

BIOECONOMIA, BIOENERGIA E BIOINSUMOS: UM ESTUDO A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR E DO CONTROLE BIOLÓGICO DO BICUDO

BIOECONOMY, BIOENERGY AND BIO INPUTS: A STUDY BASED ON SUGAR CANE AND BICUDO BIOLOGICAL CONTROL

Gillyene Bortoloti; Renata Martins Sampaio
Pós-graduação do Instituto Biológico (IB), Instituto de Economia Agrícola (IEA)
gillyenebiologa@gmail.com.br

Grupo de Trabalho (GT): GT8. Pesquisa, inovação e extensão rural

Resumo
O artigo caracteriza a participação dos bioinsumos para controle biológico do bicudo da cana-de-açúcar, uma importante praga nas lavouras da cultura. Tal esforço toma como motivação as discussões relacionadas à bioeconomia e a inserção da cana-de-açúcar no debate sobre potencial dessa cultura na transição produtiva em busca da expansão dos processos industriais a partir de materiais-primas renováveis, a biomassa. Nesse cenário, a preocupação com os processos de produção da biomassa são destacados e colocam em evidência, os bioinsumos para controle biológico. Dessa forma, foram trabalhadas informações sobre o registro de produtos fitossanitários, disponibilizadas pelas plataformas AGROFIT no cenário nacional, e GEDAVE, no estado de São Paulo. Os resultados, compartilhados tanto no Brasil quando em território paulista, posicionam os bioinsumos para controle biológico com 14% do total de produtos formulados disponíveis e a cultura da cana-de-açúcar como participação superior a 20% dos produtos com predomínio dos agrotóxicos químicos. Para o bicudo da cana-de-açúcar os bioinsumos prevalecem no total de registros, porém elaborados a partir de um número restrito de ingredientes ativos, assim como, a concentração dos registros em nome de algumas empresas.

Palavras-chave: Trajetórias Tecnológicas; Agrotóxico; Controle Biológico; Sucroalcooleira; Sustentabilidade.

Abstract:
The article characterized the participation of bio-inputs for the biological control of the sugarcane boll weevil, an important pest in crops. This effort is motivated by discussions related to the bioeconomy and the inclusion of sugarcane in the debate on the potential of this culture in the productive transition in search of the expansion of industrial processes from renewable raw materials, biomass. In this scenario, the concern with the processes of biomass production are highlighted and put in evidence, the bioinputs for biological control. In this way, information on the registration of phytosanitary products, made available by the platforms AGROFIT on the national scene, and GEDAVE, in the state of São Paulo, was worked on. The results, shared both nationally and in São Paulo, place bioinputs for biological control with 14% of the total available formulated products and the sugarcane crop as a share of more than 20% of products with a predominance of chemical pesticides. For the sugarcane boll weevil, bioinputs prevail in the total number of records, but they are made from a restricted number of active ingredients, as well as the concentration of records in the name of some companies.

***Key words**: Technological Trajectories; pesticide; Biological control; Sugarcane; Sustainability.*

1. Introdução

A agropecuária brasileira ocupa espaço de destaque no cenário mundial e também no contexto nacional, posicionando-se não só como uma atividade fornecedora de alimentos, fibras e energia, mas também como portadora de novas possibilidades pautadas na aproximação a processos industriais. Nessa abordagem as perspectivas do desenvolvimento sustentável tomam frente em desafios colocados à agricultura de baixo carbono centrando as discussões na relação entre atividades agropecuária, meio ambiente e suas interações socioeconômicas.

Telles et al. (2021) colocam a preocupação com o uso excessivo dos recursos naturais sem uma preocupação de longo prazo; portanto, o distanciamento do desenvolvimento sustentável. Ao mesmo tempo, relatam a existência de registros dos efeitos desse esgotamento e a necessidade de análises para avaliar o crescimento da produção agropecuária de forma sustentável.

A mesma preocupação é percebida quando mobilizados os argumentos da bioeconomia e seus desdobramentos. Silva et al. (2018) destacam a produção e processamento de matérias-primas de origem biológica como estratégias fundamentais para a redução do uso de combustíveis fósseis e de produtos atrelados aos processamentos químicos. Nesse cenário a cana-de-açúcar é fomentada como uma das principais biomassas portadoras de características favoráveis à transição produtiva. Por outro lado, a discussão sobre as tecnologias e formas de produção dessa biomassa e, sua expansão, para atender às novas demandas, precisam necessariamente acompanhar os mesmos propósitos.

Nesse sentido, ficam em evidência os processos e as tecnologias associadas ao controle fitossanitário de pragas e doenças na agricultura. Os bioinsumos para controle biológico vêm ocupando espaço como tecnologias alternativas e complementares aos agrotóxicos. Conforme Bettiol e Morandi (2009) e Souza e Marucci (2021), o controle biológico está presente nas discussões sobre os impactos do intenso uso de agrotóxicos e suas implicações com a contaminação do solo, água, ar e a perda da biodiversidade, assim como a intoxicação dos produtores, a detecção de resíduos nos alimentos e aos altos custos de produção.

A inter-relação entre as promissoras possibilidades atribuídas à cana-de-açúcar para a redução do uso de matérias-primas fósseis e a sustentabilidade dos processos de produção dessa biomassa, posiciona a questão condutora deste estudo: qual a participação do controle biológico no cenário fitossanitário da cana-de-açúcar? Para trabalhar o questionamento colocado, esta pesquisa toma como objeto de estudo a praga *Sphenophorus levis*, o bicudo da cana-de-açúcar, um dos principais desafios no manejo fitossanitário das lavouras de cana-de-açúcar e tem como objetivo, caracterizar a participação dos bioinsumos para controle biológico do bicudo da cana-de-açúcar. Para tanto, busca apoio nos argumentos da bioeconomia para explorar a construção das estruturas de produção e processamento da cana-de-açúcar e o desenvolvimento das tecnologias em controle biológico no Brasil, assim como analisar os registros de produtos formulados no recorte nacional e paulista para o controle biológico do bicudo da cana-de-açúcar.

O artigo está organizado em cinco seções somando essa introdutória seguida da argumentação da bioeconomia e da metodologia de pesquisa. Na quarta seção são discutidos os resultados alcançados e na sequência as conclusões e considerações finais.

2. Bioeconomia, energia renovável e insumos biológicos

A transformação do modelo atual de desenvolvimento econômico tem se colocado como um dos principais desafios da sociedade. A redução tanto do uso de combustíveis fósseis, em especial, petróleo e carvão, quanto da degradação ambiental tem relação direta com a utilização sustentável dos recursos naturais, da produção de fontes de energia renovável, redução das emissões de gases do efeito estufa e da poluição, assim como a conservação da água e da biodiversidade. Tais condições, também, deixam em evidência, a redução do consumo, a reutilização e a reciclagem dos recursos econômicos (SILVA, et al. 2018).

A busca pela construção desse novo modelo de desenvolvimento posicionou o interesse dos países pela bioeconomia. Em 2012 a Comissão Europeia definiu a bioeconomia como a economia que utiliza recursos biológicos da terra, água e mar, assim como resíduos de alimentos, como insumo para a produção industrial e de energia, incluindo também o uso de processos baseados em matérias-primas biológicas. Esse conceito em evolução e com elementos de consenso entre os países, atualmente, pode posicionar a bioeconomia como uma economia em que os pilares básicos da produção, como materiais, químicos e energia são derivados de recursos biológicos renováveis, intensamente pautados em novos conhecimentos científicos e tecnológicos. Há, portanto, um fortalecimento do valor da agricultura e do seu potencial para aprimorar a multifuncionalidade na produção de alimentos, fibras, energia, serviços ambientais, química verde e novos insumos (IPEA, 2017).

