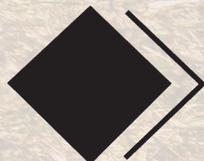


Leonardo Henrique Paulosso
Marta Cristina Marjotta-Maistro
Jeronimo Alves dos Santos



ANÁLISE DAS MUDANÇAS DA COLHEITA MANUAL DA CANA-DE-AÇÚCAR

PARA A MECANIZADA NO SETOR SUCROENERGÉTICO



científica digital

Leonardo Henrique Paulosso
Marta Cristina Marjotta-Maistro
Jeronimo Alves dos Santos

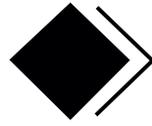
Análise das mudanças da colheita manual da cana-de-açúcar para a mecanizada no setor sucroenergético

1ª EDIÇÃO



científica digital

2023 - GUARUJÁ - SP



científica digital

EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA

Guarujá - São Paulo - Brasil

www.editoracientifica.com.br - contato@editoracientifica.com.br

Diagramação e arte

Equipe editorial

Imagens da capa

Adobe Stock - licensed by Editora Científica Digital - 2023

Revisão

Os Autores

2023 by Editora Científica Digital

Copyright do Texto © 2023 Os Autores

Copyright da Edição © 2023 Editora Científica Digital

Acesso Livre - Open Access

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



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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P331a

Paulosso, Leonardo Henrique

Análise das mudanças da colheita manual da cana-de-açúcar para a mecanizada no setor sucroenergético / Leonardo Henrique Paulosso, Marta Cristina Marjotta-Maistro, Jeronimo Alves dos Santos. – Guarujá-SP: Científica Digital, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5360-351-6

DOI 10.37885/978-65-5360-351-6

1. Agronomia. I. Paulosso, Leonardo Henrique. II. Marjotta-Maistro, Marta Cristina. III. Santos, Jeronimo Alves dos. IV. Título.

Índice para catálogo sistemático:

CDD 630

Elaborado por Janaina Ramos – CRB-8/9166

E-BOOK
ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2023

Direção Editorial

Reinaldo Cardoso

João Batista Quintela

Assistentes Editoriais

Erick Braga Freire

Bianca Moreira

Sandra Cardoso

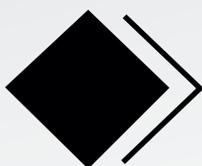
Bibliotecários

Maurício Amormino Júnior - CRB-6/2422

Janaina Ramos - CRB-8/9166

Jurídico

Dr. Alandelon Cardoso Lima - OAB/SP-307852



CONSELHO EDITORIAL

Mestres, Mestras, Doutores e Doutoradas

Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Rogério de Melo Grillo
Universidade Estadual de Campinas

Prof^a. Ma. Eloisa Rosotti Navarro
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Ernane Rosa Martins
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin
FSG Centro Universitário

Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke
Universidade Federal do Pampa

Prof. Esp. Domingos Bombo Damião
Universidade Agostinho Neto - Angola

Prof. Me. Reinaldo Eduardo da Silva Sales
Instituto Federal do Pará

Prof^a. Ma. Auristela Correa Castro
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Dra. Dalizia Amaral Cruz
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Ma. Susana Jorge Ferreira
Universidade de Evora, Portugal

Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Me. Erival Gonçalves Prata
Universidade Federal do Pará

Prof. Me. Gevair Campos
Faculdade CNEC Unai

Prof. Me. Flávio Aparecido De Almeida
Faculdade Unida de Vitória

Prof. Me. Mauro Vinicius Dutra Girão
Centro Universitário Inta

Prof. Esp. Clóvis Luciano Giacomet
Universidade Federal do Amapá

Prof^a. Dra. Giovanna Faria de Moraes
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho
Universidade Federal do Pará

Prof. Esp. Dennis Soares Leite
Universidade de São Paulo

Prof^a. Dra. Silvani Verruck
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Me. Osvaldo Contador Junior
Faculdade de Tecnologia de Jahu

Prof^a. Dra. Claudia Maria Rinhel-Silva
Universidade Paulista

Prof^a. Dra. Silvana Lima Vieira
Universidade do Estado da Bahia

Prof^a. Dra. Cristina Berger Fadel
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a. Ma. Graciete Barros Silva
Universidade Estadual de Roraima

Prof. Dr. Carlos Roberto de Lima
Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Wesley Viana Evangelista
Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Cristiano Marins
Universidade Federal Fluminense

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva
Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória

Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr
Faculdades Integradas de Taquara

Prof. Me. Silvio Almeida Junior
Universidade de Franca

Prof^a. Ma. Juliana Campos Pinheiro
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Raimundo Nonato Ferreira Do Nascimento
Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Antônio Marcos Mota Miranda
Instituto Evandro Chagas

Prof^a. Dra. Maria Cristina Zago
Centro Universitário UNIFAAT

Prof^a. Dra. Samylla Maira Costa Siqueira
Universidade Federal da Bahia

Prof^a. Ma. Gloria Maria de Franca
Centro Universitário CESMAC

Prof^a. Dra. Carla da Silva Sousa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

Prof. Me. Denny Ramon de Melo Fernandes Almeida
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Me. Mário Celso Neves De Andrade
Universidade de São Paulo

Prof. Me. Juliano Pizzano Ayoub
Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof. Dr. Ricardo Pereira Sepini
Universidade Federal de São João Del-Rei

Prof^a. Dra. Maria do Carmo de Sousa
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Me. Flávio Campos de Moraes
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Jonatas Brito de Alencar Neto
Universidade Federal do Ceará

Prof. Me. Reginaldo da Silva Sales
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof. Me. Moisés de Souza Mendonça
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof. Me. Patrício Francisco da Silva
Universidade de Taubaté

Prof^a. Esp. Bianca Anacleto Araújo de Sousa
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Pedro Afonso Cortez
Universidade Metodista de São Paulo

Prof^a. Ma. Bianca Cerqueira Martins
Universidade Federal do Acre

Prof. Dr. Vitor Afonso Hoeflich
Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Francisco de Sousa Lima
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

Prof^a. Dra. Sayonara Cotrim Sabioni
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

Prof^a. Dra. Thais Ranielle Souza de Oliveira
Centro Universitário Euroamericano

Prof^a. Dra. Rosemary Laís Galati
Universidade Federal de Mato Grosso

Prof^a. Dra. Maria Fernanda Soares Queiroz
Universidade Federal de Mato Grosso

Prof. Dr. Dioniso de Souza Sampaio
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Leonardo Augusto Couto Finelli
Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a. Ma. Danielly de Sousa Nóbrega
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre

Prof. Me. Mauro Luiz Costa Campello
Universidade Paulista

Prof^a. Ma. Livia Fernandes dos Santos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre

Prof^a. Dra. Sonia Aparecida Cabral
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo

Prof^a. Dra. Camila de Moura Vogt
Universidade Federal do Pará

Prof. Me. José Martins Juliano Eustaquio
Universidade de Uberaba

Prof. Me. Walmir Fernandes Pereira
Miami University of Science and Technology

Prof^a. Dra. Liege Coutinho Goulart Dornellas
Universidade Presidente Antônio Carlos

Prof. Me. Ticiano Azevedo Bastos
Secretaria de Estado da Educação de MG

Prof. Dr. Jónata Ferreira De Moura
Universidade Federal do Maranhão

Prof^a. Ma. Daniela Remião de Macedo
Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa

Prof. Dr. Francisco Carlos Alberto Fonteles Holanda
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Dra. Bruna Almeida da Silva
Universidade do Estado do Pará

Prof^a. Ma. Adriana Leite de Andrade
Universidade Católica de Petrópolis

Prof^a. Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco
Instituto Federal do Sertão Pernambucano,

Prof. Dr. Claudimir da Silva Santos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas

Prof. Dr. Fabrício dos Santos Ritá
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Prof. Me. Ronei Aparecido Barbosa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas

Prof. Dr. Julio Onésio Ferreira Melo
Universidade Federal de São João Del Rei

Prof. Dr. Juliano José Corbi
Universidade de São Paulo

Prof^a. Dra. Alessandra de Souza Martins
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Dr. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho
Universidade Federal do Cariri

Prof. Dr. Thadeu Borges Souza Santos
Universidade do Estado da Bahia

Prof^a. Dra. Francine Náthalie Ferraresi Rodrigues Queluz
Universidade São Francisco

Prof^a. Dra. Maria Luzete Costa Cavalcante
Universidade Federal do Ceará

Prof^a. Dra. Luciane Martins de Oliveira Matos
Faculdade do Ensino Superior de Linhares

Prof^a. Dra. Rosenery Pimentel Nascimento
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof^a. Esp. Livia Silveira Duarte Aquino
Universidade Federal do Cariri

Prof^a. Dra. Irlane Maia de Oliveira
Universidade Federal do Amazonas

Prof^a. Dra. Xaene Maria Fernandes Mendonça
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Ma. Thais de Oliveira Carvalho Granado Santos
Universidade Federal do Pará

Prof. Me. Fábio Ferreira de Carvalho Junior
Fundação Getúlio Vargas

Prof. Me. Anderson Nunes Lopes
Universidade Luterana do Brasil

Profª. Dra. Iara Margolis Ribeiro
Universidade do Minho

Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva
Universidade Federal do Ceará

Profª. Dra. Keila de Souza Silva
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Francisco das Chagas Alves do Nascimento
Universidade Federal do Pará

Profª. Dra. Réia Sílvia Lemos da Costa e Silva Gomes
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Evaldo Martins da Silva
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. António Bernardo Mendes de Seça da Providência Santarém
Universidade do Minho, Portugal

Profª. Dra. Miriam Aparecida Rosa
Instituto Federal do Sul de Minas

Prof. Dr. Biano Alves de Melo Neto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

Profª. Dra. Priscyla Lima de Andrade
Centro Universitário UnifBV

Prof. Dr. Gabriel Jesus Alves de Melo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

Prof. Esp. Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira
Universidade Estadual do Centro Oeste

Prof. Dr. Andre Muniz Afonso
Universidade Federal do Paraná

Profª. Dr. Laís Conceição Tavares
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof. Me. Rayme Tiago Rodrigues Costa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme
Universidade Federal do Tocantins

Prof. Me. Valdemir Pereira de Sousa
Universidade Federal do Espírito Santo

Profª. Dra. Sheylla Susan Moreira da Silva de Almeida
Universidade Federal do Amapá

Prof. Dr. Arinaldo Pereira Silva
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Profª. Dra. Ana Maria Aguiar Frias
Universidade de Evora, Portugal

Profª. Dra. Deise Keller Cavalcante
Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro

Profª. Esp. Larissa Carvalho de Sousa
Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal

Esp. Daniel dos Reis Pedrosa
Instituto Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Waslan Figueiredo Martins
Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Lênio José Guerreiro de Faria
Universidade Federal do Pará

Profª. Dra. Tamara Rocha dos Santos
Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Gustavo Soares de Souza
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

Profª. Dra. Adriana Cristina Bordignon
Universidade Federal do Maranhão

Profª. Dra. Norma Suely Evangelista-Barreto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Me. Larry Oscar Chaiñi Paucar
Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Peru

Prof. Dr. Pedro Andrés Chira Oliva
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Daniel Augusto da Silva
Fundação Educacional do Município de Assis

