UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Análise técnica da evolução do manejo fitossanitário do cultivo de cana-de-açúcar na região de Sertãozinho (SP) no período de 2007/08 a 2022/23

Ricardo de Almeida
Magister Scientiae

VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024

RICARDO DE ALMEIDA

Análise técnica da evolução do manejo fitossanitário do cultivo de cana-de-açúcar na região de Sertãozinho (SP) no período de 2007/08 a 2022/23

Dissertação Mestrado Profissional apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal (Profissionalizante), para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Altair Dias de Moura

Coorientador: Haroldo J. Torres da Silva

VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T
A447a
2024

Almeida, Ricardo de, 1989-
Análise técnica e econômica da evolução do manejo fitossanitário do cultivo de cana-de-açúcar na região de Sertãozinho (SP) no período de 2008/09 a 2019/20 / Ricardo de Almeida. – Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (70 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.
Orientador: Altair Dias de Moura.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Entomologia, 2024.
Referências bibliográficas: f. 51-59.
DOI: https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.823
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Cana-de-açúcar - Doenças e pragas - Controle. 2. Açúcar - Aspectos econômicos - Sertãozinho (SP). I. Moura, Altair Dias de, 1968-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal. III. Título.

CDD 22. ed. 633.6199

Bibliotecário(a) responsável: Euzébio Luiz Pinto CRB-6/3317

RICARDO DE ALMEIDA

Análise técnica da evolução do manejo fitossanitário do cultivo de cana-de-açúcar na região de Sertãozinho (SP) no período de 2007/08 a 2022/23

Dissertação Mestrado Profissional apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal (Profissionalizante), para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de fevereiro de 2024.

Assentimento:

_____

Ricardo de Almeida
Autor

_____

Altair Dias de Moura
Orientador

Essa dissertação mestrado profissional foi assinada digitalmente pelo autor em 18/12/2024 às 20:07:31 e pelo orientador em 19/12/2024 às 07:48:51. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse https://siadoc.ufv.br/validar-documento. No campo 'Código de registro', informe o código **IUZA.4XGX.EO1X** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

ALMEIDA, Ricardo de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2024. **Análise técnica da evolução do manejo fitossanitário do cultivo de cana-de-açúcar na região de Sertãozinho (SP) no período de 2007/08 a 2022/23**. Orientador: Altair Dias de Moura. Coorientador: Haroldo José Torres da Silva.

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas do Brasil, sendo este, o maior produtor mundial de açúcar. Nos últimos anos, o sistema de colheita de cana crua se concretizou e o pacote tecnológico de proteção de cultivos foi modificado. Portanto, entender a interação dos procedimentos de defesa sanitária vegetal e sua influência sobre parâmetros de produtividade da cultura é importante para uma análise evolutiva de manejo e analisar a performance financeira desse importante setor do agronegócio. O presente estudo analisou as mudanças no uso de soluções fitossanitárias e seu impacto na produção de Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH), assim como o resultado econômico da atividade canavieira, na ótica do produtor rural. Baseado nos dados fornecidos pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), para a cidade de Sertãozinho, no interior de São Paulo, entre as safras 2008/09 e 2019/20, identificou-se que a mudança para colheita mecânica de cana crua impôs grandes desafios no controle de patógenos e plantas daninhas, que demandaram maior utilização de ferramentas fitossanitárias, para impedir uma queda mais drástica da produtividade. Em contrapartida, para o contexto e período analisado, a produção de cana-de-açúcar sempre resultou em prejuízo econômico ao produtor remunerado pelo sistema Consecana, mesmo embora, o sistema apresentou-se sustentável, na maioria dos anos, do ponto de vista de curto e longo prazo.

Palavras-chave: setor sucroenergético; defesa sanitária vegetal; histórico; produtividade; rentabilidade

ABSTRACT

ALMEIDA, Ricardo de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2024. **Technical analysis of the evolution of phytosanitary management of sugarcane cultivation in the region of Sertãozinho (SP) from 2007/08 to 2022/23**. Adviser: Altair Dias de Moura. Co-adviser: Haroldo José Torres da Silva.

Sugarcane is one of the main crops in Brazil, which is the world's largest sugar producer. In recent years, the sugarcane harvesting system has changed and demanded crop protection technological package modifications. Therefore, understanding the interaction of plant health defense procedures and their influence on crop productivity parameters is important for a management and financial analysis of this important agribusiness sector. The present study analysed changes in the use of phytosanitary solutions and their impact on the production of Tons of Sugar per Hectare (TAH) parameter, as well as the economic result of sugarcane activity, from the perspective of the rural producer. Based on data provided by the Brazilian Agriculture and Livestock Confederation (CNA), for the city of Sertãozinho, in the interior of São Paulo state, between the 2008/09 and 2019/20 harvest seasons, it was identified that the change to mechanical raw sugarcane harvesting posed major challenges in controlling pathogens and weeds, which required greater use of phytosanitary tools to prevent a more drastic drop in productivity. On the other hand, for the context and period analysed, sugarcane production has always resulted in negative profit for the producer paid through the Consecana system, although, the system has been economically sustainable in the short- and long-term, most of the time.

Keywords: sugar-energy sector; plant health defense; productivity; profitability

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição dos estádios fenológicos da cana-de-açúcar. 18

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estádios fenológicos da cana-de-açúcar 16

Figura 2 - Histórico de produtividade de cana-de-açúcar em toneladas por hectare, no período entre as safras 2014/14 e 2022/23. 22

Figura 3 - Metodologia de custo operacional utilizado pelo Instituto de Economia Agrícola de São Paulo (IEA-SP). 29

Figura 4 - Composição do Custo Total (CT) conforme metodologia de custo operacional utilizada pelo Instituto de Economia Agrícola de São Paulo (IEA-SP). 30

Figura 5 - Quantidade de ingrediente ativo expressa pela soma de quilogramas ou litros utilizados por hectare, segmentado pela classe de defensivo agrícola correspodente. 36

Figura 6 - Evolução dos parâmetros de produtividade da cana-de-açúcar representada por Tonelada de Colmo por Hectare (TCH), Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) e Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH) no período de 2008/09 a 2019/20 em Sertãozinho (SP). 38

Figura 7 - Interação entre a quantidade de ingrediente ativo utilizada por hectare e parâmetros de produtividade da cana-de-açúcar representados por Tonelada de Colmo por Hectare (TCH), Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) e Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH) no período de 2008 a 2020 em Sertãozinho (SP). 39

Figura 8 - Interação entre a quantidade de ingrediente ativo utilizada por hectare, segmentada por classe e parâmetros de produtividade da cana-de-açúcar representadapor Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH), no período de 2008 a 2020, em Sertãozinho (SP). . 40

Figura 9 - Relação entre utilização de fungicidas (kgL ingrediente ativo ha^{-1}) e Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH), entre as safras 2008/09 e 2019/20, na região de Sertãozinho (SP). (Valor-P=0,0620; r=0,5532). 41

Figura 10 - Relação entre utilização de herbicidas (KgL ingrediente ativo ha^{-1}) Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH), entre as safras 2008/09 e 2019/20, na região de Sertãozinho (SP). (Valor-P=0,0371; r=0,6049). 42

Figura 11 - Relação entre utilização de inseticias (KgL ingrediente ativo ha^{-1}) e Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH), entre as safras 2008/09 e 2019/20, na região de Sertãozinho (SP). (Valor-P=0,0826; r=0,5205). 43

Figura 12 - Relação entre utilização de nematicidas (KgL ingrediente ativo ha^{-1}) e Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH), entre as safras 2008/09 e 2019/20, na região de Sertãozinho (SP). (Valor-P=0,4550; r=0,2386). 44

Figura 13 - Comportamento do Custo Operacional Efetivo (COE = Despesas Diretas, R$ ha^{-1}), Custo Operacional Total (COT = COE + Despesas Indiretas, R$ ha^{-1}) e Custo Total (CT = COT + Custo de Oportunidade, R$ ha^{-1}) entre as safras 208/09 e 2019/20 para a produção de cana-de-açúcar na região de Sertãozinho (SP). 46

Figura 14 - Composição dos Custos Operacionais Efetivos (COE, R$ ha^{-1}), segmentado em Despesas com Defensivos Agrícolas (DDA, R$ ha^{-1}) e Outras Despesas do Custo Operacional Efetivo (Outras Desp. COE, R$ ha^{-1}) entre as safras 2008/09 e 2019/20 para a produção de cana-de-açúcar na região de Sertãozinho (SP). 48

Figura 15 - Desempenho econômico representado por Lucro (L, R$ ha^{-1}), Margem Bruta (MB, R$ ha^{-1}), Margem Líquida (ML, R$ ha^{-1}) entre as safras 2008/09 e 2019/20 para a produção de cana-de-açúcar em Sertãozinho (SP). 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de área cultivada, produtividade e produção referente a cada Estado e região produtora de cana-de-açúcar no Brasil nas safras 2021/22 e 2022/23, com base no 4º levantamento de safra, realizado pela Conab em 2023 21

Tabela 2 - Interpretação do Coeficiente de Correlação de Person (r) 32

ANEXOS

Anexo 1 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2008/09 para a região de Sertãozinho (SP). 60
Anexo 2 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2009/10 para a região de Sertãozinho (SP). 61
Anexo 3 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2010/11 para a região de Sertãozinho (SP). 61
Anexo 4 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2011/12 para a região de Sertãozinho (SP). 62
Anexo 5 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2012/13 para a região de Sertãozinho (SP). 62
Anexo 6 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2013/14 para a região de Sertãozinho (SP). 63
Anexo 7 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2014/15 para a região de Sertãozinho (SP). 64
Anexo 8 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2009/10 para a região de Sertãozinho (SP). 65
Anexo 9 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2017/18 para a região de Sertãozinho (SP). 66
Anexo 10 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2017/18 para a região de Sertãozinho (SP). 67
Anexo 11 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2009/10 para a região de Sertãozinho (SP). 68
Anexo 12 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2019/20 para a região de Sertãozinho (SP). 69
Anexo 13 - Resultados econômicos e financeiros referentes ao cultivo da cana-de-açúcar nas safras de 2008/09 a 2019/20 na cidade de Sertãozinho, Estado de São Paulo. Produtividade (P, tonelada de açúcar hectare-1), Receita Bruta (RB, R$ ha-1), Despesa com Defensivos Agrícolas (DDA, R$ ha-1), Custo operacional efetivo (COE, R$ ha-1), Custo operacional total (COR, R$ ha-1), Custo total (CT, R$ ha-1), Margem bruta (MB, R$ ha-1), Margem líquida (ML, R$ ha-1) e Lucro (L, R$ ha-1). 70

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO 12

2.OBJETIVOS 15

2.1. Objetivo geral 15

2.2. Objetivos específicos 15

3. CANA-DE-AÇÚCAR 15

3.1. O Cultivo da Cana-de-açúcar 15

3.2. Cana-de-açúcar no Brasil – Histórico e Produção 19

3.3 O Setor sucroenergético brasileiro e sua importância econômica 24

3.4. IAA, Proálcool e carro *flex-fuel* 22

3.5. O Papel da Tecnologia no Desenvolvimento Canavieiro 25

4. METODOLOGIA 27

4.1. Referencial Metodológico 27

4.1.1 – Estudo de Caso 27

4.1.2 – Cálculos Relativos aos Coeficientes Técnicos Aplicados ao Processamento da Cana-de-Açúcar 28

4.1.3 – Metodologia de Cálculo de Custos de Produção e Medidas de Rentabilidade IEA-SP 28

4.1.4 – Conceitos de Estatística Descritiva 30

4.2. Procedimentos Metodológicos 32

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 34

5.1 Evolução do manejo fitossanitário 34

5.2 Impacto da Proteção de Cultivos nos Parâmetros de Produtividade 37

5.3 Defesa sanitária vegetal e desempenho econômico 45

6. CONCLUSÕES 50

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGÁFICAS 51

1.INTRODUÇÃO

O agronegócio é reconhecido mundialmente como um dos pontos fortes do Brasil. De acordo com dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2023) e a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2023), a atividade agropecuária corresponde por 24,8% dos R$ 9,9 bilhões do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, em 2022 (CNA; CEPEA, 2023). Nas exportações, o agronegócio brasileiro apresentou crescimento de 32% em 2022, correspondendo a um montante de US$ 159,09 bilhões. Esse valor representa quase metade (47,6%) de todas as exportações realizadas pelo Brasil, no mesmo período (MAPA, 2023).

Diferente dos anos 2020 e 2021, em que houve crescimento intensivos, na ordem de 8,51% e 22,28%, respectivamente, o segmento agrícola sofre na atualidade com a elevação dos custos dos insumos, principalmente com fertilizantes, corretivos de solo, defensivos e combustível (CNA; CEPEA, 2023).

Parte do incremento de custos foi consequência da guerra entre Ucrânia e Rússia, que impactou negativamente a disponibilidade de fertilizantes e corretivos (redução de 11,34%), que por sua vez, implicou na valorização desses itens (40,78% em preços reais), diminuindo o ritmo de aquisição para safras futuras. Com intensa valorização da matéria-prima, a indústria de defensivos cresceu 73% em relação à 2021, com incrementos reais de preços na ordem de 25,54%, além um aumento considerável na produção em 2022, na ordem de 37,8%. Tal cenário se deve também ao incremento de área cultivadas e aos desafios fitossanitários vivenciados na atualidade. (CNA; CEPEA, 2023).

Dentre as culturas mais representativas, a cana-de-açúcar merece destaque pela sua contribuição na economia nacional, uma vez que, o Brasil é o principal produtor global, possuindo 9,723 milhões de hectares cultivados com a cultura, dos quais 8,317 milhões de hectares foram destinados à colheita na safra 2021/22 (CONAB, 2022). Este ciclo produtivo deu origem a 35,049 milhões de toneladas de açúcar, 10,604 bilhões de litros de etanol anidro e 16,180 bilhões de litros de etanol hidratado (CONAB, 2022).

Na safra 2020/21, o Brasil contribuiu com 22% das 179,9 milhões de toneladas de açúcar produzidas mundialmente, enquanto a exportação de etanol foi de 2,69 bilhões de litros (NACHILUK, 2021). O país é o principal produtor e exportador de açúcar global, responsável por 28,2 milhões de toneladas comercializadas internacionalmente, das 38,05 milhões de toneladas produzidas na safra 2022/23 (USDA, 2023). Os principais mercados do açúcar

brasileiro são a China, Argélia, Bangladesh, Índia e Indonésia e o etanol tem sido direcionado para os Estado Unidos, Coréia do Sul e Holanda (NACHILUK, 2021).

Sendo o segundo maior produtor mundial de etanol, ficando atrás dos Estados Unidos, o Brasil produziu 31,2 bilhões de litros do combustível, dos quais apenas 4,43 bilhões foram originários do milho. Esse volume de combustível renovável produzido através da cana-de-açúcar é responsável por 41,7% da energia consumida pelos veículos leves no território nacional (UNICA, 2023).

Com US$ 9,9 bilhões em exportações no ano de 2020, o setor sucroenergético é responsável por 9,9% das exportações brasileiras. O açúcar merece destaque, com 87,8% de sua produção sendo comercializada internacionalmente, com destaque para o Estado de São Paulo, que representa 37,1% deste volume, equivalente a 6,4 bilhões de dólares (NACHILUK, 2021).

No contexto do agronegócio brasileiro em geral e, particularmente, no contexto do agronegócio da cana-de-açúcar, a utilização de produtos fitossanitários é de fundamental importância para a manutenção das altas produtividades agrícolas, salientando uma de suas finalidades, relacionada ao controle de alvos biológicos que acarretam danos às culturas, reduzindo seu potencial produtivo. A utilização de tais tecnologias têm recebido cada vez mais destaque, devido aos riscos existentes, não só ao usuário, como também à sociedade (SOUZA; LOURENZANI; QUEIROZ, 2010).

Para garantir maior eficácia e segurança na utilização desses produtos, o Brasil possui uma legislação específica que define o termo “agrotóxicos e afins” (Inciso IV, do Artigo 1º, do Decreto 4.074 de 4 de janeiro de 2002):

> “produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento” (BRASIL, 1989, p. 58).

A cultura da cana-de-açúcar, apesar de sua relevância para o Brasil, enfrenta desafios consideráveis. A produtividade do setor sucroenergético caminha lentamente na busca por incremento e este cenário fica ainda mais nítido, quando comparamos a cana-de-açúcar com outras culturas extensivas presentes no território nacional, como por exemplo, soja, milho e algodão. O baixo desenvolvimento tecnológico pode decorrer da representatividade mundial da

cultura, principalmente em termos da área cultivada globalmente, tornando os investimentos em pesquisa e desenvolvimento, menos atrativos, uma vez que, os ganhos seriam limitados (NYKO *et al.,* 2013).

Com o crescimento da população mundial se mantendo, ainda que em menores níveis, no mundo pós-pandemia, a demanda por itens alimentícios, acompanhará essa crescente e o açúcar se encontra nesta condição. Países mais populosos tendem a possuir menores índices de desenvolvimento, praticando uma dieta mais rica em açúcares. Para que o Brasil tenha condições de atender essa demanda, evoluções tecnológicas são fundamentais para promover a verticalização da produção e atendimento das demandas globais ligadas à agricultura sustentável (PEREIRA; CASTRO, 2022).

Dessa forma, dada a relevância do agronegócio da cana-de-açúcar, seus subprodutos e a perspectiva de uma demanda crescente, no caso do açúcar em virtude do crescimento da população mundial, e do etanol, em decorrência à procura por energias sustentáveis, é de fundamental importância analisarmos a evolução das práticas e desempenho da cultura (produtividades, padrão tecnológico, procedimentos de defesa vegetal etc.) e identificar possíveis frentes de desenvolvimento e/ou melhorias. Em particular, é importante entendermos as práticas, os impactos e os danos provocados pela ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas no setor sucroenergético brasileiro. O protagonismo da cultura de cana-de-açúcar em âmbito nacional e sua representatividade global como fonte alimentícia e energética demanda entendimento das necessidades ligadas à tecnologia, em especial a defesa sanitária vegetal, bem como analisarmos sua evolução e impacto na produtividade e rentabilidade.

Portanto, objetivou-se analisar e contextualizar, do ponto de vista técnico, num primeiro momento, a evolução do pacote tecnológico focado na defesa sanitária vegetal para o cultivo de cana-de-açúcar na região de Sertãozinho (SP), entre as safras 2008/09 e 2019/20. Posteriormente, identificou-se mudanças tecnológicas pertinentes à proteção de cultivos e seu impacto nas variáveis de produtividade agrícola (Tonelada de Colmo por Hectare (TCH), Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) e Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH) (CONSECANA, 2006) e nos indicadores de custos e de desempenho econômicos da cultura da cana-de-açúcar.

2.OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar e contextualizar, do ponto de vista técnico e econômico, a evolução do pacote tecnológico focado em defesa sanitária vegetal e o seu impacto nas variáveis de produtividade agrícola para cana-de-açúcar (TCH[1], ATR[2] e TAH[3]), na região de Sertãozinho (SP), ao longo das safras 2008/09 a 2019/20.

2.2. Objetivos específicos

a) Analisar e contextualizar, do ponto de vista técnico, a evolução do pacote tecnológico focado na defesa sanitária vegetal para o cultivo de cana-de-açúcar em Sertãozinho (SP);

b) Identificar possíveis mudanças tecnológicas e de manejo referentes, especificamente, aos procedimentos de defesa sanitária vegetal e seu impacto nas variáveis de produtividade agrícolas e nos indicadores de custos e de desempenho econômicos da cultura da cana-de-açúcar

3. CANA-DE-AÇÚCAR

3.1. O Cultivo da Cana-de-açúcar

Originária provável das regiões de Nova Guiné e Indonésia, a cana-de-açúcar é uma planta perene, alógama e monocotiledônea, pertencente à família das Poáceas. Constituída por uma miscigenação entre as espécies *Saccharum oficinarum, S. spontaneum, S.sinense, S. barberi, S. robustum e S. edule*, e atualmente as cultivares são híbridos interespecíficos (TOPPA et al, 2010).