A resposta das atividades de pesquisa é percebida pelo avanço do número de publicações científicas em bioeconomia no Brasil. Em estudo realizado pelo Observatório de Bioeconomia (OBio) do Centro de Gestão de Estudo Estratégicos (CGEE), que considerou quase nove mil publicações brasileiras sobre o tema, foi possível notar o avanço das publicações, especialmente, a partir de 2013, com pouco mais de 400 publicações, avançando para o ano de 2021 com quase 1.200 publicações (OBIO, 2022).

Nesse mesmo estudo quando observada a nuvem de palavras-chave da rede de pesquisa em bioeconomia, duas palavras têm destaque: biomassa e sustentabilidade, traduzindo o conceito de bioeconomia que enfatiza o uso de recursos biológicos renováveis em prol de uma economia mais limpa. Quando da caracterização dos principais eixos temáticos, foram indicados quinze temas, sendo, que os sistemas de produção agrícola ocupam o primeiro lugar. Os artigos tratam o tema de forma a identificar e discutir a sustentabilidade nas práticas de produção agrícola, observando a preocupação com a expansão das produções, assim, como as tecnologias e técnicas de manejo empregadas e seus desdobramentos para a biodiversidade e para as variáveis socioeconômicas e socioambientais (OBIO, 2022).

Nesse cenário bastante promissor para o Brasil, tomam contornos a produção de cana-de-açúcar, importante atividade da agricultura paulista e brasileira, e sua inserção na indústria alimentícia, a partir do açúcar e de bioenergia associada ao etanol e à bioeletricidade. Da mesma forma, os bioinsumos, ocupam espaço promissor na construção de novos insumos vinculados às tecnologias biológicas e seus aportes para a fitossanidade, no papel do controle biológico e dos biofertilizantes.

Para a cana-de-açúcar está reservado o protagonismo na história econômica do Brasil e os desafios da produção sustentável e em seus diferentes programas e ações públicas e privadas que fomentam as transformações tecnológicas desde a produção agrícola até os processos industriais e os recortes de produção e consumo. Já para os bioinsumos, a fitossanidade apoiada em tecnologias para controle biológico vem ganhando espaço e instrumentos de incentivo a exemplo do Programa Nacional de Bioinsumos (PNB).

3. Metodologia

Para tratar do objetivo aqui proposto que envolve a caracterização da disponibilidade de bioinsumos para controle biológico na cultura da cana-de-açúcar tomando como objeto de estudo uma das suas principais pragas, o bicudo, esse estudo encontra apoio em pesquisa exploratória e descritiva, trabalhada em quatro etapas.

A primeira explora a trajetória de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar no Brasil, identificando elementos tecnológicos e institucionais presentes na atividade sucroenergética. A segunda etapa volta-se para as construções presentes na evolução das tecnologias em bioinsumos para controle biológico no Brasil, discutindo os diferentes eventos que marcam a construção dessas tecnologias e a atual realidade de inserção no ambiente fitossanitário brasileiro. A terceira seção aborda as características e principais impactos da presença do bicudo da cana-de-açúcar nas lavouras. Essas três primeiras etapas foram conduzidas a partir da coleta e análise dos resultados de diferentes estudos disponibilizados em periódicos e alinhados ao caminho aqui colocado.

A quarta etapa de pesquisa identificou o cenário fitossanitário brasileiro para a cultura da cana-de-açúcar, explorando a disponibilidade de produtos formulados, em duas frentes: os agrotóxicos e os bioinsumos, para, posteriormente, explorar as possibilidades para o controle fitossanitário do bicudo da cana-de-açúcar. Nessa etapa foram contemplados dois recortes territoriais: o nacional e o paulista. Enfatizando que produtos formulados são agrotóxicos originados de produto técnico ou de pré-mistura, químicos ou biológicos e; portanto; diferenciados entre os produtos técnicos, originados de matérias-primas por processo químico, físico ou biológico e destinados à formulação ou pré-misturas cuja composição contenha o ingrediente ativo e as impurezas definidos, podendo conter outros produtos como estabilizantes e isômeros.

A base de informações no recorte nacional foi o Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT), disponibilizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). O AGROFIT é uma ferramenta de consulta ao público, composta por um banco de dados de todos os produtos agrotóxicos e afins registrados no MAPA, com informações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

A coleta de dados, realizada a partir da base de informações dos produtos formulados, foi organizada por classes de produtos e em dois conjuntos: agrotóxicos e bioinsumos. Posteriormente, contabilizados os totais e identificados os produtos destinados ao controle fitossanitário do *Sphenophorus Levis*. Em seguida, foram identificados os ingredientes ativos, as principais empresas em registros e a classificação ambiental e toxicológica.

Ainda nessa etapa de pesquisa e avançando para o recorte em unidades da federação, o estado de São Paulo que representa 60% da produção nacional de cana-de-açúcar, os mesmos procedimentos foram adotados. Essa parte da investigação tomou como fonte de informações o Sistema de Gestão de Defesa Animal e Vegetal (GEDAVE), da Coordenadoria de Defesa Agropecuária (CDA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA).

O GEDAVE organiza dados sobre o uso de produtos fitossanitários e a evolução das ações de fiscalização e de ações em defesa agropecuária conforme as regras e técnicas estabelecidas na legislação vigente, tratando assim, desses aspectos relacionados à cultura da cana-de-açúcar.

Cabe ressaltar que dada à característica de expansão a partir da agregação contínua de novos dados, as informações das duas bases mencionadas foram trabalhadas no limite do mês de fevereiro de 2022.

4. Discussão dos resultados

Essa seção apresenta e discute os resultados alcançados, organizados em quatro subseções. A primeira subseção posiciona a construção da agroindústria sucroenergética no Brasil e o cenário atual da atividade. Na sequência são discutidas características do desenvolvimento tecnológico dos bioinsumos no Brasil e seus desafios frente ao padrão tecnológico dos agrotóxicos de origem química. A terceira subseção explora as condições e consequências da presença de pragas em lavouras cana-de-açúcar tomando como objeto de estudo o bicudo da cana-de-açúcar. A quarta subseção avança na identificação das tecnologias biológicas tanto no recorte nacional quanto do território paulista com ênfase no bicudo da cana-de-açúcar.

4.1. A agroindústria sucroalcooleira e sucroenergética

A cana-de-açúcar originalmente veio da Nova Guiné se espalhando pela Ásia através dos séculos, chegando à Índia a cerca de dois mil anos antes de Cristo e levada para a Europa pelos gregos. Inicialmente a *Saccharum officinarum* (YOGITHA et al.; 2020), planta do gênero *Saccharume* da família *Graminae* (SILVA et al., 2021), desembarcara no Brasil em 1.523 (UNICA, 2022) e desde o século XVI é uma importante cultura para economia brasileira. Trazida pelos portugueses do sudoeste asiático através de Martin Afonso de Souza e plantada pela primeira vez em São Vicente. A partir de então, o desenvolvimento dessa atividade importante no Brasil teve entre diferentes iniciativas, impactos relevantes nos processos agroindustriais e alimentares no mundo todo.