Profª. Dra. Aleteia Hummes Thaines
Faculdades Integradas de Taquara

Profª. Dra. Elisangela Lima Andrade
Universidade Federal do Pará

Prof. Me. Reinaldo Pacheco Santos
Universidade Federal do Vale do São Francisco

Profª. Ma. Cláudia Catarina Agostinho
Hospital Lusíadas Lisboa, Portugal

Profª. Dra. Carla Cristina Bauermann Brasil
Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Humberto Costa
Universidade Federal do Paraná

Profª. Ma. Ana Paula Felipe Ferreira da Silva
Universidade Potiguar

Prof. Dr. Ernane José Xavier Costa
Universidade de São Paulo

Profª. Ma. Fabricia Zanelato Bertolde
Universidade Estadual de Santa Cruz

Prof. Me. Eliomar Viana Amorim
Universidade Estadual de Santa Cruz

Profª. Esp. Nássarah Jabur Lot Rodrigues
Universidade Estadual Paulista

Prof. Dr. José Aderval Aragão
Universidade Federal de Sergipe

Profª. Ma. Caroline Muñoz Cevada Jeronimo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Profª. Dra. Aline Silva De Aguiar
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Renato Moreira Nunes
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Me. Júlio Nonato Silva Nascimento
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª. Dra. Cybelle Pereira de Oliveira
Universidade Federal da Paraíba

Profª. Ma. Cristianne Kalinne Santos Medeiros
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Profª. Dra. Fernanda Rezende
Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa e Estudo em Educação Ambiental

Profª. Dra. Clara Mockdece Neves
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª. Ma. Danielle Galdino de Souza
Universidade de Brasília

Prof. Me. Thyago José Arruda Pacheco
Universidade de Brasília

Profª. Dra. Flora Magdaline Benitez Romero
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Profª. Dra. Carline Santos Borges
Governo do Estado do Espírito Santo, Secretaria de Estado de Direitos Humanos.

Profª. Dra. Rosana Barbosa Castro
Universidade Federal de Amazonas

Prof. Dr. Wilson José Oliveira de Souza
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Eduardo Nardini Gomes
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. José de Souza Rodrigues
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Willian Carboni Viana
Universidade do Porto

Prof. Dr. Diogo da Silva Cardoso
Prefeitura Municipal de Santos

Prof. Me. Guilherme Fernando Ribeiro
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª. Dra. Jaisa Klaus
Associação Vitoriana de Ensino Superior

Prof. Dr. Jeferson Falcão do Amaral
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Profª. Ma. Ana Carla Mendes Coelho
Universidade Federal do Vale do São Francisco

Prof. Dr. Octávio Barbosa Neto
Universidade Federal do Ceará

Profª. Dra. Carolina de Moraes Da Trindade
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof. Me. Ronison Oliveira da Silva
Instituto Federal de Amazonas

Prof. Dr. Alex Guimarães Sanches
Universidade Estadual Paulista

Profa. Esp. Vanderlene Pinto Brandão
Faculdade de Ciências da Saúde de Unai

Profa. Ma. Maria Das Neves Martins
Faculdade de Ciências da Saúde de Unai

Prof. Dr. Joachin Melo Azevedo Neto
Universidade de Pernambuco

Prof. Dr. André Luis Assunção de Farias
Universidade Federal do Pará

Profª. Dra. Danielle Mariam Araujo Santos
Universidade do Estado do Amazonas

Profª. Dra. Raquel Marchesan
Universidade Federal do Tocantins

Profª. Dra. Thays Zigante Furlan Ribeiro
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Norbert Fenzl
Universidade Federal do Pará

Prof. Me. Arleson Eduardo Monte Palma Lopes
Universidade Federal do Pará

Profa. Ma. Iná Camila Ramos Favacho de Miranda
Universidade Federal do Pará

Profª. Ma. Ana Lise Costa de Oliveira Santos
Secretaria de Educação do Estado da Bahia

Prof. Me. Diego Vieira Ramos
Centro Universitário Inga

Prof. Dr. Janaildo Soares de Sousa
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Mário Henrique Gomes
Centro de Estudos das Migrações e das Relações Interculturais, Portugal

Profª. Dra. Maria da Luz Ferreira Barros
Universidade de Evora, Portugal

Prof^a. Ma. Eliaidina Wagner da Silva
Caixa de Assistência dos Advogados da OAB-ES

Prof^a. Ma. Maria José Coelho dos Santos
Prefeitura Municipal de Serra

Prof^a. Tais Muller
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Me. Eduardo Cesar Amancio
Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba

Prof^a. Dra. Janine Nicolosi Corrêa
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^a. Dra. Tatiana Maria Cecy Gadda
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^a. Gabriela da Costa Bonetti
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Thales do Rosário De Oliveira
Universidade de Brasília

Prof^a. Dra. Maisa Sales Gama Tobias
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Pedro Igor Dias Lameira
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Dra. Geuciane Felipe Guerim Fernandes
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Prof. Me. Teonis Batista da Silva
Universidade do Estado da Bahia

Prof^a. Ma. Aline Maria Gonzaga Ruas
Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a. Dra. Alessandra Knoll
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

Prof^a. Ma. Carla Cristina Sordi
Universidade Estadual do Ceará

Prof^a. Dra. Caroline Lourenço de Almeida
Fundação Educacional do Município de Assis

Prof^a. Dra. Rosângela Gonçalves da Silva
Fundação Educacional do Município de Assis

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Universidade Federal da Grande Dourados

Prof. Dr. Leonardo de Carvalho Vidal
Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof^a. Dra. Mônica Aparecida Bortolotti
Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná

Prof^a. Dra. Lucieny Almohalha
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Esp. Layane Caroline Silva Lima Braun
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Ma. Michelle Cristina Boaventura França
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Fernando da Silva Cardoso
Universidade de Pernambuco

Prof. Me. Hugo José Coelho Corrêa de Azevedo
Fundação Oswaldo Cruz

Prof^a. Ma. Leticia Keroly Bezerra Alexandrino
Universidade de Fortaleza

Prof. Dr. Luiz Gonzaga Lapa Junior
Universidade de Brasília

Prof^a. Ma. Martha Luiza Costa Vieira
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Dra. Vânia Maria Arantes
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Me. Paulo Roberto Serpa
Universidade do Vale do Itajaí

Prof. Dr. Hercules de Oliveira Carmo
Faculdade de Educação de Guaratinguetá

Prof^a. Dra. Caroline Nóbrega de Almeida
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof^a. Ma. Camila Tâmires Alves Oliveira
Universidade Federal Rural do Semiárido

Prof. Me. Francisco Lidiano Guimarães Oliveira
Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Mauro José de Deus Moraes
Universidade Federal do Acre

Prof^a. Ma. Terezinha Maria Bogéa Gusmão
Instituto Histórico e Geográfico de Arari

Prof. Dr. Felipe Vitório Ribeiro
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

"Todos os nossos sonhos podem se tornar realidade se tivermos a coragem de persegui-los."

Walt Disney

RESUMO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e seus subprodutos, sendo que na safra de 2020/21 a moagem de cana-de-açúcar no Brasil foi de 657.433 mil toneladas, sendo a região Norte-nordeste responsável por 7,9% e a região Centro-sul por 92,1%, na qual apenas o estado de São Paulo é responsável por 54,22% da moagem brasileira (UNICA, 2022). Desde o surgimento da cultura no Brasil até 2002 se predominava o sistema manual na colheita, até a chegada da Lei n. 11.241 de 2002 e do Protocolo Agroambiental de 2007 que impulsionaram a mecanização na colheita, devido a proibição da prática da queima da palhada, o que resultou em mudanças no setor sucroenergético. Esse trabalho teve como objetivo analisar as mudanças ocasionadas no setor sucroenergético ocorridas pela transição do sistema de colheita manual para colheita mecanizada, ressaltando os aspectos econômicos, sociais e ambientais, ao longo das safras de 2000/01 a 2018/19, para o setor no Estado de São Paulo, tendo como metodologia a utilização de dados secundários que serão obtidos por meio de revisões bibliográficas, livros, trabalhos acadêmicos, entre outras produções existentes na literatura relacionados à área com ênfase no processo de colheita da cana-de-açúcar. Como resultado obteve-se no aspecto econômico que, da safra de 2007/08 para a safra 2018/19, ocorreu um aumento de 4437 colhedoras no estado de São Paulo e a área colhida mecanicamente saltou de 33% para 93,3%, enquanto a manual regrediu de 67% para 6,7%. No aspecto social pode-se notar uma redução de 222.943 vagas de atividades manuais no setor, desde 2007/08 a 2018/19, e um aumento no valor pago aos cortadores de cana. Já no âmbito ambiental nota-se uma redução de 46% no consumo de água, da safra 2010/11 para safra 2018/19, para produção de 1 tonelada de cana e, da safra de 2006/07 a 2020/21 teve-se uma redução de 1,63 milhões de hectares com o uso da queimada autorizada e uma redução de 11,82 milhões de CO₂ emitidos na at9fera. Nesse sentido, conclui-se que com a chegada do Protocolo Ambiental, em 2007, a prática da queimada da palhada teve seu uso limitado e gerou avanços no sistema de colheita, esses que resultaram em uma colheita mais sustentável e com menor número de mão de obra uma vez que as colhedoras tinham maior capacidade de colheita.

Palavras-chave: Sucroenergético, Mecanizada, Manual, Protocolo Ambiental.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO DE LITERATURA E REFERENCIAL TEÓRICO	9
3 OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GERAL.....	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4 METODOLOGIA E FONTE DE DADOS	16
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5.1 Aspectos social	17
5.2 Aspectos econômicos.....	18
5.3 Aspecto ambiental	23
6 CONCLUSÃO	25
REFERENCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e seus subprodutos possuem grande expressão em âmbito mundial. Com isso essa cultura possui papel importante na economia brasileira, representando 2% do PIB (JORNALCANA, 2020). Na safra 2019/2020 foram colhidos 642,7 milhões de toneladas de cana-de-açúcar e a área colhida foi de 8,4 milhões de hectares (NOVACANA, 2020).

Os principais subprodutos obtidos da cana-de-açúcar são açúcar, etanol e a biomassa (utilizada para geração de energia), no qual o açúcar e o etanol apresentam-se em destaque mundiais, sendo que o Brasil é o segundo maior produtor de etanol e maior produtor de açúcar do mundo (CONAB, 2020).

Na safra de 2020/21 a moagem de cana-de-açúcar no Brasil foi de 657.433 mil toneladas, sendo a região Norte-nordeste responsável por 7,9% e a região Centro-sul por 92,1% (UNICA, 2022). Pode-se notar que a região Centro-sul se destaca no cenário sucroenergético, mas apenas o estado de São Paulo é responsável por 54,22%, 63,42% e 44,32% da moagem, produção de açúcar e etanol respectivamente da produção brasileira (UNICA, 2022). Sendo assim este trabalho irá ter enfoque no Estado de São Paulo devido sua importância na produção de cana-de-açúcar e seus subprodutos em âmbito nacional.

Devido à importância econômica e a grande área cultivada e empresas existente no setor sucroenergético, este setor se destaca na geração de empregos, sendo que na safra de 2018/19 foram gerados 2,4 milhões de empregos de forma indireta somando-se toda cadeia produtiva e, 744 mil empregos gerados diretamente pelo setor produtivo (UNICA, 2019).