Cultivada em mais de 90 países, se adaptando a diferentes condições de clima e solo, a cana-de-açúcar se localiza em regiões tropicais e subtropicais, desde a latitude 35°N até 30ºS,

[1] TCH: tonelada de colmo por hectare;
[2] ATR: açúcar total recuperável;
[3] TAH: tonelada de ATR por hectare

demandando entre 1.500 e 2.500 milímetros de precipitação por ciclo produtivo (RODRIGUES, 1995).

Planta do tipo C4, a cana-de-açúcar *Saccharum spp.* possui melhor eficiência no sequestro de CO_2 durante o processo fotossintético, podendo se adaptar à diferentes condições de temperatura, intensidade luminosa e disponibilidade de hídrica, que são fatores importantes para seu desenvolvimento (SEGATO et al, 2006).

Possuindo quatro fases, o desenvolvimento da cana-de-açúcar é entendido através de sua fenologia. A primeira destas fases é denominada de brotação e estabelecimento e esta é dependente da umidade do solo, durando de 20 a 30 dias. Na sequência, ocorre a fase de perfilhamento até os 120 dias, sendo esta sucedida pelo crescimento dos colmos (terceira fase). Com duração dos 120 até 270 dias após o plantio ou corte (colheita), este é o estádio fenológico devido ao acúmulo de 75% de toda a matéria seca da planta. A última etapa, a maturação dos colmos, se dá pelo acúmulo de sacarose nos colmos e redução da taxa de crescimento e acontece entre 270 e 360 dias, com possibilidade de se estender por até seis meses (Figura 1) (SANTOS, 2010; GASCHO & SHIH, 1993).

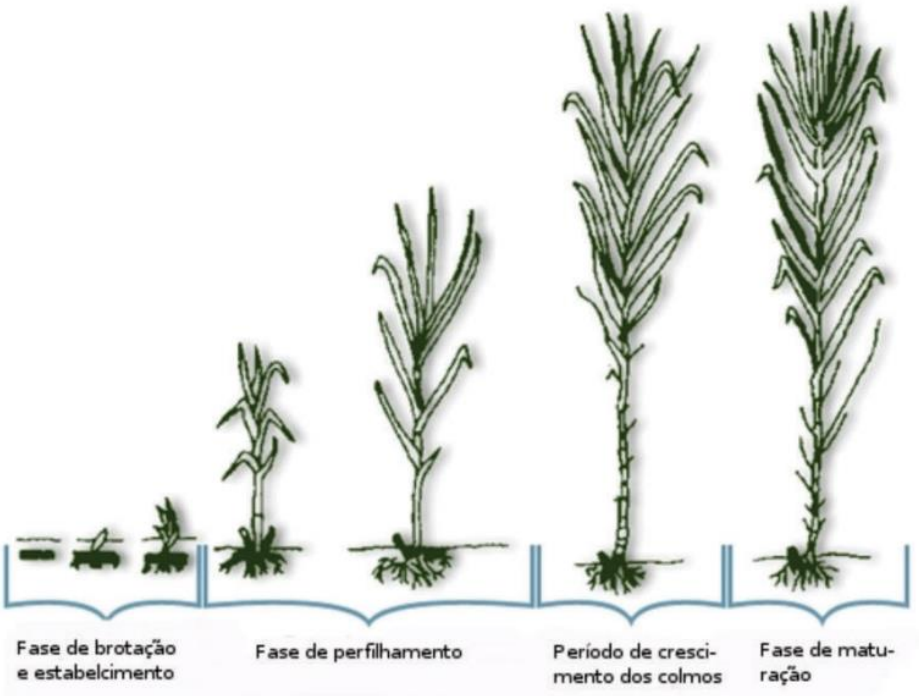

Figura 1 - Estádios fenológicos da cana-de-açúcar

Fonte: Gascho e Shih (1993).

No entanto, para determinações de necessidades edafoclimáticas e períodos críticos, assim como classificação de genótipos, zoneamento de espécies e principalmente definições de

manejo fitossanitário, adubação e irrigação; uma maior especificidade ou subdivisões dos estádios fenológicos, se fazem necessárias (BERGAMASCHI, 2017).

Baseada em três fases principais de desenvolvimento da cultura (brotação, crescimento vegetativo e florescimento), uma nova proposta, contemplando dez diferentes estádios e sua respectiva caracterização, permitiram a realização de um manejo agronômico mais eficiente, assim como, estudos mais detalhados a respeito da cana-de-açúcar (Quadro 1) (BONETT, 2014; BARBOSA, 2023).

Quadro 1 - Descrição dos estádios fenológicos da cana-de-açúcar.

Sigla	Estádio	Descrição
Brotação à Maturação		
B1	Brotação inicial	Aparecimento do perfilho primário (esporão) em cana-planta. Aparecimento dos primeiros perfilhos da soqueira em cana-soca.
B2	Brotação estabelecida	Todos perfilhos primários emergidos e com duas folhas desenvolvidas em cana-planta. Perfilhos da soqueira com duas folhas desenvolvidas em cana-soca.
P1	Perfilhamento inicial	Aparecimento do perfilho secundário.
P2	Perfilhamento pleno	Ponta da folha das primeiras plantas atinja até a metade da entrelinha.
P3	Final do perfilhamento	Aparecimento do 1° entrenó visível; Fechamento da entrelinha.
CV1	Início do crescimento vegetativo	Planta com 2 a 5 entrenós visíveis.
CV2	Crescimento vegetativo intermediário	Planta com 6 a 15 entrenós visíveis.
CV3	Crescimento vegetativo final	Planta com mais de 16 entrenós (massa fresca de colmo é 70% ≥ que a massa fresca total da planta).
M1	Maturação inicial	Brix ≥ 18% ou Pol ≥ 14%.
M2	Maturação intermediária	Brix ≥ 20% ou Pol ≥ 16%.
M3	Maturação final	Brix ≥ 22% ou Pol ≥ 18%.
Florescimeto		
F1	Indução do florescimento	Iniciação da inflorescência (ponto de vela).
F2	Florescimento inicial	Desenvolvime.nto da inflorescência dentro da bainha (inflorescência não visível).
F3	Florescimento intermediário	Aparecimento da inflorescência.
F4	Florescimento final	Abertura total da inflorescência.

Fonte: Barbosa (2023).

3.2. Cana-de-açúcar no Brasil – Histórico e Produção

Saccharum foi a denominação feita por Linneu, em 1753, ao descrever pela primeira vez o que hoje, conhecemos como cana-de-açúcar (SZMRECSÁNYI, 1979). Seu cultivo no Brasil se iniciou no período colonial, na Capitania de São Vicente, em 1532, ocupando também as Capitanias de Pernambuco e Bahia, respectivamente em 1535 e 1538, respectivamente (FIGUEIREDO, 2008).

As Capitanias de Pernambuco e Bahia possuíam condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura, como clima e solo; disponibilidade de mão-de-obra, incialmente índios e posteriormente os escravos, além de boa localização. Tais fatores proporcionaram destaque global para o açúcar brasileiro, ainda no século XVI (FAUSTO, 1994).

No século seguinte, os canaviais ocuparam também os Estados do Amazonas e Pará, neste caso, com foco na produção de aguardente e posteriormente, a cultura de se desenvolveu no Ceará, Piauí e Rio Grande no Norte, dessa forma, atendendo às necessidades lucrativas da metrópole, Portugal (CANABRAVA, 2005).

Após crises políticas e econômicas, a indústria açucareira volta a se destacar no século XX, através da modernização de técnicas de cultivo que propiciaram maior produtividade. Por volta de 1950, a canavicultura paulista passa a ser mais representativa (RODRIGUES & ROSS, 2020).

Sendo o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, o Brasil obteve uma produção de 610,14 milhões de toneladas no ciclo 2022/23, sendo a macrorregião Centro-Sul, composta pelos Estados produtores das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país, responsável por 90% deste volume, enquanto o restante foi produzido pela região Norte/Nordeste (Tabela 1). O Centro-Sul é o maior responsável pela produção de cana-de-açúcar, com destaque para Noroeste do Paraná, Sudeste de Goiás e de Mato Grosso do Sul, Triângulo Mineiro e Oeste de São Paulo como regiões de expansão da cultura (RODRIGUES & ROSS, 2020; CONAB, 2023).

Nos últimos dois anos, a área cultivada tem se mantido estável, por volta de 8,3 milhões de hectares, e, na safra 2022/23, a produção total foi de 610,131 milhões de toneladas, sendo 5,14% maior que a anterior (CONAB, 2023). De acordo com a Tabela 1, é possível observar uma diferença de produtividade existente entre os polos de produção, Centro-Sul e Norte/Nordeste, destacada pelos números dos dois últimos ciclos concluídos.

Contribuindo com 51,28% da produção realizada na safra encerrada em março de 2023, o Estado de São Paulo merece destaque no setor sucroenergético nacional. Com área produtiva

de 4,15 milhões de hectares e produtividade média de 75,43 toneladas de colmos por hectare, a produção paulista se concentra nos arredores de Piracicaba e Ribeirão Preto, sendo a maior contribuinte da agroindústria canavieira nacional. (CASAGRANDE, 1991; CONAB, 2023).

Tabela 1 - Relação de área cultivada, produtividade e produção referente a cada Estado e região produtora de cana-de-açúcar no Brasil nas safras 2021/22 e 2022/23, com base no 4º levantamento de safra, realizado pela Conab em 2023.

Região/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em Kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 2021/22	Safra 2022/23	VAR. (%)	Safra 2021/22	Safra 2022/23	VAR. (%)	Safra 2021/22	Safra 2022/23	VAR. (%)
NORTE	**45**	**47,3**	**5**	**85.562**	**80.862**	**(5,6)**	**3.856,90**	**3.823,00**	**(0,9)**
AM	3,7	3,8	4,6	83.011	56.653	(31,8)	306,3	218	(28,8)
PA	14,4	15,5	10	83.687	79.131	(5,4)	1.180,00	1.227,00	4
TO	27,2	27,9	2,5	87.028	8.516	(2,1)	2.370,60	2.378,00	0,3
NORDESTE	**847,4**	**871,7**	**2,9**	**58.783**	**64.313**	**9,4**	**49.810,80**	**56.060,70**	**12,5**
MA	28,7	28,3	(1,2)	79.095	76.231	(3,6)	2.266,90	2.158,10	(4,8)
PI	20,8	21,2	2,1	70.788	68.866	(2,7)	1.468,80	1.459,00	(0,7)
RN	57,5	66,1	15	43.928	55.370	26	2.525,40	3.662,30	45
PB	117,2	117,6	0,3	48.528	62.080	27,9	5.688,90	7.302,40	28,4
PE	217,4	237,4	9,2	58.788	61.510	4,6	12.779,30	14.605,00	14,3
AL	307,7	304,3	(1,1)	59.252	65.197	10	18.231,90	19.841,10	8,8
SE	41,2	39,6	(3,8)	53.290	59.929	12,5	2.195,50	2.375,20	8,2
BA	57	57	0,1	81.707	81.695	-	4.654,10	4.657,70	0,1
CENTRO-OESTE	**1.806,30**	**1.767,50**	**(2,1)**	**70.400**	**74.422**	**5,7**	**127.163,10**	**131.539,20**	**3,4**
MT	195,2	174,7	(10,5)	78.323	90.883	16	15.291,80	15.876,60	3,8
MS	648,2	636	(1,9)	63.786	70.174	10	41.346,10	44.627,10	7,9
GO	962,9	956,8	0,6	73.246	74.241	1,4	70.525,20	71.035,40	0,7
SUDESTE	**5.123,40**	**5.127,10**	**0,1**	**71.501**	**75.629**	**5,8**	**366.327,40**	**387.755,30**	**5,8**
MG	846,5	896,4	5,9	7.754	78.686	3,9	64.125,80	70.537,90	10
ES	46,5	47,5	2,3	55.288	58.082	5,1	2.568,10	2.759,70	7,5
RJ	22,8	35,5	56	49.177	44.442	(9,6)	1.119,20	1.578,20	41
SP	4.207,70	4.147,60	(1,4)	70.945	75.436	6,3	298.514,20	312.879,50	4,8
SUL	**522,9**	**475,4**	**(9,1)**	**60.449**	**65.115**	**7,7**	**31.609,90**	**30.953,10**	**(2,1)**
PR	522,9	475,4	(9,1)	60.449	65.115	7,7	31.609,90	30.953,10	(2,1)
NORTE/NORDESTE	**892,4**	**919**	**3**	**60.139**	**65.165**	**8,4**	**53.667,80**	**59.883,70**	**11,6**
CENTRO-SUL	**7.452,60**	**7.369,90**	**(1,1)**	**70.458**	**74.661**	**6**	**525.100,40**	**550.247,60**	**4,8**
BRASIL	**8.345,00**	**8.288,00**	**(0,7)**	**69.355**	**73.609**	**6,1**	**578,768,1**	**610.131,40**	**5,4**

Fonte: Conab (2023)

A diferença de produtividade entre as duas principais regiões produtoras de cana-de-açúcar no Brasil é representada pelo histórico de produtividade (Figura 2).

Diferenças no regime pluviométrico fazem com que à colheita de cada região ocorra em momentos distintos. Chuvas de setembro a fevereiro no Centro-Sul implica na realização das colheitas de maio a abril, enquanto, no Norte/Nordeste, a safra ocorre de setembro a agosto, devido às precipitações mais intensas ocorrerem em junho e julho (CASAGRANDE, 1991; CAMARA & OLIVEIRA, 1993).

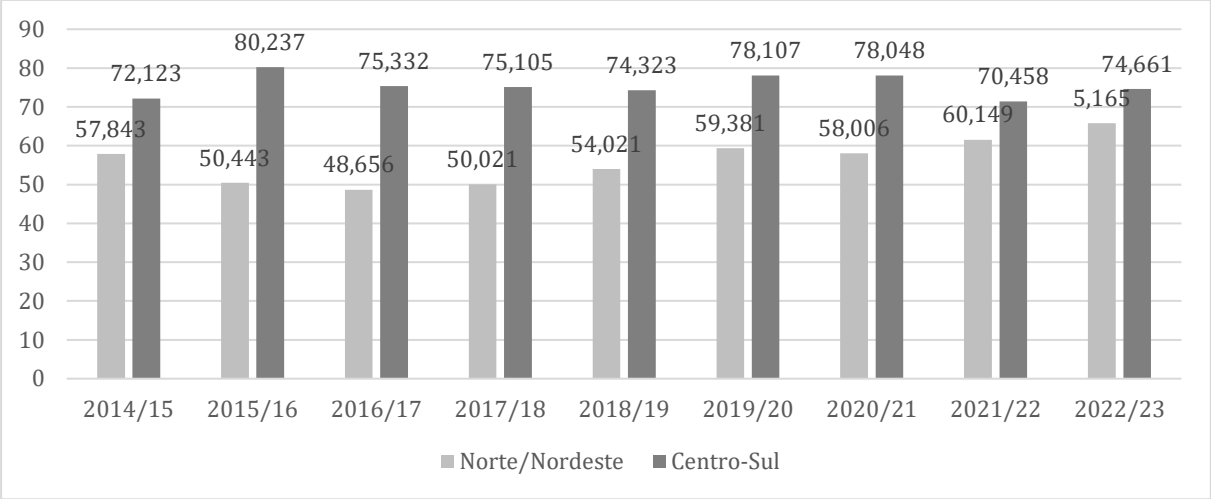

Figura 2 - Histórico de produtividade de cana-de-açúcar em toneladas por hectare, no período entre as safras 2014/14 e 2022/23.
Fonte: Conab (2023)

3.3. IAA, Proálcool e carro *flex-fuel*

Devido à crise de 1929, a agroindústria canavieira nacional, passou por conflitos em decorrência da disputa pelo mercado interno vivida entre o Estado de Pernambuco, que até então possuía a maior parte da produção de açúcar e etanol do país, e o Estado de São Paulo, que estava em forte expansão sucroalcooleira, proporcionada pelos investimentos realizados pelos cafeicultores (RAMOS 2008). Para regular e fomentar a produção de açúcar e etanol, em primeiro de junho de 1933 foi criado o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA). O IAA também era responsável por regular este mercado, inclusive através da criação de cotas de produção, impostos e taxas e, principalmente fixação de preços de compra e venda para a indústria e o consumidor (DIBRARQ, 2015)

Ao longo do tempo, as atribuições do IAA foram atualizadas, sendo a primeira mudança, logo no segundo mês de sua existência. Tal alteração fez com que o Instituto ficasse responsável pelo equilíbrio do mercado açucareiro, concomitantemente com o desenvolvimento da produção e consumo de etanol combustível no território nacional (DIBRARQ, 2015). Políticas de promoção às exportações de açúcar foram intensamente trabalhadas pelo governo militar brasileiro. Num intervalo de dez anos, entre as safras 1961/62 e 1971/72, as vendas internacionais do adoçante cresceram 106% enquanto a produção, apenas 50%; mostrando o viés da exportação açucareira do período. Para sustentar esse crescimento, houve criação de três ações de investimentos e incentivos governamentais, sendo o Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar (Planalsucar), Programa Nacional da Racionalização da Indústria Açucareira; ambos no ano de 1971, e dois anos mais tarde, o Programa de Apoio à Indústria Açucareira, substituindo o programa focado na indústria criado em 1971 (SZMRECSÁNYI, 1991).

Com o forte declínio dos preços internacionais do açúcar e superprodução de cana-de-açúcar no território brasileiro, em 1975, foi criado o Programa Nacional do Álcool, que ficou popularmente conhecido como Proálcool, sendo esta, umas das principais ações do IAA. O principal objetivo do Proálcool era promover um crescimento da produção de etanol, uma vez que, além do baixo preços do açúcar, o petróleo sofria grande valorização. Essa primeira fase do programa (1975-1979) foi marcada pela produção de álcool anidro, para ser adicionado à gasolina, visando reduzir os preços do combustível fóssil (SZMRECSÁNYI, 1991; DE ANDRADE, 2009).

A segunda fase do programa (1980-1985), por sua vez, teve foco na produção de etanol combustível, em detrimento aos carros movidos à gasolina. Essa investida foi tão intensa que, em 1985, mais de 95% dos carros produzidos nacionalmente, possuíam o álcool como combustível (BARROS, 2007).

A partir de 1986, a política de financiamentos para instalação e ampliação de destilarias e os subsídios para a produção de álcool, inclusive a prática de preço mínimo, passam a sofrer cortes intensos. A estagnação do setor (álcool) e o crescimento das exportações crescentes de açúcar, puseram fim ao IAA e consequentemente ao Planalsucar em 1990 (BRAY, FERREIRA e RUAS, 2000).

Com melhor precificação de açúcar e menor incentivo do governo destinado à produção de álcool, a agroindústria canavieira volta a direcionar a matéria-prima para a produção de açúcar em detrimento ao combustível. Na tentativa de equilibrar a situação e superar as crises do setor sucroalcooleiro, ao final da década de 1990, são criadas algumas instituições, com

destaque para a ÚNICA (União da Agroindústria Canaveira de São Paulo - nome da época). Ainda nesta terceira fase (1986 – 2003), a livre concorrência começa a ser empregada, proporcionada pela desregulamentação do setor, fazendo com que os preços dos produtos sejam dados pelo mercado, sem a interferência do governo (MICHELLON, SANTOS e RODRIGUES, 2008).