Dentre iniciativas de inovação e os diferentes momentos importantes para o segmento sucroalcooleiro tem destaque a criação do Instituto de Açúcar e Álcool (IAA) na década de 1930, que tinha como atribuição o controle do mercado de açúcar e de etanol. Em 1971 é iniciada a condução do Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar (Planalsucar) e em 1975 a criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) que apoiados por políticas públicas de incentivo à produção, intensificam a oferta de etanol como combustível. Silva (2013) destaca o contexto dos anos 1990, quando da extinção do IAA, a retração da produção de etanol e maior atenção ao mercado de açúcar em expansão. Os anos 2000 são marcados pela retomada da expansão da produção de etanol impulsionada pelos veículos flex.

Mais recentemente a geração de energia elétrica no Brasil, pautada, na fonte hidráulica, passa a ter participação efetiva da bioeletricidade gerada a partir da biomassa da cana-de-açúcar, em especial, o bagaço, consolidando assim, o segmento sucroenergético, em ações apoiadas em políticas de incentivo como os leilões de energia nova. Esse novo mercado também fomenta a utilização de resíduos como a vinhaça e ao mesmo tempo posiciona a cana-de-açúcar como matéria-prima para a indústria química em seus derivados pautados no segmento petroquímico, o bioplástico (SAMPAIO, et al., 2013).

O caminho percorrido pela agroindústria sucroenergética tem como característica a concentração dos atores que compõem o sistema de inovação no Estado de São Paulo. Furtado et al. (2011) chama atenção para a participação de instituições públicas e privadas de pesquisa, empresas e organizações representativas que conseguiram construir um ambiente de inovação forte e bem estruturado no enfrentamento dos diferentes desafios, compondo, assim, uma trajetória virtuosa de desenvolvimento tecnológico e inovação.

As estruturas de inovação e suas interações com a produção estão também inseridas e demandadas no atendimento aos desafios da busca pela sustentabilidade. Nesse universo podem ser destacadas ações recentes a exemplo, Compromisso Nacional para Aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Cana-de-açúcar, datado de 2009. Em 2017 é assinado o Protocolo

Agroambiental de boas práticas[1], trabalhado por ações entre as Secretarias de Agricultura e Abastecimento e de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, a CETESB e o setor produtivo, por meio da Organização de Associações de Produtores de Cana do Brasil (Orplana) e da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA). Cabe ainda destacar o RenovaBio, criado em 2017, que corresponde à Política Nacional de Biocombustíveis e tem por objetivo, contribuir para o cumprimento de acordos internacionais relacionados ao clima, promover a adequada expansão dos biocombustíveis na matriz energética e assegurar previsibilidade para o mercado de combustíveis, induzindo ganhos de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, comercialização e uso de biocombustíveis. Para tanto, a política estabelece mecanismo de compra e venda de Créditos de Descarbonização (CBios) para o apoio financeiro à produção sustentável e o cumprimento das metas de estabelecidas (DE SOUZA et al.; 2022).

As iniciativas aqui colocadas representam parte de eventos e adaptações historicamente construídos em respostas aos novos contornos socioeconômicos e socioambientais. Essa trajetória posiciona a agroindústria sucroenergética como uma das principais atividades do agronegócio brasileiro e mundial, sendo a cana-de-açúcar matéria-prima para diferentes aplicações de seus principais produtos, dentre eles, a produção do açúcar e o álcool etílico (etanol e de etanol de segunda geração - 2G); assim como de subprodutos e resíduos: a **vinhaça**, utilizada na alimentação de animais, produção de proteínas (biomassa), produção de metano e fertilização de solos; **torta de filtro**, como adubo em canaviais; **bagaço**, como combustível para caldeira, produção de celulose e alimentação de gado confinado; **melaço**, na produção de proteína, rações, levedura prensada para panificação e antibióticos; **óleo fúsel**, no processamento de refinação em solventes; **álcool bruto**, na produção de álcoois extrafino e neutro, a **cinza do bagaço da cana (CBC)** para a construção civil na confecção de argamassa e concreto e; a **levedura seca** utilizada em ração animal. Outro derivado é o plástico oriundo da cana, o bioplástico, que tem a estrutura bem semelhante ao Polietileno Tereftalato (PET), mas quando comparados, as emissões e o consumo de energia durante a produção de bioplástico são reduzidos em até 40,5% (YOGITHA et al.; 2020).

Em cenário atual, conforme análise da CONAB (2022), nas estimativas para a safra 2021/2022 a produção de cana-de-açúcar apresenta decréscimo de 4,1% em relação à safra 2020/21, devido a grande concorrência de cultivos anuais, como soja e milho, que ganharam ótima rentabilidade recentemente e influenciaram diretamente na destinação de área para cana-de-açúcar, além das questões climáticas, que tiveram impacto importante em diversas regiões produtoras e até inviabilizaram a colheita em algumas lavouras, em decorrência de fortes geadas.

Quando observadas informações do levantamento dos dados da safra 2020/2021 na região Centro-Sul, em que mesmo com o aumento de 0,97% (605.462 mil toneladas) na produção e moagem de cana-de-açúcar, o etanol teve uma redução de 1,02% (32.503 mil m³); paralelo ao aumento no preço do etanol ao consumidor de R$ 2,62 em 2019 para R$ 3,05 o litro em 2020, portanto, dada a necessária atuação e esforços do setor público e privado na promoção do uso de tecnologias, conhecimento científico e planejamento estratégico (SILVA et al, 2021; OBSERVATÓRIO DA CANA, 2022).

[1] Essa ação teve relação direta com a erradicação da queimada dos canaviais para o início da colheita. Em se tratando de sistemas de colheita, apesar de o trabalho manual ser penoso e ainda praticado por trabalhadores rurais associados ao corte da cana, na safra de 2021/2022, o percentual de colheita manual (com a necessária queima da palha para previamente o corte) está estimado em 9,5% ao nível nacional. Por outro lado, especificamente para região centro-sul onde se concentra a maioria da produção (51% da área colhida), há maior tecnificação das operações, de onde vêm sendo substituído gradualmente esse sistema de colheita da produção, inserido na transformação tecnológica. Demandada por profissionais mais qualificados e sendo a região com condições de relevo menos acidentadas, o percentual de colheita manual previsto para 2021/22 é de 3,1% do total e pela mecanização da colheita sem queima, chegando a 96,9% com o uso de máquinas (CONAB, 2022).

Além do mercado interno a produção de cana-de-açúcar e seus produtos atendem ao mercado internacional. Em 2021, o Brasil exportou US$ 10,3 bilhões, com destaque para o açúcar que representou 89% desse total, sendo a China o principal destino. O complexo sucroenergético representou 8,5% dos valores totais exportados pelo agronegócio brasileiro. Desses totais, o estado de São Paulo representou 63% acompanhando o recorte territorial da produção (ANGELO, et al. 2022). Por outro, o complexo respondeu por 34,4% do total das exportações do agronegócio paulista e a cana-de-açúcar supera os 30% do valor da produção agropecuária (VPA) do estado.

4.2. Os bioinsumos para controle biológico

Permeado entre as discussões sobre sustentabilidade nos processos produtivos para combate de pragas e doenças, os bioinsumos para controle biológico são colocados como importantes tecnologias para a redução do amplo uso dos agrotóxicos. Tem destaque a busca pelo desenvolvimento tecnológico e a maior participação de tecnologias biológicas na agricultura, motivada pela expectativa dos inúmeros recursos da biodiversidade brasileira ainda não explorada; os impactos sociais, ambientais e econômicos associados à limitada eficiência do uso de agrotóxicos, inclusive, demandado por mais aplicações e a combinação de diferentes moléculas, incorrendo no percebido aumento dos custos de produção e a ocorrência de resistências em insetos. A solução está, então, no uso de microrganismos, como fungos e bactérias e, macrorganismos, como vespas e ácaros predadores, no controle fitossanitário (BORTOLOTI et al.; 2020; SAMPAIO et al.; 2022).