Desde o surgimento da cultura de cana-de-açúcar no Brasil até 2002 o sistema predominante de colheita de cana de açúcar adotado no Brasil era o sistema manual, ou seja, utilizava-se um grande número de mão de obra braçal para realizar as etapas de corte e carregamento de cana. Para facilitar a colheita de cana e aumentar a quantidade colhida por trabalhador, utilizava-se da técnica da queima da palhada (EMBRAPA, 2000).

A técnica da queima da palhada da cana-de-açúcar facilitava o corte, porém causava impactos sociais e ambientais, entre eles problemas respiratórios causados pela elevada emissão de gases poluentes como dióxido de carbono, óxido nitroso e metano (Borges et al, 2020). Esses gases, emitidos durante a queimada da palhada, além de afetar a população residente próximo a área cultivada afetava a atmosfera devido aos gases serem os responsáveis pelo efeito estufa.

Com esses problemas gerados pela colheita manual com uso de queimada, se fez necessário que surgisse um novo método de colheita, visando a melhoria dos aspectos

ambientais e com a possibilidade e aumento da tonelada de cana colhida por hectare, isso motivou o surgimento da colheita mecanizada.

O avanço do índice de mecanização também ocorreu motivado pela Lei n. 11.241 de 2002 e a assinatura do Protocolo Agroambiental de 2007, que possuíam como intuito a proteção ao meio ambiental, por meio da exclusão da etapa da queima da palha da cana-de-açúcar, que ocorria antes da colheita manual com a finalidade de facilitar e aumentar a produtividade de corte manual por trabalhador.

A principal diferença entre o Protocolo Ambiental e a Lei é de que enquanto a Lei n. 11.241 prevê a eliminação total da queima em áreas com aptidão para o uso de máquinas para o ano de 2021, o Protocolo Agroambiental antecipou para 2014. Já para áreas com os problemas de declividade, que afeta a colheita mecanizada, o Protocolo Agroambiental impõe o ano de 2021 para o término das queimadas, enquanto a Lei permite a erradicação até o ano de 2031, ressaltando que o Protocolo cabe às usinas, empresas e fornecedores que aderiram ao Protocolo, enquanto aos demais devem seguir a Lei (IEA, 2019).

Em 2007, a área de cana-de-açúcar de usinas e fornecedores que participavam do Protocolo já correspondia a 56%, sendo que existiam 153 Usinas no estado de São Paulo e destas, 138 assinaram o Protocolo Ambiental (IEA, 2014). No ano de 2021, 91% da produção de cana do estado de São Paulo e advinda de usinas e fornecedores vieram de unidades que participam do Protocolo Ambiental (UNICA, 2021), isso corresponde a 131 usinas e 122 associações de fornecedores signatários do Protocolo Ambiental (SIMASP, 2021).

Atualmente o setor possui dois sistemas de colheita sendo eles a colheita manual com o uso de mão de obra humana de forma braçal (respeitando as novas leis) e, a principal forma de colheita praticada nos dias atuais, a colheita mecanizada através do uso de máquinas especializadas para a cultura.

Na safra de 2018/2019 foi registrado que no Estado de São Paulo o principal produto de cana-de-açúcar atingiu 95.34 % do índice de mecanização (IEA, 2019).

Este trabalho encontra-se dividido em 6 capítulos, contando a partir dessa introdução. O capítulo 2, é referente a revisão de literatura e referencial teórico, onde são descritas as principais questões do setor sucroenergético, especificamente em relação ao açúcar, bem como a sua dinâmica produtiva e importância econômica. O objetivo geral e específicos, estão apresentados no capítulo 3. No capítulo 4 são apresentadas a metodologia e fonte de dados. No capítulo 5, são apresentados e discutidos os resultados. E por fim, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões e finaliza com as referências bibliográficas.

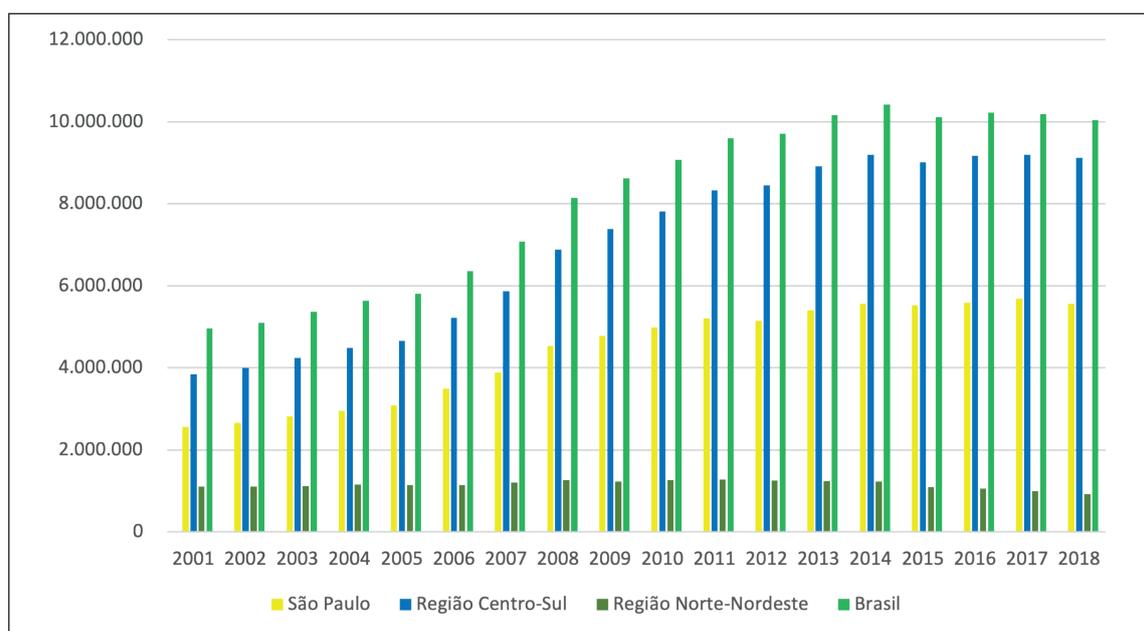
2 REVISÃO DE LITERATURA E REFERENCIAL TEÓRICO

O cultivo de cana-de-açúcar no Brasil se iniciou em 1532 em São Vicente no nordeste brasileiro, no qual se construiu-se o primeiro engenho de açúcar (UDOP, 2003).

A migração do cultivo de cana-de-açúcar para o estado de São Paulo ocorreu no final do século XIX impulsionados pela produção de aguardente, que com o passar dos anos e o desenvolvimento da cultura e os produtos obtidos pela mesma ocasionaram o surgimento de institutos de pesquisa como Instituto do açúcar e Álcool (IAA) e Instituto agrônomo de Campinas (IAC) e programas como o Proálcool, resultaram na expansão da cultura na região Centro-sul e a consolidação do estado de São Paulo como maior produtor de cana-de-açúcar e seus subprodutos (UDOP, 2003).

Para se ter melhor dimensão da evolução da cultura do Brasil, no **Gráfico 1** pode-se ver a evolução da área colhida de cana de açúcar durante os anos de 2001 a 2018 (UNICA, 2021), por região.

Gráfico 1 - Área colhida de cana-de-açúcar em hectares, por região, do ano de 2001 a 2018.



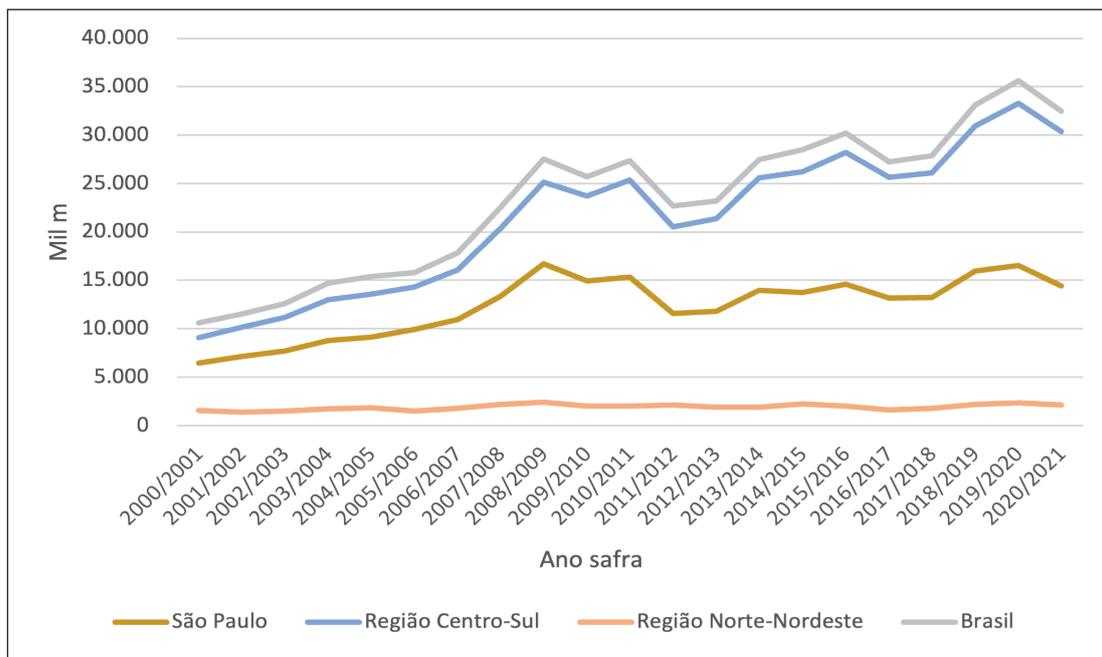
Fonte: UNICA, 2021.

Com os dados que constam no **Gráfico 1** pode-se ver que a área colhida no Brasil e na região Centro-sul dobraram de tamanho, enquanto a região Norte-Nordeste teve diminuição de 179.522 hectares, o que representa uma retração de 16,25%. Além disso, na safra de 2018, a região Centro-sul representou 90,78% da cana colhida no Brasil e o estado de São Paulo teve participação de 55,32% e 60,93% da área colhida em relação ao Brasil

e a Região Centro-sul. Isso demonstra a importância do estado de São Paulo e da região Centro-sul no setor sucroenergético.

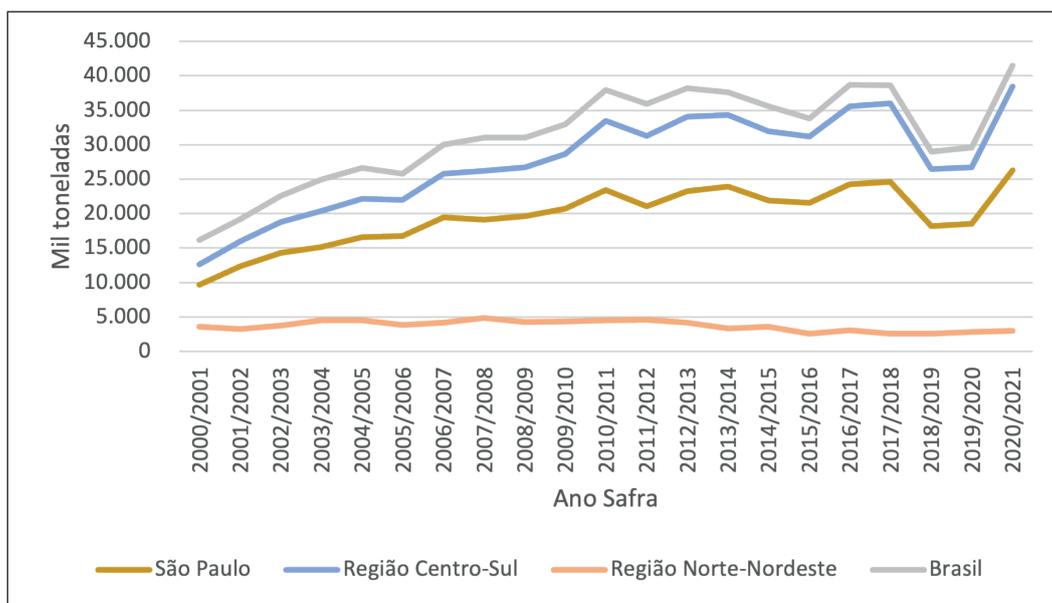
Com o avanço da área colhida, a produção dos subprodutos da cana-de-açúcar avançou. Nos **Gráficos 2 e 3**, pode-se notar a evolução histórica da produção de etanol e açúcar dentro das regiões e do estado de São Paulo.