O Proálcool caminhava para o declínio, quando em 2003, a criação de veículos *flex-fuel* trouxe um novo lampejo de esperança. Este fato, aliado às preocupações globais com a utilização de combustíveis fósseis que são mais poluentes, trazidos na conferência do Protocolo Kyoto (1997), marcam o início da quarta fase do programa (MICHELLON, SANTOS e RODRIGUES, 2008).

O etanol brasileiro, produzido a partir da cana-de-açúcar merece destaque como um dos principais biocombustíveis para redução do consumo de combustíveis fósseis e emissão de gases do efeito estufa, sendo vantajoso econômica e ambientalmente, além de contribuir com o desenvolvimento rural (SCHIESARI; CORREA, 2015)

3.4. O Setor sucroenergético brasileiro e sua importância econômica

Em 2022 o Brasil atingiu R$ 1,189 trilhão como Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP), sendo R$ 814,77 bilhões provenientes da agricultura. A cultura de cana-de-açúcar contribuiu com R$ 99,27 bilhões, ocupando o quinto lugar no *ranking* de produtos agrícolas (MAPA 2023).

Com uma área colhida de 8,29 milhões de hectares e produção de 610,13 mil toneladas de cana-de-açúcar (incremento de 6,1% em relação ao período anterior), o país teve uma produtividade média de 73,65 toneladas por hectare, sendo o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (CONAB, 2023; UNICA, 2023).

O ano de 2022 foi positivo para o setor sucroenergético, com um faturamento 13,41% superior à 2021, resultado da junção da elevação de preços e produção, sustentado pela valorização dos produtos industriais, como açúcar e etanol. (CNA & CEPEA, 2023). As exportações dos subprodutos da cana-de-açúcar tiveram forte crescimento em 2022, correspondendo à 3,82% do total das exportações nacionais e 8% das exportações relacionadas ao agronegócio brasileiro (MAPA, 2023).

Por sua vez, a cogeração de energia é outro ponto de destaque para o setor sucroenergético, pois 60,3% dos 20,4 gigawatts transformados em 2022 foram oriundos do

bagaço da cana-de-açúcar. O volume total cogerado equivale a 1,46 vezes a produção da hidrelétrica de Itaipu, que é a maior do cenário nacional (UDOP 2023)

O Estado de São Paulo se destaca pela contribuição financeira para o com o setor sucroenergético, sendo responsável por R$ 46,57 milhões, seguido por Minas Gerais e Goiás, com R$ 12,20 milhões e 11,93 milhões, respectivamente (MAPA 2023).

Outra fonte de receita proporcionada pela cultura é a geração de CBios, que premia usinas e fornecedores (nomenclatura utilizada para fazer referência ao produtor que vende sua produção à usina) de acordo com o manejo adotado. Cada CBio equivale a uma tonelada de carbono, que deixou de ser emitida e sua mensuração é realizada através de uma ferramenta chamada Renova Calc, que analisa fatores como produtividade, consumo de óleo diesel e insumos para quantificar as emissões evitadas (RODRIGUES, 2021).

Com PIB por volta de US$ 40 bilhões, a cadeia sucroenergética brasileira contribui com aproximadamente 2% do PIB nacional e isto é possível a 360 unidades industriais em operação junto com mais de 70.000 produtores independentes (UNICA, 2023).

3.5. O Papel da Tecnologia no Desenvolvimento Canavieiro

A utilização de produtos fitossanitários é de fundamental importância para a manutenção das altas produtividades agrícolas, principalmente por promover controle de alvos biológicos que acarretam danos às culturas, reduzindo seu potencial produtivo. A utilização de tais tecnologias têm recebido cada vez mais destaque, devido aos riscos existentes, não só ao usuário, como também à sociedade (SOUZA, LOURENZANI; QUEIROZ, 2010).

As plantas daninhas, por exemplo, podem acarretar impacto produtivos intensos na cultura de cana-de-açúcar, reduzindo a produtividade em até 85% em soqueira e até 100% em cana-planta (AZÂNIA, 2018) e promovendo incremento de 30% no custo de produção devido ao investimento em herbicidas, necessários para seu controle (ROSSETO; SANTIAGO, 2022). A utilização e recomendação de herbicidas em cana-de-açúcar demandam conhecimentos específicos como solubilidade, coeficiente de distribuição de octanol-água (K_{ow}) e pressão de vapor (P), demandando elevado conhecimento técnico para sua utilização (CHRISTOFOLETTI; OVEJERO, 2009).

Os danos provocados pelo ataque de nematóides (vermes de solo que atacam raízes) também são intensos, variando de acordo com a espécie, índice populacional e variedade cultivada. Através de análises experimentais, é possível observar que a espécie *Meloidogyne*

incógnita pode promover redução de produtividade próxima a 40%, enquanto *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus zeae*, são menos agressivos, mas ainda assim, reduzindo significativamente a produtividade, em torno de 20% a 30% (DINARDO-MIRANDA, 2005).

Em relação a *Diatraea saccharalis,* popularmente conhecida como broca-da-cana-de-açúcar, está presente em todas as áreas de cultivo (GALLO *et al*., 2002). O prejuízo de sua ocorrência afeta não só a produtividade, como também os produtos industriais. A cada 1% de índice de infestação de broca, perde-se 1,21% em TCH, 0,38% da produção de açúcar e 0,27 da produção de etanol (LOPES *et al.,* 2016).

Para a cigarrinha das raízes (*Mahanarva fimbriolata*), a época de colheita é uma variável fundamental para mitigação dos danos provocados pela praga. Estudos mostram que canaviais colhidos no início de safra sofrem em menor intensidade, tendo seu potencial produtivo reduzido entre 8 e 10%, enquanto as áreas colhidas no final de safra, possuem perdas da ordem de 40 a 50% (DINARDO-MIRANDA *et al*., 2001). O controle químico se faz importante, principalmente a partir do mês de agosto, em virtude do maior prejuízo proporcionado, ainda mais intenso com altas infestações (DINARDO-MIRANDA, 2005). O controle efetuado de forma precoce e de uma única vez, também contribui para um controle mais efetivo (DINARDO-MIRANDA *et al*., 2004; DINARDO-MIRANDA *et al*., 2002).

Devido a seu elevado potencial de dano, de proporções equivalentes entre porcentagem de infestação e redução de produtividade (CASTELANI et al, 2020), o *Sphenophorus levis*, uma das principais pragas de solo para a cultura, se tornou fator limitante para a produção de cana-de-açúcar (DINARDO-MIRANDA, 2014). Em situações de ataque intenso, há necessidade de renovação do canavial já no primeiro corte (DINARDO-MIRANDA, 2008; DINARDO-MIRANDA; FRACASSO 2013).

Por sua vez, a produtividade e rendimento industrial da cana-de-açúcar vêm diminuindo ao longo do tempo, devido não só às condições climáticas, como também à viabilidade econômica da atividade, uma vez que, a elevação do endividamento dos produtores, também diminui o investimento em tecnologias de manejo. Um novo padrão de produção, mais tecnológico e inovador será fundamental para que o setor se adapte aos efeitos climáticos. (CARVALHO; FURTADO, 2018).

Vislumbrando melhor desenvolvimento de plantas e incremento de produtividade, tecnologias complementares têm sido crescentemente utilizadas (PARADIKOVIC *et al*., 2019; YAKHI *et al*., 2017). Contribuindo com os processos fisiológicos, a utilização de bioestimulantes em cana-de-açúcar pode incrementar a produtividade e seu rendimento industrial (COSTA, 2010).

4. METODOLOGIA

4.1. Referencial Metodológico

Este trabalho configura-se como um estudo de caso e foi divido em duas partes. Na primeira parte, foi dedicada a uma análise técnica, identificado a interferência das ferramentas de defesa sanitária vegetal, como inseticidas, fungicidas, nematicidas e herbicidas, sobre as variáveis de produtividade de cana-de-açúcar (TCH, ATR e TAH). Na segunda parte, foram determinados os resultados econômicos da produção de cana-de-açúcar sob a perspectiva do produtor remunerado através do ATR Relativo (CONSECANA, 2006) e representatividade dos custos relacionados à proteção de cultivo frente aos indicadores econômicos: Margem Bruta, Margem Líquida e Lucro.

4.1.1 – Estudo de Caso

A pesquisa ocorreu no formato de um estudo de caso, trazendo informações temporais e específicas de um contexto determinado. Sendo praticada em diversas áreas de pesquisa, essa metodologia permite descrever um cenário, gerando um conhecimento profundo, por meio de uma análise intensiva do objeto estudado. (HOLANDA et al, 2020; GIL, 2002).

O estudo de caso, se dá pela investigação prática de uma ocorrência dentro de um cenário real, baseado em evidências, que buscam compreender o comportamento das variáveis de interesse (YIN, 2005).

Oriundo na medicina grega, a metodologia surgiu quando Hipócrates, relacionou 14 casos clínicos, há mais de 2.000, sendo uma das mais antigas linhas de estudo para investigação científica (MARTINS, 2008).

Ideal para o levantamento de uma análise prática, esta modalidade de pesquisa tem como propósito, analisar os dados coletados a partir de uma situação específica, gerando informações para tomada de decisão, no contexto compreendido (CHIZOTTI, 2006; MARTINS, 2008). A metodologia pode ser aplicada em diferentes circunstâncias, como no entendimento de vínculos causais em situações cotidianas e reais, que são muito complexas para outras análises experimentais; quando há necessidade de relatar intervenções no contexto real; para representar

tópicos específicos em uma pesquisa; e para construir um cenário complexo de resultados e como forma de meta-avaliação de processos específicos (YIN, 2001)

Portanto, o estudo de caso, possibilita o entendimento dos objetivos e características de uma pesquisa, por meio da análise investigativa de uma unidade e não obrigatoriamente do todo (VENTURA, 2007). Utilizado com maior foco na compreensão conceitual do que nas análises estatísticas, essa metodologia de pesquisa se destaca pela análise profunda e detalhada de uma única unidade de estudo (GIL, 2002; ROCHA, 2016).

A pesquisa em questão, se dá como um estudo de caso com perspectiva quantitativa, tendo em vista que, a análise do pacote tecnológico de defesa sanitária vegetal e parâmetros econômicos, ocorreram através de dados qualitativos, dentro de um período, cultivo e localidade específicos, resultando numa situação específica.

4.1.2 – Cálculos Relativos aos Coeficientes Técnicos Aplicados ao Processamento da Cana-de-Açúcar

Os dados referentes à produtividade (tonelada de colmo por hectare – TCH) e qualidade da matéria-prima (açúcar total recuperável – ATR por tonelada) encontram-se no banco de dados (Anexos de 1 a 13).

A obtenção de quantidade de ingrediente ativo de cada defensivo agrícola foi obtida na bula de cada produto, acessada pela plataforma Agrofit (2023), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, sendo ponderada de acordo com a área de utilização, presente no banco de dados da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil.

4.1.3 – Metodologia de Cálculo de Custos de Produção e Medidas de Rentabilidade IEA-SP

O presente estudo de caso, utilizou a estrutura de Custo Operacional, desenvolvida pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), para cálculo dos custos de produção e medidas de rentabilidade. Essa metodologia consiste, basicamente, na divisão dos custos operacionais em Custos Operacionais Efetivos (COE) e Custos Operacionais Totais. A partir dos Custos Operacionais Totais, somados os custos de oportunidade dos recursos envolvidos no processo produtivo, obtém-se o Custo Total de produção (MATSUNAGA, 1976) (Figuras 3 e 4).

O custo de produção permite identificar a rentabilidade da atividade, sendo estabelecido pelo conjunto de valores de todos os recursos, insumos e serviços, praticados na produção

agrícola, permitindo ao produtor rural, dirigir seu negócio, baseado nos resultados de desempenho econômico. (REIS, 2007; CALLADO, 2011).

O Custo Operacional Efetivo (COE) consiste no valor de todos os pagamentos diretos praticados pelo produtor rural ao longo da safra. Dentro dessa categoria, destaca-se as despesas com insumos agrícolas, mão de obra e operação de máquinas, além de prestação de serviço demandada (OLIVEIRA; NACHILUK, 2011).

O COE, somado ao valor das despesas indiretas como depreciação de maquinário e remuneração do produtor (mão-de-obra familiar), resulta no Custo Operacional Total (COT). Enquanto o COE é representado pelo dispêndio efetivo por hectare, para que haja produção de determinado produto, o COT é o custo assumido pelo produtor rural, visando dar continuidade da produção e reposição de maquinário (MARTIN *et al*, 1998).

Para o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2015), COT contabiliza o pró-labore e desembolso mensal do produtor, além de considerar a depreciação de maquinário e benfeitorias, permitindo analisar a sustentabilidade da atividade agrícola no longo prazo. Por outro lado, o COE pode ser representado por todos os gastos diretos do produtor, indicando, ou não, a manutenção do negócio no curto prazo.

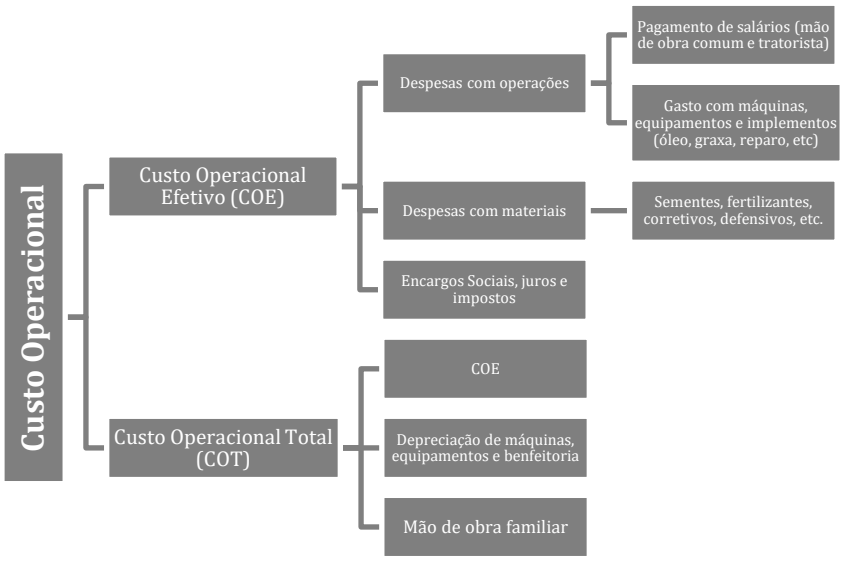

Figura 3 - Metodologia de custo operacional utilizado pelo Instituto de Economia Agrícola de São Paulo (IEA-SP).
Fonte: Adaptado de Matsunaga *et al* (1976)

A integralidade dos custos é denominada Custo Total (CT) e é obtida através da adição da remuneração da terra e do capital utilizado no processo produtivo ao COT (Figura 5) (BIGATON *et al.,* 2016).

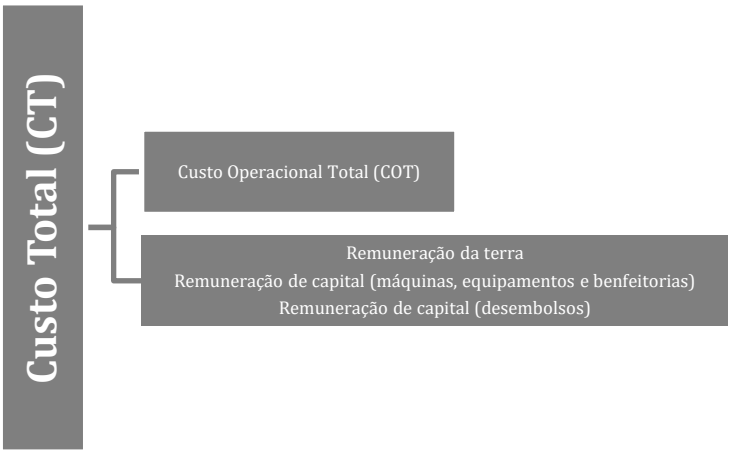

Figura 4 - Composição do Custo Total (CT) conforme metodologia de custo operacional utilizada pelo Instituto de Economia Agrícola de São Paulo (IEA-SP).
Fonte: Adaptado de Matsunaga *et al* (1976)

Através das informações de receitas relativas as vendas do produto originado, pode-se obter a Renda Bruta Total (RBT). A identificação do desempenho econômico da atividade pode ser obtida pela comparação (ou subtração) da RBT em relação às três classes de custos definidos pela metodologia, conforme abaixo:

a) Margem Bruta (MB) = RBT – COE. A Margem Bruta é a capacidade de pagamento dos gastos de produção, indicado manutenção ou não, da ocupação no curto prazo.
b) Margem Líquida (ML) = RBT – COT. A Margem Líquida leva em consideração gastos com depreciação e remuneração do proprietário, apontado para sustentabilidade do negócio no longo prazo.
c) Lucro (R$/ano safra) = RBT – CT. O Lucro ilustra a possibilidade de expansão da atividade econômica, uma vez que contabilizar todos os recursos financeiros utilizados e demonstra a rentabilidade do negócio.

4.1.4 – Conceitos de Estatística Descritiva

Os primórdios da estatística, datam do Egito antigo, quando Heródoto realizou um estudo para quantificar os recursos humanos e econômicos, para a construção de pirâmides, em 3.050 a.C. Atualmente, esta ciência, se tornou uma ferramenta poderosa para tomadas de decisão em áreas como marketing, engenharia, medicina e agricultura (SANTOS, 2007).

Considerado como um conjunto de técnicas e métodos de pesquisa trabalhados de forma racional, esse ramo da matemática, busca analisar dados e encontrar correlações entre eles, permitindo a geração de conclusões e até previsões (MORAIS, 2005).

O termo estatística possui mais de um significado, a depender de sua conjugação. No singular, denota à metodologia utilizada para execução da análise de dados e, no plural, remete às medidas geradas pelos dados analisados, denominando-se, estatística descritiva. Essa por sua vez, agrupa informações de mesma natureza, permitindo analisar as variações (dos dados), na forma de tabelas, gráficos e medidas descritivas (GUEDES *et al*., 2005).

As medidas de estatística descritiva possibilitam representar um conjunto de dados, através um valor unificado. As medidas de tendência comumente utilizadas são: média aritmética, mediana e moda; e as medidas de dispersão: desvio absoluto médio, variância e desvio padrão (MORAIS, 2005).

Apresenta-se a seguir as definições dos principais indicadores (MORAIS, 2005; SANTOS, 2007):

a) Média aritmética: razão entre somatória dos dados observados e o número de observações realizadas – representa o ponto de equilíbrio entre os dados
b) Moda: dado que apresenta maior frequência de observação entre os dados;
c) Mediana: dado que divide a amostra ao meio, sendo que metade dos valores são menores ou igual a mediana e a outra metade dos valores é maior ou igual a mediana;
d) Desvio absoluto médio: valor médio obtido pela diferença entre os dados observados e a média;
e) Variância: soma dos quadrados dos desvios em relação a média
f) Desvio padrão: Raiz quadrada da variância – indica a variabilidade de dados

A investigação da relação entre duas variáveis contribui para o entendimento da influência de uma variável sobre a outra. Essa relação é obtida através da regressão linear. Essa correlação possibilita predições sobre o comportamento de uma ou mais variáveis dependentes (ou de resposta) com base na alteração das variáveis independentes (ou predicatórias) e seu objetivo é mensurar o impacto que a variável X, exerce sobre o comportamento da variável Y, obtido através do coeficiente de Pearson (MAROCO, 2003; RODRIGUES, 2012).

A regressão linear simples traz o efeito da variável independente (Eixo X) sobre uma única variável dependente (Eixo Y), sendo utilizada para duas finalidades. A primeira possui caráter explicativo, demonstrando, ainda que sem comprovação, uma relação de causa-efeito;

enquanto a segunda, classificada como preditiva, possibilita prever o comportamento de uma variável em relação a outra, sem a necessidade de aferição (MATOS, 1995).