Para a construção do ambiente de desenvolvimento tecnológico atual, ocorreram importantes iniciativas conforme mencionadas em Bettiol e Morandi (2009), Domiciano (2017), Laurentino e Costa (2004) e Silva (2006). Dentre as elas, estão, inicialmente, na década 1927 a criação do Instituto Biológico (IB), vinculado à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do estado de São Paulo, com contribuições importantes no desenvolvimento do controle biológico, com ações envolvendo publicações, eventos científicos, formação de pessoas e também o Programa de Inovação e Transferência de Tecnologia em Controle Biológico (PROBIO). Também importante destacar as atividades realizadas pelas universidades públicas e a iniciativa de diferentes empresas no registro, produção e comercialização dos bioinsumos para controle biológico.

Tais atividades heterogêneas são acompanhadas de conexões e iniciativas entre diferentes atores sociais que contribuíram para o desenvolvimento e adoção de mais produtos biológicos para controle de pragas e doenças em cultivares brasileiros. Como exemplo dessas conexões, a inauguração em 2020 da São Paulo *Advanced Research Center for Biological Control (SPARCBIO)* no Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP com sede em Piracicaba/SP; resultado entre a parceria público e privado, empresas como a *Koppert Biological Systems*; docentes de diferentes universidades brasileiras como a Estadual Paulista (UNESP), as Universidades Federais de São Carlos/SP (UFSCar), do Espírito Santo (UFES), de Viçosa/MG (UFV) e internacionais como da Califórnia/Davis e Minnesota/EUA, assim como de pesquisadores da EMBRAPA e de instituições sediadas na França, EUA e Dinamarca (SPARCBIO, 2020).

Cabe ainda destacar dentre as ações destinadas ao desenvolvimento do mercado de bioinsumos, o PNB. Esse programa foi criado, em maio de 2020, tem por objetivo ampliar e fortalecer a utilização de bioinsumos na promoção do desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira. A política pública estabelece como ações, a elaboração de publicações técnicas; treinamento e formação para qualificação de agentes de assistência técnica e extensão rural, técnicos, agricultores e assentados da reforma agrária; o levantamento e sistematizações de experiências (inter)nacionais, de conhecimentos científicos e empíricos relativos à produção

e uso de bioinsumos; a realização de estudos e testes de eficiência agronômica para o estabelecimento de especificações de referência e de outras ações estruturantes de modo a realizar o gerenciamento estratégico deste segmento (BRASIL, 2020).

Considerado o potencial produtivo observado, especialmente, desde os anos 1980 até os dias atuais, em que são pontuadas perspectivas otimistas para o mercado de bioinsumos, estimado, em R$ 675 milhões anuais e crescimento de 15%. Oliveira et al. (2006), posiciona a ainda prevalência do uso intensivo de agrotóxicos. Essas evidências emolduram o cenário presente da pressão sobre a segurança fitossanitária, em que o controle biológico avança ocupando espaço em sistemas agroecológicos e na agricultura convencional por meio do manejo integrado de pragas (MIP).

Parra (2014) lista, desafios relacionados às estruturas de aprendizado associadas: à cultura do produtor, acostumados com a aplicação de agrotóxicos e não familiarizados com outras tecnologias devido ao limitado acesso às informações sobre esses produtos; à transferência de tecnologia, comentada como uma ação que compreende a transmissão de conhecimento técnico e científico em combinação com os fatores de produção através de cursos e treinamentos eficazes sobre o controle biológico que não são praticados e, por fim o monitoramento de pragas, quanto à inexistência de métodos e técnicas para essa atividade.

Outros desafios envolvem as estruturas regulatórias, instituídas a partir das características dos agrotóxicos e fomentam discussões sobre mudanças e até de criação de legislação própria para os bioinsumos, sendo a disponibilidade do insumo biológico, considerada limitada. Nesse caso, a não existência de insumos biológicos de mesma ação, a qualidade do insumo biológico, em que é essencial o controle e o estabelecimento de padrões para o monitoramento de insetos e de microbiológicos produzidos em laboratório. Por fim, o desafio da logística de armazenamento e transporte, em que, especialmente os inimigos naturais necessitam estar devidamente protegidos de variáveis como a temperatura que pode afetar o seu desempenho ou até mesmo provocar a morte desses agentes (PARRA, 2014).

Nesse sentido, os bioinsumos para controle biológico são tecnologias promissoras e em expansão na solução das questões que envolvem o amplo uso dos fitossanitários de origem química. As oportunidades dessas tecnologias biológicas são acompanhadas de desafios importantes na construção do futuro, inclusive na busca por soluções sustentáveis no controle de pragas e doenças das lavouras da cana-de-açúcar, a exemplo do bicudo, tema a ser explorado nas próximas subseções.

4.3. O bicudo da cana-de-açúcar

Dentre as pragas mais comuns encontradas em canaviais, o besouro conhecido como bicudo da cana-de-açúcar, o *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae) vem assumindo grande importância em ocorrência restrita no Estado de São Paulo (SP). Esta praga teve o seu primeiro surgimento no Brasil, no município de Piracicaba/SP (BATISTA FILHO et al. 2006).

O gênero *Sphenophorus* é de ocorrência em diversos países, inserido em um complexo de espécies que interferem na produtividade de culturas de importância econômica do grupo das gramíneas. Segundo Batista Filho et al. (2006) nos EUA ocorrem mais de 64 espécies desse gênero, sendo 20 registradas na Flórida; nos países da América do Sul, foram descritas 14 espécies no Brasil, incluindo *S. levis* como espécie nova em 1978.

Os danos em cultivares são causados através das larvas deste inseto que se abrigam no interior do rizoma da planta, danificando os tecidos, causando a morte de perfilhos, da planta e também em falhas nas brotações das soqueiras, reduzindo a longevidade do canavial. Os prejuízos chegam à ordem de 30 toneladas de cana por hectare e, especialmente no estado de São Paulo, acarretando prejuízos de 60% de perdas em toneladas de cana por hectare.

O controle microbiano de *Sphenophorus levis* teve início com estudos direcionados à seleção de isolados dos fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* (ESALQ 259) e *Beauveria bassiana* (ESALQ 447) na ESALQ/USP em 1991 (Badilla & Alves 1991); além da aplicação de nematoides entomopatogênicos. Posteriormente, a iniciativa do Instituto Biológico em parceria com o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) e a UFSCar resultaram em pesquisas com os nematoides *Heterorhabditis indica* e *Steinernema spp*. e os fungos, *M. anisopliae* e *B. bassiana*. Entre os resultados satisfatórios, em condição de laboratório, *Steinernema sp.* causou a mortalidade de 70% de adultos na dosagem de 1x108 de juvenis infectivos/ha; em condições de campo, a aplicação desses nematoides produziu ganhos de até 15 toneladas/ha de cana-de-açúcar (BATISTA FILHO et al. 2006).