Gráfico 2 - Produção de etanol total, por regiões, safras 2000/01 a 2020/2021.



Fonte: UNICA, 2021.

Gráfico 3 - Produção de açúcar, por região, safras 2000/01 a 2020/21.



Fonte: UNICA, 2021.

Pode-se notar nos Gráficos 2 e 3 que as oscilações na produção de etanol total e açúcar no Brasil são seguidas pela produção da região Centro-sul e pelo Estado de São Paulo, isso demonstrando a importância e influência desta região e estado na produção de etanol e açúcar ao longo das safras. Enquanto a região Norte-nordeste tem sua produção quase que retilínea sem apresentar essa oscilação verificada nas demais regiões.

Entre 1532 até 2002 o sistema de cultivo da cultura da cana-de-açúcar foi praticado predominante por operações manuais, que se baseava no elevado número de mão de obra e o uso das queimadas nas áreas de cana-de-açúcar, com a finalidade de queimar a palhada e facilitar a colheita (Borges et al, 2020).

De acordo com Bergonso et. al (2009) as queimadas dos canaviais proporcionam um aumento de 131% de partículas finas no ar, sendo que as partículas finas são as responsáveis por provocar problemas à saúde humana.

Os resíduos da cana-de-açúcar são responsáveis por 98% dos gases do efeito emitidos a partir da queima de resíduos agrícolas (Ronquim, 2010). A prática da queima da palhada ocasiona a liberação de gases como: dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4) em grandes concentrações da atmosfera (Lima et.al, 1999).

Com isso no ano de 2002, foi decretado pelo governador do estado de São Paulo a Lei n. 11.241 de 2002, que surgia para decretar a eliminação gradativa da prática das queimadas das palhadas nos canaviais (ALSP, 2002), conforme cronograma apresentado no Quadro 1.

Para fins da Lei foram pontuados fatores para determinar o que seria denominado como área mecanizável, entre eles terrenos acima de 150 ha com declividade igual ou inferior a 12% e que a estrutura físico-química do solo permitisse o uso das maquinário. A mesma ainda delimitava normativas padrões que determinavam regras para o uso das queimadas nas áreas não mecanizáveis e mecanizáveis até atingir 100% da eliminação das queimadas, vale ressaltar que esta Lei tinha validade tanto para propriedades vinculadas a unidade agroindustrial como para fornecedores (ALSP, 2002).

Quadro 1 - Cronograma para redução da prática da queimada.

Ano	AREA MECANIZAVEL ONDE NAO SE PODE EFETUAR A QUEIMA	PERCENTAGEM DE ELIMINAÇÃO DA QUEIMA
1° ano (2002)	20% da área cortada	20% da queima eliminada
5° ano (2006)	30% da área cortada	30% da queima eliminada
10° ano (2011)	50% da área cortada	50% da queima eliminada
15° ano (2016)	80% da área cortada	80% da queima eliminada
20° ano (2021)	100% da área cortada	Eliminação total da queima
ANO	AREA NÃO MECANIZAVEL, COM DECLIVIDADE SUPERIOR A 12% E/OU MENOR DE 150há (cento e cinquenta hectares), ONDE NÃO SE PODE EFETUAR A QUEIMA	PERCENTAGEM DE ELIMINAÇÃO DA QUEIMA
10° ano (2011)	10% da área cortada	10% da queima eliminada
15° ano (2016)	20% da área cortada	20% da queima eliminada
20° ano (2021)	30% da área cortada	30% da queima eliminada
25° ano (2026)	50% da área cortada	50% da queima eliminada
30° ano (2031)	100% da área cortada	100% da queima eliminada

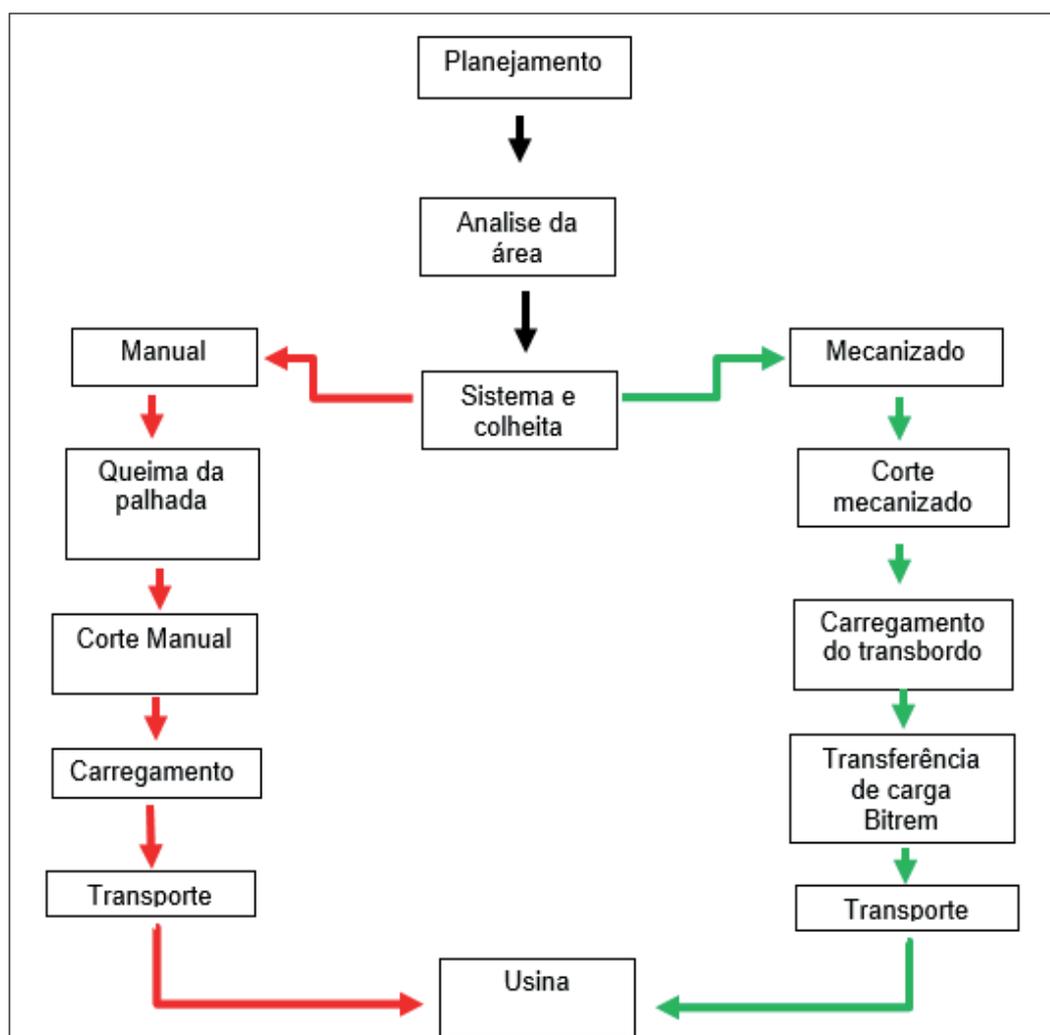
Fonte: ALSP, 2002.

No entanto foi em 2007 que ocorreu o início definitivo para a alavancagem da mecanização como sistema de colheita de cana-de-açúcar, com o Protocolo Ambiental 2007, que resultou no acordo entre o governo do estado de São Paulo e a União da Indústria da cana-de-açúcar (UNICA), Este Protocolo tinha como objetivo impulsionar e consolidar a produção sustentável, visando a antecipação de prazos para o fim uso do fogo nos canaviais, proteção de matas ciliares, recuperação de nascentes e outras medidas de conservação (IEA, 2014).

De acordo com IEA (2014) o Protocolo Ambiental, em 2007, resultou no acordo de 138 unidades produtoras, enquanto em 2008 o mesmo compromisso foi acordado com a Associação dos fornecedores de cana-açúcar (ORPLANA). Após isso a eliminação do uso da prática da queimada da palhada nos canaviais teve sua data antecipada e o sistema mecanizado de colheita impulsionado.

Assim, durante este período, o setor sucroenergético possuía dois sistemas de colheita sendo praticados no setor, com características e fluxos de operações distintos como pode ser observado na **Figura 1**.

Figura 1 - Fluxogramas de colheita manual e mecanizada para a cana-de-açúcar.



Fonte: Miller, 2008.

O sistema de colheita mecanizado trazia com si além da vantagem de não necessitar da técnica da queima da palhada, mas também vantagens de eficiência de colheita, uma vez que o maquinário podia trabalhar 24hrs por dia, diminuição na perda de água do solo, proporciona controle de algumas plantas daninhas (Ferreira, 2002). Por outro lado, a colheita mecanizada trazia consigo um maior número de perdas diretas e indiretas, compactação de solo e danos ao sistema radicular (Ferreira, 2002).

Em questões logísticas ambos os sistemas possuíam diferenças. Na colheita manual a logística envolvia mão de obra braçal e caminhões de transporte, onde após a queima da palhada, os cortadores de cana adentravam o canavial portando facões para corte da cana e posteriormente o empilhamento dos feixes em leiras para carregamento manual ou mecânico para os caminhões de transporte (Lenis, 2016).

Enquanto a colheita mecanizada o processo logístico começa no planejamento, visando tempo de transporte, danos aos equipamentos, áreas a serem colhidas, disposição e tipos

de maquinários (Medeiros e Fernandez, 2018). Após o planejamento a colhedora de cana adentra o canavial acompanhada de um trator transbordo ou caminhão transbordo como demonstrado na **Figura 2**, com o intuito de carregar as trelas do transbordo e posteriormente levar ao carregador para transferência de carga do trator para um caminhão canavieiro, esta etapa denomina de transbordamento (Machado et al, 2018).

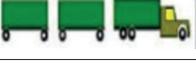
No transporte do carreador até a usina pode ser utilizado alguns tipos de configurações de caminhões canavieiros como visto no **Quadro 2** (Silva, 2006).

Figura 2 - Operação de corte e carregamento.



Fonte: MFRural, 2021.

Quadro 2 - Descrição de tipos de composições.

COMPOSIÇÃO	ESQUEMA	DESCRIÇÃO
Truck/Toco/Caminhão simples		Caminhão plataforma
Romeu e Julieta Biminhão		Caminhão plataforma com uma carreta acoplada
Treminhão		Caminhão plataforma com duas carretas acopladas
Rodotrem		Cavalo mecânico com dois semi-reboques acoplados

Fonte: Silva, 2006.