Enquanto a regressão linear simples, possui apenas duas variáveis e resulta na equação de uma reta, a regressão linear múltipla, possui três ou mais variáveis, trazendo como um plano. Dessa forma, o que define se uma regressão é simples múltipla, é o número de variáveis analisadas (SELL, 2005)

O coeficiente de correlação de Pearson (r) permite entender a intensidade e sentido da correlação entre as variáveis e pode ser melhor compreendido através da representação gráfica de dispersão (RODRIGUES, 2012). Devido a ausência de uma convenção universal quanto à classificação r, optou-se pela classificação de Rumsey (2016), representada pela Tabela 2:

Tabela 2 - Interpretação do Coeficiente de Correlação de Person (r)

Coeficiente de correlação	Correlação
r = -1	Perfeita negativa
r = -0,7	Forte negativa
r = -0,5	Moderada negativa
r = -0,3	Fraca negativa
r = 0	Nula
r = +0,3	Fraca positiva
r = +0,5	Moderada positiva
r = +0,7	Forte positiva
r = +1	Perfeita positiva

Fonte: Rumsey (2016)

Sendo uma alternativa ao Coeficiente de Correlação de Pearson, pode-se fazer uso do Coeficiente de Determinação (R^2), obtido pela elevação de r ao quadrado. R^2 explica a relação entre as variáveis, de acordo com a reta de regressão, portanto quanto mais próximo de 1, maior a influência da variável x sobre o comportamento da variável y, mostrando que as alterações na variável dependente ocorrem devido as mudanças na variável independente.

4.2. Procedimentos Metodológicos

As bases de dados para realização do estudo foram disponibilizadas pela Comissão da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), por intermédio do Pecege Consultoria e Projetos, e abrange doze safras de cana-de-açúcar (período de 2008/09 até 2019/20). A base de dados contempla dados técnicos e econômicos da produção de cana-de-açúcar em nível de fazenda na

região de Sertãozinho, no Estado de SP, tida como uma das regiões mais importantes para o setor sucroenergético, devido à sua representatividade.

Localizada a 325 quilômetros da capital, Sertãozinho é uma das principais cidades da região de Ribeirão Preto, contida no nordeste do Estado. O município possui 403,089 km² de área territorial, com solo oriundo de lava basáltica, popularmente conhecido como “terra-roxa”, que possui alta fertilidade (IBGE, 2023; SERTÃOZINHO, 2023).

As informações técnicas ligadas ao tratamento fitossanitário, assim como os parâmetros econômicos, foram levantadas pelas instituições responsáveis, através de formulários de entrevista, para cada ano-safra do período analisado.

Os valores financeiros do banco de dados foram corrigidos pelo IGP-M através da Calculadora do Cidadão, disponível em BCB - Calculadora do Cidadão, através da criação de um fator de correção, correspondente ao período de defasagem em relação à data base, com o objetivo de realizar uma análise justa, trazendo todas as informações para março de 2020, pois este é o último mês do período contemplado. O mesmo procedimento foi adotado para o valor da tonelada de cana-de-açúcar comercializada e para os insumos analisados.

As informações foram dispostas em planilha eletrônica para realização de análise gráfica e análise de comportamento, vislumbrando identificar evoluções ou retrações do manejo de defesa sanitária vegetal que impactaram a produtividade e a qualidade da matéria-prima, bem como o desempenho econômico da atividade. A influência do pacote de proteção de cultivos sobre a produtividade e o desempenho econômico da atividade foi apresentada em gráficos, complementados pela análise de variância (ANOVA) e regressão linear. As análises estatísticas foram no software Microsoft® Excel® para Microsoft 365 (versão 2310 Build 16.0.16924.20054) 64 bits, com nível de confiança igual a 95%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Evolução do manejo fitossanitário

Primeiramente, analisou-se as mudanças ocorridas nos procedimentos de defesa sanitária vegetal, de acordo com a quantidade de ingrediente ativo utilizada por hectare, frente a classe de defensivo agrícola correspondente. Devido à existência de formulações sólidas - expressa em quilogramas (Kg), e líquidas – expressa em litros (L), padronizou-se a unidade de medida em quilograma-litro por hectare (KgL/ha), obtido pela soma de ingrediente ativo, mediante sua respectiva formulação e concentração.

As alterações na utilização de defensivos agrícolas, bem como a modalidade de colheita estão representados na Figura 6, mostrando que em 2008/09, tínhamos uma colheita realizada de forma manual e com cana queimada, proporcionando um manejo fitossanitário mais simples, com a utilização de três classes de defensivos (herbicidas, inseticidas e nematicidas) somando 5,25 KgL ha^1 de ingrediente ativo.

Na safra 2010/11, a colheita mecânica passa a ser realizada em maior intensidade do que a colheita manual, porém, ainda não é possível observar incremento das classes de defensivos utilizadas. Há mudança considerável apenas na utilização de herbicidas, que teve incremento de uso de 70% em relação ao primeiro ano do período analisado.

O surgimento da doença ferrugem alaranjada (*Puccinia kuenii)*, fez com que os fungicidas, passassem a ser utilizados em variedades suscetíveis, devido ao seu potencial dano econômico (FERNÁNDES, SEGATO; ROCHA, 2013; CRUZ, JERONIMO, PERDONÁ; 2014). Os fungicidas passaram a ser utilizados na safra 2014/15, indicando que a preocupação com a ocorrência de doenças passou a ser relevante. A utilização dessa classe de defensivos possibilitou controle da ferrugem alaranjada, contribuindo para a produtividade de cana-de-açúcar (RODRIGUES, 2012).

A adoção de inseticidas cresceu seis vezes, entre 2008/09 e 2019/20, passando de 0,21 KgL por hectare para 1,26 KgL por hectare, dado o impacto proporcionado pela ocorrência de pragas, que podem provocar redução de produtividade e aumento dos custos de produção (FADINI *et al*., 2010).

Os defensivos agrícolas tiveram maior adoção na safra 2017/18, somando 14,30 KgL de ingrediente ativo utilizado por hectare e os herbicidas foram responsáveis por 75,73% da quantidade de ingrediente ativo utilizada (por hectare) neste ano. Armas *et al* (2005) identificaram que a participação dessa classe de defensivo também foi a mais utilizada na região

da sub-bacia do rio Corumbataí, representando aproximadamente 85% do volume total de produtos consumidos entre janeiro de 2000 e dezembro de 2003.

Os nematicidas tiveram seu percentual de participação no total de ingredientes ativos diminuído ao longo do período estudado, devido ao crescimento de outras classes de defensivos. No início do período, representavam 41,35% dessa quantidade, enquanto ao final, sua participação era de 26,13%.

No Brasil, os principais sistemas de colheita de cana-de-açúcar são o mecanizado, o semimecanizado e o manual (SANTOS, 2011) e percebe-se que a mudança nesse sistema trouxe novos desafios para o sistema produtivo de cana-de-açúcar, alterando o manejo fitossanitário.

A ocorrência de cigarrinha das raízes foi favorecida pela transição de colheita manual, com queima da palha, para colheita mecânica, de cana crua, devido à permanência da umidade no complexo solo-palhada. Em função da presença de palha preservando a umidade, os ovos possuem condição para sobreviver, mesmo no período de inverno, em que estão em diapausa e tal fato, permite que haja aumento do número de indivíduos logo na primeira geração da praga (DINARDO-MIRANDA, 2003; DINARDO-MIRANDA, 2004). O acúmulo de umidade na superfície do solo, proporciona condições adequadas para o desenvolvimento das formas juvenis, além de facilitar a alimentação, em virtude de raízes mais superficiais (DINARDO-MIRANDA, 2003). Essa maior presença do patógeno, provoca redução de produtividade, devido aos impactos provocados nos colmos, como por exemplo, entrenós mais curtos e murchos e brotações laterais (DINARDO-MIRANDA, 2014).

Influenciando o banco de sementes e flora infestante (ROSSI *et al,* 2013), a existência da palhada diminui a performance de alguns herbicidas, prejudicando o controle de algumas espécies de plantas daninhas (DURIGAN *et al.,* 2004; AZÂNIA *et al.,* 2002; SIMONI *et al.,* 2006; MONQUERO *et al.,* 2007), o que demandou cada vez mais a utilização de herbicidas para realização de seu controle.

Nos dois últimos anos do estudo, é possível observar a utilização de tecnologias complementares como nutrição foliar e bioestimulantes como ferramentas de incremento produtivo (informações não mostradas na Figura 5).

O sistema de proteção de cultivos sofreu alterações ao longo do tempo, passando por incremento em sua utilização tanto na quantidade de ingrediente ativo por hectare, como no tipo de tecnologia empregada. A inserção de fungicidas e tecnologias complementares (nutrição foliar e bioestimulantes) mais próximo do final do período da Figura 5, além do crescimento da utilização de inseticidas e herbicidas ao longo dos anos estudados, evidenciam a maior utilização de tecnologias voltadas para defesa sanitária vegetal.

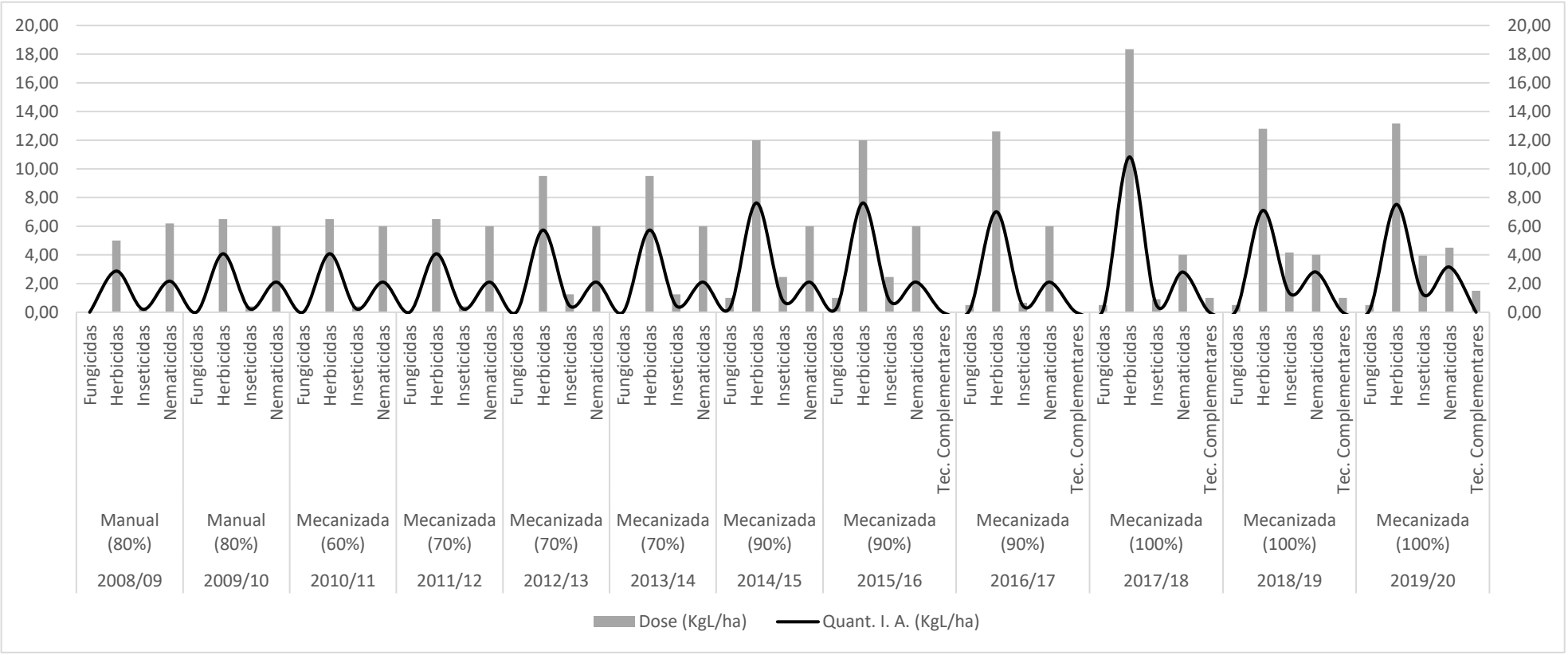

Figura 5 - Quantidade de ingrediente ativo expressa pela soma de quilogramas ou litros utilizados por hectare, segmentado pela classe de defensivo agrícola correspodente.

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

5.2 Impacto da Proteção de Cultivos nos Parâmetros de Produtividade

A produtividade é entendida como a quantidade produzida por uma área especifica, sendo comumente utilizada no setor sucroenergético a unidade Tonelada de Colmo por Hectare (TCH), que representa a quantidade de cana-de-açúcar produzida por hectare.

A cana-de-açúcar possui uma variável que mede a qualidade da produção obtida, representada pela concentração de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR), expressa em Kg t^{-1}. Quanto maior esse índice, melhor a qualidade da matéria-prima produzida.

Através da multiplicação de TCH e ATR, encontra-se a quantidade de açúcar produzida por hectare. Esse parâmetro produtivo, expresso em Toneladas de Açúcar por Hectare (TAH), é considerado mais completo, pois é o resultado da interação entre os demais, além de ser coerente com o modelo de remuneração através do ATR Relativo (Consecana), usualmente praticado ao produtor rural.

Na Figura 6, pode-se observar que os três parâmetros de produtividade analisados sofreram queda entre os ciclos 2008/09 e 2019/20, constituindo curvas decrescentes, apesar de algumas oscilações. A maior queda foi percebida para Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH).

Evidenciado a redução de produtividade, as taxas de crescimento anual composta (CAGR – *Compond Annual Growth Rate*) para TCH, ATR e TAH foram negativas, com os seguintes respectivos valores: -1,29%, -0,47% e -1,75%.

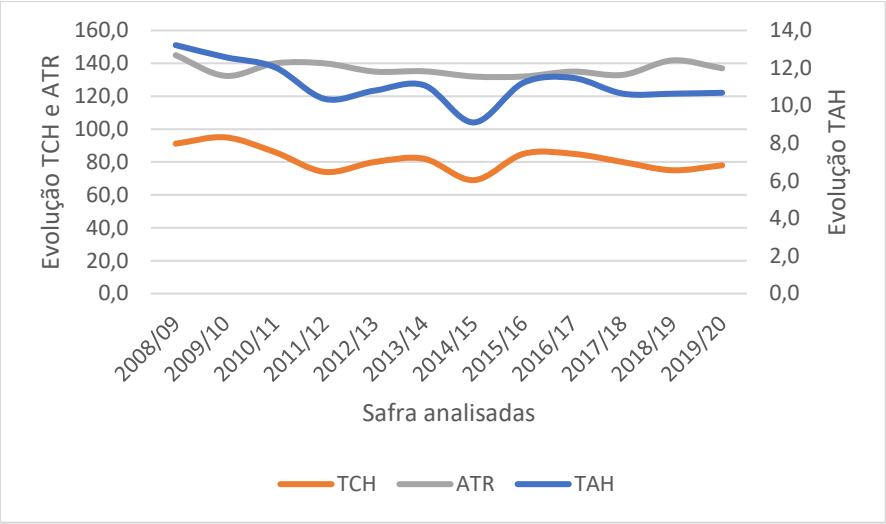

Figura 6 - Evolução dos parâmetros de produtividade da cana-de-açúcar representada por Tonelada de Colmo por Hectare (TCH), Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) e Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH) no período de 2008/09 a 2019/20 em Sertãozinho (SP).

Fonte: Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

O fato de que ao longo do período estudado houve uma relativa diminuição nos parâmetros de produtividade, apesar do comportamento e dinâmica no uso de defensivos, remete a necessidade de se observar melhor o comportamento dessas variáveis.

A interação entre uso de defensivos agrícolas, baseado na quantidade de ingrediente ativo por classe, utilizada por hectare (I. A. ha^{-1}) e os parâmetros de produtividade é representada na Figura 7.

A utilização de ingrediente ativo por hectare (I.A./ha) cresceu 2,29 vezes ao longo de período, partindo de 5,25 KgL ha^{-1} em 2008/09, atingindo 12,05 KgL ha^{-1} em 2019/20. Com comportamento diferente, os parâmetros de produtividade (TCH, ATR e TAH) tiveram alterações negativas para o mesmo contexto analisado.

A produtividade sofreu redução de 13,17 toneladas de colmo por hectare, enquanto a qualidade da matéria-prima (ATR) reduziu-se em 8 Kg por tonelada entre as safras 2008/09 e 2019/20. Em decorrência desses valores, a produção de açúcar por hectare (TAH) foi a maior impactada, retraindo 2,53 toneladas de açúcar por hectare no período de doze anos de estudo.

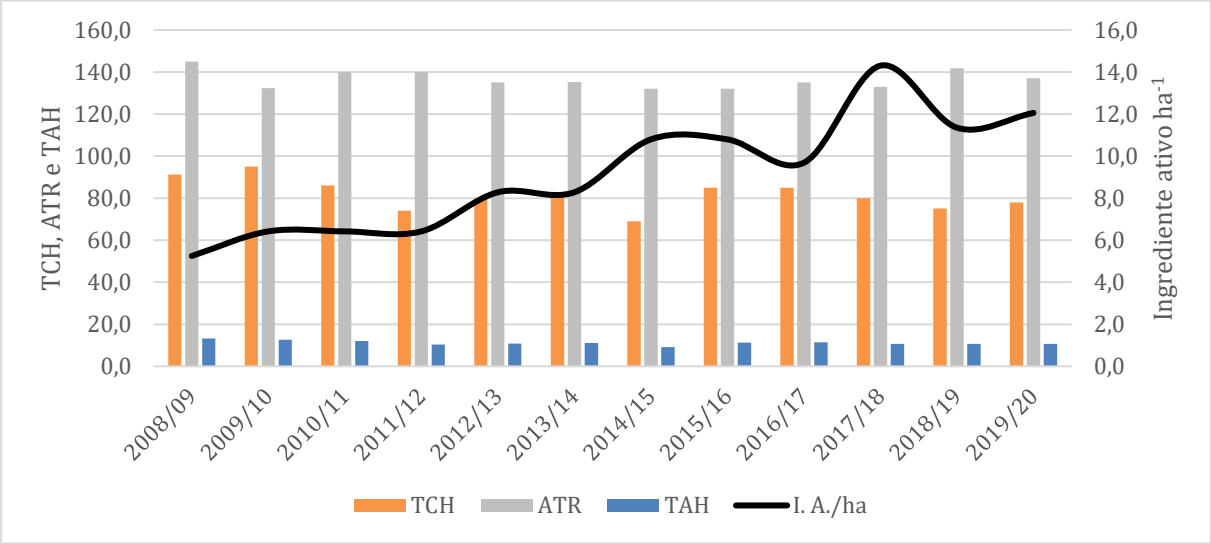

Figura 7 - Interação entre a quantidade de ingrediente ativo utilizada por hectare e parâmetros de produtividade da cana-de-açúcar representados por Tonelada de Colmo por Hectare (TCH), Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) e Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH) no período de 2008 a 2020 em Sertãozinho (SP).
Fonte: Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Em termos gerais, o manejo de defesa vegetal aparenta não tem um comportamento alinhado como aqueles das variáveis de produtividade. A seguir, promove-se uma observação mais específica do comportamento das classes de defensivos em relação aos parâmetros de produtividade.

Focando primeiramente no comportamento do uso dos fungicidas em relação aos parâmetros de produtividade (Figura 8), percebe-se que a taxa de crescimento anual para utilização de fungicidas é -6,07% e só pode ser calculada a partir da safra 2014/15, quando sua utilização teve início, sendo projetada até a safra 2019/20, indicando que o cuidado em relação à questões fitopatológicas passaram a ser considerados a partir de 2014 e que não houve ocorrência de nenhum fenômeno representativo nesse segmento, uma vez que, a utilização de fungicidas sofreu retração.