Também foram realizadas pesquisas quanto a compatibilidade de fungos a produtos químicos, de seleção de isolados de nematoides entomopatogênicos com a espécie *Steinernema braziliense* IBCBn 06 sendo o mais virulento e, do mesmo modo em associação com inseticida químico thiamethoxam 250 WG se mostrou vantajoso com o ganho em peso da cana de até 28 toneladas/ha, aplicado com uma sub dosagem de 500 g thiamethoxam 250 WG/ha (LEITE et. al. 2012). Através da parceria do Instituto Biológico com a empresa Bio Controle Métodos de Controle de Pragas Ltda. de Indaiatuba, São Paulo, Brazil, foi possível a produção deste isolado, produzido pelo método da esponja em produção in vitro, com o registro no Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA de Bio NEP® com dosagem recomendada de 1 kg/ha em 400 Litros de água, aplicação terrestre (SIMI, 2014).

No estudo de Simi (2014) foram selecionados os isolados IBCB 383 de *M. anisopliae* e IBCB 170 de *B. bassiana* para *S. levis*, todos do Instituto Biológico, foi observado que na aplicação combinada com o nematoide *S. braziliense* em condições de campo, o efeito com *M. anisopliae* foi antagônico e com *B. bassiana* houve um efeito sinergético no controle de *S. levis* em cana-de-açúcar. A estratégia utilizada ocorre através da aplicação preferencialmente, durante o período de outono – inverno, quando ocorre uma diminuição de adultos na lavoura; de 500g de conídios/ha em iscas feitas de caules de cana-de-açúcar partidos longitudinalmente e impregnados com os conídios dos fungos, distribuídos em 200 iscas por hectare.

Os adultos ao serem atraídos por estas iscas entram em contato com o fungo, se contaminam e morrem na própria isca ou próximo, resultando posteriormente na disseminação da doença. Durante o período da primavera – verão, principalmente nos meses de novembro a março, ao ter maior trânsito de adultos na lavoura é recomendada aplicação de 1013 conídios/ha com arroz mais o fungo ou pulverizado. Sendo observado o parasitismo de adultos de 75% através da comunicação pessoal entre insetos com a integração dessas técnicas de aplicação do fungo *B. bassiana.*

Porém, há desafios para novas formas de produção massal, testes de eficiência de campo, desenvolvimento de sistemas de monitoramento da praga-alvo e tecnologias de aplicação que resultem na melhora, eficiência e qualidade dos bioprodutos e sua aplicação em grandes áreas dos canaviais paulistas. Da mesma forma, o desenvolvimento dessas tecnologias incorporadas ao bioinsumo e suas interações com as estruturas de produção e mercado da cana-de-açúcar, seus subprodutos e produtos em contexto mundial, nacional e nos recortes estaduais dispostos em cenários futuros para cultura.

Esses importantes indicativos associados ao ambiente de produção e comercialização de insumos agrícolas fitossanitários agrotóxicos e bioinsumos voltados ao controle da praga *Sphenophorus levis* oferecem contornos fundamentais na construção de estratégias para o registro, certificação e posicionamento da produção e comercialização do bioproduto em desenvolvimento.

Conforme dados da Croplife Brasil (2021), o mercado de biodefensivos para a cultura da cana-de-açúcar movimentou em 2019, R$ 191 milhões. Em 2020, R$ 264 milhões de reais e em 2021, R$ 353 milhões de reais. Dessa forma, apresenta uma variação média de crescimento

de 44% ao ano. Parte de crescimento se deu pelo interesse de grandes empresas para soluções biológicas, industriais e plataformas de distribuição.

Assim, a próxima subseção busca identificar as principais características da comercialização de bioinsumos para controle biológico do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera, Curculionidae) em cana-de-açúcar a partir dos dados gerais sobre a oferta de produtos fitossanitários no Brasil e no estado de São Paulo.

4.4. O controle fitossanitário do bicudo da cana-de-açúcar

O cenário de tecnologias biológicas convive com estimativas otimistas para o mercado em que o registro de bioinsumos para controle biológico vem crescendo em média 15% ao ano no cenário mundial (GUARALDO, 2020). Em coleta de dados realizada em 08 de abril de 2022, foi contabilizado um total de 5.623 produtos fitossanitários registrados no Brasil, sendo 3.195 registros alinhados aos produtos formulados e o restante classificado como produtos técnicos que são vinculados os produtos formulados. Dentre os produtos formulados estão os bioinsumos para controle biológico, que somando 441 produtos somados aos feromônios, totalizam 487 produtos registrados que corresponde a 14% do total de produtos formulados e 8% do total de registros entre produtos formulados e técnicos (AGROFIT, 2022).

Ao se considerar as classes de produtos, os herbicidas, inseticidas e fungicidas se destacam como os de maior oferta, respectivamente com 33%, 23% e 20%. No recorte dos bioinsumos para controle biológico tem destaque os inseticidas microbiológicos que somam 221 produtos ou 24% do total de produtos formulados classificados como inseticidas. Já os nematicidas microbiológicos representam 63% dos produtos formulados e classificados para esse fim, somam ainda 63 agentes de controle biológico e 64 fungicidas microbiológicos que corresponde a 9% dos fungicidas ofertados. Por outro lado, para os herbicidas, classe de maior de número de produtos registrados, não há registros de produtos para controle biológico.

No estado de São Paulo, o levantamento geral é representado pelo total de 2.264 produtos, distribuídos entre 1.953 agrotóxicos e 311 bioinsumos. Dentre os bioinsumos a classe com maior representatividade é a de nematicida biológico e microbiológico que representam juntos 59%, seguidos dos inseticidas biológicos e microbiológicos que representam 28% do total. O percentual geral de bioinsumos no estado de São Paulo, portanto, corresponde a 14% de todos os produtos registrados, representatividade acima do acompanhado cenário nacional. Entre os agrotóxicos, também o herbicida se destaca com 30% do total geral de fitossanitários de São Paulo.

No AGROFIT, dentre o conjunto de informações específicas aos produtos destinados para a cultura da cana-de-açúcar[2], foram reunidas informações de 732 produtos formulados, correspondendo a 23% do total de desses produtos vinculados às diferentes culturas atendidas, posicionando a cana-de-açúcar com uma das principais culturas na oferta brasileira de agrotóxicos e que tem nos herbicidas, a principal classe com 18% do total. Para o estado de São Paulo, o recorte de produtos destinados ao controle de pragas à cultura da cana-de-açúcar, está em 524 do total de 2.264, registrados na plataforma GEDAVE.

Com a observação de diferenças que indicam a não padronização para o registro dos mesmos produtos entre às duas plataformas. Nos registros do AGROFIT, a classificação agronômica está colocada de forma distinta, assim um bioinsumo para controle biológico de

[2] No AGROFIT a pesquisa realizada a partir da seleção da cultura permite a coleta de informações de todos os agrotóxicos registrados para a cultura. Para os bioinsumos para controle biológico, o registro é realizado por alvo, conforme o Ato nº 6 de 23 de janeiro de 2014 (BRASIL, 2014). Sendo assim, o registro não está vinculado à cultura como nos agrotóxicos, autorizado, assim, o uso deste produto para controle de alvos biológicos presentes em qualquer cultura, tornando a indicação na bula e rótulos facultativos para a eficiência agronômica comprovada para as culturas em que o produto for testado.

ácaros estará registrado como acaricida microbiológico e os demais como acaricidas e assim por diante. Cabe destacar que **agente de controle biológico**, **feromônio** e **outros** são classes específicas para insumos biológicos. Essa distinção de nomenclatura entre os insumos biológicos e químicos, também está presente no estado de São Paulo, a partir da plataforma GEDAVE, por exemplo, os inseticidas, que além desta e de inseticida fumigante presentes no Agrofit, há o acréscimo do **inseticida para tratamento de semente**, **inseticida/cupinicida**, **inseticida biológico** e **inseticida microbiológico** no GEDAVE.