Com essas diferenças logísticas e característica da mão de obra os custos envolvidos em cada sistemas são distintos entre si. Com a migração do sistema de colheita do manual para o mecanizado, mudanças aconteceram nos aspectos econômicos, sociais e ambientais no setor desde 2002 até os dias atuais, com isso este trabalho busca analisar essas mudanças dentro do setor ao longo do período, com foco no estado de São Paulo devido a sua relativa representatividade em termos de produção para o setor.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar as mudanças ocasionadas no setor sucroenergético ocorridas pela transição do sistema de colheita manual para colheita mecanizada, ressaltando os aspectos econômicos, sociais e ambientais, ao longo das safras de 2000/01 a 2018/19, para o setor no Estado de São Paulo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo geral foi dividido em 3 objetivos específicos, sendo levado em conta os diferentes aspectos abordados. Assim, para cada aspecto foram elencadas as variáveis a serem analisadas ao longo do período que coexistem os dois sistemas de colheitas, a saber:

1. Aspectos social: quadro de funcionários; nível de salário;
2. Aspectos econômicos: hectares de área colhida; porcentagem de área colhida manual vs mecanizada; quantidade de colhedoras; produtividade de colheita manual vs mecanizada; valor pago por tonelada de cana colhida e ATR;
3. Aspecto ambiental: emissão de gases, consumo de água.

4 METODOLOGIA E FONTE DE DADOS

O trabalho final de graduação será conduzido com a utilização de dados secundários que serão obtidos por meio de revisões bibliográficas, livros, trabalhos acadêmicos, **sites** de instituições públicas e privadas, entre outras produções existentes na literatura relacionados à área do setor sucroenergético com ênfase no processo de colheita da cana-de-açúcar.

Como fontes de dados podem ser citadas:

- para a análise dos aspectos econômicos: União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA); Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), União Nacional da Bioenergia (UDOP), Instituto de Economia Agrícola (IEA).
- para a análise dos aspectos sociais: Ministério do Trabalho (MTE), Instituto de Economia Agrícola (IEA), Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).
- para a análise dos aspectos ambientais: Secretaria da agricultura e abastecimento (SAA).

As variáveis que constituem o objetivo específico relacionado ao aspecto econômico foram selecionadas devido à literatura existente quanto ao tema, como por exemplo, o trabalho realizado anualmente por meio de Boletim, feito pela CONAB, que traz o acompanhamento de safra brasileira cana-de-açúcar (CONAB,2022) e o Observatório da cana disponibilizado pela UNICA (UNICA, 2022). Ambos os exemplos citados, trazem pontos pertinentes de discussão para o setor e, com isso, realizou-se a escolha dos principais pontos para serem abordados neste aspecto.

As variáveis que constituem o objetivo específico relacionado ao aspecto social foram escolhidas devido ao Ministério do Trabalho e Emprego realizar acompanhamentos anuais e verificar como está a atividade dos trabalhadores brasileiros em diferentes setores, inclusive no sucroenergético.

Por fim, as variáveis que constituem o objetivo específico relacionado ao aspecto ambiental foram escolhidas devido a relação existente com o Protocolo Ambiental de 2007.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

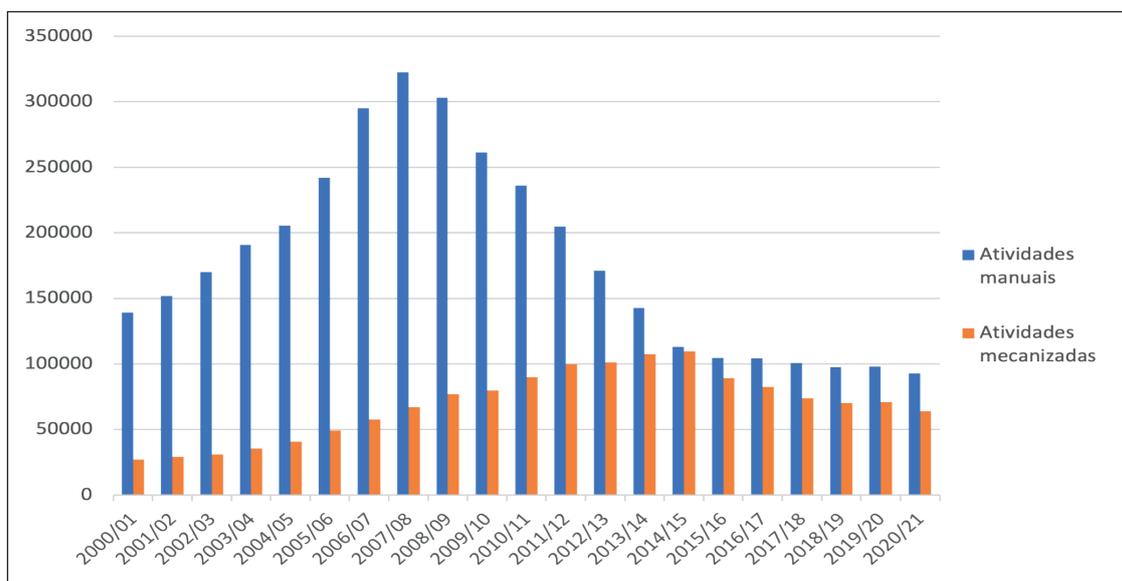
Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos sobre as mudanças ocorridas de sistema manual para mecanizado na colheita da cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, abordando os aspectos social, econômico e ambiental. Todos os valores monetários considerados neste trabalho são nominais.

5.1 Aspectos social

Com a transição no sistema de colheita, os salários tiveram alterações ao longo dos anos para ambos os sistemas, manual e mecanizado.

As atividades manuais, no setor sucroenergético, tiveram crescimento, até o ano de 2007, revertendo a tendência com o surgimento do Protocolo Ambiental que, ocasionou queda dos trabalhos com atividades manuais no setor, enquanto as atividades mecanizadas começaram a ter um maior crescimento, como pode-se ver no **Gráfico 4**.

Gráfico 4 - Nº de trabalhadores no setor sucroenergético do estado de São Paulo em atividades mecanizadas vs manuais.

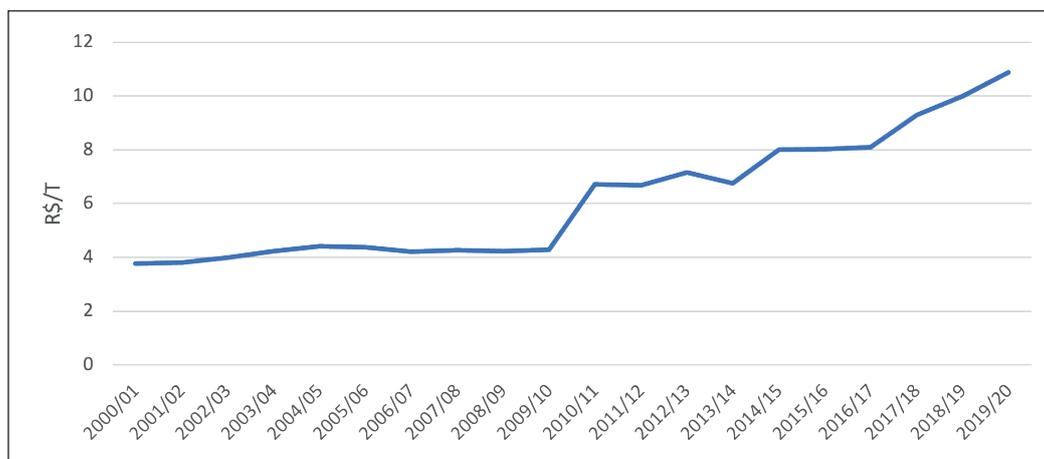


Fonte: RAIS-TEM, 2022.

No **Gráfico 5** pode-se ver o valor pago por tonelada colhida ao trabalhador rural no estado de São Paulo. Nota-se que na transição da dominância do sistema de colheita manual para a mecânica ocorrida na safra de 2007/08 para a de 2010/11, teve-se um acréscimo de 57% no salário por tonelada colhida, o mesmo ocorreu entre as safras de 2015/16 para 2019/20, que se obteve um aumento de 34%.

Esses aumentos podem estar relacionados à baixa oferta de mão de obra, uma vez que a colheita manual já representava menos de 6%, da participação na área colhida.

Gráfico 5 - Valor pago por tonelada colhida ao trabalhador rural no sistema manual no Estado de São Paulo.

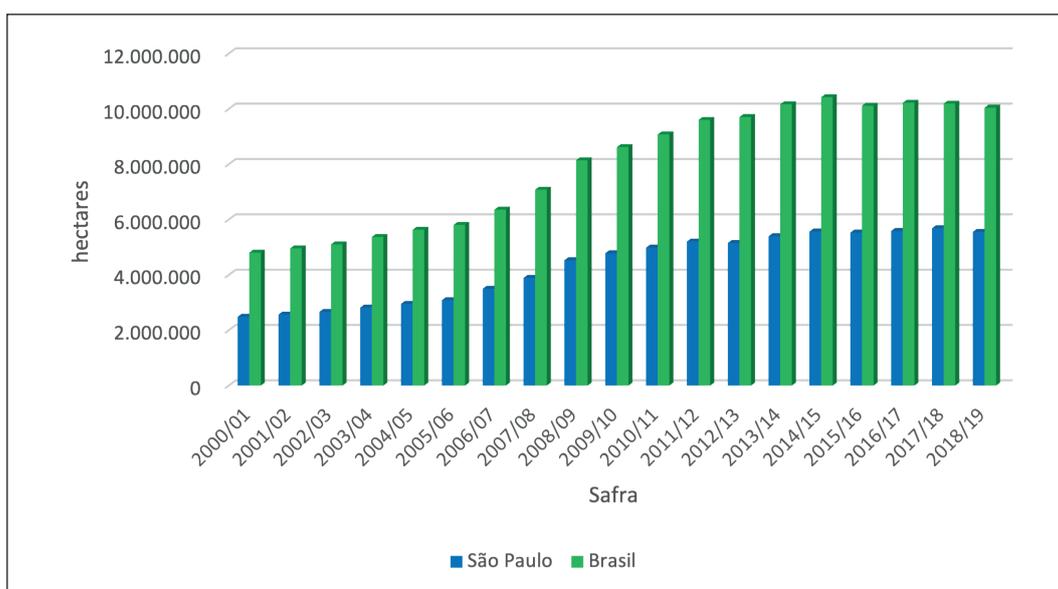


Fonte: IEA, 2020.

5.2 Aspectos econômicos

A área colhida de cana de açúcar no Brasil dobrou de tamanho ao longo de 18 safras, da safra de 2000/01 para 2018/19 e o estado de São Paulo acompanhou esse crescimento de área. Ainda se nota no **Gráfico 6**, que o estado de São Paulo representa 50% dos hectares colhidos de cana-de-açúcar.