A taxa de crescimento anual para utilização de herbicidas entre as safras 2008/09 e 2019/20 é de 8,35%, mostrando que a preocupação com plantas daninhas, além de sempre possuir maior intensidade, sofreu incremento, provocando maior utilização dessa classe de defensivos (Figura 8).

Por sua vez, o uso de nematicidas foi uma prática sempre presente e sem grandes oscilações ao longo do período analisado, possuindo taxa de crescimento de 3,15% entre as safras 2008/09 e 2019/20, comportando-se como um manejo padrão.

A alteração na dinâmica populacional das pragas, devido à mudança no sistema de colheita, trouxe maior necessidade de controle de tais detratores de produtividade, provocando maior utilização de inseticidas. Este cenário provocou incremento de 16,23% ao ano na utilização dessa classe de defensivos agrícola, entre as safras 2008/09 e 2019/20 (Figura 8).

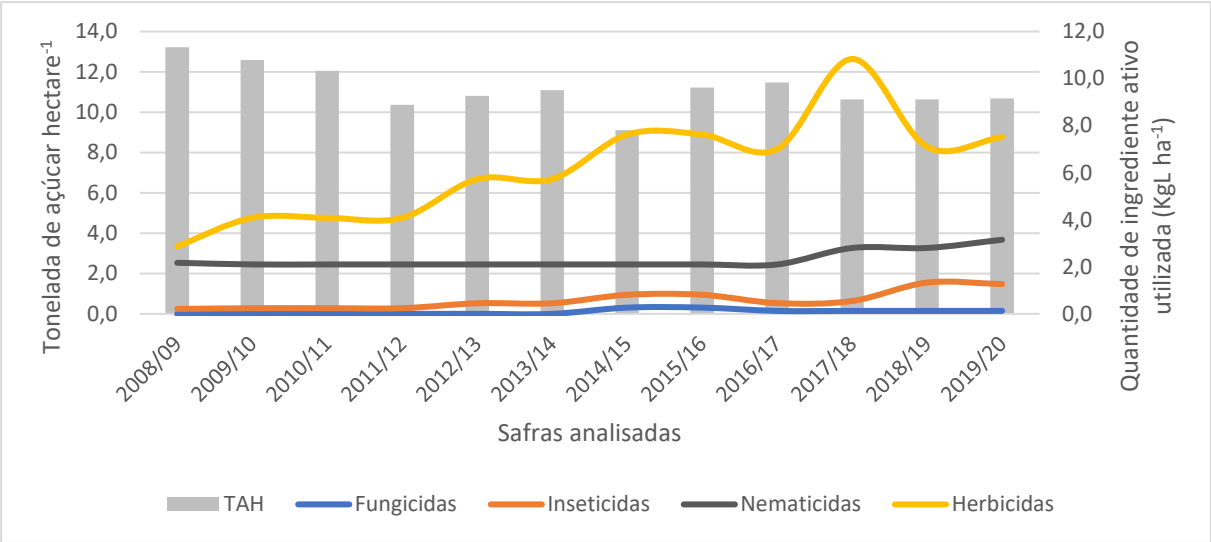

Figura 8 - Interação entre a quantidade de ingrediente ativo utilizada por hectare, segmentada por classe e parâmetros de produtividade da cana-de-açúcar representadapor Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH), no período de 2008 a 2020, em Sertãozinho (SP).

Fonte: Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

A relação entre utilização de fungicidas e o parâmetro de produtividade TAH[4] (Figura 9) não apresentam uma correlação linear ao nível de significância de 5%, uma vez que, Valor-P>0,05 e o coeficiente de correlação (r) é inferior ao coeficiente crítico de correlação de Pearson (0,632 para nível de significância de 5%).

O coeficiente de determinação (R^2) é de 0,31, aproximadamente, mostrando que a reta definida pela regressão explica somente em torno de 31% do comportamento da relação entre a duas variáveis.

[4] Optou-se por analisar somente o parâmetro de produtividade TAH nas figuras de 10 a 13, uma vez que, ele é resultante da interação entre TCH e ATR.

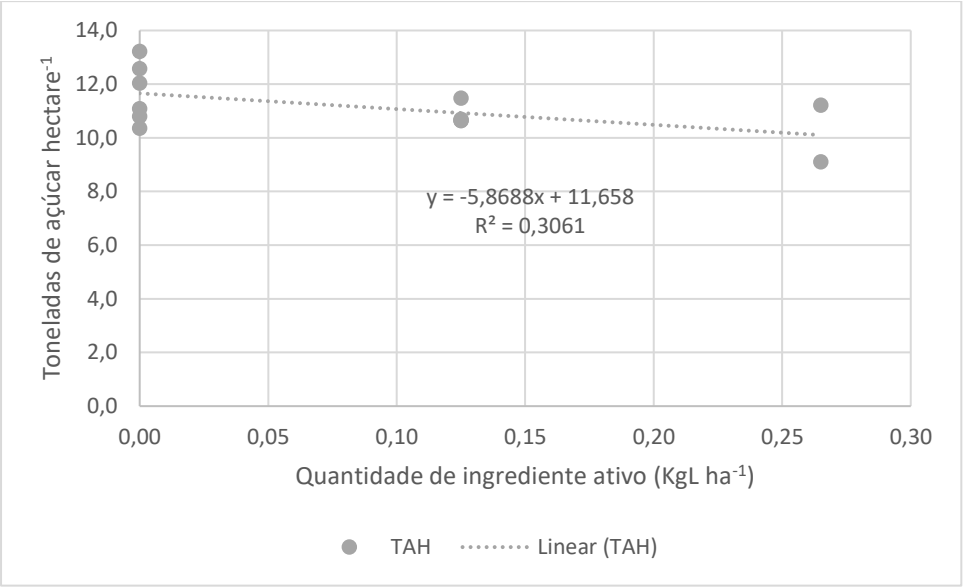

Figura 9 - Relação entre utilização de fungicidas (kgL ingrediente ativo ha^{-1}) e Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH), entre as safras 2008/09 e 2019/20, na região de Sertãozinho (SP). (Valor-P=0,0620; r=0,5532).

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

A relação entre utilização de herbicidas e TAH (Figura 10) apresenta correlação linear significativa (valor-P=0,0371), porém, o coeficiente de correlação (r) é inferior ao coeficiente crítico de correlação de Pearson (0,632 para nível de significância de 5%), indicando uma correlação fraca sobre o efeito da utilização de herbicidas em relação ao TAH obtido.

O coeficiente de determinação (R^2) é de 0,36, aproximadamente, mostrando que apenas 36% do comportamento de TAH é definido pela utilização de herbicidas, de acordo com a reta definida pela regressão.

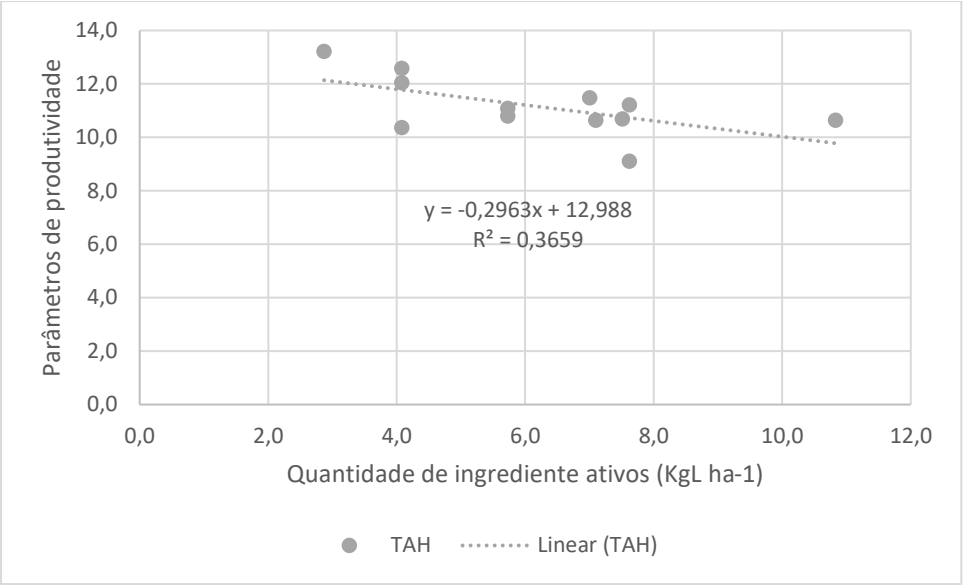

Figura 10 - Relação entre utilização de herbicidas (KgL ingrediente ativo ha^{-1}) Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH), entre as safras 2008/09 e 2019/20, na região de Sertãozinho (SP). (Valor-P=0,0371; r=0,6049).

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

A relação entre utilização de inseticidas e TAH (Figura 11) não apresenta uma correlação linear ao nível de significância de 5%, uma vez que, valor-P>0,05 e o coeficiente de correlação (r) é inferior ao coeficiente crítico de correlação de Pearson (0,632 para nível de significância de 5%).

Com base na reta gerada pela regressão, observou-se que a utilização de inseticidas é responsável apenas por 27% do resultado produtivo em TAH – coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,271.

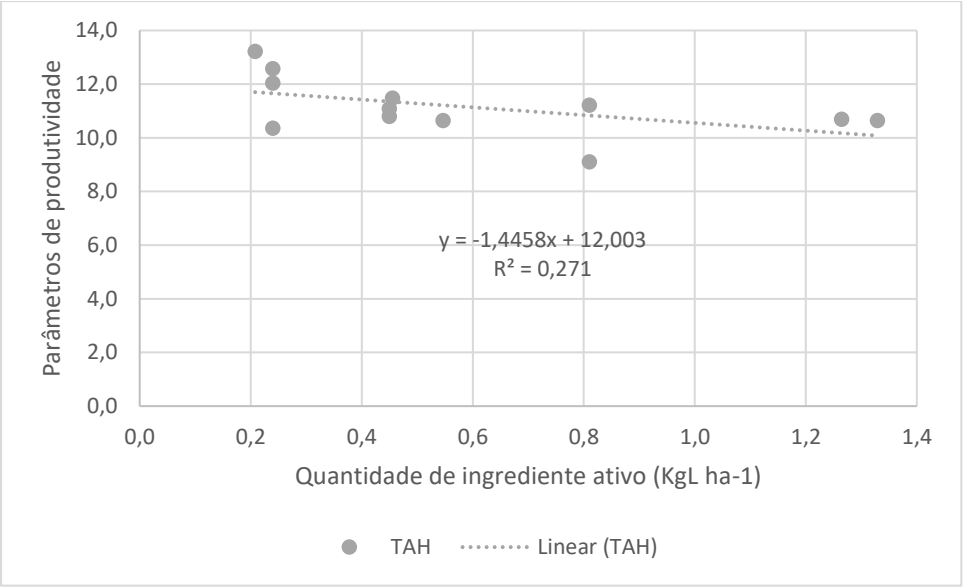

Figura 11 - Relação entre utilização de inseticias (KgL ingrediente ativo ha^{-1}) e Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH), entre as safras 2008/09 e 2019/20, na região de Sertãozinho (SP). (Valor-P=0,0826; r=0,5205).

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

A relação entre utilização de nematicidas e TAH (Figura 12) não apresenta uma correlação linear ao nível de significância de 5%, uma vez que, valor-P>0,05 e o coeficiente de correlação (r) é inferior ao coeficiente crítico de correlação de Pearson (0,632 para nível de significância de 5%).

O coeficiente de determinação (R^2) obtido através da regressão, possui valor de 0,0569, indicando que apenas 5,69% do TAH é influenciado pela utilização de nematicidas.

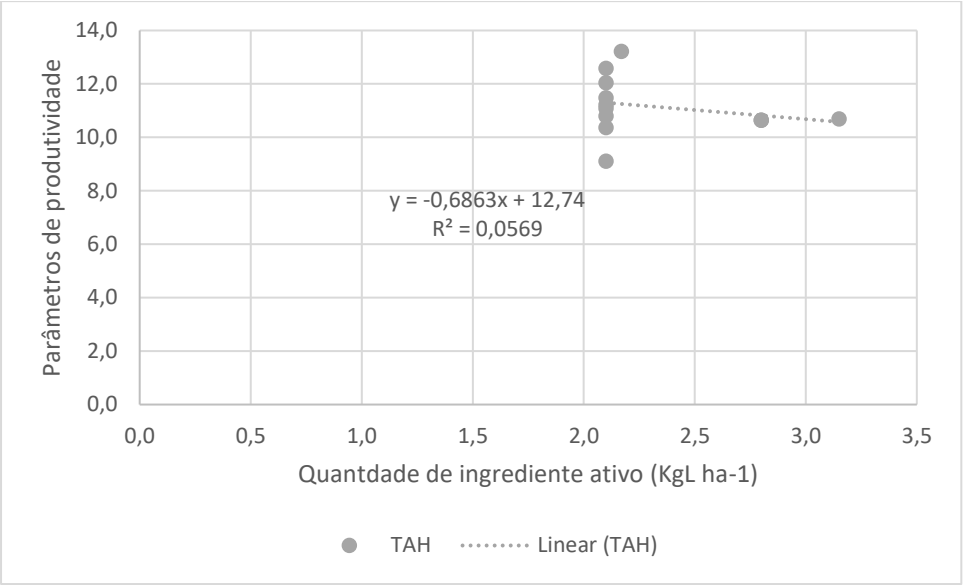

Figura 12 - Relação entre utilização de nematicidas (KgL ingrediente ativo ha^{-1}) e Tonelada de Açúcar por Hectare (TAH), entre as safras 2008/09 e 2019/20, na região de Sertãozinho (SP). (Valor-P=0,4550; r=0,2386).

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Considerando o foco central do presente estudo, ou seja, associação entre os procedimentos de defesa vegetal e os indicadores de produtividade do cultivo da cana-de-açúcar, é possível perceber que, devido ao complexo sistema envolvido, ou seja, condições climáticas e interações biológicas diversas, os procedimentos de defesa vegetal, apesar de fundamentais para garantir um desempenho agronômico satisfatório, não mostraram impactos estatísticos diretos significativos nos indicadores de produtividade.

A eficiência agronômica é exposta a um conjunto de condições bióticas, como a ocorrência em maior ou menor intensidade de pragas e doenças e abióticas, compostas pelo clima e solo, por exemplo. A interação dessas variáveis, afeta diretamente o resultado, ou seja, interferem na produtividade agrícola (BOEHLJE; ROUCAN-KANE; BRORING, 2011).

Portanto, as complexas interações entre esses grupos de variáveis resultam no desempenho ou produtividade agrícola, onde o clima corresponde a 50% de sua obtenção e o solo, o genótipo e o manejo são responsáveis por 23%, 13% e 14% (SENTELHAS, 2018). Especificamente para cana-de-açúcar, BALEM *et al* (2016), apontam cultivares, condições ambientais, manejo empregado, época de plantio, época de colheita, estágio de desenvolvimento, incidência de pragas e doenças, como fatores que interferem na produtividade e qualidade da produção obtida.

5.3 Defesa sanitária vegetal e desempenho econômico

Devido a busca por evitar, controlar ou amenizar o impacto proporcionados por pragas, doenças ou plantas daninhas, além de contribuir para uma melhor performance de fertilizantes, as tecnologias voltadas à proteção de cultivos são imprescindíveis para a condução de lavouras a campo, dessa forma, ainda que seus custos possam ser elevados, sua utilização é totalmente necessária. (HENRIQUES *et al.,* 2014; OLIVEIRA *et al.,* 2019; BARROS *et al.,* 2019; STOECKEL; SCHINEIDER, 2021).

A partir de 2010, a canavicultura da região de Sertãozinho passou por transformações em seu exercício. Mecanização nos procedimentos de plantio e, principalmente, de colheita e a evolução das tecnologias para a proteção de cultivos e sua própria adoção impuseram importantes alterações no setor sucroenergético.

Focando-se no comportamento de custos associados ao cultivo da cana-de-açúcar e às práticas de defesa vegetal, ao longo do período analisado, observou-se que o Custo Operacional Efetivo (COE – obtido pelas despesas diretas) se manteve relativamente constante, com pequena contração de 0,03% ao ano, enquanto o Custo Operacional Total (COT – somatória do COE e das indiretas, representadas pela depreciação e remuneração da mão-de-obra familiar) e o Custo Total (CT – representado pela soma do COT com o custo de oportunidade dos recursos produtivos empregados), tiveram crescimento anual de 1,66 e 1,93%, respectivamente, evidenciando forte interação entre essas duas últimas variáveis (Figura 13).

Tal fato mostra que os custos indiretos, remuneração do produtor rural, depreciação e custo de oportunidade afetaram o custo total em maior intensidade que o custeio da própria atividade agrícola (COE).

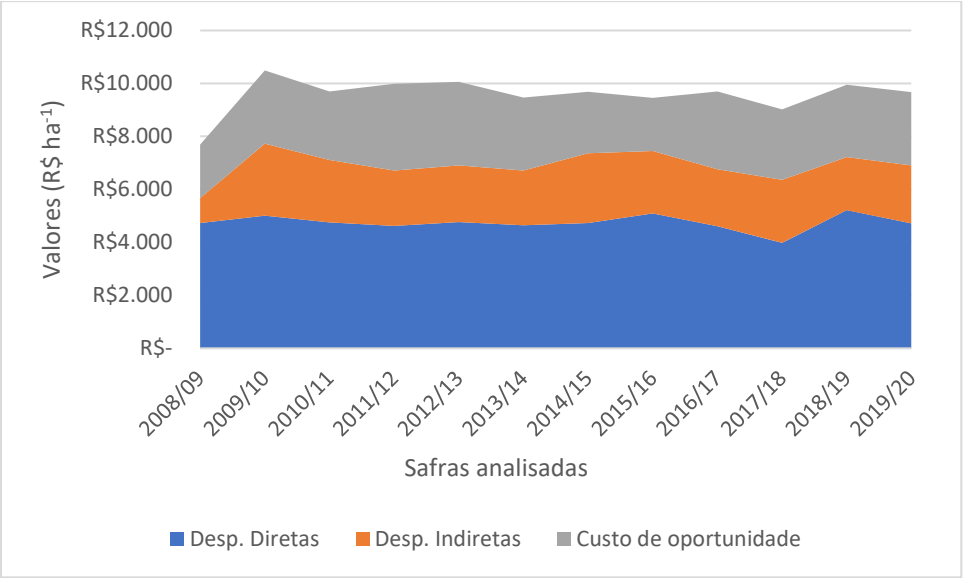

Figura 13 - Comportamento do Custo Operacional Efetivo (COE = Despesas Diretas, R$ ha^{-1}), Custo Operacional Total (COT = COE + Despesas Indiretas, R$ ha^{-1}) e Custo Total (CT = COT + Custo de Oportunidade, R$ ha^{-1}) entre as safras 208/09 e 2019/20 para a produção de cana-de-açúcar na região de Sertãozinho (SP).

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

O exercício de avaliar a utilização de insumos é um dos tópicos mais relevantes na gestão da produção de cana-de-açúcar (STEFFANELLO *et tal.,* 2009) e as Despesas com Defensivos Agrícolas (DDA) tiveram o avanço intenso (aumento de 6,86%), quando comparado com demais despesas que compõem o COE entre 2008/09 e 2019/20, representando uma proporção cada vez maior dentre os componentes do Custo Operacional Efetivo (COE) e assumindo papel importante na sua constituição (Figura 14).

Moreira e Bonizio (2012) observaram que para a região de Ribeirão Preto (SP), na safra 2008/09, os gastos com insumos obtiveram maior valor, superando gastos com mecanização, depreciações, mão-de-obra, despesas administrativas e arrendamentos, ilustrando a representatividade das DDA frente outras despesas e/ou gastos componentes do custo de produção.