Outra distinção, está no registro de quatro bioinsumos dentre o total de agrotóxicos indicados para a cana-de-açúcar, sendo dois inseticidas microbiológicos, um feromônio/Atrazina das empresas Biotech Controle Biológico Ltda. e Nortox S/A. e uma bactéria/*Bacillus thuringiensis* da empresa Vector Control Indústria e Comércio de Produtos Agropecuários Ltda. e dois inseticidas biológicos com a vespa *Cotesia flavipes*, da empresa Bioeffect Controle Biológico de Pragas Ltda. Reforçando que a vespa *Cotesia flavipes*, assim como outros insetos se enquadram na legislação brasileira para produtos fitossanitários como agentes de controle biológico[3].

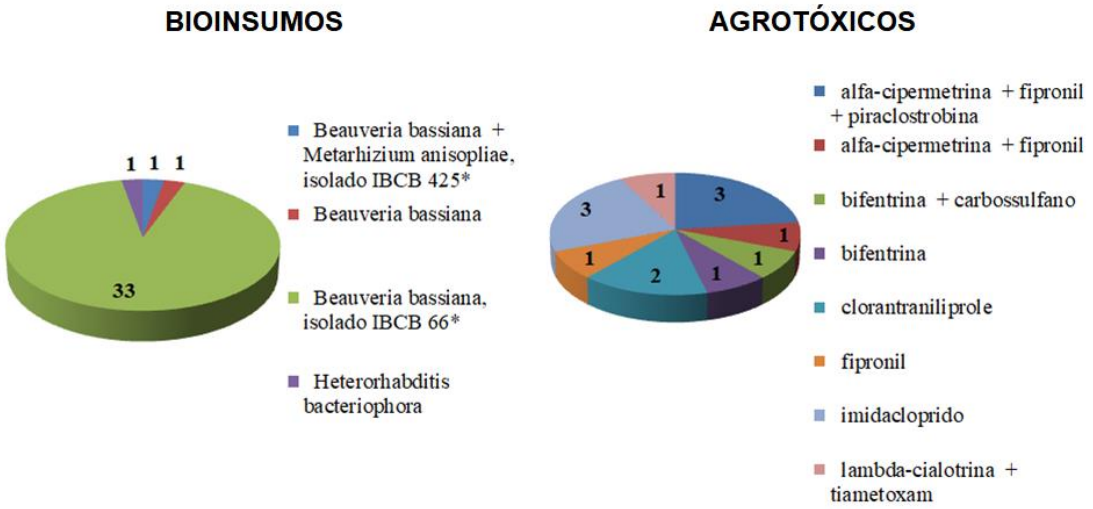
Nesse cenário pontuando pelo total de produtos fitossanitários químicos e biológicos em diferentes classes agronômicas exploradas a partir da realidade nacional e paulista, esta pesquisa avança para o objetivo específico que busca explorar as características de controle fitossanitário para o bicudo da cana-de-açúcar. Os resultados para o cenário nacional a partir da coleta de dados de produtos fitossanitários destinados ao controle do inseto *Sphenophorus Levis*, apontam 13 produtos indicados como agrotóxicos. Dentre seis empresas, o destaque para o domínio das empresas, FMC com cinco produtos, seguida da empresa Basf com quatro produtos, reunidas representam 69% do total de empresas. Entre os ingredientes, Figura 1, o mix, **alfa-cipermetrina + fipronil + piraclostrobina** e o **Imidacloprido**, possuem três produtos, cada. Portanto, caracterizada com maior distribuição entre diferentes ingredientes ativos.

Com relação às classificações toxicológicas para estes 13 produtos, há dois produtos indicados como **não classificado**; um **altamente tóxico**; três **moderadamente tóxicos**; cinco **pouco tóxicos** e dois **improváveis de causar dano agudo**. Já entre as classificações ambientais, há dois **produtos altamente perigosos ao meio ambiente**; oito **muito perigosos ao meio ambiente** e três **perigosos ao meio ambiente**.

Já o relatório específico dos bioinsumos para a classificação/inseto; nome científico/*Sphenophorus levis*; cultura/**todas as culturas**, resultou em 36 produtos. A representatividade das empresas não é concentrada, sendo as empresas Koppert e Toyobo dentre 26 empresas, Quadro 1, com três produtos, cada e as empresas: Ballagro; Biotrop; Oligos; Simbiose; Vital e Vittia com dois produtos, cada. O restante das outras 18 empresas, distribuídas com apenas um produto cada. Contudo, todos os produtos utilizam em sua composição o mesmo ingrediente ativo, o fungo ***Beauveria bassiana*, isolado IBCB 66*** (33 produtos), ou seja, a concentração do mesmo Ingrediente Ativo em suas formulações, Figura 1. Entre as classificações toxicológicas dentre este total de 36 produtos, há 11 produtos indicados como **não classificados**; sete **pouco tóxicos** e 18 **improváveis de causar dano agudo**. Já entre as classificações ambientais, todos os produtos são indicados como **pouco perigosos ao meio ambiente**.

[3] Agentes de controle biológico também são chamados de macrorganismos, através da INC nº 2, de 23 de janeiro de 2006 (GOVERNO FEDERAL, 2006). Determina que sejam considerados organismos vivos naturais ou manipulados geneticamente que controlem outros organismos considerados nocivos podendo ser: inimigos naturais, parasitoides, predadores e nematoides entomopatogênicos, e de Técnica de Inseto Estéril (TIE), para supressão ou irradicação de pragas.

Figura 1: Percentual de participação dos principais ingredientes ativos, bioinsumos para controle biológico e agrotóxicos, para controle fitossanitário do bicudo da cana-de-açúcar, Brasil, 2022



Fonte: Adaptado pelos autores a partir do AGROFIT (2022).

Quadro 1: Principais empresas detentoras de registros de bioinsumos para controle biológico, destinados ao controle do bicudo da cana-de-açúcar, Brasil, 2022.

Posição	Registro Nacional de Empresas	Quant.
1°	Koppert do Brasil Holding Ltda.	3
2°	Toyobo do Brasil Produtos Biológicos Ltda.	3
3°	Ballagro Agro Tecnologia Ltda. - Bom Jesus dos Perdões/SP.	2
4°	Biotrop Soluções Biológicas e Participações Ltda.	2
5°	Oligos Biotecnologia Fabricação de Defensivos Agrícolas Ltda.	2
6°	Simbiose Indústria e Comércio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos Ltda.	2
7°	Vital Brasil Chemical Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda	2
8°	Vittia Fertilizantes e Biológicos S.A. - São Joaquim Da Barra.	2

Fonte: Adaptado pelos autores a partir do AGROFIT (2022).

No recorte de registro para o estado de São Paulo, para a pesquisa na plataforma GEDAVE por alvo biológico/ *Sphenophorus levis,* é realizada a partir do levantamento para **todas as culturas**, em que não há registros para a cultura específica da cana-de-açúcar, onde os dados retornam com o total de 15 produtos, curiosamente, em que todos são considerados bioinsumos (não houve registro para agrotóxicos), sendo nove produtos compostos pela ***Beauveria bassiana*** e um produto com o mix de ***Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae***. Dentre as sete empresas, o destaque para a empresa Koppert, mais representativa, com três produtos, seguida pela Ballagro com dois produtos e o restante de empresas com somente um produto, Quadro 2.