Gráfico 6 - Hectares colhidos no Brasil e estado de São Paulo durante os anos safra 2000/01 a 2018/19

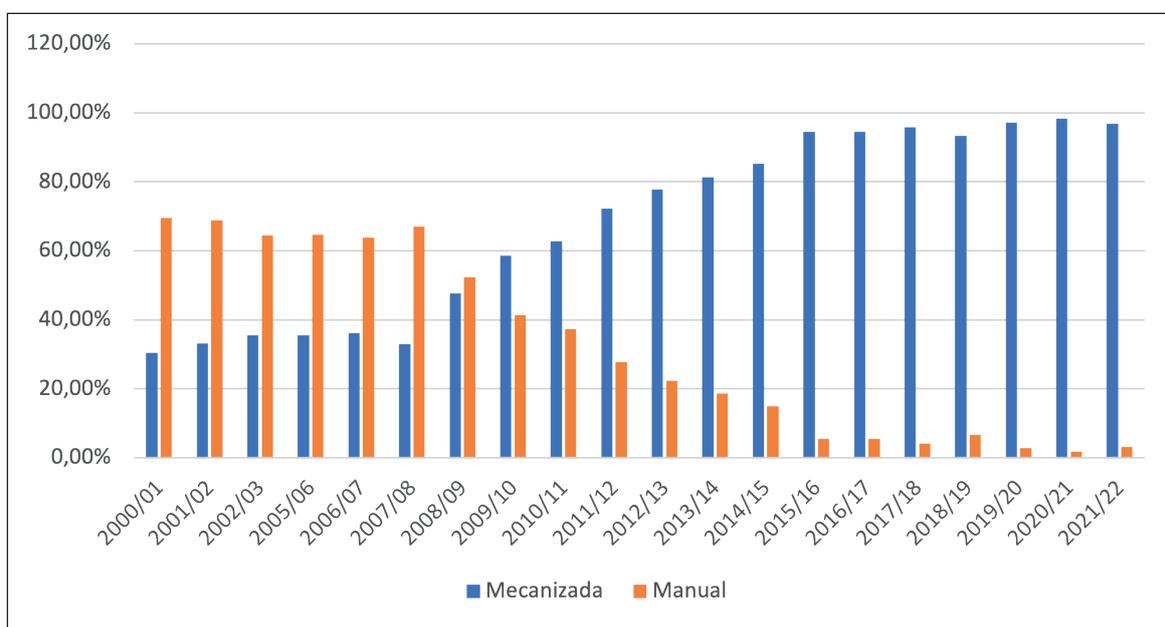


Fonte: UNICA, 2022.

Durante as safras de 2000/01 à 2007/08 nota-se no **Gráfico 7**, uma predominância pelo sistema de colheita manual, na qual este sistema teve uma participação média de 64% da área colhida do estado de São Paulo. Mas, após o Protocolo Ambiental de 2007, pode-se ver que na safra de 2007/08 para 2009/10, a colheita manual sofreu uma queda de -25,6% % da área colhida, sendo essa área passada para o sistema mecanizado.

Após o ano safra 2007/08, a colheita manual foi perdendo espaço ano a ano, enquanto a colheita mecanizada foi tendo sua evolução na participação na área colhida, tendo como maior participação na safra 2020/21, com 98,3%. Atualmente a área mecanizada e manual representam respectivamente por 96,9% e 3,1%.

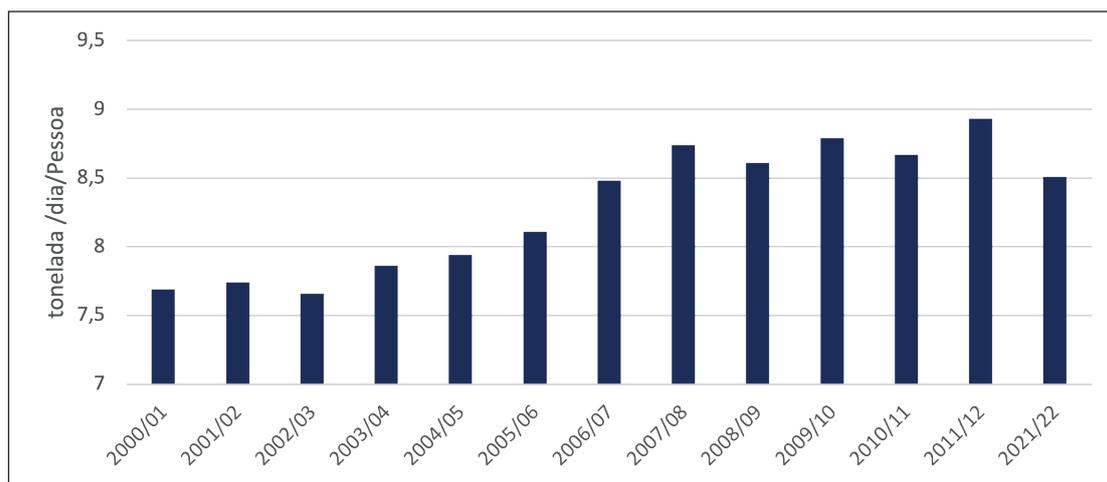
Gráfico 7 - Colheita manual vs mecanizada no estado de São Paulo da safra 2000/01 a 2020/21.



Fonte: UNICA, 2022. Moreno, 2022.

Esse aumento de área colhida é reflexo da expansão da cultura por novas áreas, atendendo a maior demanda por combustíveis de fonte renováveis e, ainda, aumento este atrelado com avanço da colheita mecanizada (Castro et al, 2022), uma vez que uma colhedora moderna, de duas linhas, consegue colher o equivalente a 117 pessoas. Nos **Gráficos 8 e 9** nota-se a diferença da capacidade de colheita no sistema manual e mecanizado.

Gráfico 8 - Capacidade de colheita média por pessoa/dia.

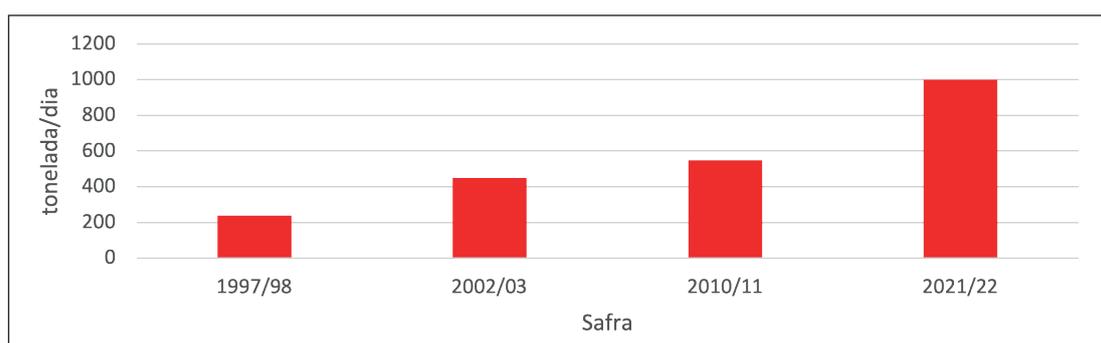


Fonte: Torquato, 2013.

A capacidade de colheita das colhedoras está segmentada em 4 épocas diferentes, como demonstrado no **Gráfico 9**, sendo a primeira colhedora lançada em 1966, passando pela primeira colhedora de cana picada até o último lançamento mais tecnológico de colhedoras de duas linhas.

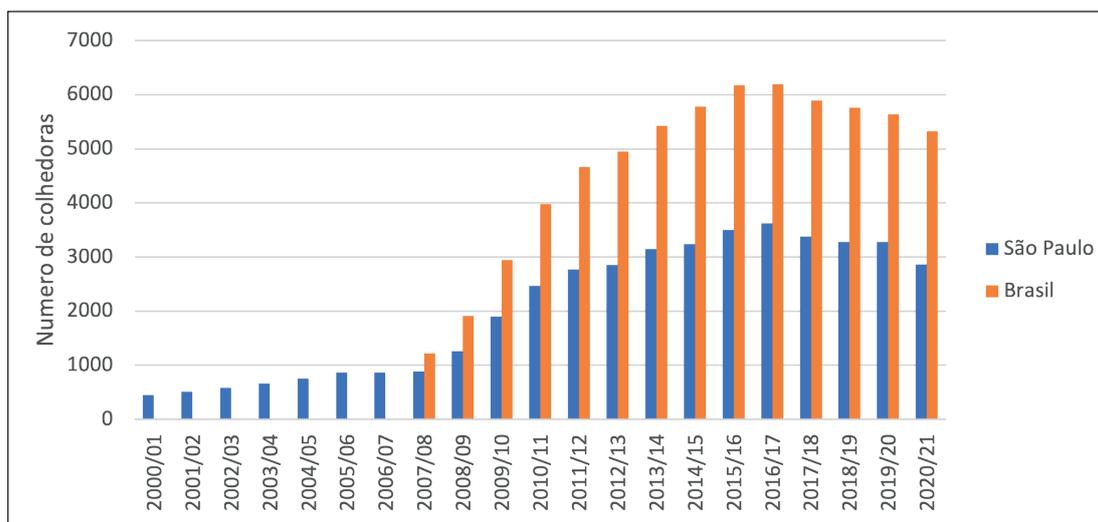
Nas safras de 1997/98, 2002/03, 2010/11 e 2021/22 uma colhedora era capaz de colher equivalente/pessoas 31, 58, 63 e 117, respectivamente, com uma evolução de 860 toneladas de cana. No **Gráfico 10** apresenta-se a evolução no número de colhedoras presente no Brasil e no estado de São Paulo, sendo que apenas o estado de São Paulo possui 53,8% das colhedoras de cana-de-açúcar do Brasil.

Gráfico 9 - Capacidade de colheita média por colhedora/dia.



Fonte: Agrolink, 2019; RPAnews, 2018 e IEA, 2022.

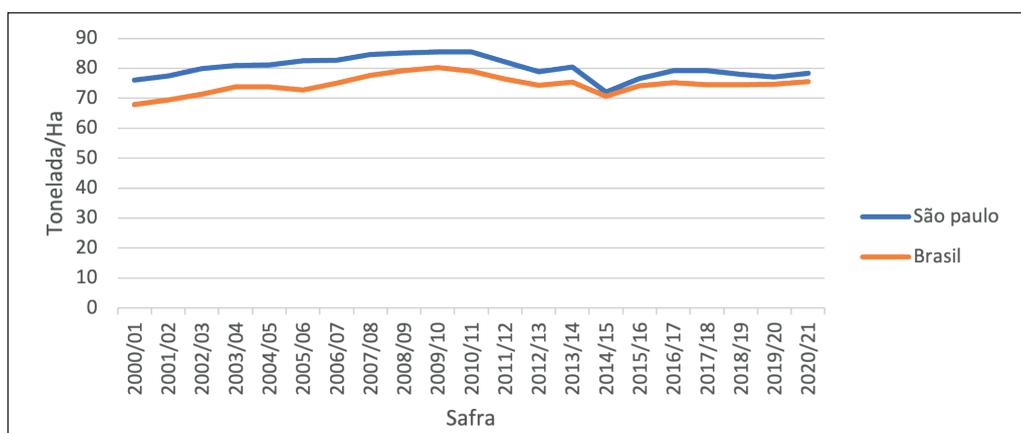
Gráfico 10 - Quantidade de colhedoras no estado de São Paulo.



Fonte: IEA, 2002 e CONAB, 2022.

No **Gráfico 11** nota-se a produtividade (tonelada/ha), observando-se que no estado de São Paulo, saiu de 76 t/ha para 78,28 t/ha, no período safra de 2000/01 para 2020/21, enquanto o Brasil saiu de 67,87t/ha para 75,6 t/ha, assim correspondendo um aumento de 3% e 11,4% para São Paulo e Brasil, respectivamente.