Como outras despesas constituintes do Custo Operacional Efetivo, entende-se despesas com preparo de solo, plantio, tratos culturais da cana planta, tratos culturais da cana-soca e colheita (NACHILUK; OLIVEIRA, 2013). Esse grupo de despesas teve taxa de crescimento negativa, na ordem de 3,14% ao ano, o que aumentou a relevância das Despesas com Defensivos Agrícolas, tornando-a protagonista na composição dos custos diretos (COE).

Em 2008/09, as Despesas com Defensivos Agrícolas corresponderam à 20,48% do COE, saltando para 45,58% em 2019/20 (Figura 14), evidenciando que o pacote de soluções

para proteção de cultivo ganhou importância e representatividade dentro dos custos diretos de produção canavieira.

A transição de colheita manual da cana queimada para a colheita mecânica e de cana crua interferiu no manejo fitossanitário da cultura (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013; GUIMARÃES *et al.,* 2008). Essa mudança provocou aumento das perdas ocasionadas pelo processo operacional de colheita, reduzindo a produtividade (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2013), além de trazer mudanças na dinâmica de pragas, doenças e plantas daninhas. A ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas direciona os procedimentos de defesa sanitária vegetal e sua variação anual implica na alteração do uso de defensivos agrícolas. A utilização dessas soluções, em maior ou menor quantidade, promove impacto nos custos de produção (ARTUZO *et al*, 2018).

A colheita de cana crua elevou as infestações de pragas como cigarrinhas das raízes e bicudo da cana, trazendo maior necessidade de controle devido aos prejuízos proporcionados (ARRIGONI, 2012; MACEDO, 2013), demandando incremento nos procedimentos de defesa sanitária vegetal.

A maior quantidade de matéria seca (palha) acumulada na superfície do solo, em virtude da realização da colheita mecânica com a cana crua, também altera a dinâmica de insetos-praga, incrementando o número de espécie que provocam dano econômico, assim como sua densidade populacional (DINARDO-MIRANDA, 2002).

Perdas de produtividade, devido ao ataque de cigarrinha variam de 23,6% a 72% (DINARDO-MIRANDA, 2000) enquanto, para cada 1% de infestação de broca, a redução de produtividade é da ordem de 1,5%, em Tonelada de Colmo por Hectare (TCH) (ARRIGONI, 2002).

Por sua vez, a população de plantas daninhas tem sido modificada com a prática da colheita mecânica de cana crua (AZÂNIA *et al.,* 2002) e essa nova condição favoreceu a germinação e o desenvolvimento de algumas espécies daninhas (CORREIA; REZENDA, 2002), impondo dificuldades à eficácia de herbicidas pré-emergentes (DA SILVA; MONQUERO, 2013).

Portanto, o incremento na utilização de procedimentos de defesa vegetal objetivou mitigar todos os impactos negativos em produtividade, proporcionados pelo novo cenário acarretado pela alteração do método de colheita. Dessa forma, caso não houvesse maior utilização das ferramentas para proteção de cultivos, acredita-se que a queda de produtividade poderia ter sido mais intensa.

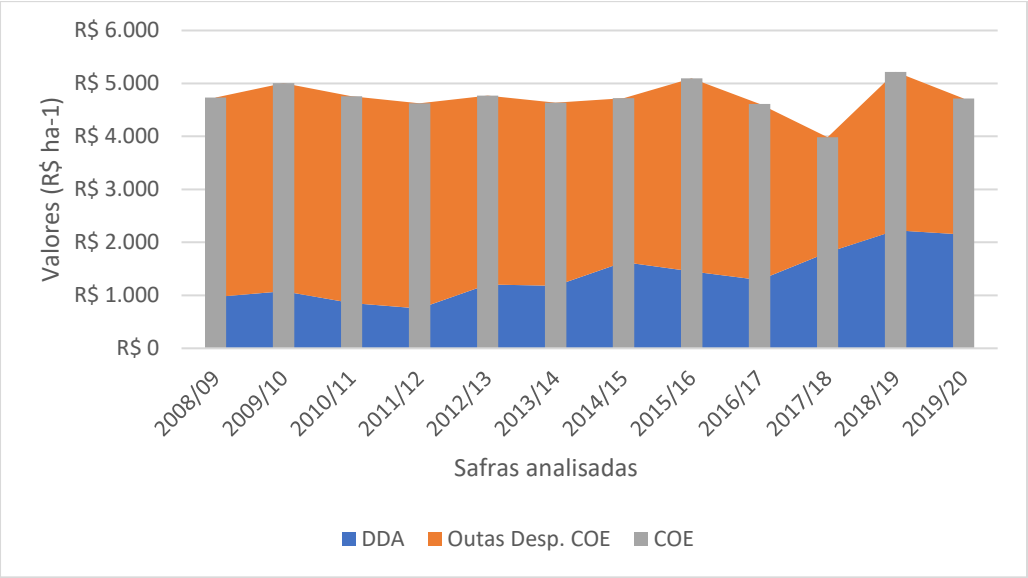

Figura 14 - Composição dos Custos Operacionais Efetivos (COE, R$ ha-1), segmentado em Despesas com Defensivos Agrícolas (DDA, R$ ha-1) e Outras Despesas do Custo Operacional Efetivo (Outras Desp. COE, R$ ha-1) entre as safras 2008/09 e 2019/20 para a produção de cana-de-açúcar na região de Sertãozinho (SP).

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Passando agora para os indicadores de desempenho econômico ligados à cultura e às práticas de defesa vegetal (Figura 15), é possível observar que MB, ML e L, tiveram comportamentos distintos entre 2008/09 e 2010/11. De 2011/12 até 2019/20, as curvas possuem comportamento espelhado, com grandes oscilações, porém, sempre de mesma amplitude, evidenciando grande correlação entre elas.

A Margem Bruta (MB), sempre positiva, apesar de desuniforme, denota que a atividade consegue manter no curto prazo, de forma que, as despesas para com a produção, são menores do que a Receita Bruta Total (RBT). Em 2016/17, a MB obteve seu melhor resultado, ultrapassando R$ 4.480,00 por hectare e mesmo assim, ao final das contas, o produtor ainda obteve prejuízo – de R$ 608,25 por hectare.

A Margem Líquida (ML), por sua vez, oscilou, tendo duas situações de resultado negativo – 2014/15 e 2018/19, retraindo-se em 5,92% dentro do período de doze safras. A ML decrescente mostra ameaça a sustentabilidade da atividade no longo prazo.

Com queda de 3,41% entre safras 2009/10 e 2019/20 e resultado negativo para todo o período analisado, o comportamento do Lucro (L) evidencia que o capital investido não foi adequadamente remunerado e, portanto, a RBT não foi suficiente para cobrir um último grupo de custos, ou seja, os custos de oportunidade do capital investido (resultando em RBT menor que CT), indicando prejuízo econômico ao produtor.

O prejuízo proporcionado pela atividade de produção de cana-de-açúcar implica que o produtor poderia obter melhor resultado econômico, empregando os mesmos recursos financeiros em outra atividade. Pesquisas realizadas em diferentes cenários, evidenciam que a obtenção de resultados financeiros ou econômicos positivos na produção de cana-de-açúcar é extremamente desafiadora ao produtor rural.

A análise da produção independente de cana-de-açúcar, mostrou que entre 2010 e 2018, no Estado de Goiás, mostrou que a atividade resultou em prejuízo financeiro para o produtor rural (ROSSI; FERNANDES, 2020). Por sua vez, um levantamento realizado no Estado de São Paulo, com produtores independentes, evidenciou que a atividade agrícola de produção de cana-de-açúcar é inviável do ponto de vista econômico para qualquer sistema de produção (fornecedor com contrato, cana "spot" e arrendamento) (GALINDO; CARVALHO, 2016). De acordo com a Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA, 2023), os dados prévios safra 2023/24, independente da região de atuação, o produtor de cana-açúcar remunerado pelo modelo Consecana, obteve lucro negativo – média R$ 17,30 por tonelada de cana produzida.

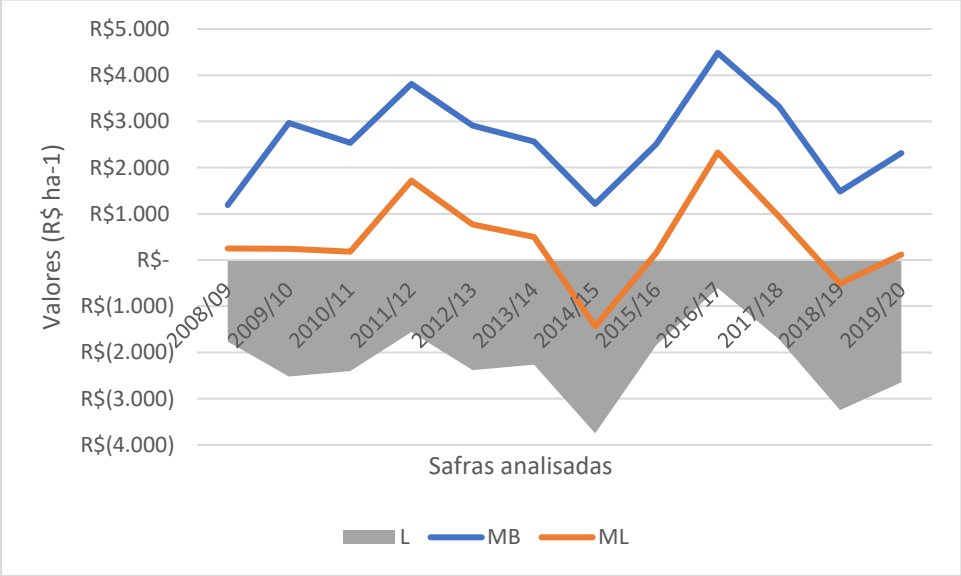

Figura 15 - Desempenho econômico representado por Lucro (L, R$ ha^{-1}), Margem Bruta (MB, R$ ha^{-1}), Margem Líquida (ML, R$ ha^{-1}) entre as safras 2008/09 e 2019/20 para a produção de cana-de-açúcar em Sertãozinho (SP).

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022)

6. CONCLUSÕES

Conclui-se que a mudança no sistema de colheita, de queimada e manual, para mecânica e crua, impactou os procedimentos de defesa sanitária vegetal, contribuindo para sua maior utilização. Os inseticidas apresentaram o maior crescimento entre os defensivos agrícolas enquanto, o controle de plantas daninhas se mostrou o mais representativo em termos de uso entre os procedimentos de defesa sanitária vegetal entre as safras 2008/09 e 2019/20.

Por sua vez, o incremento do manejo fitossanitário não afetou diretamente, em termos estatísticos, os parâmetros produtivos estudados (TCH, ATR e TAH), uma vez que, é perceptível a complexidade do sistema de cultivo, com vários fatores interferindo no desempenho agronômico da cultura, ou seja, fatores edafoclimáticos, interações biológicas, manejo, solo entre outros. No entanto, é percebido que a mudança na modalidade de colheita, de cana queimada para cana crua, promoveu maior presença de pragas e plantas invasoras, que por sua vez, demandaram maior utilização de pesticidas para seu controle. Dessa forma, a maior utilização de defensivos agrícolas possivelmente impediu uma queda ainda maior na produtividade ao longo do período analisado.

Do ponto de vista econômico, o desempenho de cana-de-açúcar na região de Sertãozinho, entre as safras 2008/09 e 2019/20, remunerada pelo modelo Consecana, se mostrou sustentável no curto prazo e, em alguns períodos, a sustentabilidade no longo prazo foi ameaçada. Durante todo o período estudado, a produção da cana-de-açúcar apresentou prejuízo financeiro ao produtor rural, ou seja, em termos de rentabilidade, os recursos financeiros empregados na produção, retornaram valores menores que alternativas de investimento, tendo em vista que, durante todo o período, o lucro da atividade foi negativo.

Salienta-se que o presente trabalho se caracteriza como um estudo de caso e, portanto, deve-se considerar a restrição quanto a extrapolação dos seus resultados para outras situações, uma vez que eles são baseados em dados reais, porém, para uma situação e período específicos. Novos estudos poderão contemplar a análise de outras regiões produtoras e períodos e considerar outras variáveis que interferem na produtividade agronômica com o propósito de ampliar os resultados encontrados por esta pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGÁFICAS

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários.** Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 15 jun. 2023.

ARMAS, E. D. D. *et al*. Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na bacia do rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, p. 975-982, 2005.

ARTUZO, F. D. *et al*. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão e Negócios**, v. 20, n. 2, p. 273-294, 2018.

ARRIGONI, E. B. Broca da cana-de-açúcar: Importância econômica e situação atual. **ARRIGONI, E. B.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; ROSSETO, R. Pragas da cana-de-açúcar–importância econômica e enfoques atuais. Piracicaba: STAB**, p. 1-4, 2002.

ARRIGONI, E. B. **Impacto da colheita sem palha a fogo sobre pragas e doenças na cultura da cana-de-açúcar.** CTC, Dracena, SP, 2012.

AZANIA, A. A. P. M. *et al*. Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*.) na emergência de espécies de plantas daninhas da família *Convolvulaceae*. **Planta daninha**, v. 20, p. 207-212, 2002.

AZANIA, C. A. M. Manejo de Plantas Daninhas em Cana-de-Açúcar**. O Agronômico**: Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agronômico, Campinas, v. 70, p. 20-25, 2018. Disponível em: http://ciiagro.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/oagronomico_volume_70.pdf. Acesso em: 23 jan. 2023.

BALEM, E. M. *et al*. INCIDÊNCIA DE PRAGAS E DOENÇAS EM DEZ CULTVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR CONDUZIDAS NA REGIÃO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL. In: **VI Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão & IIa Jornada de Pós-graduação da UERGS (ISSN: 2448-0010)**. 2016. Disponível em: http://conferencia.uergs.edu.br/index.php/SIEPEX/visiepex/paper/viewPaper/1028 Acesso em: 29 jan. 2024.

BARBOSA, A. M. Estádios Fenológicos da Cana-de-Açúcar: Uma Proposta Baseada em Parâmetros Biométricos e Tecnológicos. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 22., 2023, Natal-RN. Anais do XXII CBAGRO. Natal-RN: Editora, 2023.

BARROS, C. S. G. *et al.* Mensuração econômica da incidência de pragas e doenças no brasil: uma aplicação para as culturas de soja, milho e algodão Parte 1. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA)**, 2019.

BARROS, Reynaldo. **Energia para um novo mundo**. CREA-RJ, 2007.

BENEDINI, M. S.; BROD, F. P.; PERTICARRARI, J. G. **Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada**. CTC, Piracicaba, SP, 2013.

BERGAMASCHI, H. **Fenologia**. In: BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. As plantas e o clima: princípios e aplicações. Guaíba: Agrolivros, 2017. p. 95-112.

BIGATON, A. *et al*. Comportamento dos preços dos insumos agrícolas da cana-de-açúcar: safra 2016/17. **Revista IPecege**, v. 3, n. 4, p. 66–70, 2017.

BOEHLJE, M.; ROUCAN-KANE, M.; BRÖRING, S. *Future agribusiness challenges: strategic uncertainty, innovation and structural change.* ***International Food and Agribusiness Management Review***, v. 14, n. 5, p. 53-82, 2011.

BONNETT, G. ***Developmental stages (phenology)***. In: MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. *Sugarcane: physiology, biochemistry and functional biology. Wiley Blackwell*. 2014, p.35-54

BRASIL. Lei Nº 7.802, de 12 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do**, 2015. Disponível em: https://bit.ly/1Lf8sTR. Acesso em: 28 fev. 2023.

CALLADO, A. A. C.; CALLADO, A. L. C. Mensuração de desempenho e agronegócio. **Agronegócio. (2011). (3a ed.) São Paulo: Atlas**, 2011.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada [CEPEA]; Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil [CNA]. 2023. **PIB do Agronegócio 2022**. Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br. Acesso em: 20 jan. 2023.

CAMARA, G. M. S.; OLIVEIRA E. A. M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993.

CANABRAVA, A. P. **História econômica: Estudos e pesquisas**. São Paulo: UNESP, 2005.

CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, A. T. Tecnologia, produção e adaptação da cana-de-açúcar no Brasil. *In*: Congresso SOBER – Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 56, 2018. **56º Congresso SOBER – Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural**. Campinas. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Silvia-Angelica-Carvalho/publication/328772121_Tecnologia_producao_e_adaptacao_da_cana-de-acucar_no_Brasil/links/5be1d9dc299bf1124fbf1bcc/Tecnologia-producao-e-adaptacao-da-cana-de-acucar-no-Brasil.pdf. Acesso em: 03 fev. 2023.

CASTELIANI, A. *et al. Behavioral aspects of Sphenophorus levis (Coleoptera: Curculionidae), damage to sugarcane and its natural infection by Steinernema carpocapsae (Nematoda: Rhabditidae).* ***Crop Protection****,* v. 137, p. 105262, 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219420301952. Acesso em: 23 set. 2023.

CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar.** Jaboticabal: Funep, 1991.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Detalhamento de itens que compõem o custo de produção: comparações entre as metodologias da CONAB e do CEPEA. **Piracicaba: ESALQ/USP**, 2015

CHAVES JÚNIOR, G. T. Influência do clima na produtividade da cana-de-açúcar. **Araçatuba, SP: Fatec**, 2011.
CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. **Piracicaba: CP**, v. 2, p. 72, 2009.

Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB]. 2022. **Série histórica das safras**. Cana de açúcar - Agrícola. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras. Acesso em: 20 jan. 2023.

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil [CNA]. 2023. **Valor Bruto da Produção – VBP**. Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br. Acesso em: 20 jan. 2023.

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil [CNA]. 2022. Banco de dados de custos de produção e manejo fitossanitário utilizado pelo produtor rural na região de Sertãozinho (SP), entre as safras 2008/09 e 2019/20.

CONSECANA – CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. 5 ed. Piracicaba: CONSECANA, 2006. 112p.

CORREIA, N. M.; REZENDE, P. M. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja. **Lavras: Editora UFLA**, 2002.

CRUZ, J. C. S.; JERONIMO, E. M.; PERDONÁ, M. J. Informações sobre a ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. **Pesquisa & Tecnologia, São Paulo**, v. 11, n. 1, 2014.

DA SILVA, P. V.; MONQUERO, P. A. Influência da palha no controle químico de plantas daninhas no sistema de cana crua. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 94-103, 2013.

DE OLIVEIRA, RICARDO AUGUSTO. **Análise de crescimento da cana-de-açúcar, na região Noroeste do Paraná**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.

DE OLIVEIRA, I. J. *et al*. **Recomendações técnicas para o cultivo de feijão-caupi no Estado do Amazonas**. 2019.

DIBRARQ – Diretório Brasil de Arquivos. Ministério da Gestão e da Inovação em serviços públicos. Fundo/Coleção IY – **Instituto do Açúcar e do Álcool**. 2015. Disponível em: https://dibrarq.arquivonacional.gov.br/index.php/instituto-do-acucar-e-doalcool#:~:text=O%20Instituto%20do%20A%C3%A7%C3%BAcar%20e,%2C%20sugerindo%20aos%20...%20%C2%BB. Acesso em 15 nov. 2023.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FERREIRA, J. M. G.; DURIGAN, A. M. P. R.; BARBOSA, V. Eficiência de inseticidas e medidas culturais no controle de Mahanarva fimbriolata em cana-de-açúcar. **STAB**: Açúcar, Álcool e Subprodutos, v. 18, n. 3, p. 34-6, 2000.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Nematóides e pragas de solo em cana-de-açúcar. **Informações agronômicas**, v. 110, n. 1, p. 25-32, 2005.