Quadro 2: Principais empresas detentoras de registros de bioinsumos para controle biológico, destinados ao controle do bicudo da cana-de-açúcar, estado de São Paulo, 2022

Total	Registro Paulistano de Empresas	Quant.
1	Koppert do Brasil Holding Ltda.	3
2	Ballagro Agro Tecnologia Ltda.	2
3	Agrivalle Brasil Indústria e Comércio De Produtos Agrícolas S.A.	1
4	Bionat Soluções Biológicas Ltda.	1
5	Promip Manejo Integrado de Pragas Ltda.	1
6	Vital Brasil Chemical Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda ME.	1
7	Vittia Fertilizantes e Biológicos S.A.	1

Fonte: Adaptado pelos autores a partir do GEDAVE (2022).

Entre as classificações toxicológicas destinados ao controle do bicudo, na plataforma do GEDAVE, dentre o total destes 15 bioinsumos, há oito produtos indicados como **não classificados**; dois **pouco tóxicos** e cinco **improváveis de causar dano agudo**. Já entre as classificações ambientais, todos os produtos são indicados como **pouco perigosos ao meio ambiente**.

5. Conclusões e Considerações Finais

As atividades sucroenergéticas apoiadas na cana-de-açúcar são destaques entre as principais *commodities* no mundo e no Brasil com o destaque da produção mais representativa da Região Sudeste, no estado de São Paulo. Esse consolidado sistema agroindustrial tem suas bases construídas ao longo de muitas décadas e da atuação de diferentes agentes, assim como de aportes em C&T e P&D, de produção, socioeconômicos e socioambientais. A robusta estrutura de inovação consolidada posiciona a produção de cana-de-açúcar, seus produtos e subprodutos nas discussões relacionadas à bioeconomia e seus desafios na busca pela produção sustentável, redução do uso de matérias-primas fósseis, o reaproveitamento dos resíduos e o respeito à biodiversidade com a redução da contaminação ambiental.

Nesse cenário dentre os diferentes desafios e oportunidades colocados ao segmento sucroenergético estão os insumos utilizados na produção agrícola, com destaque para os produtos fitossanitários. Dessa forma, este artigo buscou caracterizar a participação dos bioinsumos para controle biológico do bicudo da cana-de-açúcar, uma importante praga nas lavouras da cultura. Para tanto foram trabalhadas informações sobre o registro de produtos fitossanitários, disponibilizadas pelas plataformas AGROFIT no cenário nacional, e GEDAVE, no estado de São Paulo.

Os resultados posicionam os bioinsumos para controle biológico com 14% dos registros de produtos formulados, destaque os inseticidas microbiológicos e os nematicidas microbiológicos. No recorte da cultura da cana-de-açúcar foi possível observar a sua importância no cenário fitossanitário nacional e paulista, como destino de mais de 20% dos registros de produtos fitossanitários, com especial, destaque para os agrotóxicos de origem química. O recorte da pesquisa no bicudo da cana-de-açúcar posiciona a oferta fitossanitária tanto nacional quanto paulista com predomínio dos bioinsumos para controle biológico, porém com alta concentração em três ingredientes ativos, em contra ponto ao maior número de ingredientes ativos entre os agrotóxicos químicos. Quando observadas as principais empresas

detentoras dos registros dos produtos biológicos no recorte do estado de São Paulo verificou-se uma maior concentração.

Esse importante segmento do agronegócio brasileiro portador de perspectivas e ações fundamentais para a promoção da sustentabilidade pautada em matérias-primas de origem biológica e renovável, enfrenta desafios também no segmento da fitossanidade, com a limitada oferta de produtos para o controle, em especial, da praga do inseto bicudo da cana-de-açúcar e curiosamente tanto no âmbito nacional quanto no estado de São Paulo. Dessa forma, o avanço da participação de biomassas em diferentes atividades industriais tem nos insumos biológicos uma oportunidade de promover a sustentabilidade na etapa da produção agrícola. A experiência aqui discutida abre espaço para estudos que possa tratar da realidade de outras pragas e doenças importantes em lavouras alinhadas a bioprodutos, como o biodiesel e a produção de soja.

6. Referências Bibliográficas

AGROLINK. **Problemas**. Bicudo da cana de açúcar. 2022. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/problemas/bicudo-da-cana-de-acucar_2994.html>. Acesso em: 31/02/2022.

AGROFIT. **Insetos e Doenças**. Insetos *Sphenophorus levis* em todas as culturas e cana-de-açúcar. 2022. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 16/01/2021.

ANGELO, J. A.; OLIVEIRA, M. D. M.; GHOBRIL, C. N. Balança Comercial dos Agronegócios Paulista e Brasileiro de 2021. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 1-20, jan. 2022. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15952>. Acesso em: 30/03/2021.

BADILLA, Francisco F.; ALVES, Sérgio B. Controle do gorgulho da cana-de-açúcar *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) com *Beauveria spp*. em condições de laboratório e campo. 1991.

BATISTA FILHO, A., TAVARES, F. M., GINARTE, C. M. A., ALMEIDA, L. C. D., BOTELHO, P. S. M. (2006). **Alternativa de controle: bicudo da cana-de-açúcar**. 2005. Disponível em: <http://repositoriobiologico.com.br/jspui/bitstream/123456789/345/2/Alternativa%20de%20controle%20bicudo%20da%20canadea%c3%a7%c3%bacar.pdf>. Acesso em: 02/02/2022.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (ed.). Biocontrole de doenças de plantas: usos e perspectivas. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2009. 341 p.

BORTOLOTI, G. et al. **A inserção dos biodefensivos no mercado brasileiro de agrotóxicos e afins, no período de 2014 a 2018**. In: Anais do 58º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 26 a 28 de outubro de 2020, Foz do Iguaçu-PR: Cooperativismo, inovação e sustentabilidade para o desenvolvimento rural. Anais. Foz do Iguaçu(PR) UNIOESTE, 2020. Disponível em: <https//www.even3.com.br/anais/sober2020/245158-A-INSERCAO-DOS-BIODEFENSIVOS-NO-MERCADO-BRASILEIRO-DE-AGROTOXICOS-E-AFINS-NO-PERIODO-DE-2014-A-2018>. Acesso em: 30/03/2022

BRASIL. Ato n.º 6, de 23 de janeiro de 2014. O secretário de defesa agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, no uso da atribuição que lhe confere o inciso V, art. 29, do Anexo da Portaria N.º 45 de 22 de Março de 2007, tendo em vista o disposto na Lei N.º 7.802, de 11 de julho de 1989, no Decreto N.º 4.074, de 4 de janeiro de 2002 e considerando as conclusões do Comitê Técnico para Assessoramento para Agrotóxicos - CTA, em reunião realizada em 04 de dezembro de 2013. **Diário Oficial da União**, Brasília, 31 jan. 2014. Seção 1, p. 4.

BRASIL. Decreto n.º 10.375, de 26 de abril de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 maio 2020. Seção 1, p. 105. 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim de cana-de-açúcar** - Novembro de 2021. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 16/01/2022.

COPERSUCAR. Dados financeiros. **COPERSUCAR em números no ano safra 2020/2021**. Disponível em: <https://www.copersucar.com.br/copersucar/>. Acesso em: 02/02/2022.

CROPLIFE BRASIL. Home. Conceitos. **Cresce a adoção de produtos biológicos pelos agricultores brasileiros**. 2021. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/cresce-a-adocao-de-produtos-biologicos-pelos-agricultores-brasileiros/>. Acesso em: 02/02/2022.

DE SOUZA, Celso Correia, et al. Previsão de produção de cana-de-açúcar e seus derivados, através de ARIMA, no período de 2020 a 2025, na macrorregião Centro-Sul do Brasil. **Research**, **Society and Development**, 2022, 11.4: e6211427048-e6211427048. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27048>. Acesso em: 30/03/2022.

DI SALVO, Luciana P., et al. The drop plate method as an alternative for Azospirillum spp viable cell enumeration within the consensus protocol of the REDCAI network. **Revista Argentina de Microbiología**, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754121000560>. Acesso em: 23/11/2021.

DOMICIANO, F. **Instituto Biológico comemora 90 anos**. 2017. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/noticia/instituto-biologico-comemora-90-anos>. Acesso em: 19/02/2022.FURTADO, A. T.; SCANDIFFIO, M. I. G.; CORTEZ, L. A. B. The brazilian sugarcane innovation system. **Energy Policy**, Amsterdam, Vol. 39, Issue 1, pp. 156-166, 2011.

GEDAVE. Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo. GEDAVE. Gestão de Defesa Animal e Vegetal. **Consultar agrotóxicos por alvo biológico, *Sphenophorus levis***. 2022. Disponível em: <https://gedave.defesaagropecuaria.sp.gov.br/>. Acesso em: 16/01/2022

GOVERNO FEDERAL. **INSTRUÇÃO NORMATIVA CONJUNTA Nº 2, DE 23 DE JANEIRO DE 2006**. 2006. Disponível em: https: < https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/legislacao/INC022006RegistrodeAgentesBiologicos.pdf>. Acesso em: 06/04/2022.

GUARALDO, M. C. **Especialistas destacam crescimento de registros de bioinsumos no país, durante webinar promovida pela Frente Parlamentar Ambientalista**. 2020. Disponível em: https: <//www.embrapa.br/en/recursos-geneticos-e-biotecnologia/busca-de-noticias?p_p_id=buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=pop_up&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_groupId=10180&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_articleId=56518749&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_viewMode=print>. Acesso em: 24/06/2021.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Associação Nacional dos Servidores da Carreira de Planejamento e Orçamento (ASSECOR). **Brasil 2035 : cenários para o desenvolvimento**, Brasília, 2017, 320 p. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/170606_brasil_2035_cenarios_para_desenvolvimento.PDF>. Acesso em: 22/03/2022.

LAURENTINO, E.; COSTA, J. N. M. Descrição e caracterização biológica da broca-do-café (Hypothenemus hampei, Ferrari 1867) no Estado de Rondônia - Porto Velho: **Embrapa** Rondônia. 2004. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54341/1/doc90-brocadocafe.pdf>. Acesso em: 19/02/2022.

LEITE, L. G., Tavares, F. M., BOTELHO, P. S. M., BATISTA FILHO, A., Polanczyk, R. A., & Schmidt, F. S. (2012). Eficiência de nematoides entomopatogênicos e inseticidas químicos contra *Sphenophorus levis* e *Leucothyreus sp.* em cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária tropical**, 42, 40-48. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/TSrB7NpyPmrpHZmg37DfkcF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02/02/2022.

MAIA, V. S. F.; SHIBATA, A. E.; ROMÃO, E. M. Revisão dos novos modelos de produção: Economia Circular, Bioeconomia e Biossociedade. **Research, Society and Development**, 2021, 10,9: e59610918539-e59610918539. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18539/16503>. Acesso em: 09/11/2021.

OBIO, Observatório de Bioeconomia, BIOECONOMIA BRASILEIRA: Panorama da produção científica nacional, 2º Boletim Temático da Bioeconomia. **Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE)**, ano 02, nº 02, fevereiro de 2022. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/6917123/CGEE_2_Boletim_de_Bioeconomia.pdf/94978d99-3631-40b6-9ac0-18f0ced767cf?version=1.0>. Acesso em: 28/03/2022.

OBSERVATÓRIO DA CANA. Histórico de Produção e Moagem. **Preços e Cotações ao Consumidor**. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/>. Acesso em: 01/02/2022.

OLIVEIRA, A. M. et al. Controle biológico de pragas em cultivos comerciais como alternativa ao uso de agrotóxicos. **Revista Verde**, Mossoró, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2006.

PARRA, J. R. P. Biological Control in Brazil: an overview. **Sci. agric**. (Piracicaba, Braz.), Piracicaba, v. 71, n. 5, pág. 420-429. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162014000500012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29/03/2021.

SAMPAIO, R. M. et al. Adoção do manejo integrado de pragas (MIP): um estudo censitário das safras paulistas 2007/2008 e 2016/2017. Publicado em jan./mar., 2022 ao Periódico da Revista Tecnologia e Sociedade, Curitiba, v. 18, n. 50, jan./mar. 2022. ISSN: 1984-3526 e DOI: 10.3895/rts.v18n50.13208. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/13208>. Acesso em: 30/03/2022.

SAMPAIO, R.M. Sistemas de Inovação: a geração de bioeletricidade na agroindústria brasileira da cana-de-açúcar. **Rev. de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 60, n. 2, p. 91-104, jul./dez. 2013. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/publicar/rea2013-2/rea6.pdf>. Acesso em: 30/03/2022.

SILVA, A. F C. Uma campanha contra uma broca-do-café em São Paulo (1924-1927). **Hist. cienc**. saude-Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, pág. 957-993. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702006000400010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19/02/2022.

SILVA, Dayane Lilian Gallani, et al. Cana-de-açúcar: Aspectos econômicos, sociais, ambientais, subprodutos e sustentabilidade. **Research, Society and Development**, 2021, 10.7: e44410714163-e44410714163. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14163>. Acesso em: 16/01/2022.

SILVA, et al. A bioeconomia brasileira em números. Bioeconomia. **BNDES Setorial** 47, p. 277 a 332, 2018. Disponível em <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15383/1/BS47__Bioeconomia__FECHADO.pdf>. Acesso em 22/03/2022.

SILVA, G. **Aprendizado do etanol celulósico no Brasil: o caso do projeto dedini de hidrólise rápida (DHR)**. 2013, 91 p. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnologia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013

SIMI, Lucas Detogni. **Controle de *Sphenophorus levis* e *Conotrachelus humeropictus* pelo uso combinado de nematoides e fungos entomopatogênicos**. 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/115587/000813664.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01/02/2022.

SOUZA, Brígida; MARUCCI, Rosangela Cristina. Biological control in ornamental plants: from basic to applied knowledge. **Ornamental Horticulture**, 2021, 27: 255-267.

SCHUT, Marc, et al. RAAIS: Rapid Appraisal of Agricultural Innovation Systems (Part I). A diagnostic tool for integrated analysis of complex problems and innovation capacity. **Agricultural Systems**, 2015, 132: 1-11. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X14001115>. Acesso em: 23/09/2021.

TELLES, T. S. et al. Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), **Texto para Discussão** 2638, Rio de Janeiro, março de 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2638.pdf>. Acesso em: 29/03/2021.

UNICA. Setor. Histórico do Setor. **Trajetória da cana-de-açúcar**. 2022. Disponível em: <https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/historico-do-setor/>. Acesso em: 01/02/2022.

YOGITHA, Bayapureddy; KARTHIKEYAN, M.; REDDY, MG Muni. Progress of sugarcane bagasse ash applications in production of Eco-Friendly concrete-Review. **Materials Today: Proceedings**, 2020, 33: 695-699. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320344278>. Acesso em: 30/03/2022.