Os testes com o PVB acabaram apresentando bons resultados e mostrando que se reutilizado de forma correta, poderá ser útil. A cada teste de absorção foi possível concluir que, conforme o número de camadas da resina recobrindo a amostra, a taxa de absorção diminuía. Quando adicionada as cargas de vidro a resistência também aumentava contra a penetração da água.

Percebeu-se também o limite de porcentagem de adição de carga de vidro. Como já explicado, o vidro misturado ao PVB, acaba ficando mais denso e viscoso, dificultando a aplicação do recobrimento. Com isso, chegando à conclusão que entre 10% e 15% seria o ideal para não comprometer o recobrimento quando o objeto for submetido a situações dessa natureza.

Os testes de abrasão mostraram também grandes resultados usando a adição de carga de vidro. Conforme os testes foram sendo realizados, foi observado que, o comportamento do recobrimento apresentava maior resistência a grande abrasão, quando possuíam cargas de vidro. Dessa forma, foi possível concluir que o pó de vidro atua como uma película protetora do PVB, impedindo que a abrasão provocada pelo atrito danifique o recobrimento.

A presente pesquisa demonstrou na prática, através de testes e dados, um possível produto que possa ser um destino sustentável para esses resíduos. Os dados obtidos mostram que é possível viabilizar esse produto por apresentar um grande potencial de ser realmente útil e sustentável. A pesquisa também deixa a possibilidade de futuras melhorias, pois podem ser utilizados métodos melhores e consequentemente a obtenção de resultados melhores.

REFERÊNCIAS

AKERMAN, Mauro. **Natureza, estrutura e propriedades do vidro**. Publicação técnica. Centro técnico de elaboração do vidro. Saint-Gobain, Vidros-Brasil, p. 14-65, 2000. Disponível em: http://www.dimensaodigital.com.br/ufpr/cf361/vidro_SaintGobain.pdf. Acesso em: 13 jan. 2020.

ANAVIDRO – Associação Nacional de Vidraçarias. **Você sabia que os para-brisas podem ser reciclados?** 2013. Disponível em: <https://www.anavidro.com.br/voce-sabia-que-os-para-brisas-podem-ser-reciclados/>. Acesso em: 14 fev. 2020.

BARROSO, D. V. et al. **Considerações sobre a indústria do vidro no Brasil**. Rio de Janeiro. BNDES Setorial n. 26, p. 101-138, set. 2007. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2666> Acesso em: 20 jan. 2020.

GOMES, R. A. S. M. **Reciclagem de Para-brisas Automotivos: separação entre o filme de pvb e o vidro**. 2018. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Desenvolvimento de Materiais). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. 2018.

LIRA, W. S. LOURENÇO, J. C. **Logística reversa de resíduos vítreos: Um estudo de caso do processo implementado na unidade de beneficiamento e reciclagem de materiais vítreos**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 33, 2013, Salvador. Anais [...]. Salvador: ENERGEPE, 2013. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_185_053_23330.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.

RAUBER, M. J. **GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO SOBRE DESCARTE DE VIDROS AUTOMOTIVOS**. 2014. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão Ambiental). Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA, São Gabriel. 2018.

PINTO, C. D. P. **Caracterização das propriedades físicas e mecânicas da madeira de pinho bravo e de freixo do nordeste transmontano**. 2014. 123 p. Tese (Mestrado em Engenharia da Construção). Instituto Politécnico de Bragança Escola Superior de Tecnologia e Gestão. Bragança, 2014.

SANTOS, C.R. et al. **Licenciamento de veículos e seu impacto na cadeia produtiva do setor automobilístico: Estudo de caso em uma indústria de vidros**. In: Congress Of Industrial Management And Aeronautical Technology, 5, 2018 São José dos Campos. Anais [...]. São José dos Campos: V CIMATech, 2018. Disponível em: <https://publicacao.cimatech.com.br/index.php/cimatech/article/view/15>. Acesso em: 03 abr. 2020.

BIOPLÁSTICO DE AMIDO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA SOBRE DEGRADAÇÃO NO MEIO AMBIENTE

Data de aceite: 01/06/2021

Caio Vinícius Camargo Rodrigues

Universidade Paulista de Sorocaba
Mairinque – São Paulo

Pâmela Silva Garcia Rodrigues

Universidade Paulista de Sorocaba
Mairinque – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1506571377656719>

Éverton da Paz Santos

Escola SENAI “Luiz Pagliato”
Sorocaba-São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/4676887305070496>
<https://orcid.org/0000-0002-2078-2623>

João Pedro Palazzi do Espírito Santo

Faculdade de Engenharia de Sorocaba
São Roque – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3372494074516010>

Bruno Rodrigo Tomazini Borba

Escola Técnica Estadual de Mairinque
Mairinque – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3063458365263415>

RESUMO: A proposta deste trabalho foi produzir amostras de bioplásticos com características próximas aos plásticos convencionais e então demonstrar sua eficiência no período de biodegradação em solo. Optamos pelo polímero de amido, pois ele é um biopolímero barato produzido por muitas fontes renováveis. Foi observado que há uma tendência decrescente de absorção de umidade quando utilizamos

ácido na composição do bioplástico. Também observamos que nossas amostras têm forte potencial de biodegradabilidade, pois seu período de biodegradação de 90 dias é metade do previsto em norma, portanto mostrando-se promissor como alternativa viável para o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Bioplástico, amido, biodegradação, sustentabilidade.

ABSTRACT: The purpose of this work was to produce bioplastic samples with characteristics close to conventional plastics and to demonstrate their efficiency in the period of biodegradation in soil. We opted for the starch polymer because it is a cheap biopolymer produced by many renewable sources. It has been observed that there is a decreasing tendency of moisture absorption when using acid in the bioplastic composition. We also observed that our samples have a strong potential for biodegradability, since their biodegradation period of 90 days is half of what is predicted in the norm, thus showing promise as an environmentally feasible alternative.

KEYWORDS: Bioplastic, starch, biodegradation, sustainability.

INTRODUÇÃO

Atualmente o aumento do volume de resíduos gerados pelo ser humano é um dos maiores problemas da sociedade moderna quando estamos falando de sustentabilidade. Um dos maiores vilões dessa situação é o plástico sintético, material formado de macromoléculas

denominadas polímeros (do grego: poli: muitos, meros: partes), geralmente derivado do petróleo e que não é biodegradável, ou seja, é muito resistente a degradação natural. Isso acontece porque fatores tais como dureza, hidrofobicidade e alta massa molecular dificultam o ataque microbiano ao polímero sintético puro. (FRANCHETTI; MARCONATO, 2006).

Para Santos (2017, p.10):

O plástico é difícil de ser compactado e gera um grande volume de lixo. Portanto, ele ocupa um grande espaço no meio ambiente, o que dificulta a decomposição de outros materiais orgânicos. A durabilidade e resistência do plástico viram problemas após o descarte. Como é à prova de fungos e bactérias, sua degradação é extremamente lenta, podendo demorar mais de 100 anos.

O grande sucesso do uso do plástico é compreendido facilmente quando se entende que esse material combina com o baixo custo de produção, ótima resistência, versatilidade e além de boa aparência. A fabricação e utilização em larga escala dos plásticos ocorre há muitas décadas, e por isso hoje em dia já é impossível imaginar nossa sociedade sem o mesmo. Mas o problema em geral dos plásticos é que em longo prazo podem causar muitos danos ao meio ambiente, pois permanecem em condições variadas por centenas de anos dificultando o processo de degradação.

A busca por novos materiais provenientes de fontes naturais vem atualmente despertando interesse acadêmico e profissional. Uma alternativa para minimizar esse problema do acúmulo de lixo é pesquisar, discutir e encontrar formas de produção de plástico biodegradável, isto é, um plástico que é rapidamente degradado no meio ambiente pela ação de microrganismos, integrando-se novamente ao meio.

Os bioplásticos não utilizam o petróleo como matéria-prima, o que torna o seu processo produtivo muito menos agressivo ao meio ambiente. Pode ser produzido a partir de fontes renováveis naturais como o amido encontrado em abundância na biomassa residual de agroindústrias. Dentre os polímeros naturais, o amido tem sido muito utilizado em estudos sobre embalagens biodegradáveis, justamente por ser encontrado em abundância na natureza, possuir baixo custo e comportamento termoplástico (GUERRERO, 2016).

Os filmes de amido têm algumas desvantagens como forte comportamento hidrofílico, que faz desses materiais sensíveis em contato com a água, e propriedades mecânicas inferiores quando comparados com filmes de plástico convencionais devido à baixa flexibilidade. Nesse sentido, a adição de componentes como os plastificantes que se tornam importante, através de interações intermoleculares com a matriz polimérica, melhoram as características e propriedades dos filmes (BORGES et al. 2015).

Plastificantes como aditivos servem para diminuir forças entre as cadeias de polímeros, resultando em uma matriz mais flexível. Eles aumentam o alongamento do polímero e melhoram sua processabilidade por diminuir os pontos de fusão e amolecimento

e viscosidade do polímero. A IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) define plastificante como “substância ou material incorporado em um material (normalmente um plástico ou um elastômero) para melhorar sua flexibilidade, trabalhabilidade ou distensibilidade”. (SUMAN GUJAR et al. 2014).

Desta forma, este trabalho tem como objetivo apresentar um relato de experiência com alunos do curso Técnico em Química de uma escola estadual do interior de São Paulo, a partir da produção de um plástico biodegradável, com o objetivo de minimizar o impacto do tempo de degradação de resíduos no meio ambiente, em contraste com o plástico convencional derivado do petróleo.

Antigamente as cidades eram menores e o número da população restrita, além deste fato, o lixo residencial produzido antes da primeira Revolução Industrial era composto basicamente de matéria orgânica, sendo, portanto de fácil eliminação, bastava enterrá-lo. (SILVA et al. 2013). Conforme há o desenvolvimento de nossa sociedade, há também o aumento da globalização, das inovações tecnológicas, o aumento da população e incentivo do consumo, essas alterações em ritmo desenfreado vêm causando alterações constantes ao meio ambiente. Tais alterações negativas ao meio são causadas por nosso próprio desprezo ao ambiente em que vivemos e as consequências de nossos atos, dentre esses se destacam a disposição inadequada de resíduos sólidos, principalmente os feitos de plástico.

Os polímeros plásticos vêm revolucionando a indústria em todo o mundo desde sua invenção. Os plásticos sintéticos são polímeros que não se degradam no meio ambiente de forma natural. Como as substâncias que produzem são instáveis, a energia que se necessita para degrada-los é muito alta, e, portanto, se tornam poluentes. (CARDOSO et al. 2016).

Como o uso dos plásticos vem aumentando muito no mundo todo consequentemente é grande a quantidade de resíduos plásticos descartados no meio ambiente, isto é, 20% do volume total. O consumo de plásticos *per capita* no mundo é de 19 kg, sendo que nos EUA é de 80 kg, na Europa 60 kg e na Índia 2 kg. (FRANCHETTI e MARCONATO, 2006). O Gerenciamento desse tipo de resíduo se torna imperativo quando pensamos que em função de sua pouca degradabilidade os plásticos permanecem por períodos muito longos na natureza, provocando poluição visual e química do ambiente.

BIOPOLÍMEROS E OS BIOPLÁSTICOS

Os biopolímeros são todos aqueles polímeros produzidos a partir de recursos renováveis como o amido, celulose, açúcares e óleos vegetais. Deles se derivam os bioplásticos que provem da mesma matéria prima, mas quando sofrem um processamento diferente se originam os bioplásticos. Os bioplásticos são uma alternativa para reduzir a contaminação ambiental que geraram os resíduos plásticos, através de sua assimilação

com o meio ambiente, quer dizer, a maioria os bioplásticos são 100% biodegradáveis, sendo esta a principal vantagem frente aos plásticos derivados do petróleo.

Adicionalmente os bioplásticos podem chegar a ter muitas das mesmas características físicas de resistência que os plásticos convencionais. Outra de suas vantagens está em sua composição: os bioplásticos estão livres de aditivos sintéticos tóxicos tal como o bisfenol A, um aditivo prejudicial para a saúde que está presente na composição dos plásticos. A desvantagem dos bioplásticos frente aos plásticos convencionais está nas suas baixas propriedades mecânicas que limitam suas aplicações. Sua fabricação principalmente proveniente de resíduos agrícolas ou alimentos, em ambos a fabricação em grande escala poderia ter um impacto nos preços dos alimentos. (NARVÁEZ GUERRERO, 2016).

Ademais, esse processo de plastificação ou desestruturação do amido consiste na destruição da estrutura do próprio grão do. Esta desestruturação se dá através do método *casting* que consiste na solubilização do amido em um solvente e aplicação sobre um suporte para evaporação de solvente e consequente formação de uma matriz contínua que dá origem aos filmes. (RÓZ, 2004).

Ainda nesta perspectiva, os grãos de amido são processados geralmente por aquecimento em meio aquoso, o que resulta em sua gelatinização. Este provoca perda de ordem molecular e fusão dos cristalitos do amido, devido à quebra das ligações de hidrogênio responsáveis pela cristalinidade do polímero. (BRITO et al., 2011).

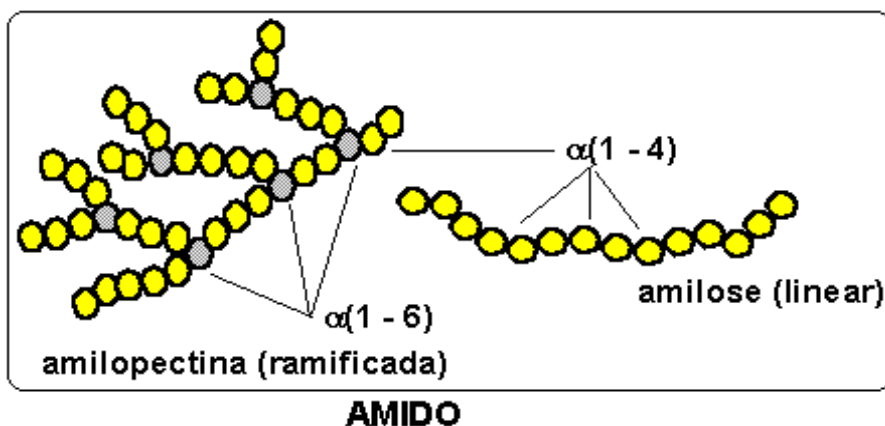


Figura 4: Ramificação da cadeia de Amilopactina.

Fonte: Brito (2011)

Muito abundante em nossa dieta o amido é encontrado em cereais (milho, trigo, aveia, farelos), biscoito, bolos, pães, massa, legumes e frutos (batata, mandioca, cebola, tomate, entre outros). O amido também é polímero de glicose, mas diferentemente da

celulose seus monômeros estão unidos por ligações glicosídicas alfa, razão pela qual é reconhecido por nossas enzimas digestivas. Isso permite que sofra digestão completa no organismo.

Os filmes de amido têm algumas desvantagens como forte comportamento hidrofílico, que faz esses materiais sensíveis em contato com a água, e propriedades mecânicas inferiores quando comparados com filmes de plástico convencionais devido a baixa flexibilidade. Nesse sentido, a adição de componentes como os plastificantes que, através de interações intermoleculares com a matriz polimérica, melhoram as características e propriedades dos filmes. (BORGES, et al. 2015).

METODOLOGIA

O artigo faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso de um grupo de alunos do curso Técnico em Química, do Centro Paula Souza – Escola Técnica Estadual de Mairinque-SP. Primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema, a fim de identificar como e de que forma o processo de degradação e a produção de bioplásticos aparecem nos artigos. Em seguida foram estudadas diferentes formulações de produção do plástico biodegradável. Após a leitura e análise dos artigos foram realizados alguns ensaios ou testes na produção das primeiras amostras no laboratório de análises físico-químicas da ETEC de Mairinque no período de outubro de 2017 a junho de 2018.

Produção das amostras: Na primeira parte do experimento produzimos algumas amostras do bioplástico de amido de acordo a Tabela 1. As proporções formuladas na referente tabela foram adaptadas e determinadas por nós de acordo com a literatura consultada.

Nº da Amostra	1	2	3	4
Amido	12,00 %	16,00 %	18,50 %	17,50 %
Água Destilada	84,00 %	80,00 %	71,00 %	70,00 %
Glicerol	4,00 %	4,00 %	5,50 %	5,00 %
Ácido Acético 5%	0,00 %	0,00 %	5,00 %	7,50 %
Total	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %

Tabela 1: Concentração e formulação das amostras.

Fonte: Autoria Própria (2018).

Nas amostras 1 e 2 utilizamos diferentes relações de amido e água respeitando a relação de plastificante (glicerol) e optamos por não utilizar ácido, pois algumas referências na literatura não utilizam nenhum tipo de ácido conforme orientação de Godínez Cardoso *et al* (2016). Nas amostras 3 e 4 aumentamos as relações amido e glicerol, e acrescentamos Ácido Acético como agente desnaturante da proteína de amilase, diminuindo suas ramificações.

O amido de milho foi misturado com a água, o glicerol e o ácido. A mistura foi aquecida até fervura, e mantida em aquecimento dentre 70 a 80° C, durante 15 minutos em agitador magnético com aquecimento, sob agitação constante até a mistura viscosa e opaca se tornar transparente, e então cada amostra foi espalhada uniformemente com a ajuda de um bastão de vidro sobre placas de vidro de relógio simulando camadas mais finas e placas de petri simulando camadas mais espessas, e então deixadas para secar por 7 (sete) dias.



Figuras 1 e 2: Produção e amostras prontas antes da secagem.

Fonte: Autoria Própria (2018).

Determinação de absorção de umidade: Na segunda parte do experimento determinamos relação de absorção de umidade nas amostras, cuja metodologia adaptamos de Suman Gujar *et al* (2014). Este parâmetro serve para determinar se o plástico será útil

em diferentes aplicações, e também servirá de parâmetro para eficiente degradação. O peso seco das amostras foi determinado em balança semi-analítica. As amostras foram imersas em água em um intervalo de 10 minutos e então pesadas novamente. Depois determinamos a de porcentagem e quantidade de absorção de umidade nas amostras.



Figura 3: Amostras imersas em água.

Fonte: Autoria Própria (2018).

Biodegradação: Na terceira parte do experimento enterramos as amostras em solo em duas condições diferentes. Uma das condições no solo da horta da própria instituição, onde há interferências ambientais onde acreditamos ser mais próximas de simular uma condição real de descarte, e outra condição que acreditamos ser mais controlada, onde o solo foi retirado de uma planta encontrada nas dependências da biblioteca da escola, e as amostras imersas no solo foram mantidas em ambiente controlado dentro do laboratório sobre a bancada. Ambas amostras nas duas condições foram enterradas alguns centímetros no solo no dia 12 de Março de 2018, foram visitadas e observadas por nós durante três vezes no período aproximado de 3 meses.

O tempo de degradação dos materiais plásticos varia de acordo com o tipo do material, porém, os recipientes mais comuns como garrafas de plástico, para armazenar refrigerantes, levam mais de 500 anos, tampinhas de garrafa podem levar de 100 a 500 anos e copos de plástico de 200 a 450 anos (GRIPPI, 2001).



Figura 4: Amostras do solo.
 Fonte: Autoria Própria (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de absorção de umidade: Na primeira análise das amostras do bioplástico que foram produzidas, observamos a relação de absorção de umidade de acordo com a Tabela 2 abaixo.

Amostra	Peso Seco	Peso Úmido	Absorção
1	4,66	5,6	20,17%
2	4,72	5,54	17,37%
3	4,69	5,23	11,51%
4	4,73	5,3	12,05%

Tabela 2: Teste de absorção de umidade.
 Fonte: Autoria Própria (2018).

Observamos que as amostras 1 e 2, cujas não foram produzidas com ácido acético, demonstraram um ganho maior de absorção de umidade em relação as respectivas de 20,17% e 17,37%, comparadas com as amostras 3 e 4 cujas respectivas porcentagens de absorção foram de 11,51% e 12,05%.

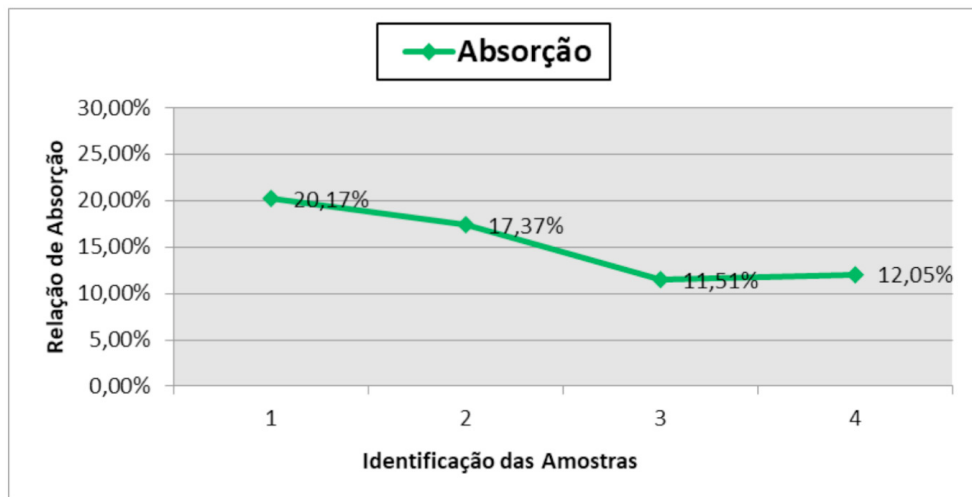


Gráfico 1: Relação de absorção de umidade.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O Gráfico 1 demonstra uma curva de absorção de umidade decrescente para as amostras 3 e 4, o que indica uma tendência de absorção menor quando é utilizado ácido na composição do plástico. Há uma diferença de quase 10% entre as amostras produzidas sem ácido e com ácido quando comparamos as amostras 1 com 20,17% e 3 com 11,51%. Este parâmetro encontrado dentre nossas análises o mais controverso, pois o plástico com maior absorção de umidade não poderá ser utilizado na maioria das aplicações, como embalagens tanto de líquidos como de alimentos sólidos, porém quanto maior sua absorção de umidade mais rápida e eficiente será sua decomposição no meio ambiente. (NARVÁEZ GUERRERO, 2016).

Análise de biodegradação: As amostras enterradas no solo da horta foram desenterradas e observadas em três ocasiões, na primeira aproximadamente 15 dias após terem sido enterradas não foram encontradas grandes mudanças. Na segunda visita, passado aproximadamente um mês já observamos sinais de degradação, tais como mudança de cor e textura do material. Na terceira e última visita aproximadamente 90 dias após o início do experimento não encontramos mais vestígios das amostras, e concluímos que já haviam sido decompostas.

Em contrapartida, as amostras enterradas em solo dentro do laboratório demonstraram um comportamento de decomposição mais lento, ao mesmo tempo em que, apesar de o teste haver sido iniciado no mesmo dia para ambos os casos, na data em que se foi constatado a total decomposição das amostras da horta, as amostras do laboratório se encontravam em estado avançado de decomposição, porém ainda puderam ser encontradas, observadas e manipuladas. Para Neves *et al* (2013 p.6) apontam que:

Por conta de o plástico possuir como sua matéria-prima o amido, presente nos resíduos de batata, poupa o recurso não renovável (fóssil) que é a matéria-prima largamente utilizada. Com tal alternativa, o processo de obtenção de plástico tornou-se mais sustentável, uma vez que o resíduo proposto é facilmente obtido e não impacta tanto os ecossistemas já que os detritos seriam anteriormente descartados.

Foi observado ao teste ocular, e manual, que estas amostras se mostraram em estado avançado de decomposição, conclusão tomada pelo grupo, ao que todos constataram que de modo comparativo com as amostras deixadas em condições de não compostagem, as amostras do teste estavam secas e quebradiças, se desfazendo parcial ou completamente ao toque, enquanto as deixadas sobre a bancada longe do solo ainda estavam firmes e elásticas, mantendo as características principais desde o início do experimento, conforme podem ser observados nas figuras 5 e 6 a seguir:



Figuras 5 e 6: Amostra padrão e amostra submetida ao teste respectivamente.

Fonte: Autoria Própria (2018).

Acreditamos que a diferença no tempo de decomposição das amostras para as condições diferentes do teste esteja de acordo com o esperado, pois levamos em

consideração fatores como agentes naturais biológicos e ambientais. As amostras da horta foram expostas a condições ambientais naturais como a chuva, as variações de temperatura, e até a exposição a radiação ultravioleta dos raios solares os quais podem penetrar alguns centímetros através do solo, e devemos levar em consideração fatores biológicos como população de bactérias, fungos saprófitos, e pequenos animais detritívoros, como as minhocas por exemplo. A norma ASTM D6400 especifica como critério de biodegradabilidade o tempo de 180 dias, o qual foi alcançado por nosso experimento. Este resultado foi semelhante ao trabalho de Santos (2017, p.15) a autora aponta que

A degradação do material plástico feito de amido possui degradação mais rápida agredindo menos o meio ambiente, geralmente leva em torno de duas semanas para sua decomposição. Porém, neste caso, pode-se inferir que a degradação foi acelerada possivelmente pelo fato de que o período em que os materiais de mantiveram enterrados foi extremamente chuvoso, tendo contribuído para acelerar o processo. Antes do início da atividade os participantes levantaram o pressuposto que o plástico de amido teria maior facilidade de se fragmentar do que o plástico comum, prevendo que seria o bioplástico que se degradaria com maior facilidade.

A autora concluiu em seu trabalho que a atividade experimental possibilitou que os estudantes observassem que o bioplástico pode se degradar em uma semana e que desta forma causa menos impacto no meio ambiente, e pelo plástico de sacola estava praticamente intacto demonstrava que causava mais danos a natureza.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme nossas análises, podemos perceber que os plásticos com mais consistência foram os que utilizaram ácido acético em sua composição, o que indica que a degradação da molécula de amido é muito importante para o processo de formação do filme. As amostras com esta composição tiveram um ganho de absorção de umidade menor quando comparada as outras amostras. Este parâmetro é controverso pois os plásticos com maior absorção de umidade terão maior taxa de biodegradabilidade, porém se a taxa de absorção for muito alta este poderá perder aplicabilidade. Quanto à análise de biodegradação fomos surpreendidos, pois o resultado se mostrou muito promissor, com apenas metade do período previsto na norma ASTM D6400 que estabelece 180 dias para biodegradação de bioplásticos.

Por fim, há uma série de finalidades propostas para o material produzido nesse projeto como, por exemplo, transportador de plantas, sacolas de excrementos de cachorros, embalagens inteligentes para frutas, entre outras que gostaríamos de testar num próximo projeto. Recomendamos para futuros trabalhos que venham a utilizar nosso trabalho como referência, alguns acertos e testes que podem ser feitos, como o acréscimo de alguns aditivos em sua fórmula base, como uma pequena porcentagem de agente antifúngico, e

estabilizantes que seriam interessantes para algumas finalidades que necessitem de uma vida útil maior, pois nossa formulação se demonstrou simples, o que não foge da proposta, porém uma de nossas amostras sofreu até mesmo ataque de fungos após alguns dias sobre a bancada do laboratório.

O acréscimo de aditivos para melhorar as propriedades mecânicas dos bioplásticos também é encontrado em diversos trabalhos de referência no assunto como fibras vegetais, nano partículas de argila, entre outros que gostaríamos de ter tido a oportunidade de testar. Não foi possível a realização de teste físicos e mecânicos como de força de tensão, e elasticidade, porém estes necessitam de aparelhagem a qual não tínhamos a disposição.

REFERÊNCIAS

ASTM, Norm. D6400-12: Standard specification for labeling of plastics designed to be aerobically composted in municipal or industrial facilities. 2012.www.astm.org , acessado em 24/02/2018.

BORGES, J. A. et al. Influence of different starch sources and plasticizers on properties of biodegradable films. **International Food Research Journal**, v. 22, n. 6, 2015.

BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M. ; MÉLO, T. J. A; DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS - UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.

CARDOSO, María Fernanda Godínez et al. BIOPLÁSTICOS: SOLUCIONES AMBIENTALES. <http://vinculacion.dgire.unam.mx/Memoria-Congreso-2016/trabajos-ciencias-biologicas/biologia/11.pdf>, acessado em 26/04/2018.

FRANCHETTI, Sandra Mara Martins; MARCONATO, José Carlos. Polímeros biodegradáveis-uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, p. 811-816, 2006.

GRIPPI, S. **Lixo, reciclagem e sua história: guia para as prefeituras brasileiras**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

GUJAR, Suman; PANDEL, Bartik; JETHOO, A. S. Effect of Plasticizer on Mechanical and Moisture Absorption Properties of Eco-friendly Corn Starch-based Bioplastic. **Nature Environment and Pollution Technology**, v. 13, n. 2, p. 425, 2014.

NARVÁEZ GUERRERO, María Alejandra et al. Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón. 2016. **Trabalho de Conclusão de Curso. Quito: USFQ**, 2016.

NEVES, Jaqueline Moraes et al. PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DA CASCA DA BATATA (*Solanum tuberosum*): O DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO INTERDISCIPLINAR. **COBENGE – XLI. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. 23 a 26 de setembro. Gramado-RS.2013.

RÓZ, Alessandra Luíza da; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, **Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais**. Preparação e caracterização de amidos termoplásticos, il. **Tese (Doutorado)**.2004.

SANTOS, Jane Paula dos. Práticas Educativas em Biotecnologia: Integrando a Biologia e a Química em um Estudo de Bioplástico de Amido. **Trabalho de Conclusão de Especialização**. Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Joinville-SP, Ciência e Tecnologia. 2017.

SILVA, Claudionor Oliveira; SANTOS, Gilbertânia Mendonça; SILVA, Lucicleide Neves. A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 13, n. 13, p. 2683-2689, 2013.

CAPÍTULO 7

A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS TÊXTEIS E O CICLO DE VIDA DE ARTEFATOS DE MODA EM INDÚSTRIAS DE CONFECÇÃO

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 08/03/2021

Mariana Moreira Carvalho

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)
Florianópolis — Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/4716148298606671>

Valdecir Babinski Júnior

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
Jaraguá do Sul — Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/3236784093903342>

Neide Köhler Schulte

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)
Florianópolis — Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/2166230362197561>

Célio Teodorico dos Santos

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)
Florianópolis — Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/0731129342074111>

Silene Seibel

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)
Florianópolis — Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/3184027179891415>

Icléia Silveira

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)
Florianópolis — Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/7917562140074797>

RESUMO: Este capítulo de livro tem como objetivo investigar a problemática da destinação dos resíduos sólidos têxteis gerados em processos produtivos de indústrias de confecção. Metodologicamente, o trabalho enquadra-se como pesquisa descritiva, básica e bibliográfica. Como método de coleta de dados realizou-se uma revisão de literatura assistemática e narrativa sobre conceitos como Design Verde, ecoeficiência, ecoefetividade e avaliação do ciclo de vida de artefatos de moda. Chega-se à conclusão de que a destinação adequada dos resíduos sólidos têxteis pode ser dada pelo viés da reciclagem, do reuso ou da descontaminação. Contudo, tais destinações devem levar em consideração a participação dos *stakeholders* (partes interessadas) nas estratégias de design e avaliação do ciclo de vida de artefatos de moda.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Têxteis, Indústrias de Confecção, Sustentabilidade, Design para o ciclo de vida.

THE PROBLEM OF SOLID TEXTILE WASTE AND THE LIFE CYCLE OF FASHION ARTICLES IN THE CLOTHING INDUSTRIES

ABSTRACT: This book chapter aims to investigate the problem of the destination of solid textile waste generated in the manufacturing processes of the clothing industries. Methodologically, the paper is classified as descriptive, basic and bibliographic research. As a method of data collection, an unsystematic and narrative literature review was carried out on concepts such as Green Design, eco-efficiency, eco-effectiveness and life cycle design of fashion artifacts. It is concluded that

the proper destination of solid textile waste can be given by the recycling, the reuse or the decontamination. However, such destinations must consider the participation of the clothing industry stakeholders in the design strategies and assessment of the fashion artifacts life cycle.

KEYWORDS: Solid Textile Waste, Clothing Industries, Sustainability, Life Cycle Design.

1 | INTRODUÇÃO

Para compreender a problemática da destinação dos resíduos sólidos têxteis na atualidade, faz-se necessário compreender antes o processo fabril de confecção no qual eles se originam. Amplamente utilizado na sociedade contemporânea, tal processo ocorre, em geral, de forma linear e unidirecional: (I) seu início dá-se com a extração de recursos da natureza para utilização como insumos; (II) esses insumos, por sua vez, são transformados na indústria de confecção em artefatos de moda por meio de processos de manufatura; (III) os artefatos gerados são distribuídos para lojas e comércios; (IV) por fim, esses artefatos são adquiridos, utilizados e descartados por consumidores (KAZAZIAN, 2005).

Neste ínterim, entre a extração de matéria-prima e o descarte, há geração de resíduos processuais. Pode-se observar, empiricamente, que há pelo menos dois momentos neste percurso em que há expressiva geração de resíduos. O primeiro momento ocorre ainda dentro da indústria de confecção, quando no corte de tecidos são produzidas quantidades significativas de retalhos que, não raro, são incinerados ou descartados displicentemente em aterros sanitários e lixões. Segundo apontamento realizado por Gwilt (2014), esses retalhos representam um descarte de 15% a 20% dos insumos têxteis, em especial, de tecidos planos e malhas que são empregadas na confecção de vestuário.

O segundo momento refere-se ao fim da vida útil dos artefatos de moda, que podem ser compreendidos como o somatório de peças de vestuário, acessórios e têxteis-lar (cama, mesa e banho). Para Zonatti (2016), no Brasil, o descarte de artefatos confeccionados pós-uso pode alcançar o montante de 150 milhões de itens ao ano. Tanto nesse caso, quanto no que se refere aos resíduos têxteis provenientes do processo produtivo da indústria de confecção, há evidência de desqualificação projetual ou equívoco de design, visto que se observa, de modo experimental, a não adoção de métodos apropriados para a destinação ambientalmente adequada das sobras ou dos artefatos pós-uso.

A linearidade no processo produtivo é descrita por Braungart e McDonough (2013) como uma estratégia “do berço à cova”. Os autores afirmam que todo artefato projetado pode ser descartado quando não há mais serventia para a sociedade, e lançam o questionamento: “[...] mas onde é o ‘fora’? Certamente o ‘fora’ não existe de verdade. ‘Fora’ já se foi há muito tempo” (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2013, p. 34). Como uma forma de dar luz a este questionamento, Cardoso (2011, p. 85) assevera que “os objetos não morrem; sobrevivem, nem que seja como lixo ou resíduos.”

Nesse sentido, no atual cenário de evidente poluição ambiental e esgotamento de recursos naturais, muitas questões perfazem as práticas projetuais e manufatureiras no intento de gerir a responsabilidade de indústrias de confecção sob a geração e a destinação de resíduos sólidos têxteis. Entre tais questões, coloca-se a deste capítulo de livro: como ocorre a destinação de resíduos sólidos têxteis em processos produtivos nas indústrias de confecção?

Com o objetivo de responder tal problema de pesquisa, realizou-se uma revisão bibliográfica assistemática e narrativa com autores escolhidos por afinidade à problemática desenhada. Para essa revisão, não foram estabelecidos critérios de seleção ou de exclusão de obras, tampouco foram privilegiadas, especificamente, bases de dados, universidades ou grupos de pesquisa. Isto implica dizer que, na perspectiva da metodologia científica proposta por Gil (2008), este capítulo de livro consiste em uma pesquisa descritiva, básica e bibliográfica.

O aporte científico para elaboração do corpo de conhecimento sobre o qual se edificou a fundamentação teórica deste capítulo versou sobre: (I) o Design Verde, o Ecodesign e a ecoeficiência, conforme a visão de Kazazian (2005) e Manzini e Vezzoli (2008); (II) a ecoefetividade, segundo preceitos de Braungart e McDonough (2013); (III) o ciclo de vida de artefatos, na perspectiva de Vezzoli (2010) e de Gwilt (2014); e (IV) o design e avaliação do ciclo de vida, em acordo com os pressupostos de Manzini e Vezzoli (2008). A fundamentação teórica também recebeu contribuições de outros autores, tais como Fletcher e Grose (2011), Teixeira (2012), Zonatti (2016) e Avila *et al.* (2018).

Por fim, é importante destacar que o presente capítulo consiste em uma versão revisada do artigo “Resíduos sólidos têxteis e sua destinação: o exemplo de uma empresa de Santa Catarina” (CARVALHO *et al.*, 2020a), apresentado e aprovado para os anais da oitava edição do Encontro de Sustentabilidade em Projeto (ENSUS), ocorrido entre 12 e 14 de maio de 2020, sob coordenação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e da Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul). O capítulo também apresenta um recorte teórico do artigo “Preocupação ambiental e produção industrial: um exemplo de Santa Catarina (SC)” (CARVALHO *et al.*, 2020b), publicado no periódico Mix Sustentável da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

2 | A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS TÊXTEIS

A problemática dos resíduos sólidos têxteis articula-se com a relação entre a preocupação ambiental e a produção industrial que, por si só, pode ser compreendida como secularmente distante. Segundo Gwilt (2014), os impactos provocados pela aceleração da industrialização tornaram-se uma questão social e foram abertamente debatidos somente a partir do século XX. Isto é, muito tempo depois do surgimento dos primeiros processos industriais, em meados do século XVIII.

Tal trajetória, explica Gwilt (2014), inicia-se em 1962, quando Rachel Carson lança o livro “Primavera Silenciosa”. Diante de tamanha repercussão negativa acerca da descrição dos danos ambientais causados pelos plantadores de algodão e pela indústria da tecelagem, surgiu o interesse em se descobrir abordagens mais sustentáveis para a produção e para o consumo dos artefatos de moda. A relação cresceu durante a década seguinte, com o surgimento de grupos ambientalistas e estudos voltados ao design responsável e à eficiência ecológica no design de produtos.

As décadas de 1980 e 1990 marcaram a formação de pequenos grupos de consumidores ambientalmente corretos e interessados em ecologia, além da popularização do Design Verde e do Ecodesign. A indústria de confecção começou, assim, a se aventurar no contexto do ambientalismo e surgem iniciativas voltadas para uma moda ecologicamente correta, junto a um crescente mercado de consumidores que dão preferência às marcas com credenciais ambientais.

O novo milênio traz consigo o reposicionamento do termo Ecodesign. Muitos designers passaram a reconhecer uma abordagem holística da sustentabilidade, na qual questões sociais estão embutidas em estratégias de inovação de produto à longo prazo. Outros profissionais de design assumiram responsabilidades mediante os recursos naturais e a promoção da consciência ecológica na relação pessoa-objeto. Evidenciava-se, assim, a complexidade que envolve a articulação do homem com a natureza no decorrer da produção de bens materiais e serviços (KAZAZIAN, 2005; GWILT, 2014).

Teixeira (2012) afirma que na evolução do Ecodesign surgiram outros termos como Design Verde e Design para Sustentabilidade. Segundo a autora, apesar de semelhantes, os termos podem ser diferenciados da seguinte maneira: (I) Design Verde corresponde à inclusão de estratégias ecológicas em aspectos pontuais e questões únicas envolvidas no processo produtivo, como o consumo energético ou a inclusão de insumos reciclados; (II) Ecodesign está relacionado com o projeto de produto pró-sustentabilidade, isto é, em cada etapa do processo de design, há considerações projetuais acerca do meio ambiente; (III) Design para Sustentabilidade, no qual os impactos sociais e ambientais são considerados sistematicamente no desenvolvimento de novos produtos. Para Manzini e Vezzoli (2008, p. 105), o Design Verde envolve a ecoeficiência que, por sua vez,

[...] indica, em outros termos, o grau em que está conjugada a redução do impacto para a produção, distribuição, uso e descarte/eliminação, com o aumento da qualidade dos serviços oferecidos.

Segundo Manzini e Vezzoli (2008), a ecoeficiência resume-se em um conjunto de elementos que envolvem o desenvolvimento de produtos sustentáveis. Já Kazazian (2005) conceitua o termo ecoeficiência como uma abordagem *win-win* (ganha-ganha), em que, para ter sucesso e gerar bons resultados tanto para a empresa quanto para o meio ambiente, é necessário o engajamento de toda a equipe de colaboradores.

Quanto ao emprego da ecoeficiência, Braungart e McDonough (2013) afirmam que é necessária uma abordagem prática à redução dos impactos socioambientais. Os autores sugerem o câmbio das estratégias de ecoeficiência, como o “velho modelo de ‘produzir-e-desperdiçar’” (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2013, p. 77), por práticas de ecoefetividade, como o trabalho desenvolvido a partir de produtos, serviços e sistemas com foco na utilidade, no conforto e no prazer estético.

Nessa lógica, Braungart e McDonough (2013) asseveram que a ecoefetividade pode ser um motor da mudança necessária para a desaceleração do consumo inconsequente que, de modo direto ou indireto, leva ao descarte desenfreado e à produção de novos resíduos. Para os autores, a preocupação ambiental pode ser aliada ao desenvolvimento econômico para que sejam assegurados recursos naturais e humanos para as próximas gerações.

Na visão de Gwilt (2014), as práticas de ecoefetividade e as abordagens sobre ecoeficiência somente serão passíveis de implementação em uma indústria de confecção se designers e gestores estiverem engajados com o objetivo de encontrar soluções viáveis e exequíveis em escala real. Isto implica, para a autora, ultrapassar os caminhos habituais do design e da moda:

Mesmo que o foco ainda esteja centrado na seleção de materiais adequados, a indústria moderna da moda já percorre hoje muitos outros caminhos diferentes que vão além da preocupação com o material correto (GWILT, 2014, p. 18).

Empiricamente, percebe-se que os caminhos diferentes aos quais se refere Gwilt (2014) passam pela compreensão e reconfiguração do ciclo de vida de artefatos de moda. Para a autora, o projeto de novos produtos deve partir do entendimento de que as atividades referentes às fases do ciclo de vida de um artefato de moda devem ser consideradas como uma única unidade. Nesse sentido, torna-se pertinente e imprescindível que, por meio do pensamento sistêmico, designers e gestores projetem e avaliem, conjuntamente, as consequências que a existência daquele artefato terá sobre o meio ambiente, bem como os impactos causados por ele em todas as fases de sua produção.

O ciclo de vida de um artefato de moda é referenciado por Gwilt (2014, p. 23) como uma “[...] jornada percorrida por um produto desde a extração da fibra bruta até o momento de seu descarte [...]”. Vezzoli (2010) considera que esse ciclo pode ser composto por cinco fases: (I) pré-produção, fase na qual ocorre a identificação da matéria-prima e dos recursos ideais ao projeto do artefato; (II) produção, na qual se realizam a confecção, a montagem e o acabamento do artefato; (III) distribuição, que envolve o transporte, a armazenagem e a embalagem do artefato; (IV) uso, fase na qual o consumidor estabelece uma relação de utilidade com o artefato; e (V) descarte, quando o artefato é eliminado.

Para Vezzoli (2010), na fase de descarte, a destinação frequentemente dada aos artefatos alterna entre as seguintes opções: (a) aterros sanitários; (b) incineração; (c)

compostagem; (d) reciclagem; (e) remanufatura; ou (f) desmontagem e reutilização de partes do artefato ou do artefato como um todo. O ciclo de vida descrito por Vezzoli (2010) relaciona-se, também, com o conceito de *Life Cycle Design* (LCD) ou, em tradução livre para a língua portuguesa, Design do ciclo de vida. A seguir, explora-se essa articulação.

2.1 Life Cycle Design

Manzini e Vezzoli (2008), Teixeira (2012) e Avila *et al.* (2018) afirmam que incorporado ao ciclo de vida dos artefatos de moda está o LCD que, por sua vez, pode ser caracterizado pela presença de abordagens pró-sustentabilidade que fomentam estratégias de mitigação dos impactos socioambientais provocados pela cadeia produtiva em que estão imbricados. Tais estratégias enfrentam a complexidade dos níveis de produção que, em uma visão sistemática, ultrapassam a responsabilidade de designers e projetistas. Manzini e Vezzoli (2008, p. 101) sustentam que, com efeito,

[...] poucas vezes o projetista/produtor é o único responsável pelo sistema-produto como um todo. De fato, vários atores participam e controlam os vários processos no decorrer do ciclo de vida de um produto, ou seja, fornecedores de matérias-primas e de materiais semi-elaborados, os produtores, os distribuidores, os usuários, os organismos públicos e ainda as empresas que se ocupam do descarte/eliminação.

Fletcher e Grose (2011) e Gwilt (2014) defendem que os fornecedores de matéria-prima, os produtores, os distribuidores, os usuários, os governos e os proprietários de uma empresa podem ser compreendidos como *stakeholders* (partes interessadas) da organização. Para as autoras, resumidamente, os *stakeholders* apresentam interesse no sucesso ou no fracasso de uma empresa, de uma ação ou mesmo de uma atividade em específico.

Teixeira (2012) considera que o LCD possui como função lançar uma visão sistêmica sobre o design que ultrapassa o projeto de novos artefatos e expande-se para o sistema-produto. Nesse sentido, a autora aponta a necessidade de articular as estratégias de LCD para pré-produção, produção, distribuição, uso e descarte com condições sistemáticas relacionadas ao porte da empresa, às legislações vigentes, ao tipo de artefato em projeto, ao contexto de desenvolvimento tecnológico, ao cenário cultural e às normas estabelecidas para o segmento em que se atua ou se deseja atuar. A esse respeito, Avila *et al.* (2018, p. 19), destacam que:

Implantar estudos de LCD dentro de empresas é uma necessidade, uma vez que as mesmas devem ser pensadas como um ecossistema e se apropriar da ideia de ciclo para uma economia de recursos naturais, inovar através de novas estratégias de gestão e se tornar industrialmente interdependentes, se aproximando de um modelo de produção autônomo.

Sobre a natureza das estratégias de LCD que envolvem *stakeholders*, Manzini e Vezzoli (2008) indicam que esta pode ser de cinco tipos: (I) com foco na redução do uso de

materiais e de energia; (II) direcionada para a seleção de recursos e processos de baixo impacto ambiental; (III) com o objetivo de otimizar a vida útil dos artefatos; (IV) guiada pelo aumento da durabilidade de matérias-primas; e, por fim, (V) voltada para a desmontagem dos artefatos, após seu uso, por parte dos consumidores. A seguir, exploram-se os tipos supramencionados.

2.1.1 Estratégias de Life Cycle Design para artefatos de moda

Acerca das estratégias de LCD que visam reduzir o uso de materiais e de energia, Manzini e Vezzoli (2008) recomendam ações junto aos fornecedores e produtores no intento de minimizar os recursos já empregados em processos produtivos tradicionais. De modo similar, os autores também sugerem que as estratégias de LCD com foco na seleção de recursos e processos de baixo impacto ambiental direcionem-se ao emprego de fontes energéticas de maior compatibilidade às iniciativas socioambientais já praticadas pela empresa ou por seus fornecedores.

A respeito das estratégias de LCD que, ao envolver designers e projetistas, objetivam a otimização da vida útil de artefatos por meio da extensão do uso ou de técnicas de fácil desmontagem e reutilização de artefatos de moda, Manzini e Vezzoli (2008) apontam para o estudo de ecomateriais. Para Fuad-Luke (2002, p. 276, em tradução livre),

Um ecomaterial é aquele que tem o mínimo de impacto no meio ambiente, mas oferece máxima performance para o que foi pensado de acordo com o projeto de design. Ecomateriais são facilmente reintroduzidos nos ciclos de vida. Ecomateriais provenientes da biosfera são reciclados pela natureza e aqueles provenientes da tecnosfera são reciclados por processos realizados pelo homem.

Os ecomateriais também estão relacionados com as estratégias de LCD para o incremento da durabilidade de matérias-primas, uma vez que podem ser aplicados no sentido de estender o tempo de vida útil dos artefatos de moda. Este é o caso, por exemplo, da empresa britânica Tom Cridland, que lançou em 2018 uma campanha de financiamento coletivo na plataforma Kickstarter para a produção de um jeans que durará, aproximadamente, 50 anos. O artefato recebeu o nome de Half Century Jeans e foi projetado para, de modo híbrido, empregar *denim* (jeans) selvagem japonês e fibras Spectra que, por sua vez, são 15 vezes mais fortes que os cabos de aço utilizados em escaladas (PORTAL PORTUGAL TÊXTIL, 2018).

Sobre a extensão da vida útil das matérias-primas utilizadas na produção de novos artefatos, Cardoso (2011, p. 87) afirma que “ao adquirirem novos usos, para além do primeiro descarte, os artefatos ganham uma sobrevida às vezes muito maior do que a ‘vida útil’ que lhes fora destinada por seus fabricantes”. Isto implica dizer que, normalmente, tais *stakeholders* não projetam usos para artefatos para além de seu descarte. Apontam Manzini e Vezzoli (2008) que as estratégias supracitadas podem prover o desaceleramento

de tal descarte, bem como podem fomentar a valorização, por parte dos consumidores, dos materiais imbricados nesses artefatos.

Os consumidores também estão associados às estratégias de LCD para facilitação da desmontagem de artefatos. Nesse sentido, Manzini e Vezzoli (2008) recomendam que o projeto de artefatos leve em consideração partes que possam ser desarticuladas ou materiais que possam ser separados, prontamente, quando no pós-uso o consumidor desejar descartá-los. Outro conceito associado ao ciclo de vida de artefatos de moda apontado pelos autores está no *Life Cycle Assessment* (LCA) ou, em livre tradução para português, a Avaliação do ciclo de vida — assunto do próximo tópico deste capítulo.

2.1.2 *Life Cycle Assessment*

Conforme observam Manzini e Vezzoli (2008, p. 289), o LCA apresenta “métodos quantitativos de análise e de avaliação do impacto ambiental”. Segundo os autores, deve-se analisar, avaliar e interpretar todas e quaisquer relações no sistema produto-ambiente, no qual a elaboração do LCA leva em consideração: (I) a definição dos objetivos e do alcance (escopo) do projeto do artefato; (II) o levantamento de dados sobre o artefato; (III) a avaliação dos impactos ambientais dos materiais escolhidos para o processo produtivo em questão; e (IV) a interpretação dada aos resultados obtidos.

Gwilt (2014) sustenta que a avaliação do ciclo de vida de artefatos de moda passa pelo equacionamento das credenciais sustentáveis das etapas do processo produtivo, em que se destacam: (I) o design; (II) a distribuição; (III) o uso; e (IV) o fim da vida. A autora defende que todas as etapas do ciclo de vida de uma peça de vestuário devem ser ponderadas, desde avaliações dos impactos socioambientais até decisões e melhorias quanto ao design a ser criado.

Na visão de Gwilt (2014), a avaliação do ciclo de vida deve conter, também, considerações acerca do sistema de relações entre os aspectos tecnológicos, econômicos, legislativos, culturais e estéticos, no tocante ao processo produtivo dos artefatos de moda. Tal qual preconiza o conceito de Design para Sustentabilidade, na visão de Teixeira (2012), é preciso ter uma visão holística e ao mesmo tempo sistêmica e detalhada sobre o impacto da fabricação de um artefato de moda para, somente assim, assegurar a avaliação adequada ao seu respectivo ciclo de vida. Para tanto, a autora propõe uma ferramenta pró-sustentabilidade para a realização dessa avaliação com base em dez etapas, conforme observa-se no Quadro 1.

Etapas	Objetivo
1. Contextualização da empresa	- Diagnosticar o contexto da empresa, do mercado, dos consumidores e dos concorrentes;
2. Elaboração de fluxogramas	- Mapear o máximo número possível de processos produtivos internos e externos (se houver);
3. Avaliação das entradas e saídas	- Definir o artefato para análise; - Construir fluxogramas dos processos produtivos, das entradas e saídas em termos gerais e específicos (insumos, energia, água e subprodutos);
4. Definição dos indicadores de produção por unidade de tempo	- Especificar os dados quantitativos da coleção de vestuário; - Padronizar as unidades de tempo;
5. Avaliação dos dados coletados	- Quantificar entradas e saídas em termos de insumos, energia, água e resíduos gerados;
6. Avaliação dos impactos ambientais	- Computar os impactos ambientais gerados com base no artefato analisado;
7. Cálculo da emissão de dióxido de carbono	- Mensurar a emissão de dióxido de carbono durante o processo produtivo;
8. Avaliação das causas de geração de resíduos	- Identificar por quais motivos e em quais etapas do processo produtivo são gerados resíduos;
9. Soluções para minimizar os impactos ambientais	- Propor melhorias para mitigar os impactos ambientais identificados na etapa anterior;
10. Plano de implementação das soluções propostas	- Traçar um plano estratégico com ênfase na implementação das melhorias sugeridas na etapa anterior.

Quadro 1 — Ferramenta para avaliação do ciclo de vida de artefatos de moda

Fonte: adaptado de Teixeira (2012).

Teixeira (2012) sublinha que a avaliação do ciclo de vida dos artefatos de moda — para a qual a autora propõe a ferramenta acima (Quadro 1) — deve ser rápida para acompanhar a velocidade do consumo e do descarte no universo das indústrias de confecção. Zonatti (2016) concorda com Gwilt (2014), ao afirmar que avaliar a sustentabilidade nessas indústrias requer ultrapassar desafios, tais como o ciclo de vida curto dos artefatos de moda e o consumo exacerbado desses, que pouco levam em consideração a busca pelo Desenvolvimento Sustentável.

Logo, diante do exposto até aqui, é possível observar que a relação entre a preocupação ambiental e a produção industrial propicia a compreensão de estratégias voltadas para a otimização do ciclo de vida dos artefatos de moda. Por meio de conceitos como Design Verde, ecoeficiência, ecoefetividade, design e avaliação de ciclo de vida, os autores abordados fundamentaram o entendimento de que são muitas as estratégias possíveis para que seja garantida a destinação correta dos resíduos sólidos têxteis gerados nos processos produtivos da indústria de confecção. A seguir, tecem-se as considerações finais que resultaram da pesquisa bibliográfica realizada.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que o objetivo proposto neste capítulo foi alcançado. Ao se proceder uma investigação teórica com base em uma revisão bibliográfica assistemática e narrativa sobre como ocorre a destinação de resíduos sólidos têxteis em processos produtivos nas indústrias de confecção, observou-se que a problemática não pode ser visualizada senão de modo integrado ao ciclo de vida de artefatos de moda.

A literatura investigada apontou que projetar e avaliar o ciclo de vida desses artefatos compete ao equacionamento das estratégias pró-sustentabilidade que podem induzir ou negligenciar a correta destinação dos resíduos sólidos têxteis. Não raro, o manejo irresponsável e a desatenção para com tais estratégias acaba por agravar o estado de nocividade dos impactos socioambientais provocados pelas indústrias de confecção em seus entornos. Essa toxicidade que resulta como subproduto dos processos produtivos industriais ultrapassa a competência e as habilidades de designers, projetistas e gestores e envolve as organizações como um todo.

Nesse sentido, a destinação dos resíduos sólidos têxteis deve abarcar, também, os *stakeholders* das indústrias de confecção, de modo a promover e implementar estratégias que beneficiem o meio ambiente, a empresa, seus colaboradores, seus fornecedores, a sociedade, o governo e os órgãos responsáveis pela fiscalização ambiental, assim como, os consumidores finais que, por sua vez, têm significativa participação no destino dado aos artefatos de moda no pós-uso.

Importa ressaltar que os autores deste capítulo de livro compreendem-no como um estudo inicial e embrionário sobre a destinação dos resíduos sólidos têxteis e sua relação com o ciclo de vida de artefatos de moda. Para futuros estudos, sugere-se a criação de uma agenda de pesquisa pautada no aprofundamento da questão por meio de consulta a novas fontes de informação para ampliação do aporte teórico e do corpo de conhecimento, bem como, indica-se a averiguação das práticas socioambientais por intermédio de entrevistas com *stakeholders* e visitas *in loco*.

Por fim, vale ressaltar que os autores agradecem o apoio do Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda (PPGModa) e da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). A universidade tornou possível o encontro dos autores por meio de um grupo de estudos para o qual convergiram as linhas de pesquisa Design de Moda e Sociedade e Design e Tecnologia do Vestuário. Para verificar a aplicação prática dos conceitos teóricos tratados neste capítulo, sugere-se a leitura do artigo de Carvalho *et al.* (2020b).

REFERÊNCIAS

AVILA, Ana Paula Santos de *et al.* Os resíduos têxteis sólidos no contexto de abordagens sustentáveis: ciclo de vida, economia circular e *upcycling*. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 4, n. 3, p.17-24, out.-mar. 2018. Disponível em: <http://bit.ly/38IXRc9>. Acesso em: 10 fev. 2019.

BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, William. **Cradle To Cradle**: criar e reciclar ilimitadamente. São Paulo: Editora G. Gili, 2013.

CARDOSO, Rafael. **Design Para Um Mundo Complexo**. São Paulo: CosacNaify, 2011.

CARVALHO, Mariana Moreira *et al.* Preocupação ambiental e produção industrial: um exemplo de Santa Catarina (SC). **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 163-174, maio 2020a. Disponível em: <https://bit.ly/3nvth4M>. Acesso em: 27 out. 2020.

CARVALHO, Mariana Moreira *et al.* Resíduos sólidos têxteis e sua destinação: o exemplo de uma empresa em Santa Catarina. In: ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO, 8., 2020, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2020b. p. 385-396. Disponível em: <http://bit.ly/36MISbt>. Acesso em: 07 fev. 2021.

FLETCHER, Kate; GROSE, Lynda. **Moda & Sustentabilidade**: design para a mudança. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2011.

FUAD-LUKE, Alastair. **The eco-design handbook: a complete sourcebook for the home and office**. London: Thames & Hudson Ltd, 2002.

GWILT, Alison. **Moda Sustentável**: um guia prático. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

KAZAZIAN, Thierry (org.). **Haverá a Idade Das Coisas Leves**: design e desenvolvimento sustentável. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**: os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

PORTAL PORTUGAL TÊXTIL (Portugal). Associação Nacional das Indústrias de Vestuário e Confecção de Portugal. **Jeans duram meio século**. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2OcSeGc>. Acesso em: 02 dez. 2019.

TEIXEIRA, Gabriela Lyra. **Desenvolvimento de uma ferramenta para análise do impacto ambiental dos processos de produção de uma indústria de vestuário de médio porte**. 2012. 117 f. Dissertação (Mestrado) — Curso de Pós-graduação em Design, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3rA6O9m>. Acesso em: 20 abr. 2020.

VEZZOLI, Carlo. **Design de Sistemas Para a Sustentabilidade**: teoria, métodos e ferramentas para o design sustentável de “sistemas de satisfação”. Salvador: EDUFBA, 2010.

ZONATTI, Welton Fernando. **Geração de resíduos sólidos na indústria brasileira têxtil e de confecção**: materiais e processos para reuso e reciclagem. 2016. 250 f. Tese (Doutorado) — Curso de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3IHATkk>. Acesso em: 10 nov. 2019.

MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO DE SELAGEM DE EMBALAGENS PRÉ-MOLDADAS EM PET: ESTUDO DE CASO DE UMA INOVAÇÃO DE PROCESSO EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR DE MATERIAIS DE ESCRITÓRIO

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 05/04/2021

Fernanda Cancian

Universidade Virtual do Estado de São Paulo
São Carlos – SP
<https://orcid.org/0000-0003-3669-3323>

Eduarda Regina Carvalho

Universidade Virtual do Estado de São Paulo
São Carlos – SP
<https://orcid.org/0000-0003-4442-2945>

Erick de Oliveira Queiroz

Universidade Virtual do Estado de São Paulo
São Carlos – SP
<https://orcid.org/0000-0001-5346-3736>

Karin Fabiana Bandeira de Camargo

Universidade Virtual do Estado de São Paulo
São Carlos – SP
<https://orcid.org/0000-0003-1585-0043>

Joel Soares

Universidade Virtual do Estado de São Paulo
São Carlos – SP
<https://orcid.org/0000-0002-1998-3671>

Thalita Jessika Bondancia

Universidade Virtual do Estado de São Paulo
São Carlos – SP
<https://orcid.org/0000-0003-3304-8396>

Rafael de Almeida Martarello

Universidade Virtual do Estado de São Paulo
São Carlos – SP
<https://orcid.org/0000-0002-2092-3190>

RESUMO: A temática em torno da produção sustentável tem sido mundialmente discutida e operacionalizada em diversos circuitos empresariais. Esta preocupação se faz presente para garantir a disponibilidade de recursos para o ciclo de produção e abastecimento, para que inexistam desperdícios e para o cumprimento de legislações vigentes. Após uma alteração produtiva buscando tornar a sua produção mais sustentável uma indústria do setor de matérias de escritório começou a enfrentar problemas de eficiência produtiva na atividade de selagem de embalagens. Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver melhorias para esta atividade. Partindo da metodologia do DMAIC o estudo realizou uma série de procedimentos para diagnosticar o problema, analisa-lo e implementar uma solução. Como resultado, o grupo projetou uma alteração na tecnologia de selagem, uma segunda alteração na dimensão da matéria-prima e uma última mudança no layout da estação de trabalho. Com isto, houve aumento da eficiência produtiva, redução do desperdício, além de outros ganhos. Entende-se que ao otimizar o sistema produtivo, o trabalho foi capaz de gerar uma produção mais sustentável e competitiva.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Inovação de Processo, Embalagem, Politereftalato de Etileno.

IMPROVEMENT OF THE PRODUCTIVE SEALING PROCESS OF PRE-MOLDED PET PACKAGING: CASE STUDY OF A PROCESS INNOVATION IN AN INDUSTRY OF OFFICE SUPPLIES SECTOR

ABSTRACT: The thematic surrounding sustainable production has been discussed worldwide and operationalized in the business atmosphere. This concern exists in order to ensure resources availability for the production and supply cycle, so that there is no waste and for the existing laws are complied with. After a productive change that aimed to turn its production into a more sustainable one, an industry of office supplies has started to face productive efficiency problems in the packaging sealing activity. Given this context, this study aimed to develop improvements for such activity. Heading from DMAIC methodology, the study applied a series of procedures to diagnose the problem, analyze it and implement a solution. As a result, the group projected a change in the sealing technology, a second change in raw material dimension, and a last change in the workstation layout. With such changes, there was an increase in productive efficiency, a reduction in waste, in addition to other gains. It was understood that, by optimizing the productive system, the work was able to generate a more sustainable and competitive production.

KEYWORDS: Sustainability, Process Innovation, Packaging, Polyethylene Terephthalate.

1 | INTRODUÇÃO

Consciente de que um produto organizacional é resultado da sequência de atividades entre diferentes departamentos e esforços que interagem transversalmente entre si, o gerenciamento e melhoria de processos é uma iniciativa responsável por analisar pontos de ineficiência em métodos e procedimentos para assim alcançar melhores resultados no processo produtivo de trabalho e no desempenho organizacional. Desta maneira as reflexões teóricas e as aplicações para melhoria de processos buscará reduzir custos, tempo de ciclo, defeitos, riscos associados e incrementar a eficiência produtiva, qualidade, alinhamento entre áreas e controle gerencial.

A empresa deste estudo de caso é uma grande multinacional do setor de materiais de escritório, a unidade de estudo está localizada na cidade de São Carlos-SP. O estudo, em parceria com a empresa, se debruçou sobre um cenário de desperdício de matéria-prima de embalagem, constante parada de produção, baixa velocidade do processo, defeitos de acabamento e espessura em produtos finais, assim como danos a saúde e segurança do trabalhador. Desta maneira, este presente trabalho teve como objetivo desenvolver melhorias na atividade de selagem de embalagens pré-moldadas em PET.

Justifica-se o presente esforço prioritariamente pelo viés da redução do desperdício, busca pelo pleno emprego dos recursos e aperfeiçoamento do modelo produtivo atual. Tais feitos impactam as organizações produtivas, a sociedade e o meio ambiente em um contexto no qual os recursos são consumidos em velocidade maior do que a capacidade de reposição do planeta. Dentro do ambiente empresarial, a superação desta situação-problema gera o potencial de melhores relações em torno da cadeia de suprimentos e o completo atendimento das necessidades e expectativas dos clientes finais.

Por fim, ao tratar sobre embalagens, age-se diretamente para que estas cumpram sua função de manuseio do produto, de informação ao cliente, de atração e alteração da experiência de consumo, de conservação de propriedades e de proteção contra contaminações e deterioração.

2 | METODOLOGIA

Para o estudo do processo de negócio iremos utilizar o ciclo DMAIC. Basicamente, esta metodologia resume-se em cinco etapas: definir; medir; analisar; implementar e; controlar. Na primeira etapa que trata de identificar os problemas e situações que devem ser melhoradas, para isto será utilizado Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama de Ishikawa), e posteriormente a técnica interrogativa dos Cinco Porquês (Five Whys) para explorar a causa raiz do problema superficialmente diagnosticado. Ao final desta etapa é esperado o apontamento de um problema produtivo.

Para a etapa seguinte, o processo que contém a problemática é descrito sem emissão de juízos. Para isto, foram registrados os recursos que compõem este processo, seus indicadores e demais dados pertinentes, por fim, são discriminadas todas as operações realizadas. É nesta etapa que ocorre uma primeira modelagem. Na etapa de análise, é realizado o desenho do fluxograma e buscar-se-á apontar de forma crítica a causa e os efeitos dos problemas.

Na quarta etapa, ocorre o redenho do processo e a implementação do novo processo produtivo. Utilizaremos de uma metodologia própria nomeada de Espiral dos 9Ps. Por meio desta metodologia os quatro primeiros Ps estão em uma fase de responsável por projetar, na qual ocorre o entendimento do ambiente interno e externo do processo; prioriza atividades-chaves, define a solução que deve ser adotada e modela processos para a situação futura. Os próximos três Ps compõem uma etapa de gerenciamento que tem como função implantar novos processos e mudanças necessárias para a adoção, além de acompanhar a execução do novo processo por meio de registros e controles. Por fim, o último P é responsável por avaliar o desempenho do processo implementado.

O que?	Quem?	Como?	Quando?	Onde?	Para que?
<i>Perceber</i>	<i>Grupo de Trabalho e Equipe de Engenharia da Empresa</i>	<i>Estudo de Relatórios e Documentos que revisem as atividades; Entrevistas</i>	<i>Até 1ª semana de Março</i>	<i>Área de Produção</i>	<i>Entender o problema, os atores envolvidos no processo, tentativas passadas de alteração e o ambiente de revisão</i>
<i>Problematizar</i>	<i>Grupo de Trabalho e Equipe de Engenharia da Empresa</i>	<i>Acordo de viabilidade de execução</i>	<i>Até 2ª Quinzena de Março</i>	<i>Google Meet</i>	<i>Sintetizar informações encontradas e iniciar a proposição de direções</i>
<i>Perguntar</i>	<i>Grupo de Trabalho</i>	<i>Validar proposta, alternativas e tirar dúvidas</i>	<i>Até 1ª semana de abril</i>	<i>Google Meet</i>	<i>Confirmar impressões encontradas e ajustar aspectos</i>
<i>Propor Melhoria</i>	<i>Grupo de Trabalho, Equipe de Engenharia da Empresa, Coordenação de Área</i>	<i>Formular projeto</i>	<i>Até 3ª semana de Abril</i>	<i>Área de Produção</i>	<i>Solucionar problema e alterar realidade</i>
<i>Presenciar</i>	<i>Grupo de Trabalho e Equipe de Engenharia da Empresa</i>	<i>Vivenciar</i>	<i>Até 4ª semana de Abril</i>	<i>Área de Produção</i>	<i>Comprovar hipóteses diagnosticadas e certificar-se da suposta(s) alternativa(s)</i>
<i>Perguntar</i>	<i>Grupo de Trabalho e Equipe de Engenharia da Empresa</i>	<i>Validar proposta, alternativas e tirar dúvidas</i>	<i>Até 1ª semana de Maio</i>	<i>Google Meet</i>	<i>Apresentar proposta de alternativa pretendida e comunicar melhoria</i>
<i>Permitir</i>	<i>Coordenação da Área</i>	<i>Análise e tomada de decisão sobre a decisão tomada</i>	<i>Até 3ª Semana de Maio</i>	<i>Google Meet</i>	<i>Obter autorização, concordância e apoio</i>
<i>Promover</i>	<i>Equipe, Área e Setor de Engenharia</i>	<i>Implantar projeto estruturado</i>	<i>15/11/2020</i>	<i>Área de Produção</i>	<i>Modificar cenário diagnosticado e otimizar processo</i>
<i>Percorrer</i>	<i>Grupo de Trabalho e Equipe de Engenharia da Empresa e Equipe de Processo</i>	<i>Vivenciar</i>	<i>15/11/2020 a 04/01/2021</i>	<i>Área de Produção</i>	<i>Observar o andamento e sinalizações iniciais do novo processo</i>
<i>Pesar</i>	<i>Grupo de Trabalho e Equipe de Engenharia da Empresa</i>	<i>Avaliação dos indicadores e realizar correções necessárias</i>	<i>Até 2ª semana de Março</i>	<i>Google Meet</i>	<i>Registrar os impactos e resultados do projeto</i>

Quadro 1 - Espiral dos 9Ps

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

3 | DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

A empresa estudada é uma indústria bicentenária do ramo de materiais de escritório e está presente em diversas cidades brasileiras. Esta grande empresa é atualmente a maior produtora mundial de seu produto principal e tem a responsabilidade socioambiental, a inovação e qualidade dos seus produtos como pilares de mercado.

Devido à nocividade do Ftalato (Dietil Hexil Ftalato) para o sistema reprodutivo do ser humano (BARROS, 2010, MESQUITA, 2020; AVELAR *et al.*, 2020), a empresa adotou uma normativa que proíbe o uso deste químico industrial em seus produtos e embalagens. De forma objetiva, o ftalato é um aditivo plastificante utilizado para ofertar ao Policloreto de Vinila (PVC) maior propriedade de maleabilidade e decorrente viabilidade de uso.

Como consequência primária, a empresa teve que substituir a matéria-prima da embalagem do PVC para o outro polímero plástico, o Politereftalato de Etileno (PET). Entretanto, os equipamentos produtivos (DCA001 e DCA002) utilizados pela empresa para o processo de selagem da embalagem foram feitos para atuar sobre o PVC e sua solda de resistência não atende os requisitos adequados para o uso em PET. Este desalinhamento começou a gerar problemas produtivos.

Em observação à linha de produção foi possível verificar que parte da matéria-prima que possui maior espessura recomendada é descartada pelos operadores que de antemão identificam este material como impróprio. Outra parte da matéria-prima, de espessura mais fina, deforma ao passar pela alta temperatura de soldagem, e torna este produto fora do padrão de aceitação, necessitando ser retrabalhado. A depender da ocorrência, a linha é paralisada e há a necessidade de mecânicos e de novas regulagens.

Levando em consideração a inaceitabilidade de ineficiências produtiva e de clientes absorverem custos produtivos desnecessários; a necessidade de se otimizar os recursos empregados na produção; a possível perda de competitividade e de margem de lucro após esta alteração normativa; o pioneirismo da empresa em combinar sustentabilidade e liderança de mercado foi elaborado um trabalho para superar o problema produtivo enfrentado.

4 | PROGNÓSTICO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Uma vez definida a situação a ser enfrentada seria a baixa eficiência da linha de produção, foram apontadas por meio do Diagrama de Ishikawa as causas que tangenciam este problema, conforme consta na Figura 1. Ao aprofundarmos no questionamento desta situação, por meio da técnica interrogativa dos Cinco Porquês é entendido que baixa produtividade é um sintoma e não um fator. Na realidade, a causa raiz é o processo inadequado de selamento de embalagens, entendido aqui como o método de operação do equipamento e o insumo.

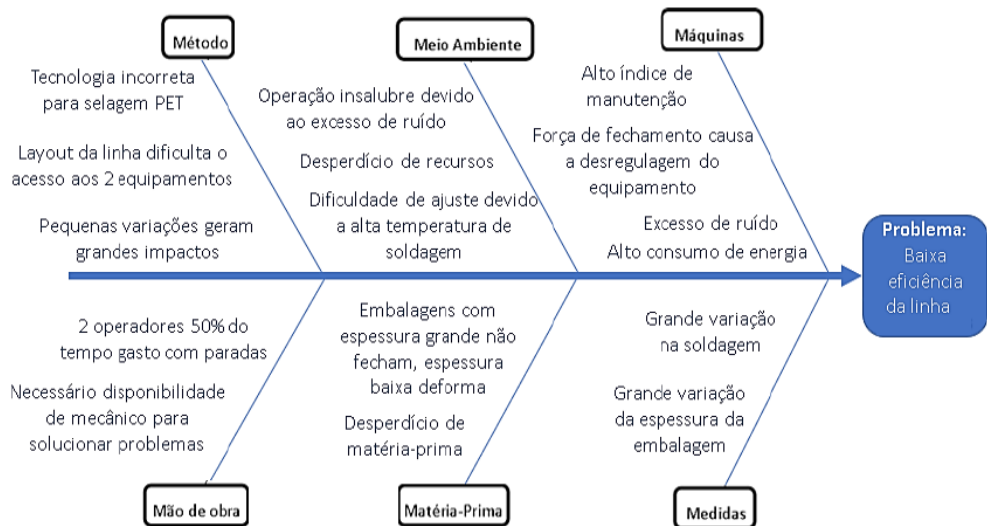


Figura 1- Diagrama de Ishikawa

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No modelo atual, operação escolhida para intervenção opera com 50% de eficiência do equipamento, selando 40 embalagens bolhas por minuto. Ainda, esta operação que utiliza como matéria-prima embalagem PET conta com dois operadores totalmente encarregados de abastecer a máquina e um ajustador devido a constante interrupção de linha.

Com base nas pesquisas, na fundamentação teórica e dentro perspectiva dos 9ps foi observada e discutida com operadores e o setor de engenharia da empresa a necessidade do desenvolvimento de novo equipamento, com nova tecnologia de fechamento de embalagem. Além disto, o processo necessita apresentar menor variação do insumo.

O grupo se deparou com algumas proposições resolutivas, para o processo de decisão da proposta, foi considerado como critérios: custo total acessível; bom processamento para variabilidade de espessura; independência de linha; bom acabamento, redução de ruídos; equipamentos que podem ser operados por um único operador.

A opção encaminhada foi a de fechamento de embalagens PET por adesivos *hot melt*, embora esta opção atenda plenamente todos os critérios, frisa-se a viabilidade em custo e operação, uma vez que a espessura da bolha (embalagem) não faz diferença, pois o *hot melt*, une as duas faces independentes de sua espessura. Em termos da segurança e saúde do trabalho, o ruído antes considerado prejudicial à qualidade de vida no trabalho, foi diminuído drasticamente, sendo agora considerado ótimo por funcionários. Outra vantagem, é que esta opção pode ser ajustada mais facilmente pelo operador do equipamento. Por fim, este sistema já ser utilizado em outra linha de produção da empresa, fazendo que o tempo de aprendizado, o contato com fornecedores de matéria-prima e os custos com materiais auxiliares e de manutenção sejam menores.

Estes adesivos, também chamados de cola quente, são aplicados na forma fundida e se solidificam após o resfriamento. Eles, além de serem atóxicos, apresentam boa resistência a solventes e umidade e são capazes de unir vários materiais com diferentes durabilidades, resistência ou elasticidade adesiva, por fim, a efetividade da sua resistência e durabilidade depende da finalidade industrial empregada.

Para a implementação no ambiente fabril, prevê a utilização do painel de controle responsável pela fusão de cola quente já existente na empresa, Pistola de bico de cola para ajuste da dosagem, Mangueira adequada ao coleiro, Fotocélula para regulagem do fluxo e posicionamento da aplicação de cola.

Em conjunto com esta modificação, prevê-se a alteração de mais dois elementos: o layout da cédula de trabalho e o insumo. No caso do layout, haverá uma aproximação na cédula de operação e espelhamento da linha possibilitando a redução do custo do processo, a operação por um operador e otimização do espaço. Na Figura 2, é possível visualizar o projeto.

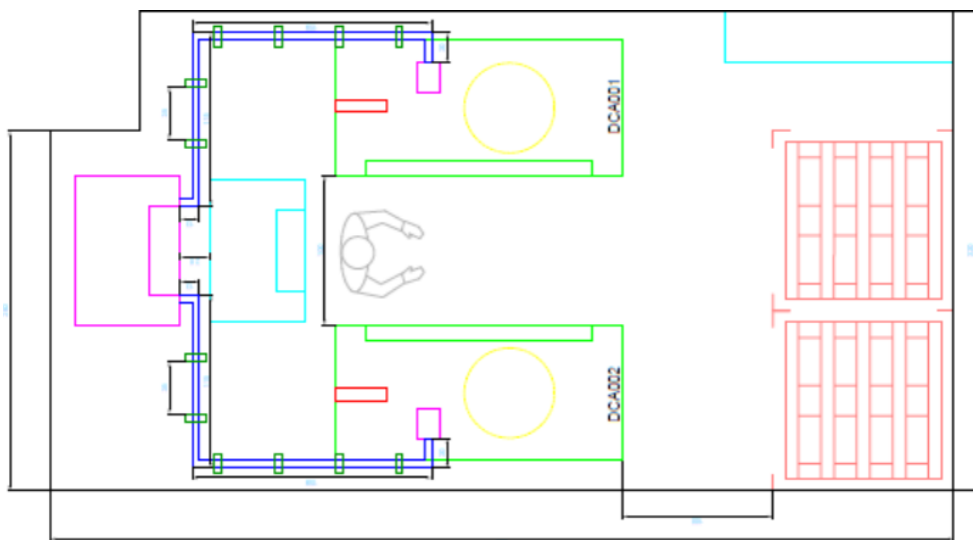


Figura 2 - Novo Layout

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A fim de viabilizar a utilização dos novos métodos de fechamento da embalagem, o formato da bolha utilizada atualmente será modificado de maneira a garantir maior área para a aplicação da cola. Será realizado um prolongamento na aba de fechamento da bolha a fim de garantir o espaço para o selamento do produto no interior da mesma. Na figura 2, são apresentados os desenhos técnicos do modelo atual (a) e modificado de bolha (b).

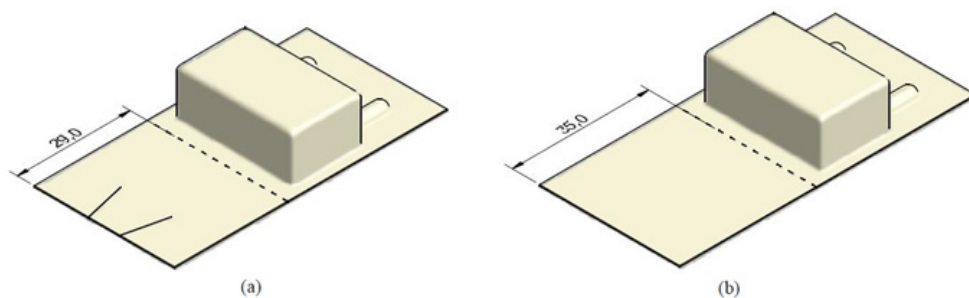


Figura 3 - Modelo atual e modificado de bolha

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O teste foi realizado com coleiro disponível e embalagens de linha demonstrando ser eficiente em sua aplicação e fixação. As máquinas começaram a selar 68 itens por minuto, isto é, houve um aumento de eficiência em 70%. Também foi estimado que o tempo gasto com abastecimento das duas máquinas reduziu pela metade, possibilitando que apenas um operador abasteça as máquinas e pela melhoria de eficiência não é mais necessário que fique um ajustador específico para esta operação.

A partir da definição de quais alterações devem ser feitas, coube a gerência da empresa implementar as decisões feitas pela equipe de engenharia. A partir disto, o treinamento operacional ocorreu no primeiro mês de 2021, o treinamento para manutenção e ajustadores foi feito na primeira semana de fevereiro e logo após, na segunda semana de fevereiro, aconteceu a liberação de segurança para operação e a correção de algumas pendências no início do mês de março. Também houve, com a participação de empregados, a definição de regras de ajuste e local do manual do equipamento.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente a um cenário produtivo ineficiente captado por meio do desperdício de matéria-prima, constante parada de produção, produtos finais fora do padrão de controle este trabalho em parceria com indústria do setor de materiais de escritório se debruçou em como ofertar uma série de aperfeiçoamentos produtivos.

O diagnóstico inicial do estudo apontou como causa da baixa produtividade da operação residia principalmente no desapropriado método de operação da atividade selamento de embalagens pré-moldadas em PET. Como resposta a esta situação, o grupo atuou em três frentes resolutivas: alteração do layout; dimensão da matéria-prima; e a tecnologia utilizada para solda.

Como resultado, a qualidade do produto não foi alterada, porém, houve acréscimo eficiência na ordem de 70%, redução do desperdício, possibilidade de operação com

menor custo e liberação de dois funcionários para outras atividades. A qualidade de vida no ambiente de trabalho também foi aprimorada com a diminuição do barulho do maquinário. Observou-se que a nova organização e a disponibilidade dos recursos, contribuíram para um sistema mais enxuto e que por meio das obtidas há impacto direto na qualidade e manuseio do produto finalizado.

Essa reorganização dos processos e melhoramentos em pontos chave e específicos na linha de produção torna a empresa mais sustentável apresentando melhorias na qualidade de processos, e a insere em um patamar mais competitivo, conforme exigências do mercado atual.

REFERÊNCIAS

AVELAR, J.C.; NASCIMENTO, H. A.; BRUCE, D. B.; LIMA, R. Q. **Problemas relacionados ao consumo de alimentos contaminados com di-etil-hexil-ftalato: uma revisão sistemática**. Brazilian Journal of Development. Curitiba, v.6, n.12, p.103394-103402 dec.2020.

BARROS, H. D. **Estudo da exposição do consumidor aos plastificantes ftalato e adipato de di-(2-etil-hexila) adicionados a filmes de PVC, utilizados para acondicionamento de alimentos gordurosos**. 2010. 79 f. Tese (Doutorado em Vigilância Sanitária)- Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2010.

MESQUITA, I. R. **O Efeito dos ftalatos na Saúde Reprodutiva**. 2020. 44 f. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Universidade Beira do Interior; Covilhã, 2020.

SOBRE A ORGANIZADORA

MARIA ELANNY DAMASCENO SILVA - Mestra em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileira - UNILAB, ex-bolsista de pesquisa CAPES e integrante do grupo GEPEMA/UNILAB. Especialista na área de Gestão Financeira, Controladoria e Auditoria pelo Centro Universitário Católica de Quixadá - UniCatólica (2016). Tecnóloga em Agronegócio pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE (2014). Foi estagiária no escritório Regional do SEBRAE-Quixadá/CE entre os anos de 2012 a 2014. Atuou como bolsista técnica e voluntária de pesquisas durante a graduação em Agronegócios. Tem experiência nas áreas de ciências ambientais, ciências agrárias, ciências sociais e recursos naturais com ênfase em gestão do agronegócio, desenvolvimento rural, contabilidade de custos, políticas públicas hídricas, tecnologias sociais, sociobiodiversidade e educação ambiental. Além disso, faz parte da Comissão Técnica-Científica da Editora Atena. Possui publicações interdisciplinares envolvendo tecnologias sociais para o campo, cultura, ensino-aprendizagem, contabilidade rural, poluição e legislação ambiental.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água Residuária 37, 38, 39, 41, 42, 43
Atividades Antropogênicas 1, 2
Avaliação do Ciclo de Vida 67, 69, 74, 75

B

Bem-Estar Humano 15, 16, 21
Bioprodutos 37, 41, 43
Biorremediação 37, 38

C

Ciclagem de Nutrientes 1, 7
Controle da Erosão 1, 11
Controle Gerencial 79
Cultivo das Microalgas 38

D

Descontaminação 32, 67
Desempenho Organizacional 79
Design Verde 67, 69, 70, 75
Desperdício 25, 26, 27, 78, 79, 85

E

Ecoeficiência 67, 69, 70, 71, 75
Equidade Social 15, 16, 21
Escassez Ecológica 15, 16

F

Fertilidade do Solo 1, 11
Fotobiorreator 37, 39, 41

I

Investigações 15, 22

L

Logística Reversa 46, 53

M

Matéria-Prima 27, 55, 63, 68, 71, 72, 78, 79, 82, 83, 85

Matriz Energética 25, 35

Método Bibliográfico 15

P

Planejamento Adequado 25, 27

Preventório Santa Terezinha 25, 26, 27, 28, 32, 34

R

Resíduos Alimentícios 25, 29, 33, 34

Reutilização 45, 46, 52, 72, 73

S

Sistema Produtivo 78

Stakeholders 67, 68, 72, 73, 76

Supressão Vegetal 1

T

Tecnologia de Selagem 78

Tratamento Térmico 46

V

Valor de Mercado 46

Verniz 45, 46, 49, 51

SUSTENTABILIDADE:

Produção Científica e
Inovação Tecnológica

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

SUSTENTABILIDADE:

Produção Científica e
Inovação Tecnológica



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

 **Atena**
Editora

Ano 2021