DINARDO-MIRANDA, L. L. O papel da retirada da palha no manejo da cigarrinha das raízes. **STAB–Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 20, p. 23, 2002.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Nematoides e pragas da cana-de-açúcar. **Campinas: Instituto Agronômico**, 2014.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Pragas. **Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agronômico**, v. 1, p. 349-404, 2008.

DINARDO-MIRANDA, L. L., COELHO, A. L.; FERREIRA, J. M. G. (2004). Influência da época de aplicação de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae), na qualidade e na produtividade da cana-de-açúcar. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 91-98, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ne/a/ScWNR75rQVpQKmXyGmq4Vdm/. Acesso em: 23 set. 2023.

DINARDO-MIRANDA, L. L., FERREIRA, J. M. G.; CARVALHO, P. A. M. Influência da época de colheita e do genótipo de cana-de-açúcar sobre a infestação de *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: *Cercopidae*). ***Neotropical Entomology***, Londrina, v. 30, n. 1, p. 145-149, 2001. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ne/a/9rh8tyDsQqZ9BCLXTpzgJTq/?lang=pt. Acesso em: 23 set. 2023.

DINARDO-MIRANDA, L. L., GARCIA, V.; PARAZZI, V. Efeito de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: *Cercopidae*) e de nematóides fitoparasitos, na qualidade tecnológica e na produtividade da cana-de-açúcar. ***Neotropical Entomology***, Londrina, v. 31, n. 4, p. 609-614, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ne/a/FBkGtK6gVj6pzS4ts7gLKsg/. Acesso em: 23 set. 2023.

DINARDO-MIRANDA, L. L. **Cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2003.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Orgs.). **Pragas de solo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa, p. 495-516. 2004

DINARDO-MIRANDA, L. L.; J. V. FRACASSO. *Sugarcane straw and the populations of pests and nematodes*. **Sci. Agric**., Piracicaba, v. 70, p. 369–374, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sa/a/8Cdd5sPfxKwJT4hzZG5fCDq/. Acesso em: 28 set. 2023.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Nematoides e pragas da cana-de-açúcar. **Campinas: Instituto Agronômico**, 2014.

DOS SANTOS, N. B. **Identificação dos fatores críticos da colheita mecanizada de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*.)**. 2011. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz.

DUARTE, C. G.; MALHEIROS, T. F. Sustentabilidade e políticas públicas para o setor sucroenergético: uma análise dos temas abordados. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade: GeAS**, v. 4, n. 3, set./dez. 2015.

DURIGAN, J. C.; TIMOSSI, P. C.; LEITE, G. J. Controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus*), com e sem cobertura do solo pela palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 22, p. 127-135, 2004.

FADINI, M. A. M. *et al*. **Os ácaros são pragas do milho no Brasil?.** Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/ bitstream/doc/883174/1/doc113.pdf. Acesso em: 29 jan. 2024.

FAUSTO, B. et al. **História do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1994.

FERNÁNDES, M. S.; SEGATO, S. V.; ROCHA, D. R. PRODUTIVIDADE, AÇÚCAR E BROTAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A FUNGICIDAS E MATURADORES. **Nucleus (16786602)**, v. 10, n. 2, 2013.

FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agronômico no seu estabelecimento no Brasil. **Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agronômico**, p. 31-44, 2008.

GALINDO, A. M.; CARVALHO, M. E. A. Comparativo de rentabilidade da produção da cana-de-açúcar em sistema de arrendamento e fornecimento em Chavantes/SP. **Revista iPecege**, v. 2, n. 3, p. 7–26, 2016.

GALLO, D. *et al*. Métodos de controle de pragas. **D. Gallo et al. Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ**. 920p, p. 243-359, 2002.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. *Sugarcane*. In. TEARE, ID; PEET, MM. ***Crop-water relations. New York: J. Wiley***, 1983.

GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GUEDES, T. A. *et al*. Estatística descritiva. **Projeto de ensino aprender fazendo estatística**, p. 1-49, 2005.

GUIMARÃES, E. R. *et al*. *Free proline accumulation in sugarcane under water restriction and spittlebug infestation.* ***Scientia agricola***, v. 65, p. 628-633, 2008.

HENRIQUES, M. J. *et al*. Controle de helmintosporiose em milho pipoca, com a aplicação de fungicidas sistêmicos em diferentes épocas. **Revista Campo Digital**, v. 9, n. 2, 2014.

LOPES, L. L. *et al*., (2016). Broca da cana: Impacto na indústria - **Prejuízos causados pela broca vão muito além do canavial**. 1 ed. Piracicaba: Fermentec, 2016.

MACEDO, N. Colheita de cana queimada versus crua e populações de insetos e pragas. **Revista Opiniões.** 2013. Disponível em: https://sucroenergetico.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/20-colheita-de-cana-queimada-versus-crua-e-populac/. Acesso em: 16 jan. 2024.

MAROCO, J. **Análise estatística com utilização do SPSS**. 2007.

MARTIN, N. B. *et al.* Sistema integrado de custos agropecuários-CUSTAGRI. **Informações econômicas-governo do estado de São Paulo instituto de economia agrícola**, v. 28, p. 7-28, 1998.

MARTINS, G. A. Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisa no Brasil. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 2, n. 2, p. 9-18, 2008.

MATSUNAGA, M. *et al.* Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.23, n.1, p.123-139, 1976.

Ministério da Agricultura e Pecuária [MAPA]. **Exportações do agronegócio fecham 2022 com US$ 159 bilhões em vendas**. Disponível em: http://www.gov.br Acesso em: 20 jan. 2023. Acesso em: 15 mar. 2023.

MONQUERO, P. A. *et al*. Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 613-619, 2007.

MORAIS, C. **Escalas de medida, estatística descritiva e inferência estatística**. 2005**.**

MOREIRA, M. G.; BOIZIO, R. C. Análise comparativa dos custos de cana-de-açúcar: produção independente x usina de açúcar e álcool. **CEP**, v. 14, p. 230, 2012.

NACHILUK, K. Alta na Produção e Exportações de Açúcar Marcam a Safra 2020/21 de Cana. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 16, n. 6, p. 1-5, 2021. Disponível em: http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-21-2021.pdf. Acesso em: 15 mar. 2023.

NACHILUK, K.; OLIVEIRA, M. D. M. Cana-de-açúcar: custos nos diferentes sistemas de produção nas regiões do estado de São Paulo. **Informações Econômicas, São Paulo**, v. 43, n. 4, p. 45-81, 2013.

NYKO, D., VALENTE, M. S., MILANEZ, A. Y., TANAKA, A. K. R.; RODRIGUES, A. V. P. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? **BNDES Setorial**, n. 37, p. 399-442, 2013. Disponível em: http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1503. Acesso em: 18 abr. 2023.

PARAĐIKOVIĆ, N.; TEKLIĆ, T.; ZELJKOVIĆ, S.; LISJAK, M.; ŠPOLJAREVIĆ, M. Biostimulants *research in some horticultural plant species—A review*. ***Food and Energy Security****,* v. 8, n. 2, p. e00162, 2019.

PEREIRA, C. N.; DE CASTRO, C. N. **Expansão da produção agrícola, novas tecnologias de produção, aumento de produtividade e o desnível tecnológico no meio rural**. Texto para Discussão, 2022.

OLIVEIRA, M. D. M.; NACHILUK, K. Custo de produção de cana-de-açúcar nos diferentes sistemas de produção nas regiões do Estado de São Paulo. **Informações Econômicas, São Paulo**, v. 41, n. 1, p. 5-33, 2011.

Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil [ORPLANA]. 2023. **Relatório Orplana de Custos**. Safra 2023/24.

REIS, Ricardo Pereira. Fundamentos de economia aplicada. **Lavras: UFLA/Faepe**, v. 28, 2002.

ROCHA, José Cláudio. **A reinvenção solidária e participativa da universidade: um estudo sobre rede de extensão universitária no Brasil**. 2006.

RODRIGUES, D. J. **Fisiologia da cana-de-açúcar. Botucatu**: UNESP, 1995.

RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Edufu, 2020.

RODRIGUES, F.E. **Eficácia de Azoxistrobina + Ciproconazol no controle de ferrugem alaranjada em cana-de-açúcar**. 2012. 29f. Trabalho (graduação) Tecnologia em Biocombustíveis, Fatec: Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, Jaboticabal, 2012.

RODRIGUES, S. C. A. (2012). **Modelo de regressão linear e suas aplicações** (Doctoral dissertation, Universidade da Beira Interior (Portugal)).

ROSSETO, R.; SANTIAGO, A. D. Agência **Embrapa de Informação Tecnológica: Plantas daninhas. Ageitec.** Campinas: Ageitec, 2005. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar.html. Acesso em: 21 jun. 2023.

ROSSI, R. M.; FERNANDES, B. F. Análise estratégica da evolução dos custos de produção da cultura da cana-de-açúcar em Goiás. **Custos e @gronegócio on line**, v. 16, n. 3, p. 256-289,2020.

ROSSI, C.V.S. et al. Dinâmica do herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (Saccarum officinarum). **Planta Daninha**, v.31, n.1, p.223-230, 2013.

RUMSEY, D. J. *How to interpret a correlation coefficient r.* **Statistics for dummies**, p. 26, 2016.

SANTOS, C. Estatística descritiva. **Manual de auto-aprendizagem**, v. 2, 2007.

SANTOS, F. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool: tecnologia e perspectivas**. UFV, 2010.

SCHIESARI, L.; CORRÊA, D. T. *Consequences of agroindustrial sugarcane production to freshwater biodiversity.* ***GCB Bioenergy***, v. 8, n. 3, p. 644-657, 2016.

SEGATO, S. V.; PINTO. A. S.; JENDIROBA. E.; NÓBREGA. J. C. M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. **Piracicaba: ND-LIVROCERES**, 2006.

SENTELHAS, P. C. **O desafio da produção agrícola nos climas do cerrado.** III Simpósio Desafios da fertilidade do solo na região do cerrado. Goiânia. 2018.

SERTÃOZINHO. **História do município.** Disponível em: https://www.sertaozinho.sp.gov.br/portal/servicos/1001/historia-do-municipio/. Acesso em 15 nov. 2023.

SIMONI, F. et al. Eficácia de imazapic e sulfentrazone sobre Cyperus rotundus em diferentes condições de chuva e palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 769-778, 2006.

SOUZA, A., LOURENZANI, W. L.; QUEIROZ, T. R. Análise da evolução da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. *In* Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 30, 2010. **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. São Carlos. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Timoteo-Queiroz/publication/272997033_Analise_da_evolucao_da_tecnologia_de_aplicacao_de_produtos_fitossanitarios/links/54f43cdc0cf299c8d9e6633e/Analise-da-evolucao-da-tecnologia-de-aplicacao-de-produtos-fitossanitarios.pdf. Acesso em 15 fev. 2023.

STEFFANELLO, M.; MACEDO, M. A. S.; ALYRIO, R. D. Eficiência produtiva de unidades agropecuárias: uma aplicação do método não-paramétrico análise envoltória de dados (DEA) **Organizações Rurais e Agroindustriais/*Rural and Agro-Industrial Organizations***, v. 11, n. 1511-2016-131343, p. 40-56, 2009.

STOECKEL, D.A. SCHNEIDER, M. Custos de produção do tabaco: estudo de uma propriedade familiar do município de Candelária. **Revista de Contabilidade Faculdade Dom Alberto**, v.10, n.18, p.333 – 361, 2021.

SUGUITANI, C.; MATSUOKA, S. Efeitos do fósforo nas características industriais e na produtividade agrícola em cana-de-açúcar (cana-planta) cultivada em duas regiões do estado de São Paulo. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 28., 2001. Anais...Londrina: SBCS, 2001. p. 119.

SZMRECSÁNYI, Tamás. O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil, 1930-1975. **(No Title)**, 1979.

TOPPA, E. V. B. *et al. Physiology development in the vegetative stage of sugarcane*. ***Applied Research & Agrotechnology***, v. 3, n. 2, p. 169-186, 2010.

União Nacional da Bioenergia [UDOP]. **Cogeração de energia alcança 20,4 GW no Brasil, com crescimento de 4,5 na capacidade instalada de 2022.** 2023. Disponível em: https://www.udop.com.br/noticia/2023/01/18/cogeracao-de-energia-alcanca-20-4-gw-no-brasil-com-crescimento-de-4-5-na-capacidade-instalada-em-2022.html#:~:text=No%20Pa%C3%ADs%2C%20a%20cogera%C3%A7%C3%A3o%20conta,instalados%20(16%2C7%25). Acesso em: 15 nov. 2023.

ÚNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Fotografia do setor sucroenergético no Brasil e os benefícios econômicos, ambientais e sociais gerados**. 2023. Disponível em:

https://unicadata.com.br/arquivos/pdfs/2023/06/349f8a60aa249cb66487ad3b1c997d74.pdf. Acesso em 17 out. 2023.

USDA - United States Department of Agriculture. **Foreign Agriculture Service.** Sugar: World Market and Trade, 2023.

YAKHIN, O. I. *et al. Biostimulants in plant science: a global perspective.* ***Frontiers in plant science***, v. 7, p. 2049, 2017.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Bookman editora, 2001.

YIN, R. K. **Estudo de Caso-: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2005.

ANEXOS

Anexo 1 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2008/09 para a região de Sertãozinho (SP).

Safra	Modalidade colheita	Estágio	Classe	Produto	Dose [L/ha]	Concentração I. A.	Qtdade I. A./ha	Fator ponderação	DOSE AJUSTADA	Qtdade I. A. AJUSTADA
2008/09	Manual (80%)	Plantio	Herbicidas	Combine	1,500	0,500	0,750	1,000	1,500	0,750
2008/09	Manual (80%)	Plantio	Herbicidas	Velpar K	1,500	0,600	0,900	1,000	1,500	0,900
2008/09	Manual (80%)	Plantio	Inseticidas	Regent	0,250	0,800	0,200	1,000	0,250	0,200
2008/09	Manual (80%)	Plantio	Nematicidas	Furadan	6,200	0,350	2,170	1,000	6,200	2,170
2008/09	Manual (80%)	Soqueira	Herbicidas	Plateau	0,200	0,700	0,140	1,000	0,200	0,140
2008/09	Manual (80%)	Soqueira	Herbicidas	Velpar K	1,800	0,600	1,080	1,000	1,800	1,080
2008/09	Manual (80%)	Soqueira	Inseticidas	Regent	0,010	0,800	0,008	1,000	0,010	0,008
Total	Manual (80%)						5,248			5,248

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Anexo 2 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2009/10 para a região de Sertãozinho (SP).

Safra	Modalidade colheita	Estágio	Classe	Produto	Dose [L/ha]	Concentração I. A.	Qtdade I. A./ha	Fator ponderação	DOSE AJUSTADA	Qtdade I. A. AJUSTADA
2009/10	Manual (80%)	Plantio	Herbicidas	Combine	1,500	0,500	0,750	1,000	1,500	0,750
2009/10	Manual (80%)	Plantio	Herbicidas	Velpar K	1,500	0,600	0,900	1,000	1,500	0,900
2009/10	Manual (80%)	Plantio	Inseticidas	Regent	0,250	0,800	0,200	1,000	0,250	0,200
2009/10	Manual (80%)	Plantio	Nematicidas	Furadan	6,000	0,350	2,100	1,000	6,000	2,100
2009/10	Manual (80%)	Soqueira	Herbicidas	DMA	1,500	0,806	1,209	1,000	1,500	1,209
2009/10	Manual (80%)	Soqueira	Herbicidas	Plateau	0,200	0,700	0,140	1,000	0,200	0,140
2009/10	Manual (80%)	Soqueira	Herbicidas	Velpar K	1,800	0,600	1,080	1,000	1,800	1,080
2009/10	Manual (80%)	Soqueira	Inseticidas	Actara	0,800	0,250	0,200	0,200	0,160	0,040
Total	Manual (80%)						6,579			6,419

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Anexo 3 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2010/11 para a região de Sertãozinho (SP).

Safra	Modalidade colheita	Estágio	Classe	Produto	Dose [L/ha]	Concentração I. A.	Qtdade I. A./ha	Fator ponderação	DOSE AJUSTADA	Qtdade I. A. AJUSTADA
2010/11	Mecanizada (60%)	Plantio	Herbicidas	Combine	1,500	0,500	0,750	1,000	1,500	0,750
2010/11	Mecanizada (60%)	Plantio	Herbicidas	Velpar K	1,500	0,600	0,900	1,000	1,500	0,900
2010/11	Mecanizada (60%)	Plantio	Inseticidas	Regent	0,250	0,800	0,200	1,000	0,250	0,200
2010/11	Mecanizada (60%)	Plantio	Nematicidas	Furadan	6,000	0,350	2,100	1,000	6,000	2,100
2010/11	Mecanizada (60%)	Soqueira	Herbicidas	DMA	1,500	0,806	1,209	1,000	1,500	1,209
2010/11	Mecanizada (60%)	Soqueira	Herbicidas	Plateau	0,200	0,700	0,140	1,000	0,200	0,140
2010/11	Mecanizada (60%)	Soqueira	Herbicidas	Velpar K	1,800	0,600	1,080	1,000	1,800	1,080
2010/11	Mecanizada (60%)	Soqueira	Inseticidas	Actara	0,800	0,250	0,200	0,200	0,160	0,040
Total	Mecanizada (60%)						6,579			6,419

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Anexo 4 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2011/12 para a região de Sertãozinho (SP).

Safra	Modalidade colheita	Estágio	Classe	Produto	Dose [L/ha]	Concentração I. A.	Qtdade I. A./ha	Fator ponderação	DOSE AJUSTADA	Qtdade I. A. AJUSTADA
2011/12	Mecanizada (70%)	Plantio	Herbicidas	Combine	1,500	0,500	0,750	1,000	1,500	0,750
2011/12	Mecanizada (70%)	Plantio	Herbicidas	Velpar K	1,500	0,600	0,900	1,000	1,500	0,900
2011/12	Mecanizada (70%)	Plantio	Inseticidas	Regent	0,250	0,800	0,200	1,000	0,250	0,200
2011/12	Mecanizada (70%)	Plantio	Nematicidas	Furadan	6,000	0,350	2,100	1,000	6,000	2,100
2011/12	Mecanizada (70%)	Soqueira	Herbicidas	2,4 D	1,500	0,806	1,209	1,000	1,500	1,209
2011/12	Mecanizada (70%)	Soqueira	Herbicidas	Plateau	0,200	0,700	0,140	1,000	0,200	0,140
2011/12	Mecanizada (70%)	Soqueira	Herbicidas	Velpar K	1,800	0,600	1,080	1,000	1,800	1,080
2011/12	Mecanizada (70%)	Soqueira	Inseticidas	Actara	0,800	0,250	0,200	0,200	0,160	0,040
Total	Mecanizada (70%)						6,579			6,419

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Anexo 5 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2012/13 para a região de Sertãozinho (SP).

Safra	Modalidade colheita	Estágio	Classe	Produto	Dose [L/ha]	Concentração I. A.	Qtdade I. A./ha	Fator ponderação	DOSE AJUSTADA	Qtdade I. A. AJUSTADA
2012/13	Mecanizada (70%)	Plantio	Herbicidas	Combine	1,500	0,500	0,750	2,000	3,000	1,500
2012/13	Mecanizada (70%)	Plantio	Herbicidas	Velpar K	1,500	0,600	0,900	2,000	3,000	1,800
2012/13	Mecanizada (70%)	Plantio	Inseticidas	Regent	0,250	0,800	0,200	1,000	0,250	0,200
2012/13	Mecanizada (70%)	Plantio	Nematicidas	Furadan	6,000	0,350	2,100	1,000	6,000	2,100
2012/13	Mecanizada (70%)	Soqueira	Herbicidas	2,4 D	1,500	0,806	1,209	1,000	1,500	1,209
2012/13	Mecanizada (70%)	Soqueira	Herbicidas	Plateau	0,200	0,700	0,140	1,000	0,200	0,140
2012/13	Mecanizada (70%)	Soqueira	Herbicidas	Velpar K	1,800	0,600	1,080	1,000	1,800	1,080
2012/13	Mecanizada (70%)	Soqueira	Inseticidas	Actara	1,000	0,250	0,250	1,000	1,000	0,250
Total	Mecanizada (70%)						6,629			8,279

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Anexo 6 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2013/14 para a região de Sertãozinho (SP).

Safra	Modalidade colheita	Estágio	Classe	Produto	Dose [L/ha]	Concentração I. A.	Qtdade I. A./ha	Fator ponderação	DOSE AJUSTADA	Qtdade I. A. AJUSTADA
2013/14	Mecanizada (70%)	Plantio	Herbicidas	Combine	1,500	0,500	0,750	2,000	3,000	1,500
2013/14	Mecanizada (70%)	Plantio	Herbicidas	Velpar K	1,500	0,600	0,900	2,000	3,000	1,800
2013/14	Mecanizada (70%)	Plantio	Inseticidas	Regent	0,250	0,800	0,200	1,000	0,250	0,200
2013/14	Mecanizada (70%)	Plantio	Nematicidas	Furadan	6,000	0,350	2,100	1,000	6,000	2,100
2013/14	Mecanizada (70%)	Soqueira	Herbicidas	2,4 D	1,500	0,806	1,209	1,000	1,500	1,209
2013/14	Mecanizada (70%)	Soqueira	Herbicidas	Plateau	0,200	0,700	0,140	1,000	0,200	0,140
2013/14	Mecanizada (70%)	Soqueira	Herbicidas	Velpar K	1,800	0,600	1,080	1,000	1,800	1,080
2013/14	Mecanizada (70%)	Soqueira	Inseticidas	Actara	1,000	0,250	0,250	1,000	1,000	0,250
Total	Mecanizada (70%)						6,629			8,279

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Anexo 7 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2014/15 para a região de Sertãozinho (SP).

Safra	Modalidade colheita	Estágio	Classe	Produto	Dose [L/ha]	Concentração I. A.	Qtdade I. A./ha	Fator ponderação	DOSE AJUSTADA	Qtdade I. A. AJUSTADA
2014/15	Mecanizada (90%)	Plantio	Fungicidas	Comet	0,500	0,250	0,125	1,000	0,500	0,125
2014/15	Mecanizada (90%)	Plantio	Herbicidas	2,4 D	1,000	0,806	0,806	2,000	2,000	1,612
2014/15	Mecanizada (90%)	Plantio	Herbicidas	Combine	1,500	0,500	0,750	2,000	3,000	1,500
2014/15	Mecanizada (90%)	Plantio	Herbicidas	Velpar K	1,500	0,600	0,900	2,000	3,000	1,800
2014/15	Mecanizada (90%)	Plantio	Inseticidas	Regent	0,250	0,800	0,200	1,000	0,250	0,200
2014/15	Mecanizada (90%)	Plantio	Nematicidas	Furadan	6,000	0,350	2,100	1,000	6,000	2,100
2014/15	Mecanizada (90%)	Soqueira	Fungicidas	Priori Xtra	0,500	0,280	0,140	1,000	0,500	0,140
2014/15	Mecanizada (90%)	Soqueira	Herbicidas	2,4 D	1,500	0,806	1,209	1,000	1,500	1,209
2014/15	Mecanizada (90%)	Soqueira	Herbicidas	Velpar K	2,500	0,600	1,500	1,000	2,500	1,500
2014/15	Mecanizada (90%)	Soqueira	Inseticidas	Actara	1,000	0,250	0,250	1,000	1,000	0,250
2014/15	Mecanizada (90%)	Soqueira	Inseticidas	Regent Duo	1,200	0,300	0,360	1,000	1,200	0,360
Total	Mecanizada (90%)						8,340			10,796

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Anexo 8 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2009/10 para a região de Sertãozinho (SP).

Safra	Modalidade colheita	Estágio	Classe	Produto	Dose [L/ha]	Concentração I. A.	Qtdade I. A./ha	Fator ponderação	DOSE AJUSTADA	Qtdade I. A. AJUSTADA
2015/16	Mecanizada (90%)	Plantio	Fungicidas	Comet	0,500	0,250	0,125	1,000	0,500	0,125
2015/16	Mecanizada (90%)	Plantio	Herbicidas	2,4 D	1,000	0,806	0,806	2,000	2,000	1,612
2015/16	Mecanizada (90%)	Plantio	Herbicidas	Combine	1,500	0,500	0,750	2,000	3,000	1,500
2015/16	Mecanizada (90%)	Plantio	Herbicidas	Velpar K	1,500	0,600	0,900	2,000	3,000	1,800
2015/16	Mecanizada (90%)	Plantio	Inseticidas	Regent	0,250	0,800	0,200	1,000	0,250	0,200
2015/16	Mecanizada (90%)	Plantio	Nematicidas	Furadan	6,000	0,350	2,100	1,000	6,000	2,100
2015/16	Mecanizada (90%)	Soqueira	Fungicidas	Priori Xtra	0,500	0,280	0,140	1,000	0,500	0,140
2015/16	Mecanizada (90%)	Soqueira	Herbicidas	2,4 D	1,500	0,806	1,209	1,000	1,500	1,209
2015/16	Mecanizada (90%)	Soqueira	Herbicidas	Velpar K	2,500	0,600	1,500	1,000	2,500	1,500
2015/16	Mecanizada (90%)	Soqueira	Inseticidas	Actara	1,000	0,250	0,250	1,000	1,000	0,250
2015/16	Mecanizada (90%)	Soqueira	Inseticidas	Regent Duo	1,200	0,300	0,360	1,000	1,200	0,360
Total	Mecanizada (90%)						8,340			10,796

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Anexo 9 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2017/18 para a região de Sertãozinho (SP).

Safra	Modalidade colheita	Estágio	Classe	Produto	Dose [L/ha]	Concentração I. A.	Qtdade I. A./ha	Fator ponderação	DOSE AJUSTADA	Qtdade I. A. AJUSTADA
2016/17	Mecanizada (90%)	Plantio	Adjuvante	Agral	0,250	0,000	0,000	1,500	0,375	0,000
2016/17	Mecanizada (90%)	Plantio	Fungicidas	Comet	0,500	0,250	0,125	1,000	0,500	0,125
2016/17	Mecanizada (90%)	Plantio	Herbicidas	Aminol	1,000	0,806	0,806	1,500	1,500	1,209
2016/17	Mecanizada (90%)	Plantio	Herbicidas	Combine	2,000	0,500	1,000	1,500	3,000	1,500
2016/17	Mecanizada (90%)	Plantio	Herbicidas	Velpar K	2,000	0,600	1,200	1,500	3,000	1,800
2016/17	Mecanizada (90%)	Plantio	Inseticidas	Regent	0,250	0,800	0,200	1,000	0,250	0,200
2016/17	Mecanizada (90%)	Plantio	Nematicidas	Furadan	6,000	0,350	2,100	1,000	6,000	2,100
2016/17	Mecanizada (90%)	Soqueira	Herbicidas	Dinamic	1,200	0,700	0,840	1,600	1,920	1,344
2016/17	Mecanizada (90%)	Soqueira	Herbicidas	Gamit 360	2,000	0,360	0,720	1,600	3,200	1,152
2016/17	Mecanizada (90%)	Soqueira	Inseticidas	Actara	0,330	0,750	0,248	0,900	0,297	0,223
2016/17	Mecanizada (90%)	Soqueira	Inseticidas	Regent Duo	1,100	0,300	0,330	0,100	0,110	0,033
Total	Mecanizada (90%)						7,569			9,686

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Anexo 10 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2017/18 para a região de Sertãozinho (SP).

Safra	Modalidade colheita	Estágio	Classe	Produto	Dose [L/ha]	Concentração I. A.	Qtdade I. A./ha	Fator ponderação	DOSE AJUSTADA	Qtdade I. A. AJUSTADA
2017/18	Mecanizada (100%)	Plantio	Adjuvante	Agral	0,090	0,000	0,000	1,500	0,135	0,000
2017/18	Mecanizada (100%)	Plantio	Fungicidas	Comet	0,500	0,250	0,125	1,000	0,500	0,125
2017/18	Mecanizada (100%)	Plantio	Herbicidas	Aminol	1,500	0,806	1,209	1,500	2,250	1,814
2017/18	Mecanizada (100%)	Plantio	Herbicidas	Combine	2,000	0,500	1,000	1,500	3,000	1,500
2017/18	Mecanizada (100%)	Plantio	Herbicidas	Hexazinona D	1,800	0,600	1,080	1,500	2,700	1,620
2017/18	Mecanizada (100%)	Plantio	Inseticidas	Fipronil	0,250	0,800	0,200	1,000	0,250	0,200
2017/18	Mecanizada (100%)	Plantio	Nematicidas	Marshal Star	4,000	0,700	2,800	1,000	4,000	2,800
2017/18	Mecanizada (100%)	Plantio	Complementares	Micronutrientes	1,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000
2017/18	Mecanizada (100%)	Soqueira	Adjuvante	Kill	0,090	0,000	0,000	2,000	0,180	0,000
2017/18	Mecanizada (100%)	Soqueira	Herbicidas	Aminol	1,500	0,806	1,209	2,000	3,000	2,418
2017/18	Mecanizada (100%)	Soqueira	Herbicidas	Dinamic	1,200	0,700	0,840	2,000	2,400	1,680
2017/18	Mecanizada (100%)	Soqueira	Herbicidas	Gamit 360	2,500	0,360	0,900	2,000	5,000	1,800
2017/18	Mecanizada (100%)	Soqueira	Inseticidas	Actara	0,330	0,750	0,248	1,000	0,330	0,248
2017/18	Mecanizada (100%)	Soqueira	Inseticidas	Regent Duo	1,100	0,300	0,330	0,300	0,330	0,099
Total	Mecanizada (100%)						9,941			14,303

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Anexo 11 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2009/10 para a região de Sertãozinho (SP).

Safra	Modalidade colheita	Estágio	Classe	Produto	Dose [L/há]	Concentração I. A.	Qtdade I. A./ha	Fator ponderação	DOSE AJUSTADA	Qtdade I. A. AJUSTADA
2018/19	Mecanizada (100%)	Plantio	Adjuvante	Startec	0,060	(vazio)	0,000	1,000	0,060	0,000
2018/19	Mecanizada (100%)	Plantio	Fungicidas	Comet	0,500	0,250	0,125	1,000	0,500	0,125
2018/19	Mecanizada (100%)	Plantio	Herbicidas	2,4 D	1,500	0,806	1,209	1,000	1,500	1,209
2018/19	Mecanizada (100%)	Plantio	Herbicidas	Boral	1,400	0,500	0,700	1,000	1,400	0,700
2018/19	Mecanizada (100%)	Plantio	Herbicidas	Combine	2,000	0,500	1,000	1,000	2,000	1,000
2018/19	Mecanizada (100%)	Plantio	Herbicidas	Velpar K	2,000	0,600	1,200	1,000	2,000	1,200
2018/19	Mecanizada (100%)	Plantio	Inseticidas	Altacor	0,060	0,350	0,021	0,500	0,030	0,011
2018/19	Mecanizada (100%)	Plantio	Inseticidas	Fipronil	0,250	0,800	0,200	1,000	0,250	0,200
2018/19	Mecanizada (100%)	Plantio	Nematicidas	Marshal Star	4,000	0,700	2,800	1,000	4,000	2,800
2018/19	Mecanizada (100%)	Plantio	Complementares	Micro + Biozyme	1,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000
2018/19	Mecanizada (100%)	Soqueira	Adjuvante	Kill	0,060	0,000	0,000	1,000	0,060	0,000
2018/19	Mecanizada (100%)	Soqueira	Herbicidas	Aminol	1,500	0,806	1,209	1,000	1,500	1,209
2018/19	Mecanizada (100%)	Soqueira	Herbicidas	Boral	1,400	0,500	0,700	1,000	1,400	0,700
2018/19	Mecanizada (100%)	Soqueira	Herbicidas	Reator 360	3,000	0,360	1,080	1,000	3,000	1,080
2018/19	Mecanizada (100%)	Soqueira	Inseticidas	Actara	0,330	0,750	0,248	1,000	0,330	0,248
2018/19	Mecanizada (100%)	Soqueira	Inseticidas	Altacor	0,060	0,350	0,021	1,000	0,060	0,021
2018/19	Mecanizada (100%)	Soqueira	Inseticidas	Curbix	2,000	0,200	0,400	1,000	2,000	0,400
2018/19	Mecanizada (100%)	Soqueira	Inseticidas	Regent Duo	1,500	0,300	0,450	1,000	1,500	0,450
Total	Mecanizada (100%)						11,363			11,352

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Anexo 12 - Base de dados para os procedimentos de defesa sanitária vegetal para cana-de-açúcar, referente à safra 2019/20 para a região de Sertãozinho (SP).

Safra	Modalidade colheita	Estágio	Classe	Produto	Dose [L/há]	Concentração I. A.	Qtdade I. A./ha	Fator ponderação	DOSE AJUSTADA	Qtdade I. A. AJUSTADA
2019/20	Mecanizada (100%)	Plantio	Adjuvante	Kill	0,060	(vazio)	0,000	1,000	0,060	0,000
2019/20	Mecanizada (100%)	Plantio	Fungicidas	Comet	0,500	0,250	0,125	1,000	0,500	0,125
2019/20	Mecanizada (100%)	Plantio	Herbicidas	2,4 D	1,500	0,806	1,209	1,000	1,500	1,209
2019/20	Mecanizada (100%)	Plantio	Herbicidas	Boral	1,400	0,500	0,700	1,000	1,400	0,700
2019/20	Mecanizada (100%)	Plantio	Herbicidas	Reator 360	3,000	0,360	1,080	1,000	3,000	1,080
2019/20	Mecanizada (100%)	Plantio	Herbicidas	Velpar K	2,000	0,600	1,200	1,000	2,000	1,200
2019/20	Mecanizada (100%)	Plantio	Inseticidas	Altacor	0,060	0,350	0,021	0,300	0,018	0,006
2019/20	Mecanizada (100%)	Plantio	Inseticidas	Fipronil	0,250	0,800	0,200	1,000	0,250	0,200
2019/20	Mecanizada (100%)	Plantio	Nematicidas	Marshal Star	4,500	0,700	3,150	1,000	4,500	3,150
2019/20	Mecanizada (100%)	Plantio	Complementares	Biozyme	0,500	0,000	0,000	1,000	0,500	0,000
2019/20	Mecanizada (100%)	Plantio	Complementares	Micronutrientes	1,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000
2019/20	Mecanizada (100%)	Soqueira	Adjuvante	Kill	0,060	0,000	0,000	1,000	0,060	0,000
2019/20	Mecanizada (100%)	Soqueira	Herbicidas	Aminol	1,500	0,806	1,209	1,000	1,500	1,209
2019/20	Mecanizada (100%)	Soqueira	Herbicidas	Boral	1,400	0,500	0,700	1,000	1,400	0,700
2019/20	Mecanizada (100%)	Soqueira	Herbicidas	Velpar K	1,200	0,600	0,720	0,300	0,360	0,216
2019/20	Mecanizada (100%)	Soqueira	Herbicidas	Velpar K	2,000	0,600	1,200	1,000	2,000	1,200
2019/20	Mecanizada (100%)	Soqueira	Inseticidas	Actara	0,330	0,750	0,248	1,000	0,330	0,248
2019/20	Mecanizada (100%)	Soqueira	Inseticidas	Altacor	0,060	0,350	0,021	1,000	0,060	0,021
2019/20	Mecanizada (100%)	Soqueira	Inseticidas	Curbix	2,000	0,200	0,400	1,000	2,000	0,400
2019/20	Mecanizada (100%)	Soqueira	Inseticidas	Regent Duo	1,300	0,300	0,390	1,000	1,300	0,390
Total	Mecanizada (100%)						12,573			12,054

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).

Anexo 13 - Resultados econômicos e financeiros referentes ao cultivo da cana-de-açúcar nas safras de 2008/09 a 2019/20 na cidade de Sertãozinho, Estado de São Paulo. Produtividade (P, tonelada de açúcar hectare-1), Receita Bruta (RB, R$ ha-1), Despesa com Defensivos Agrícolas (DDA, R$ ha-1), Custo operacional efetivo (COE, R$ ha-1), Custo operacional total (COR, R$ ha-1), Custo total (CT, R$ ha-1), Margem bruta (MB, R$ ha-1), Margem líquida (ML, R$ ha-1) e Lucro (L, R$ ha-1).

SAFRA	P	RB	DDA	COE	COT	CT	MB	ML	L
2008/09	13,22	R$ 148.059,77	R$ 969,37	R$ 4.732,26	R$ 5.668,90	R$ 7.688,66	R$ 1.190,13	R$ 253,49	(R$ 1.766,27)
2009/10	12,58	R$ 183.283,46	R$ 1.080,10	R$ 5.004,62	R$ 7.726,22	R$ 10.491,29	R$ 2.964,23	R$ 242,63	(R$ 2.522,44)
2010/11	12,04	R$ 167.733,09	R$ 855,57	R$ 4.755,68	R$ 7.109,94	R$ 9.697,65	R$ 2.537,06	R$ 182,81	(R$ 2.404,90)
2011/12	10,36	R$ 185.529,60	R$ 751,90	R$ 4.624,43	R$ 6.712,94	R$ 9.988,83	R$ 3.808,73	R$ 1.720,22	(R$ 1.555,67)
2012/13	10,80	R$ 168.879,49	R$ 1.204,31	R$ 4.767,27	R$ 6.908,56	R$ 10.061,54	R$ 2.909,07	R$ 767,78	(R$ 2.385,20)
2013/14	11,09	R$ 158.509,31	R$ 1.177,54	R$ 4.639,04	R$ 6.706,55	R$ 9.470,15	R$ 2.565,93	R$ 498,42	(R$ 2.265,18)
2014/15	9,11	R$ 130.619,99	R$ 1.627,46	R$ 4.724,03	R$ 7.370,32	R$ 9.687,32	R$ 1.213,24	(R$ 1.433,04)	(R$ 3.750,05)
2015/16	11,22	R$ 167.353,62	R$ 1.452,10	R$ 5.096,27	R$ 7.451,62	R$ 9.449,91	R$ 2.510,71	R$ 155,36	(R$ 1.842,92)
2016/17	11,48	R$ 190.981,53	R$ 1.287,41	R$ 4.610,59	R$ 6.765,64	R$ 9.702,61	R$ 4.483,77	R$ 2.328,72	(R$ 608,25)
2017/18	10,64	R$ 153.438,69	R$ 1.808,83	R$ 3.983,80	R$ 6.364,67	R$ 9.017,96	R$ 3.322,81	R$ 941,94	(R$ 1.711,35)
2018/19	10,64	R$ 167.544,62	R$ 2.228,40	R$ 5.218,41	R$ 7.215,06	R$ 9.946,52	R$ 1.483,38	(R$ 513,28)	(R$ 3.244,73)
2019/20	10,69	R$ 182.788,30	R$ 2.149,86	R$ 4.716,18	R$ 6.908,44	R$ 9.672,49	R$ 2.314,14	R$ 121,88	(R$ 2.642,17)
Total Geral	11,17	R$ 167.060,12	R$ 1.382,74	R$ 4.748,47	R$ 6.905,06	R$ 9.563,18	R$ 2.568,04	R$ 411,44	(R$ 2.246,68)

Fonte: Adaptado de Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022).