Gráfico 11 - Produtividade do Brasil e do estado de São Paulo da safra de 2000/01 à 2020/21.

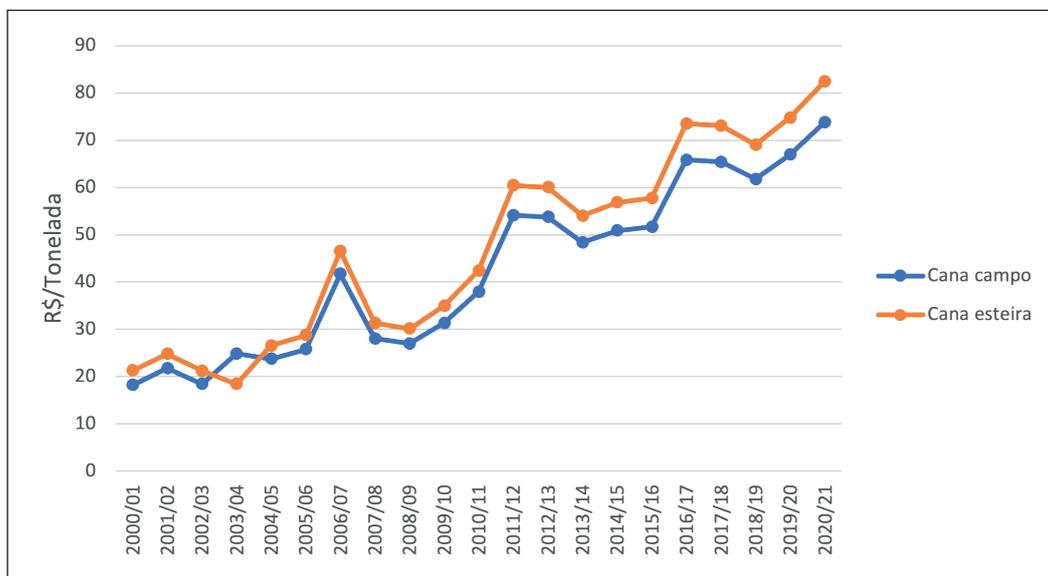


Fonte: IBGE, 2022.

Apesar da produtividade do Estado de São Paulo ter crescido de maneira mais lenta quando comparada com os valores do Brasil, o valor pago por tonelada de cana entregue no campo e na esteira para os fornecedores tiveram comportamento oposto, ou seja, ocorreu uma evolução acentuada, na qual o valor saiu de R\$ 18,18 para R\$ 73,82 no valor pago na cana no campo e o valor pago pela cana na esteira saiu de R\$21,27 para R\$82,46 e assim houve um aumento de R\$52,64 e R\$61,19 para cana campo e esteira respectivamente da safra 2000/01 a 2020/21 como poder ver no **Gráfico 12**. Isso corresponde a 406% e 387%

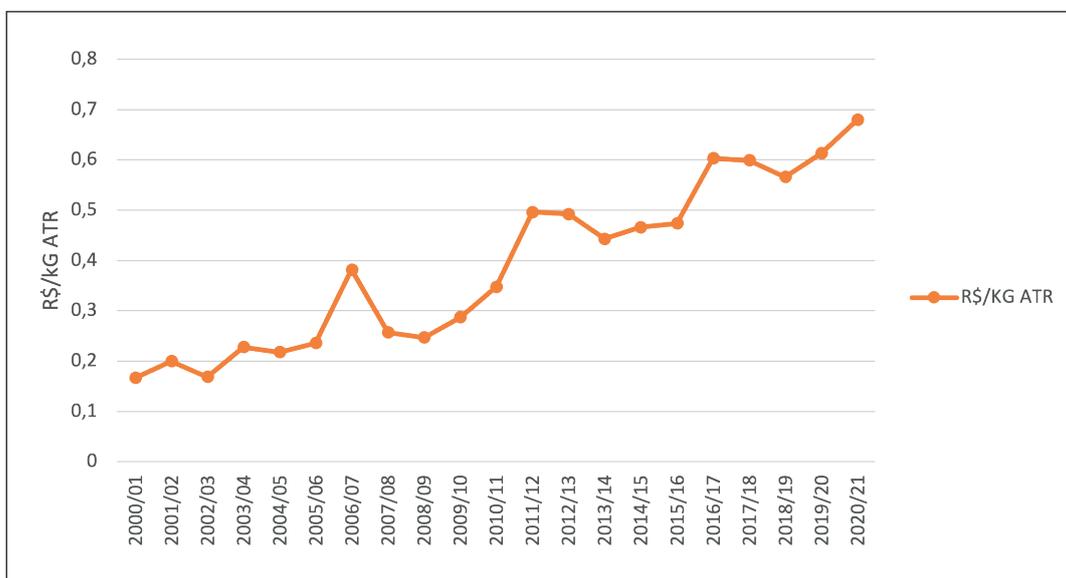
de aumento de aumento na cana campo e esteira, respectivamente ao longo de 20 anos safras. O valor pago pelo Kg de ATR saiu de R\$0,1665 na safra de 2000/01 para R\$0,6794 na safra de 2020/21 às usinas do estado de SP como demonstrado no **Gráfico 13**, isso representa um aumento de 408% no estado de São Paulo.

Gráfico 12 - Valor pago pela cana no campo e cana esteira no estado de São Paulo, no período das safras 2000/01 e 2020/21.



Fonte: UDOP, 2022.

Gráfico 13 - Valor pago as usinas de São Paulo no Kg do ATR.



Fonte: UDOP, 2022.

5.3 Aspecto ambiental

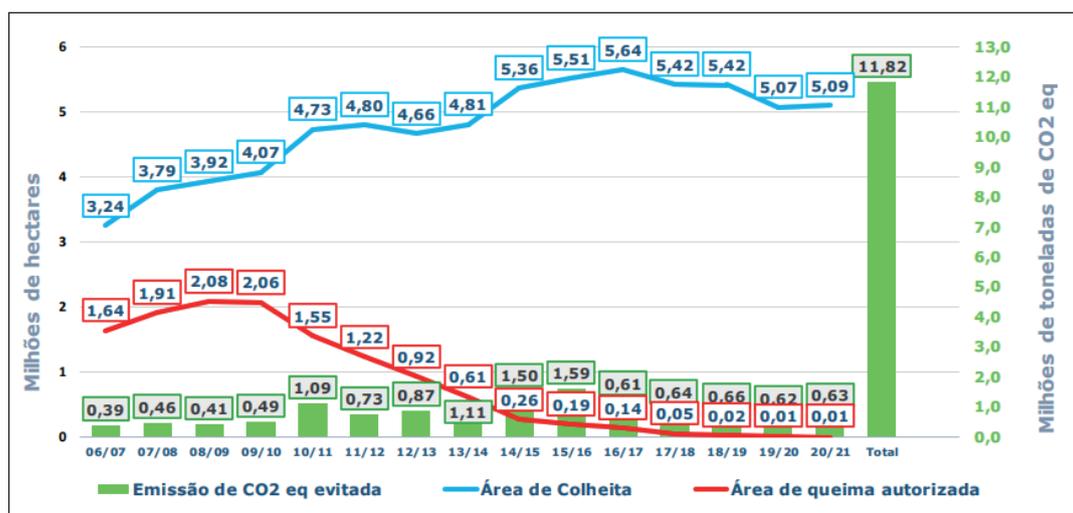
Com a chegada do Protocolo Ambiental, em 2007, foram as características de manejo adotadas que trouxeram benefícios ambientais, entre eles a redução da prática da queima da palhada e menor consumo de água.

Com isso, desde 2007, com a diminuição da área com uso da prática da queima da palhada, obteve-se uma redução de 71 milhões de toneladas de poluentes atmosféricos (monóxido de carbono, material particulado e hidrocarbonetos). (SAA, 2021).

No **Gráfico 14** pode-se notar a redução da área com o uso da queimada e o aumento da área colhida com mecanização, na qual na safra 2020/2021 teve-se 0,01 milhões de hectares com queima da palhada autorizada.

Com isso da safra de 2006/07 a 2020/21 teve-se uma redução de 1,63 milhões de hectares com o uso da queimada autorizada e uma redução de 11,82 milhões de CO₂ emitidos na atmosfera.

Gráfico 14 - Redução da emissão de CO₂ no estado de São Paulo.

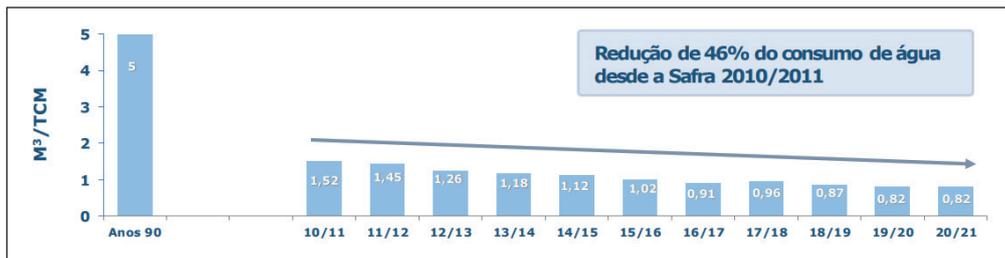


Fonte: Secretaria de agricultura e abastecimento, 2021.

Nota-se no **Gráfico 15**, o consumo de água para produzir 1 tonelada de cana, dos anos 90 para safra de 2010/11, teve uma redução de 69,6% e, uma redução de 46%, da safra de 2010/11 para 2020/21 no consumo de água para produzir a mesma quantidade de cana.

Esses resultados devem-se, segundo SAA (2021), devido ao melhor uso da água e técnicas como: fechamento de circuitos, com reuso de água; aprimoramento dos processos industriais com maior eficiência e redução da captação; avanço da colheita crua e limpeza da cana à seco.

Gráfico 15 - Consumo de água na produção de cana no estado de São Paulo.



Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2021.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve o objetivo geral analisar as mudanças ocasionadas no setor sucroenergético devido à transição do sistema de colheita manual para colheita mecanizada, ressaltando os aspectos econômicos, sociais e ambientais, ao longo das safras de 2000/01 a 2018/19, para o setor no Estado de São Paulo.

O setor sucroenergético é de grande importância socioeconômica para o Brasil, tendo o estado de São Paulo como principal produtor da matéria prima e seus subprodutos, além de ser o estado responsável pelo Protocolo Ambiental de 2007, que teve o propósito de incentivar mudanças no sistema de colheita e em práticas agrícolas.

Após o levantamento histórico das safras de 2018/19, foi possível concluir no que se refere ao aspecto social, que o número de funcionários ligados às atividades manuais foram diminuindo após o Protocolo Ambiental de 2007, ao mesmo tempo que o salário dos cortadores de cana aumentou, possivelmente em função da menor disponibilidade de mão de obra. Nesse sentido, ocorreu uma recomposição salarial para as categorias ligadas à colheita de cana-de-açúcar.

No que se refere ao aspecto econômico, pode se concluir que, a chegada do Protocolo ocasionou a necessidade de aquisição de colhedoras pelas usinas e fornecedores de cana, o que resultou numa maior capacidade de colheita e aumento de área colhida, assim ocasionando a queda da participação da colheita manual e uma ascensão da colheita mecanizada, consequentemente aquecendo o mercado desses equipamentos.

Ainda no que se refere ao aspecto econômico a mudança de sistema de mecanização, não se pode afirmar que a mudança de sistema de colheita está diretamente relacionada com o aumento de produtividade dos canaviais do estado de São Paulo, uma vez que a produtividade envolve fatores externos como fatores climáticos e avanços do manejo varietal.

No que se refere ao aspecto ambiental, conclui-se que, após o ano de 2007 com a determinação da exclusão da queima da palhada, passando para o sistema de colheita mecanizado, possibilitou-se uma prática mais sustentável resultando no melhor aproveitamento de recursos hídricos e uma menor poluição da atmosfera.

De maneira geral, pode-se notar, portanto, que a adesão ao Protocolo Ambiental, de 2007, impulsionou a passagem do sistema de colheita manual para o sistema de colheita mecanizado, impactando nos aspectos social, econômico e ambiental, conforme pôde ser mostrado ao longo da pesquisa.

Após a elaboração desta pesquisa, observou-se a oportunidade de serem realizados trabalhos futuros com foco na análise da produtividade de cana-de-açúcar, correlacionando

com a colheita mecanizada que utiliza colhedoras alternadas vs colhedoras linha simples, assim, podendo inserir o sistema de plantio para a análise de diferenças de produção e produtividade.

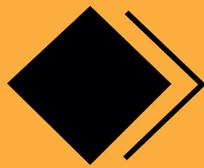
REFERENCIAS

1. AGROLINK. **Case IH celebra os 75 anos do início da mecanização da colheita de cana-de-açúcar no mundo.** 2019. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/case-ih-celebra-os-75-anos-do-inicio-da-mecanizacao-da-colheita-de-cana-de-acucar-no-mundo_425518.html. Acesso em: 2/04/2022
2. ASLP. **Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas.** 2002. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2002/lei-11241-19.09.2002.html#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20elimina%C3%A7%C3%A3o%20gradativa,DO%20ESTADO%20DE%20S%C3%83O%20PAULO%3A&text=Artigo%201.%C2%BA%20%2D%20Esta%20lei,da%20cana%2Dde%2Da%C3%A7%C3%BAcar> Acesso: 24/01.2022
3. BERGONSO, V.R.; FERREIRA, J. C.; SIQUEIRA, S. S. **Impactos causados pela fuligem da cana-de-açúcar.** 2009. Disponível em: <http://www.unisalesiano.edu.br/encontro2009/trabalho/aceitos/CC29554518862A.pdf>. Acesso em: 10/03/2022.
4. BORGES, L F et al. **Impactos ambientais e sociais causados pela queima da cana-de-açúcar.** 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/Windows/Downloads/11-Texto%20do%20artigo-15-2-10-20200702.pdf>. Acesso: 05/01/2022.
5. CASTRO, NICOLE RENNÓ, GILIO, LEANDRO E MACHADO, GABRIEL COSTEIRA. **Impactos da mecanização na produtividade agrícola agregada da cana-de-açúcar no estado de São Paulo de 2007 a 2013.** Revista de Economia e Sociologia Rural [online]. 2022, v. 60, n. 2 [Acessado 13 Maio 2022], e235496. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.235496>>. Epub 27 Ago 2021. ISSN 1806-9479. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.235496>.
6. CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 1/04/2022.
7. CONAB. **Safra Brasileira de cana-de-açúcar.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso em: 17/0/2022.
8. EMBRAPA. Corte manual. 2000. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/CONTAG01_98_22122006154841.html. Acesso: 05/01/2022
9. Ferreira, I. **Pesquisa mostra vantagens na colheita mecanizada.** Esalq-USP 2002. Disponível em: <http://www.usp.br/agen/repgs/2002/imprs/071.htm>. Acesso: 12/03/2022
10. IBGE. **Produtividade da lavoura.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612#resultado>. Acesso em: 5 /04/2022.

11. IEA. **A Substituição De Empregos Por Máquinas: Uma Simulação para o corte da cana-de-açúcar em São Paulo**. Brasil, 2002. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=111>. Acesso em: 5/04/2022.
12. IEA. **Colheita Mecanizada da Cana-de-açúcar Atinge 95,3% das Áreas Produtivas do Estado SP Safra Agrícola**. 2019. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=14825>. Acesso: 06//01/2022
13. IEA. **Pagamento de Empreita nas Colheitas de Café, Cana-de-açúcar, Laranja, Limão e Tangerina, Estado de São Paulo, 2000-2019**. Brasil, 2020. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=13464>. Acesso: 05/04/2022
14. IEA. **Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético**. 2014 Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/Relat%C3%B3rioConsolidado1512.pdf> . Acesso: 10/02/2022
15. JORNALCANA. **Setor sucroenergético representa 2% do PIB brasileiro, afirma diretor do ITC**. 2020. Disponível em: <https://jornalcana.com.br/setor-sucroenergetico-representa-2-do-pib-brasileiro-afirma-diretor-do-itc/>. Acesso: 05/01/2022
16. LENIS, C. **ANÁLISE DA LOGÍSTICA DE CORTE, CARREGAMENTO E TRANSPORTE (CCT) EM UMA USINA DE AÇÚCAR E ETANOL. 2006**. Disponível em : <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/3306/1/CarolinaErranLenis.pdf> . Acesso: 29/03/2022
17. LIMA, M. A.; LIGO, M. A.; CABRAL, M. R.; BOEIRA, R. C.; PESSOA, M. C. P. Y.; NEVES, M. C. **Emissão de gases do efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 60 p.
18. MACHADO, A; VIEIRA, J; BOCCALETTI, H e SURIAN, S. **LOGÍSTICA NA COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE AÇÚCAR: CORTE, TRANSBORDO E TRANSPORTE**. 2018. Disponível [https://fatecitapetininga.edu.br/perspectiva/pdf/13/e13artigo%20\(3\).pdf](https://fatecitapetininga.edu.br/perspectiva/pdf/13/e13artigo%20(3).pdf). Acesso: 25/03//2022
19. MEDEIROS, R e FERNANDES, G. **Estudo sobre a caracterização dos sistemas logísticos de cana-de-açúcar e a qualidade da matéria-prima pós-colheita**. 2018. Disponível em: <https://esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2020/Inicia%c3%a7%c3%a3o%20Cient%c3%adfica/MEDEIROS,%20R.%20G.,%20FERNANDES,%20G.%20D.%20Estudo%20sobre%20a%20caracteriza%c3%a7%c3%a3o%20dos%20sistemas%20log%c3%adsticos%20de%20cana-de-a%c3%a7%c3%b9%20e%20a%20qualidade%20da%20mat%c3%a9ria-prima%20p%c3%b3s-colheita.pdf> . Acesso: 28/03/2022
20. MFRURAL. **Colhedora e transbordo**. 2022. Disponível em: <https://www.mfrural.com.br/detalhe/305938/frente-de-colheita-mecanizada-de-cana-de-acucar-completa-prestacao-de-servico-ou-locacao>. Acesso: 29/03/2022
21. MILLER, L. **Exploração e Manejo da Lavoura da Cana-de-Açúcar**. 2008. Disponível em: http://www.sigacana.com.br/d_COLHEITA/4.PLANEJ_E_OPER_DA_COLHEITA_DE_CANA_INDUSTRIAL_atualiz.htm. Acesso: 05/02/2022

22. MORENO, Luis Marcelo. **TRANSIÇÃO DA COLHEITA DE CANA-DE-AÇÚCAR MANUAL PARA MECANIZADA NO ESTADO DE SÃO PAULO: CÊNARIO E PERSPECTIVAS**. Brasil/2011. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-29082011-100955/publico/LuisMarcelo.pdf>. Acesso em: 2/04/ 2022.
23. NOVA CANA. **Conab divulga levantamento final da safra de cana-de-açúcar**. 2020 Disponível em: <https://www.novacana.com/n/cana/safra/conab-divulga-levantamento-final-safra-cana-de-acucar-2019-20-230420>. Acesso em: 05/01/2022.
24. RAIS-MTE. **Atividade econômica**. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/listagem.php?idMn=146>. Acesso em: 7/04/2022.
25. RONQUIM, C. C. **Queimada na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos**. 2010. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27830/1/Doc-77.pdf>. Acesso 12/03/2022
26. RPANEWS. **Colhedora de duas ou mais linhas deve ser o futuro da colheita em espaçamento simples**. 2018. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/colhedora-de-duas-ou-mais-linhas-deve-ser-o-futuro-da-colheita-em-espacamento-simples/#:~:text=Atualmente%20uma%20colhedora%20tem%20um,e%2080%20t%20por%20hora>. Acesso em: 1/04/2022.
27. SAA. **Protocolo Agroambiental Etanol Mais Verde**. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/etanolverde/sites/28/2021/04/2021_saa-comunicacao_protocolo-agroambiental-etanol-mais-verde.pdf. Acesso em: 5/04/2022.
28. SILVA, J; ALVES, M e MIGUEL, A. **Desenvolvimento de um modelo de simulação para auxiliar o gerenciamento de sistemas de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar**. 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3478>. Acesso: 25/03/2022
29. SIMA: **Etano mais verde**. 2021. Disponível em: [https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/etanolverde/SIMA 2021](https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/etanolverde/SIMA%202021). Acesso: 05/03/2022
30. TORQUATO, Sergio Alves. Mecanização da colheita da cana-de-açúcar: benefícios ambientais e impactos na mudança do emprego no campo em São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Brasil, v. 1, n. 29, p. 1-14, set./2013. Disponível em: https://www.abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/29-07_Materia_4_artigos361.pdf. Acesso em: 31/03/2022.
31. UDOP. A **História da Cana-de-açúcar - Da Antiguidade aos Dias Atuais**. 2003. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2003/01/01/a-historia-da-cana-de-acucar-da-antiguidade-aos-dias-atuais.html#:~:text=Oficialmente%2C%20foi%20Martim%20Affonso%20de,o%20primeiro%20engenho%20de%20a%C3%A7%C3%BAcar.&text=A%20Europa%20enriquecida%20pelo%20ouro,ser%20grande%20consumidora%20de%20a%C3%A7%C3%BAcar>. Acesso:28/01/2022

32. UDOP, **Valores de ATR e Preço da Tonelada de Cana-de-açúcar - Consecana do Estado de São Paulo**. Disponível em: https://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf. Acesso em: 4/04/2022.
33. UNICA, **ACOMPANHAMENTO DA SAFRA ATUAL NA REGIÃO CENTRO-SUL**. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/listagem.php?idMn=63>. Acesso em: 04/04/2022.
34. UNICA, **Balanco de atividades**. 2019. Disponível em: <https://www.unica.com.br/wp-content/uploads/2019/06/Relatorio-Atividades-201213-a-201819.pdf>. Acesso 05/01/2022
35. UNICA, **Histórico de produção e moagem**. 2022. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/historico-de-producao-e-moagem.p?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=2493&safra=2020%2F2021&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR>. Acesso em:05/03/2022
36. UNICA, **Protocolo ambiental**. 2021. Disponível em: <https://unica.com.br/iniciativas/protocolo-agroambiental/>. Acesso:05/02/2022
37. UNICA, **Observatório da cana**. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/>. Acesso em: 17/05/2022.



científica digital



VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS

