

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

SHAND LENIM BROSE DOS SANTOS

**DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO
BIOPESTICIDA SUSTENTÁVEL À BASE DE CANNABIS
SATIVA PARA A PRODUÇÃO ANIMAL: UMA AVALIAÇÃO
PELO MÉTODO DELPHI**

Brasília/DF

Dezembro/2024

SHAND LENIM BROSE DOS SANTOS

**DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO BIOPESTICIDA SUSTENTÁVEL
À BASE DE CANNABIS SATIVA PARA A PRODUÇÃO ANIMAL: UMA
AVALIAÇÃO PELO MÉTODO DELPHI**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronegócios da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronegócios.

**Orientador: Prof. Dr. José Márcio
Carvalho**

**Brasília/DF
Dezembro/2024**

SANTOS, S. L. B. **Desenvolvimento de um novo produto biopesticida sustentável à base de *Cannabis sativa* para a produção animal: uma avaliação pelo método Delphi.** 2024, 183 f. Dissertação. (Mestrado em Agronegócios) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2024

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado/tese de doutorado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

SS237dd	Santos, Shand Lenim Brose dos DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO BIOPESTICIDA SUSTENTÁVEL À BASE DE CANNABIS SATIVA PARA A PRODUÇÃO ANIMAL: UMA AVALIAÇÃO PELO MÉTODO DELPHI / Shand Lenim Brose dos Santos; orientador José Márcio Carvalho. -- Brasília, 2024. 183 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) -- Universidade de Brasília, 2024. 1. Desenvolvimento de Novos Produtos. 2. Biopesticida. 3. Cannabis sativa. 4. Extrato Vegetal. 5. Sustentabilidade. I. Carvalho, José Márcio, orient. II. Título.
---------	--

SHAND LENIM BROSE DOS SANTOS

**DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO BIOPESTICIDA SUSTENTÁVEL
À BASE DE CANNABIS SATIVA PARA A PRODUÇÃO ANIMAL: UMA
AVALIAÇÃO PELO MÉTODO DELPHI**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronegócios da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronegócios.

Aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Márcio Carvalho – Universidade de Brasília - UnB

(ORIENTADOR)

Prof^a. Dr^a. Ana Maria Resende Junqueira – Universidade de Brasília - UnB

(EXAMINADOR INTERNO)

Prof. Dr. Erik Amazonas – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

(EXAMINADOR EXTERNO)

Brasília, 18 de Dezembro de 2024

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade de Brasília (PROPAGA-UnB) pela oportunidade concedida, pela gratuidade e experiência vivida durante esses dois anos, que certamente foi um divisor de águas na minha vida.

A Alexandra Elbakyan e seu manifesto acadêmico imensamente útil, o Sci-Hub, em um país onde o acesso à ciência e pesquisa acontece aos trancos e barrancos (quando acontece).

Ao meu amigo Alexandre Magno Rodrigues, que me deu a dica das inscrições abertas do PROPAGA logo após a PANDEMIA e me ofereceu suporte valioso ao longo do curso.

Aos meus pais, que sempre mostraram no dia a dia o valor do conhecimento.

Ao meu orientador José Márcio de Carvalho, que embarcou sem hesitação nessa aventura pioneira na FAV-UnB sobre um tópico ainda estigmatizado e alvo de toda sorte de obscurantismo. A ele a minha mais sincera reverência.

Aos professores Dr. João Luiz Homem e Dr. Armando Fornazier, e à professora Dr^a. Lilian da Rosa, que embarcaram comigo na realização da 1^a Jornada do Cânhamo Industrial, o primeiro evento de cannabis da história da Faculdade de Agronomia e Veterinária da UnB, ocorrida em 27/06/2023.

Aos professores Dr^a. Ana Maria Resende Junqueira e Dr. João Paulo Guimarães Soares pelos valiosos comentários e sugestões na banca de qualificação.

À Priscila Camargo e Rafael Arcuri da Associação Nacional do Cânhamo por se prontificarem ao pré-teste do questionário da entrevista. À Professora Dr^a. Eliane Miyagi da UFG, pela prestatividade crucial também no pré-teste.

Aos colegas de curso, que me apoiaram em um tema sem dúvida polêmico e espinhoso, mas extremamente importante em uma era de negacionismos.

E finalmente ao meu finado galo Bocó, que certa feita apareceu infestado de miíases, e foi o estopim que me empurrou para a toca de coelho que virou a presente dissertação.

“A obrigação de nos submeter nos dá o direito de saber”

Jean Rostand

RESUMO

A presente dissertação procura avaliar a possibilidade do desenvolvimento de um produto biopesticida à base de cannabis para a produção animal no Brasil, levando em conta as dimensões de desenvolvimento de novos produtos (NPD), como estratégia, pesquisa, comercialização, processo de NPD, clima de projeto, cultura da empresa, mais a dimensão sustentabilidade. Para conduzir este trabalho, foi feita uma pesquisa multidisciplinar com especialistas do campo, visto que o objeto de pesquisa exige uma abordagem ampla e diversa. Apesar do aumento da população mundial previsto para o final do século e o conseqüente aumento da demanda por produtos alimentares, a produção de alimentos tende a se retrair, movimento acentuado por décadas de agravamento de resistências de pragas a pesticidas sintéticos, e que pode ser atenuado ou contornado pelo uso de biopesticidas fitoquímicos; no caso específico da produção animal, a literatura mostra a *Cannabis sativa* com promissor potencial como bioinseticida e bioacaricida. A pesquisa entrevistou cinco especialistas com formações diversas no campo de pesquisa e desenvolvimento de biopesticidas, com as entrevistas feitas via metodologia *Delphi* e com Análise de Conteúdo das respostas, tendo como achados oportunidades e obstáculos pertinentes às dimensões do NPD de um biopesticida fitoquímico baseado em cannabis. As oportunidades são a demanda do mercado por pesticidas eficazes sem toxicidade para organismos não-alvo e a chance reduzida do agravamento de resistências de pragas a extratos vegetais, pelos seus múltiplos e simultâneos mecanismos de ação; os obstáculos são a regulamentação atual da *Cannabis sativa* no Brasil, a obtenção de matéria-prima em volume e uniformidade, padronização de extratos, passos adicionais do NPD de um biopesticida fitoquímico, testes de resíduo tóxico em produtos de origem animal, desafios burocráticos para o registro e patenteamento de biopesticidas, resistências institucionais, percepção do consumidor quanto a biopesticidas fitoquímicos, e dificuldade de financiamento de projetos de pesquisa e desenvolvimento. A sustentabilidade do NPD de um biopesticida canábico em um país como o Brasil, por sua vez, trafega pela reconstrução do cenário de políticas públicas para a agricultura familiar, e por um hipotético cultivo de cannabis em solo nacional livre de pesticidas e com eficiência energética.

Palavras-chave: NPD, extrato vegetal, bioinseticida, bioacaricida, sustentabilidade

ABSTRACT

The present dissertation aims to study the feasibility of developing a cannabis-based biopesticide product for animal production in Brazil, considering the dimensions of New Product Development (NPD), such as strategy, research, commercialization, NPD process, project climate, company culture, plus an added sustainability dimension. To conduct this work, a multidisciplinary study was carried out with experts in the field, as the sustainable development of biopesticides requires a broad and diverse approach. Despite the expected increase in the world population by the end of the century and the consequent rise in demand for food products, food production tends to decline—a trend exacerbated by the worsening resistance of pests to synthetic pesticides over decades. This challenge can be mitigated or circumvented by using phytochemical biopesticides. Specifically, in animal production, the academic literature shows *Cannabis sativa* possessing great versatility and potential as a bioinsecticide and bioacaricide. The research consisted of the interviewing of five experts with diverse qualifications on the field of biopesticide development; the interviews were conducted using Delphi methodology, and the responses treated with Content Analysis. Thus, the research identified opportunities and obstacles related to the NPD dimensions of a cannabis-based phytochemical biopesticide. The opportunities include market demand for effective pesticides with no toxicity to non-target organisms and the reduced likelihood of pests developing resistance to plant extracts due to their multiple and simultaneous mechanisms of action. The obstacles involve the current regulation of *Cannabis sativa* in Brazil, obtaining raw material in sufficient volume and consistency, standardization of extracts, additional steps in the NPD process of a phytochemical biopesticide, toxic residue testing in animal-derived products, extensive bureaucratic challenges for registering and patenting biopesticides, institutional resistance, consumer perceptions of phytochemical biopesticides, and difficulties in funding research and development projects. The sustainability of the NPD of a cannabis-based biopesticide in a country like Brazil, in turn, moves through rebuilding the public policy framework for family farming and the hypothetical cultivation of cannabis on domestic soil, free from pesticides and with energy efficiency.

Keywords: NPD, vegetable extract, bioinsecticide, bioacaricide, sustainability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de NPD (Urban; Hauser, 1993)	28
Figura 2: Importância de cada dimensão de NPD em porcentagens (Barczak; Kahn, 2012)	32
Figura 3: Número total de ingredientes ativos de pesticidas sintéticos disponíveis globalmente (Phillips McDougall, 2018)	39
Figura 4: Macho (esquerda) e fêmea (direita) da Cannabis sativa; drupas abaixo, à esquerda; pistilos abaixo, à direita (Brandt et al., 1883).....	64
Figura 5: Mapa de classificação da aptidão agrícola brasileira para cultivo da Cannabis sativa L (Rocha, 2018).	68
Figura 6: Estágios do desenvolvimento de um novo produto pesticida (Adaptado de Phillips McDougall, 2016)	76
Figura 7: Etapas do método Delphi (Munaretto; Corrêa; Carneiro da Cunha, 2013).91	
Figura 8: Desenvolvimento de uma Análise de Conteúdo (Bardin, 2011).	96
Figura 9: Nuvem de palavras frequentes nas entrevistas via software NVivo	102
Figura 10: Correlação das respostas da pergunta 1.1 com enunciados	103
Figura 11: Correlação das respostas da pergunta 1.1.1 com enunciados.....	104
Figura 12: Correlação das respostas da pergunta 1.1.2 com enunciados	104
Figura 13: Correlação das respostas da pergunta 2.1 com enunciados	105
Figura 14: Correlação das respostas da pergunta 2.1.1 com enunciados	106
Figura 15: Correlação das respostas da pergunta 2.2 com enunciados	107
Figura 16: Correlação das respostas da pergunta 3.1 com enunciados	108
Figura 17: Correlação das respostas da pergunta 3.1.1 com enunciados	109
Figura 18: Correlação das respostas da pergunta 3.1.2 com enunciados	109
Figura 19: Correlação das respostas da pergunta 4.1 com enunciados	110
Figura 20: Correlação das respostas da pergunta 4.1.1 com enunciados	111
Figura 21: Correlação das respostas da pergunta 5.1 com enunciados	112
Figura 22: Correlação das respostas da pergunta 5.1.1 com enunciados	112
Figura 23: Correlação das respostas da pergunta 6.1 com enunciados	113
Figura 24: Correlação das respostas da pergunta 6.1.1 com enunciados	114
Figura 25: Correlação das respostas da pergunta 6.2 com enunciados	114
Figura 27: Prioridades do MAPA para a sustentabilidade da agropecuária brasileira (MAPA, 2020)	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: 15 espécies de artrópodes com mais relatos de resistência no mundo (Michigan State University, 2024).....	41
Tabela 2: Quadro-síntese da legislação brasileira regulamentando produtos pesticidas biológicos de uso veterinário e cannabis (ANVISA, 2019; MAPA, 2024)..	58
Tabela 3: Distribuição de frequência de enunciados referentes às dimensões de desenvolvimento de novos produtos (adaptado de Fontanella et al, 2011 com dados do próprio autor).....	93
Tabela 4: Ocorrências de intersecções entre dimensões do NPD e enunciados comuns.....	117

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Contextualização do assunto.....	13
1.2. Formulação do Problema	16
1.3. Objetivo Geral	16
1.4. Objetivos Específicos.....	16
1.5. Justificativa	16
1.6. Estruturação do Trabalho.....	17
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1. A Teoria Evolucionária Neoschumpeteriana	19
2.2. Sustentabilidade e inovação.....	23
2.3. Desenvolvimento de Novos Produtos.....	26
2.3.1. Dimensões do Desenvolvimento de Novos Produtos	30
2.3.2. A Sustentabilidade no Desenvolvimento de Novos Produtos	34
2.4. Panorama dos pesticidas na produção alimentar.....	37
2.4.1. Trajetória dos pesticidas sintéticos e biopesticidas	37
2.4.1.1. Pesticidas sintéticos na produção alimentar	37
2.4.1.2. A emergência de resistência em artrópodes provocada por pesticidas sintéticos	39
2.4.1.3. O uso veterinário de pesticidas sintéticos	43
2.4.1.4. Biopesticidas na produção alimentar	49
2.4.1.5. O Registro de Produtos Pesticidas Veterinários no Brasil	55
2.4.1.6. O Programa Nacional de Bioinsumos.....	58
2.5. Panorama da <i>Cannabis sativa</i> em contexto agrícola.....	60
2.5.1. Breve história das aplicações da <i>Cannabis sativa</i>	60
2.5.2. Taxonomia – nem cânhamo, nem maconha	61

2.5.3.	Morfologia, cultivo e usos.....	62
2.5.4.	Potencial de cultivo da Cannabis sativa no Brasil.....	67
2.6.	<i>Cannabis sativa</i> como biopesticida	68
2.6.1.	<i>Potencial da Cannabis sativa como Bioinseticida e Bioacaricida na Produção Animal</i>	70
2.7.	O desenvolvimento de novos produtos pesticidas	73
2.7.1.	O mercado global de pesticidas sintéticos	77
2.7.2.	A emergência do mercado de biopesticidas	80
2.7.3.	Limitações mercadológicas de biopesticidas	82
2.7.4.	Principais mercados de biopesticidas	86
3.	MÉTODO.....	88
3.1.	População e Amostra.....	88
3.2.	Instrumentos e Procedimentos para Coleta e Análise de Dados	89
3.2.1.	Método Delphi	90
3.2.2.	Saturação Teórica	91
3.2.3.	Análise de Conteúdo	93
4.	RESULTADOS	97
4.1.	Conclusões Gerais Do Instrumento de Coleta	97
4.1.1.	Estratégia	97
4.1.2.	Pesquisa	98
4.1.3.	Comercialização.....	99
4.1.4.	Processo de NPD	99
4.1.5.	Clima de Projeto e Cultura da Empresa	100
4.1.6.	Sustentabilidade	101
4.2.	Análise de Conteúdo das Respostas	101
4.2.1.	Intersecções entre dimensões do NPD e enunciados comuns ...	102
4.2.1.1.	Estratégia	102

4.2.1.2.	Pesquisa	105
4.2.1.3.	Comercialização	107
4.2.1.4.	Processo de NPD	110
4.2.1.5.	Clima de Projeto e Cultura de Projeto	111
4.2.1.6.	Sustentabilidade	113
4.2.2.	Tabela-resumo de intersecções entre dimensões do NPD e enunciados comuns	115
5.	DISCUSSÃO	118
5.1.	Oportunidades para o NPD de um Biopesticida baseado em Cannabis para a Produção Animal	118
5.1.1.	A Demanda por Novos Produtos Acaricidas e Inseticidas no Brasil 118	
5.1.2.	Eficácia de extratos vegetais comparados com moléculas sintéticas	119
5.2.	Principais desafios e impedimentos de pesquisa de um biopesticida canábico para a produção animal	119
5.2.1.	O elefante na sala: a necessidade de alterar ou flexibilizar a regulamentação da cannabis para pesquisa.....	119
5.2.2.	O cenário regulatório atual do Brasil para a pesquisa e desenvolvimento de produtos biopesticidas fitoquímicos para a produção animal	121
5.2.3.	Passos adicionais no NPD de um extrato vegetal em comparação com moléculas sintéticas	122
5.2.3.1.	A Padronização de Produtos Fitoquímicos e a Necessidade da Obtenção de Biomassa em Volume e Uniformidade Química	122
5.2.4.	A Potencial Toxicidade Residual da Cannabis sativa como Biopesticida	123
5.2.5.	O Financiamento de Pesquisa e NPD de um Produto Biopesticida Fitoquímico à Base de Cannabis sativa.....	125

5.2.5.1.	Propriedade Intelectual de Produtos Fitoquímicos no Brasil	127
5.2.6.	Resistência por parte dos produtores e profissionais de campo ao uso de extratos vegetais	128
5.2.7.	Aceitação de um produto à base de cannabis pela percepção de rentabilidade pelo fabricante, ou custo-benefício por parte do produtor..	128
5.2.8.	Percepção do Consumidor sobre Produtos à Base de Cannabis sativa	129
5.2.8.1.	A Necessidade de Inclusão de Atores Externos ao NPD de um Biopesticida Canábico	130
5.2.9.	A Resistência Institucional e a Multidisciplinariedade do NPD de um biopesticida fitoquímico à base de cannabis para produção animal ..	131
5.2.9.1.	Escassez de especialistas com experiência em pesquisa em cannabis	132
5.3.	A Sustentabilidade de um Produto Biopesticida à base de <i>Cannabis sativa</i> para a Produção Animal	132
5.3.1.	Políticas públicas como fomento à sustentabilidade de um produto à base de cannabis	134
6.	CONCLUSÃO	137
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
8.	APÊNDICES.....	180
	APÊNDICE 1 - ROTEIRO DE ENTREVISTAS	180
	APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ONLINE PARA ESPECIALISTAS.....	183

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização do assunto

A Organização das Nações Unidas estima que a população mundial será de 9,7 bilhões de pessoas em 2050 (United Nations, 2022). Em contrapartida, temos a improbabilidade do aumento de área cultivável na maior parte do mundo, e a consequente desaceleração da produção agrícola e animal global (FAO, 2012, 2018). Ainda assim, a produtividade do agronegócio precisa aumentar entre 70 e 100% para corresponder ao aumento de demanda por alimentos, ração, fibra e energia (Agnew; Hendery, 2023).

O cenário é de intensificação da produção agrícola e animal existente para atender as futuras necessidades de mercado (FAO, 2018; Schreinemachers; Tipraqsa, 2012), algo que já está em curso, mas através do uso de fertilizantes e pesticidas sintéticos, cuja fabricação e uso são crescentemente insustentáveis (FAO, 2011, 2012). Pesticidas sintéticos, além de apresentarem diversos riscos ambientais e à saúde pública, já não demonstram mais eficácia em seus alvos em diversas partes do mundo pelo desenvolvimento de resistências (Pandian; Ramesh, 2020; Sánchez-Bayo, 2017; Upadhayay *et al.*, 2020; Whalon M E; Mota-Sanchez D; Hollingworth R M, 2008).

Resistências de pragas na produção animal provocam grande prejuízo econômico. A mosca doméstica (*Musca domestica*) talvez seja a praga mais antiga da humanidade, transmitindo mais de 100 patógenos humanos e incontáveis outros de interesse veterinário e agrícola pela sua capacidade de transmissão mecânica, causando incalculável prejuízo (Khamesipour *et al.*, 2018), e já exibindo níveis dramáticos de resistência ainda na década de 1970 (Drummond R O, 1977; Keiding, 1977). O carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* é a espécie de carrapato mais resistente a pesticidas sintéticos, sendo o principal vetor da tristeza parasitária bovina e provocando perdas econômicas na bovinocultura global na casa dos US\$30 bi ao ano, e no Brasil de US\$3bi ao ano (Garcia *et al.*, 2019; Grisi *et al.*, 2014; Lew-Tabor; Rodriguez Valle, 2016). O ácaro-de-galinha (*Dermanyssus gallinae*) é o parasita hematófago mais danoso na avicultura de postura pelo mundo,

causando grande morbidade e sendo vetor para patologias como a erisipela suína (*Erysipelothrix rhusiopathiae*) (CHIRICO *et al.*, 2003; De Luna *et al.*, 2008; Marangi *et al.*, 2012; Sigognault Flochlay; Thomas; Sparagano, 2017) com impacto econômico só na Europa é estimado em €231mi anualmente e altamente resistente aos métodos atuais de controle (Sparagano *et al.*, 2020).

A resistência de pragas a compostos tóxicos pode ocorrer naturalmente através de diferentes mecanismos genéticos, ambientais e fisiológicos (Hawkins *et al.*, 2019; Pandian; Ramesh, 2020; Whalon M E; Mota-Sanchez D; Hollingworth R M, 2008), mas foi catalisada por 75 anos de uso indiscriminado de pesticidas sintéticos; em particular após a 2ª Guerra Mundial, o mundo se rendeu ao uso de pesticidas na produção agrícola e animal de forma a reduzir prejuízos e aumentar rendimentos de produção (R4P Network, 2016; Whalon M E; Mota-Sanchez D; Hollingworth R M, 2008). De fato, o uso de pesticidas sintéticos aumentou o volume das colheitas em quase 70% na Europa e as duplicou nos EUA desde o pós-2ª Guerra; em contrapartida, gerou uma resistência imbatível em diferentes pragas, particularmente em artrópodes (Pretty, 2008). Ainda assim, na última década, o uso global total de pesticidas aumentou em quase 50% comparado à década de 1990, com o Brasil como segundo colocado no consumo de pesticidas no mundo, ficando atrás apenas dos EUA (FAO, 2022).

O processo de mudança climática acrescenta uma camada adicional de risco no desenvolvimento de resistências diante de uma expansão recente das latitudes habitáveis por tais pragas com o aumento da temperatura global (Crossley *et al.*, 2023; Pandian; Ramesh, 2020; Whalon M E; Mota-Sanchez D; Hollingworth R M, 2008).

Além da resistência de seus alvos, a indústria agroquímica encara outros desafios com pesticidas sintéticos, que incluem o desuso de princípios ativos devido à percepção negativa dos consumidores, mudanças da necessidade dos produtores e mudanças das exigências regulatórias. O atual cenário exige, portanto, produtos inovadores que possam oferecer melhor eficácia e seletividade a pragas, e menor impacto ambiental (Jeschke, 2020).

Entre as alternativas disponíveis existem biopesticidas fitoquímicos, com toxicidades seletivas e biodegradabilidade. Extratos vegetais não são novidade, mas

foram “esquecidos” com a comercialização do DDT e a avalanche de pesticidas sintéticos que se seguiu no pós-2ª Guerra até a década de 1970, quando nasceu a discussão sobre os impactos toxicológicos e ambientais dessa avalanche (Casida; Quistad, 1998).

Entre as plantas utilizadas ao longo da História como biopesticidas fitoquímicos, há uma cujo cultivo coincide com o surgimento da agricultura, e cujo proibicionismo coincidiu com o advento da indústria agroquímica: a *Cannabis sativa* (Bonini *et al.*, 2018), uma planta conhecida por seu uso como importante fonte de fibras, alimento, medicamento e substâncias psicoativas por inúmeras culturas (Karche; Singh, 2019; Russo, 2007), com seus primeiros registros arqueológicos superando 10.000 anos (Pisanti; Bifulco, 2019), e com cultivo regular registrado há seis mil anos da nossa história recente (Abel, 1980; Clarke; Merlin, 2013). De suas origens na Ásia Central, a *C. sativa* rodou pelo mundo, revelando grande adaptabilidade e importância econômica e social (Crini *et al.*, 2020; Crocq, 2020; Fike, 2016; Pisanti; Bifulco, 2019), sendo no presente momento cultivada para fins comerciais ou de pesquisa em 47 países (Schlutenhofer; Yuan, 2017).

O desenvolvimento de novos produtos é uma das fontes de vantagem competitiva das empresas e um pilar central da economia capitalista; Schumpeter (2017) alerta para a necessidade constante de inovação das empresas no capitalismo como forma de diferenciação. Optou-se por estudar, na presente dissertação, o setor de pesticidas sob perspectivas de gradual granulação; em um primeiro momento, a Teoria Evolucionária Neoschumpeteriana, pela construção histórica dessa indústria global, hoje altamente concentrada e resistente a inovações, em contraste com a importância da inovação tecnológica para o seu progresso. Em um segundo momento, mais micro, pela interação entre sustentabilidade e inovação no desenvolvimento de novos produtos (NPD) pesticidas por parte das empresas do setor, uso de recursos, impacto ambiental, e no desenvolvimento de resistências de pragas artrópodes.

A presente dissertação possui como objetivo explorar o desenvolvimento de um hipotético produto biopesticida inseticida e acaricida à base de *Cannabis sativa* em uma indústria com limitações para a inovação, em um contexto complexo de pressões por sustentabilidade, restrições regulatórias, resistência de pragas

artrópodes a pesticidas sintéticos, mudança climática em curso, e crescente regulamentação por impactos ambientais e na saúde pública.

1.2. Formulação do Problema

Dado o contexto, o problema de pesquisa pode ser assim enunciado: quais seriam os desafios de pesquisa e desenvolvimento sustentável de um biopesticida à base de *Cannabis sativa* para a produção animal no Brasil?

1.3. Objetivo Geral

Verificar possibilidades e limitações de pesquisa e desenvolvimento sustentável de um hipotético biopesticida à base de *Cannabis sativa* para o mercado brasileiro de inseticidas e acaricidas na produção animal

1.4. Objetivos Específicos

- Caracterizar a trajetória de desenvolvimento de pesticidas sintéticos, biopesticidas e seus mercados nacionais e internacionais;
- Caracterizar o potencial da *Cannabis sativa* contra pragas na produção animal em um contexto de sustentabilidade;
- Desvendar com especialistas oportunidades, limitações e pontos cegos do desenvolvimento de um novo produto bioinseticida e bioacaricida à base de cannabis para a produção animal no Brasil;
- Delimitar a sustentabilidade de um produto biopesticida à base de *Cannabis sativa* no Brasil;

1.5. Justificativa

A principal contribuição desta pesquisa é trazer para o ambiente agroindustrial a discussão sobre o desenvolvimento de novos produtos sustentáveis em uma indústria madura usando uma matéria prima potencialmente disruptiva. Indústrias como a de pesticidas sintéticos já se encontram no final de seu ciclo de inovação tecnológica, como estudado por Perez (2004), e, portanto, tem potencial inovativo limitado, embora a dinâmica de mercado tenha se alterado fundamentalmente na última década com a explosão chinesa de pesticidas sintéticos genéricos e a mudança do eixo de vendas de Norte-Sul para Sul-Sul global.

A resistência desenvolvida por pragas da produção animal no Brasil e no mundo contrasta com o presente protagonismo de princípios ativos de patente expirada como matéria prima na indústria, os limites de produção alimentar e a forte dependência nacional de compra de insumos importados, tornando o conhecimento sobre o desenvolvimento de pesticidas inovadores e sustentáveis um imperativo no agronegócio brasileiro.

A facilidade e celeridade de cultivo da *Cannabis sativa*, combinada com a sua abundância como matéria prima em diversos países, rica variedade de metabólitos secundários de potencial inseticida e o seu uso etnobotânico milenar como biopesticida a tornam uma forte candidata para a inovação no setor. Ademais, a sedimentação do uso medicamentoso da *C. sativa* no Brasil, sua recente descriminalização e latente regulamentação, e o seu plantio potencial em 80% do solo nacional subentendem um aumento inevitável da sua produção agrícola no país, com imenso vácuo tecnológico e acadêmico nas Ciências Agrárias do Brasil em contrapartida, sublinhando ainda mais a relevância do conhecimento gerado por este trabalho para a pesquisa e inovação.

1.6. Estruturação do Trabalho

Além da introdução, este estudo foi organizado do seguinte modo: o capítulo 2 trata da Revisão de Literatura, incluindo a perspectiva acadêmica de inovação e sustentabilidade, a trajetória de uso de pesticidas sintéticos na produção de alimentos, seu impacto e uso de biopesticidas como alternativa, a *Cannabis sativa*

na produção animal como biopesticida, e o processo de desenvolvimento de novos produtos no campo da Administração. O capítulo 3 trata dos procedimentos metodológicos como o Delphi, para a coleta de dados por entrevistas com especialistas, e Análise de Conteúdo para a análise dos dados coletados nas entrevistas. São então apresentados os resultados no capítulo 4, discussão no capítulo 5, conclusão e as referências bibliográficas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A Teoria Evolucionária Neoschumpeteriana

A teoria evolucionária parte da hipótese da inovação como elemento-chave da competitividade no mercado, como proposto por Schumpeter (2017). Essa inovação não ocorre em uma bolha; ela emerge de um processo social de aprendizado não-linear, cumulativo, enviesado cultural e geograficamente, e conformado institucionalmente (da Costa, 2016; Dosi, 1988).

A abordagem evolucionária neoschumpeteriana traça paralelos entre conceitos da teoria da evolução proposta por Charles Darwin e economia para desenvolver uma metáfora evolucionista da inovação. As empresas se comportam espontaneamente sob um conjunto de regras denominadas “rotinas”, um conceito análogo a traços oriundos de um código genético. De maneira análoga à seleção natural, as empresas com rotinas mais adaptáveis possuem maior chance de sobrevivência e dominância no seu “ambiente”. A inovação acontece quando essas rotinas são postas à prova por uma dada pressão do mercado, sendo criadas, modificadas ou destruídas, o que por sua vez pode estimular ou inibir uma nova e subsequente inovação, interna ou externamente à empresa, nesse contínuo de “seleção natural” econômica. As empresas mais adaptadas ao contexto de emergência/surgimento de uma inovação são as que garantem maior lucratividade, e, portanto, maior participação no mercado (Nelson; Winter, 1974, 1982)

Mercados que se tornaram saturados pela maturidade das tecnologias em uso se rejuvenescem através da “introdução de novidades radicalmente diferentes na maneira de produzir, em matérias-primas ou fontes de energia utilizadas, e em novos bens e serviços comercializados e consumidos” (da Costa, 2016, p.291). A operação das empresas está sujeita a inovações radicais, provenientes de novas tecnologias disruptivas que surgem em ondas, trazendo novos paradigmas e com eles, uma nova estrutura de mercado e conduta das empresas. Essas revoluções tecnológicas estão relacionadas às crises financeiras da história e, portanto, trazem consigo um novo paradigma tecnoeconômico, abrindo janelas de oportunidade para empresas, mercados e economias (Lopes, 2016). Assim, a economia capitalista

alterna períodos de expansão e de depressão da atividade econômica em marés baseadas no rejuvenescimento dos mercados (da Costa, 2016).

Revoluções tecnológicas possuem uma trajetória em comum; inicialmente, uma inovação radical determina o aparecimento de um novo produto/tecnologia, que por sua vez é seguido por inovações em sequência em uma “otimização inicial” exploratória e crucial para esse produto/tecnologia; em um momento seguinte, quando as incertezas tecnológicas e mercadológicas básicas desaparecem, as inovações passam a ser incrementais, melhorando qualidade, produtividade e posição de produtores na indústria; finalmente, quando as inovações incrementais perdem flexibilidade e acarretam rendimentos decrescentes, com grandes custos de inovação, o produto/tecnologia entra em sua fase de maturação e tende a ser substituída por um novo ciclo (Hart; Milstein, 1999; Lopes, 2016; Taylor; Taylor, 2012).

A irrupção de uma revolução tecnológica promove, em termos schumpeterianos, um processo de destruição criadora, onde:

“(...) novas empresas surgem, outras desaparecem e muitas combinam novas técnicas produtivas com as antigas, modificando toda a estrutura organizacional e de mercado. (...) Se a concorrência é vista como um processo dinâmico, as inovações acabam sendo as grandes responsáveis por esse fenômeno” (Lopes, 2016, p. 348).

Dentro do modelo neoschumpeteriano, as empresas que melhor adaptarem e criarem rotinas e inovações durante uma revolução tecnológica estão mais propensas a um desempenho superior, incluindo preços, lucratividade e eficiência produtiva (Lopes, 2016). Essa capacidade de inovação das empresas tem relação em um primeiro momento com sua habilidade interna de difusão e absorção de informação, e em um segundo momento, nos seus processos e velocidade no desenvolvimento de novos produtos (Fiol, 1996), bem como na combinação de produtos e indústrias verdadeiramente novas com outras preexistentes (Pérez, 2004).

Sob um aspecto macroeconômico, é possível que tecnologias subótimas predominem por uma ação do mercado, uma falha que exige ação do Estado para o fomento e disseminação de inovações e melhores técnicas; o Estado, portanto, também possui um papel de estimulador geral do processo inovativo, além de agente diluidor de riscos e incertezas. Países em desenvolvimento, em particular, exigem agressividade nas políticas públicas de fomento à inovação por estarem na periferia das revoluções tecnológicas (Czarnitzki; Hussinger, 2018; Lopes, 2016).

A emergência de uma nova tecnologia em uma indústria pode levar a uma reorganização de suas cadeias de valor, o que acontece por três motivos: i) os diversos riscos que acompanham uma inovação faz com que empresas tentem mitigar verticalmente os riscos; ii) o tempo necessário para que uma nova tecnologia desenvolva economias de escala exige parcerias com outras instituições e empresas, tanto em P&D como financeiramente; iii) certas inovações são intrinsicamente sistêmicas, onde diferentes atores da cadeia de valor precisam se adaptar à nova tecnologia (Mac Clay; Sellare, 2022).

As condições de apropriabilidade de um produto ou processo, constitutivas portanto do caráter monopolista e temporário dos lucros realizados pela inovação bem-sucedida, são cruciais para a dinâmica capitalista (Schumpeter, 2017), sendo natural o impulso pela apropriação de uma tecnologia como vantagem competitiva temporária (Albuquerque, 1998).

Entendemos assim a apropriação de uma inovação como questão de tempo (na década de 1980, uma inovação levava de doze a dezoito meses para ser conhecida por pelo menos um rival (Mansfield, 1985)) e ocorrendo de diferentes formas, como as vantagens do pioneiro, as vantagens do inovador pela curva de aprendizado no desenvolvimento de um produto, o segredo industrial, os esforços de vendas e serviços, e finalmente, as patentes. Todas são imperfeitas e, portanto, pressionam pela inovação contínua por parte das empresas (Albuquerque, 1998).

No caso específico das patentes, na prática o inventor recebe o direito a um monopólio temporário sobre sua inovação. As patentes são a forma mais efetiva de proteção de inovação de produto em indústrias onde a especificidade da inovação é facilmente demonstrável, como a composição química de um produto, tema do presente trabalho (Albuquerque, 1998).

Se empresas puderem imitar uma inovação a um custo substancialmente mais baixo do que o do inovador ao ter desenvolvido originalmente a inovação, haverá pouco ou nenhum incentivo para uma inovação continuada de sua parte; proporcionalmente, a dificuldade da reprodução de produtos e processos provoca concentração em uma indústria (Mansfield; Schwartz; Wagner, 1981). Na ocasião de um mercado nascente, empresas pequenas ou desfavorecidas, ainda que em países periféricos, podem aproveitar as oportunidades geradas por inovações disruptivas com ainda poucas barreiras de entrada de forma a dominar tal mercado nascente, em um processo chamado *leapfrogging* (Hart; Milstein, 1999; Tigre; do Nascimento; Costa, 2016)

De forma geral, o mercado favorece produtos inovadores que não exijam uma grande mudança de paradigma na sua produção, que pode ser chamado de “progresso seguro” – o mercado pressiona empresas para produzir novos produtos baseados em recursos e tecnologia já existentes, e assim, apenas 10% dos produtos introduzidos são de fato novos para o mercado e o mundo (Goldenberg; Lehmann; Mazursky, 2001). Sob os olhos do consumidor, uma inovação de sucesso precisa ser simultaneamente nova e fácil de compreender, tirando vantagem da pré-disposição cognitiva do consumidor ao estruturalmente “familiar“, com tendência mais favorável ao sucesso quando há uma percepção do produto como “*low tech*” ou de uso descomplicado (Goldenberg; Lehmann; Mazursky, 2001). Contudo, para que uma sociedade decida pelo uso definitivo de uma dada tecnologia, ela deve possuir um “atrator” bem definido, algo além do mero salto técnico e que deixe clara uma vantagem em custo, seja para o produtor ou usuário final (Pérez, 2004).

A especulação financeira e a euforia tecnológica geradas por tecnologias inovadoras disruptivas provocam “bolhas” de investimento frenético no uso de uma dada tecnologia inovadora no mercado, que ocorrem quando há uma separação da economia real e do capital financeiro; este último passa a voar sozinho e criar uma atmosfera de “apostas” cada vez maiores em uma dada tecnologia. Bolhas serão rompidas uma vez que a tecnologia inovadora passe do seu período introdutório e amadureça seu potencial concreto, falindo empresas e criando outras. A introdução e o avanço de uma tecnologia inovadora não são possíveis sem considerável aporte financeiro, em especial o privado, que inevitavelmente criará tais bolhas (Pérez, 2004).

2.2. Sustentabilidade e inovação

Desde a descrição de Schumpeter (2017) de “ondas de destruição criativa” e de mudanças irresistíveis e irreversíveis, a indústria mudou e inovou em sua produção e uso de recursos naturais, atualmente desafiado pela crescente preocupação com o esgotamento destes recursos, segurança energética e mudança climática, entre outras questões (Hall; Vredenburg, 2003; Schumpeter, 1989, 2017).

Para uma empresa, recursos e produtos são dois lados da mesma moeda; grande parte dos produtos manufaturados exige o emprego de diversos recursos, e grande parte dos recursos pode ser utilizada em diversos produtos. A estratégia de uma empresa sob a perspectiva de gerenciamento e otimização de recursos tangíveis e intangíveis originalmente buscava uma maximização de lucros contínua. Nessa perspectiva da “empresa baseada em recursos”, o objetivo de uma empresa era de criar uma situação em que a sua posição quanto a recursos dificultasse direta ou indiretamente a concorrência, se equilibrando entre a exploração de recursos atuais e o desenvolvimento de novos recursos, o que geraria vantagens competitivas a longo prazo (Barney, 1991; Hart, 1995; Orsato, 2006; Wernerfelt, 1984).

Porter (1998) identificou em 1980 duas formas genéricas de vantagem competitiva, “baixo custo”, quando a empresa adquire vantagem competitiva através do uso eficiente de mão de obra e capital para produzir bens com o menor custo possível, e “diferenciação”, quando a empresa utiliza estratégias para emprestar características únicas a seus produtos ou serviços. A delimitação dessas formas é importante na discussão se a vantagem competitiva de uma empresa em um contexto de sustentabilidade é oriunda de um “posicionamento” como desenvolvido por Porter, ou oriunda da teoria da “empresa baseada em recursos” (Porter, 1991).

Restrições de recursos naturais, no entanto, foram largamente ignoradas na história da teoria da administração, e omitidas pela teoria da empresa baseada em recursos desenvolvida por autores como Barney (1991) e Wernerfelt (1984). Com a emergência do esgotamento de recursos naturais estratégicos, esforços regulatórios e a percepção da insustentabilidade das práticas organizacionais e econômicas do

passado, surge assim uma perspectiva inicialmente ambígua de performance e gestão empresarial baseada em recursos naturais (Aragón-Correa; Sharma, 2003; Hart, 1995; Walley; Whitehead, 1994), mas posteriormente correlacionada positivamente com a performance de empresas (Golicic; Smith, 2013). Produtos sustentáveis ou “verdes” "buscariam proteger ou melhorar o meio ambiente, conservando energia e/ou recursos e reduzindo ou eliminando o uso de agentes tóxicos, poluição e resíduos" (Ottman, Stafford e Hartman, 2006, p.24).

Contrastando com o conceito de inovação direcionada pelo mercado, Hall e Vredenburg (2003) propuseram o conceito de inovação orientada para o desenvolvimento sustentável ou *sustainable development innovation* (SDI), incorporando as contenções das pressões sociais e ambientais e levando em consideração futuras gerações.

Hart (1995) propõe um quadro conceitual de gestão baseada em recursos naturais composto de três estratégias empresariais interconectadas: 1) controle e prevenção de poluição, emissões e dejetos; 2) incorporação de perspectivas de atores externos, como fornecedores e consumidores no design e desenvolvimento de produtos; e 3) desenvolvimento sustentável, em particular relacionado à degradação de recursos naturais de países em desenvolvimento para sustentar o consumo de países desenvolvidos.

As exigências regulatórias de sustentabilidade terminam por ser um fator principal no desenvolvimento de inovações pelas empresas, uma vez que as empresas tendem a se comportar com ceticismo e resistência na transição para a sustentabilidade. Entretanto, é necessário um certo nível de flexibilidade nessas exigências para que as empresas consigam criar vantagens competitivas (Aragón-Correa; Sharma, 2003; Chen, 2001; Dangelico; Pujari, 2010; Walley; Whitehead, 1994).

O desenvolvimento sustentável na prática pode gerar um ciclo schumpeteriano de “destruição criativa” em uma dada indústria, gerando oportunidades para novos entrantes e ameaças potenciais a empresas estabelecidas; há aqueles que propõem a inovação radical como única forma de atender às pressões por sustentabilidade, em contraponto à inovação incremental e gradual, preferida pelas empresas por envolver tecnologias e competências gerenciais pré-existentes na instituição e

menos controversas aos olhos do público (Dangelico; Pujari, 2010; Hall; Vredenburg, 2003; Hart; Milstein, 1999). Hart e Milstein (1999) destacam que a longo prazo as dinâmicas de “destruição criativa” irão contra as empresas baseadas unicamente em melhorias incrementais.

Tecnologias radicais, no entanto, são desafiadoras mesmo fora do conceito de SDI, por se distanciarem da base de conhecimento existente, e exigirem recursos organizacionais, administrativos e de infraestrutura particulares e diferentes, além de terem implicações também entre fornecedores, consumidores e inovadores complementares, ou a cadeia de valor agregado de inovação. Qualquer empresa baseada em inovações potencialmente controversas deve se preparar para uma ampla margem de questões não-técnicas, frequentemente contraditórias, mas inerentes à inovação orientada para o desenvolvimento sustentável (Hall; Vredenburg, 2003)

Há um debate e interesse crescente nos últimos anos ao redor do mundo sobre a compreensão da responsividade/sustentabilidade ambiental por parte das empresas entre acadêmicos, instituições públicas, indústria e organizações não-governamentais. As empresas reconhecem a necessidade de responder de forma apropriada ao desafio da sustentabilidade e gradualmente voltam suas atividades, processos e estratégia ao tema (Pujari, 2006)..

Orsato (2006) oferece uma classificação de diferentes tipos de estratégias ambientais para vantagens competitivas: 1) eco-eficiência, ou o uso eficiente de recursos, em particular os ambientais; 2) liderança além da observância, quando a empresa busca superar expectativas do consumidor no quesito eco-eficiência; 3) *eco-branding* através da promoção de benefícios ambientais claros do produto, certificação e criação de barreiras para imitação de um produto; e 4) liderança de custo ambiental, quando uma empresa baseada em baixo custo busca alternativas para reduzir seu impacto ambiental. O próximo estágio de inovação de tecnologias “limpas” ou *cleantech* prevê também a “desmaterialização” do produto, de tal forma que o comércio passará da venda de bens para a venda de serviços (Ottman; Stafford; Hartman, 2006).

Os motivos que levam empresas a se tornarem “sustentáveis” podem ser muito diferentes e baseados em diferentes abordagens (Albino; Balice; Dangelico, 2009),

mas Bansal e Roth (2000) distinguem três categorias principais de motivação: legitimidade, competitividade e responsabilidade ecológica/social.

A legitimidade engloba a adequação à legislação, auditorias ambientais e o desenvolvimento de redes com comunidades locais; a competitividade, com os benefícios operacionais relacionados à sustentabilidade, como aumento de vendas, diferenciação de produtos e uma maior vantagem competitiva; e a responsabilidade ecológica/social com os valores e obrigações sociais percebidos por uma empresa para com o bem comum (Albino; Balice; Dangelico, 2009; Bansal; Roth, 2000).

A dimensão ambiental, e com ela o gerenciamento de recursos, é central para a sustentabilidade ao tratarmos do desenvolvimento de estratégias e produtos sustentáveis; contudo, a geração de tais estratégias e produtos pode ser facilitada ou dificultada por outras dimensões do ambiente geral de negócios, como complexidade, incerteza e munificência (Albino; Balice; Dangelico, 2009; Aragón-Correa; Sharma, 2003). Os principais desafios da SDI são sua complexidade e ambiguidade administrativa entre os atores envolvidos, e a incerteza científica percebida por parcelas das comunidades acadêmica, política e gerencial, o que torna a sua implantação desafiadora, ainda que pressionada pela sociedade. Contudo, o acúmulo de habilidades necessárias para gerenciar todas as restrições e pressões da SDI, entre mercado e políticas públicas, pode em si mesmo se tornar uma fonte de vantagem competitiva que outras empresas terão dificuldade em replicar (Hall; Vredenburg, 2003; Shrivastava, 1995).

2.3. Desenvolvimento de Novos Produtos

A evolução de novos produtos e serviços é direcionada por forças de mercado, que frequentemente ditam inovações com base em necessidades de mercado, que por sua vez são necessidades de consumidores finais (Goldenberg; Lehmann; Mazursky, 2001). Para Schumpeter (2017), a concorrência real ou potencial de novas mercadorias é a força motriz que abala os alicerces do mercado; o coração do capitalismo é a inovação. Para Trott (2005), o desenvolvimento de novos produtos é um subprocesso da inovação.

O desenvolvimento de novos produtos, ou New Product Development (NPD) pode ser compreendido como “a transformação de uma oportunidade de mercado e um conjunto de premissas sobre a tecnologia de um produto em um produto disponível para venda”, sendo um processo-chave de competitividade em inúmeros mercados (Büyüközkan; Feyzioğlu, 2004; Dwivedi; Karim; Starešinić, 2021; Krishnan; Ulrich, 2001). Como resultado, empresas podem obter um produto ou serviço inédito na empresa, uma inovação radical, ou uma inovação incremental de algo já existente no mercado (Hart; Milstein, 1999; Zabala-Iturriagagoitia, 2012).

Podemos classificar um produto de acordo com sua oferta principal (ou vantagem primária) em seis grupos: 1) Produtos expansores de tecnologia pré-existente (por exemplo, uma combinação de princípios ativos de pesticidas); 2) produtos que atendem a uma necessidade nova e importante (um novo pesticida específico para uma nova praga); 3) produtos que economizam dinheiro ou outros recursos (drones aplicadores de pesticidas); 4) produtos truque-tendência (fidget spinner); 5) produtos focados em um segmento específico (um pesticida com uma formulação específica para uso agrícola e outro com formulação para uso animal); e 6) produtos que formalizam improvisos ou hábitos já existentes dos consumidores (uma diluição de fumo em embalagem com aspersor). Um produto pode se encaixar em uma, ou mais de uma categoria em alguns casos (Goldenberg; Lehmann; Mazursky, 2001)

Na maioria das vezes, o plano ou processo de NPD é uma atividade interdisciplinar, exigindo esforços de praticamente todos os setores de uma empresa (Büyüközkan; Feyzioğlu, 2004; Dwivedi; Karim; Starešinić, 2021). O processo de NPD envolve fases como identificação de oportunidades (geração de ideias e identificação de necessidades de mercado), design e desenvolvimento (posicionamento, segmentação, engenharia e estudos de mercado), testes (produto e pré-lançamento), introdução no mercado e gestão do ciclo de vida. Portanto, essa interdisciplinariedade também pode ser muito relevante para o sucesso do NPD, por existirem evidências dos efeitos positivos da competição no desenvolvimento de novos produtos (Bouncken, Fredrich, Ritala, & Kraus, 2018; Estrada, Faems, & de Faria, 2016; Gerwin, 2004; Gerwin & Ferris, 2004)

Urban e Hauser (1993) delimitam um processo decisório de cinco passos para NPD: oportunidade, identificação, desenho, teste, introdução e gerenciamento do ciclo de vida do produto (Figura 1).

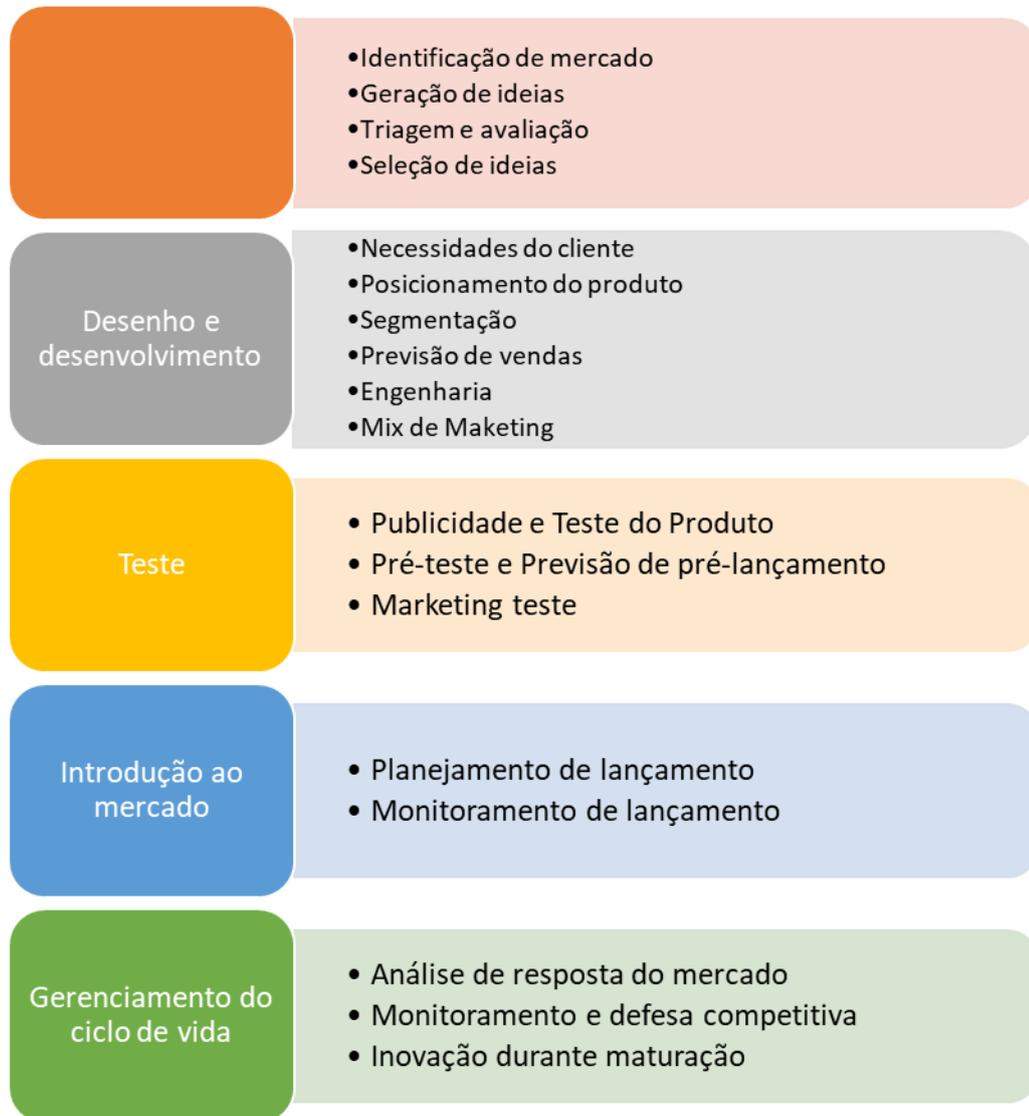


Figura 1: Processo de NPD (Urban; Hauser, 1993)

As atividades relacionadas ao processo decisório constituem uma porcentagem considerável do tempo investido no desenvolvimento de um produto, e determinam a qualidade, inovação e custos do produto final, bem como a eficiência geral da empresa; tais atividades variam entre empresas e dentro da mesma empresa ao longo do tempo, embora o processo decisório em si continue constante (Zabalaiturriagoitia, 2012).

A incerteza é inerente ao NPD, o que torna o projeto também um plano de mitigação de riscos (Büyükközkan; Feyzioğlu, 2004; Dwivedi; Karim; Starešinić, 2021). Entretanto, a perspectiva de dominação do mercado tenta as empresas a assumir o oscilante risco do fracasso de um produto (Dwivedi; Karim; Starešinić, 2021).

Cooper (2019) indica que, globalmente, cerca de 40% de novos produtos fracassam no seu lançamento; Claudy, Peterson e Pagell (2016) indicam 44,5% no caso da indústria química, com cerca de 12 ideias-conceito necessárias para cada sucesso. A taxa de fracasso de novos produtos é alta, e o custo do fracasso é grande; desta forma, o desenvolvimento de um novo produto é complexo e composto por uma quantidade de processos decisórios relacionados a NPD, sendo necessário dividir tais processos em elementos estruturados e gerenciáveis (Büyükközkan; Feyzioğlu, 2004; Zabala-Iturriagagoitia, 2012). A formalização do processo de seleção e desenvolvimento de uma ideia é crucial para mitigar seus riscos, e assim, incrementar suas chances de sucesso (Markham; Lee, 2013).

A incerteza no NPD pode ser dividida em três dimensões: a) Técnica; b) Processual; e c) Mercadológica, cada uma em um espectro entre alta e baixa incerteza. Em uma alta incerteza técnica, tecnologias usadas no desenvolvimento do projeto ou não existem, ou ainda em estágio inicial, ou mudando rapidamente com o tempo; uma baixa incerteza técnica remete a tecnologias estáveis e bem conhecidas pela empresa. Em uma alta incerteza processual, parte significativa de um ou todos os processos de engenharia, marketing e comunicação são relativamente novos, instáveis ou em evolução; em uma baixa incerteza processual, todos os processos já estão estabelecidos e incorporados à organização. Em uma alta incerteza mercadológica, a empresa tem pouca informação sobre o perfil do cliente, como o mercado está segmentado e quais são os canais necessários de distribuição; em contraste, uma baixa incerteza mercadológica a empresa tem dados suficientes sobre clientes e competidores, e os canais são familiares. (Fox *et al.*, 1998)

A complexidade também é um aspecto de incerteza e é um dos principais motivos de um projeto de NPD atrasar, exceder o orçamento previsto ou sofrer de problemas de desenvolvimento, o que exige sua estruturação e gerenciamento. Embora a complexidade tenda a se concentrar no aspecto tecnológico de NPD, há diversas outras fontes, como seu organizacional e processual ou mesmo seu

contexto ou natureza. Em geral a complexidade está relacionada ao tamanho do projeto, número de tecnologias, número de componentes, ineditismo ou número de funções do produto (Kim; Wilemon, 2012).

Mais importante do que a perspectiva de reduzir complexidade é a habilidade de lidar com ela, dada a inevitabilidade do aumento de complexidade de NPD à medida que empresas buscam novas oportunidades de crescimento, ou se adaptam a mudanças tecnológicas ou de mercado (Kim; Wilemon, 2012).

2.3.1. Dimensões do Desenvolvimento de Novos Produtos

Barczak e Kahn (2012) identificam sete dimensões de NPD e suas melhores práticas em uma empresa, sendo elas estratégia, pesquisa, comercialização, processo, clima do projeto, cultura da empresa e métrica, e medição de performance.

Quanto à estratégia, é definição e planejamento de uma visão, o foco em pesquisa e desenvolvimento, gerenciamento de tecnologia, e esforços de desenvolvimento de produto nos níveis de unidade estratégica de negócio, divisão, linha de produção e individual, incluindo a identificação, priorização, seleção e apoio com recursos a projetos preferidos. É a dimensão mais importante. As melhores práticas são: objetivos de NPD bem desenvolvidos e claramente comunicados; projetos em um portfólio alinhados com a estratégia de NPD; e um sistema de gerenciamento de portfólio que possa priorizar projetos chave e garantir equilíbrio no portfólio de projetos (Barczak; Kahn, 2012; Kahn *et al.*, 2012).

Quanto à pesquisa de mercado, é a aplicação de metodologias e técnicas para encontrar, estudar e compreender clientes, competidores e forças macro-ambientais no mercado, exibindo a capacidade da empresa para reunir e usar informação de forma a gerar inovação em projetos de NPD. As melhores práticas são: testes de conceito, produto e mercado serem consistentemente aplicados e esperados em todos os projetos de NPD; cliente/usuário ser parte integral do processo de NPD; e resultados de testes serem formalmente avaliados (Barczak; Kahn, 2012; Kahn *et al.*, 2012).

Quanto à comercialização, são as atividades relacionadas ao marketing, lançamento e gerenciamento do pós-lançamento de um novo produto que estimulem a adoção deste pelo cliente e sua difusão no mercado. As melhores práticas são: planejamento de mercado ser uma parte integral do processo de desenvolvimento; planejamento para o lançamento começar no início do desenvolvimento; e planejamento para o lançamento ser feito por uma equipe intersetorial competente (Barczak; Kahn, 2012).

Quanto ao processo, é a implementação de estágios e etapas de desenvolvimentos para mover um produto da sua concepção ao lançamento, unida à atividades e sistemas que facilitem o gerenciamento de conhecimento entre projetos e a empresa em geral. As melhores práticas são: uso de um processo de NPD formal documentado com estágios bem determinados; foco na qualidade da execução; e ser flexível e adaptável para atender as necessidades de projetos individuais (Barczak; Kahn, 2012; Kahn *et al.*, 2012).

Quanto ao clima do projeto, são formas e caminhos que estruturam e estabelecem o desenvolvimento de um produto internamente à empresa, tanto coletiva como individualmente, incluindo liderança, motivação, gerenciamento e estruturamento de recursos humanos individuais e coletivos. As melhores práticas são: cada projeto ter uma equipe intersetorial constante do início ao fim; cada projeto ter uma liderança clara e identificável; e as atividades de NPD intersetoriais serem coordenadas por comunicação tanto formal quanto informal (Barczak; Kahn, 2012).

Quanto à cultura da empresa, é o sistema de valores do gerenciamento da empresa que direciona tais formas e caminhos que estruturam e estabelecem a ideação e colaboração do desenvolvimento de um produto com parceiros externos, incluindo clientes e fornecedores. As melhores práticas são a alta gerência apoiar o processo de NPD, a utilização de diversas fontes para ideias (fornecedores, clientes, competidores) e o reconhecimento do empreendedorismo interno (Barczak; Kahn, 2012; Kahn *et al.*, 2012).

Quanto a métricas e medição de performance, são a medição, rastreamento, relato do projeto e performance do desenvolvimento de um produto (Barczak; Kahn, 2012). Organizações sofisticadas possuem etapas de progresso e cancelamento bem definidas, com ênfase em critérios estratégicos; as piores práticas dessa

dimensão são 1) falta de métricas; 2) concentração de avaliação de projetos em uma pessoa; e 3) projetos nunca serem abortados (Barczak; Kahn, 2012; Kahn *et al.*, 2012).

Embora tais dimensões sejam todas relevantes à prática de NPD, elas não são equivalentes e estão listadas em ordem de importância, vistos em porcentagem na Figura 2 (Barczak; Kahn, 2012):

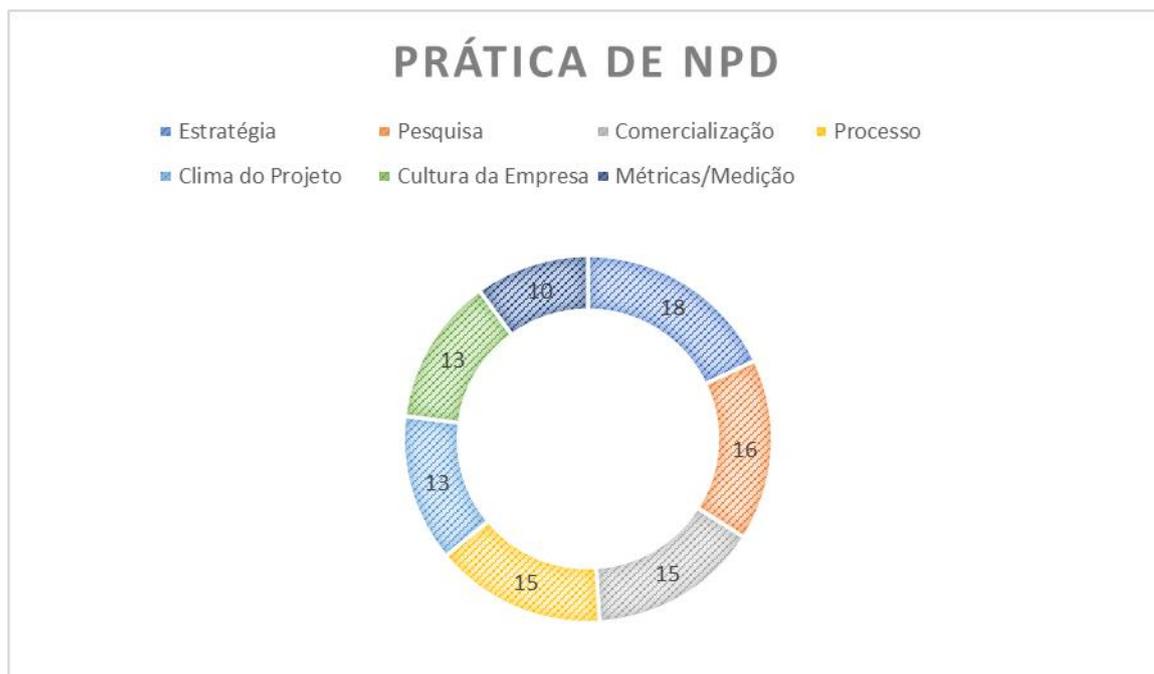


Figura 2: Importância de cada dimensão de NPD em porcentagens (Barczak; Kahn, 2012)

Uma abordagem complementar às dimensões de NPD é a de Fatores Críticos de Sucesso, que resumidamente estabelece fatores independentes contidos em cada fase de NPD; são os mais importantes i) apoio da alta gerência; ii) métrica e objetivos de projeto claros; iii) envolvimento de usuário/cliente; iv) trabalho intersetorial em equipe; v) processo e estratégia de NPD estruturada; vi) inclusão de membros de equipe com experiência em NPD; vii) estabelecimento de uma cultura empreendedora na empresa; viii) comunicação eficiente entre membros de equipe e gerência; ix) alinhamento das atividades do processo de NPD com a estratégia; x) foco em inovação e ideias fora da caixa; xi) disponibilidade de recursos financeiros; e xii) rapidez do processo de NPD (Dwivedi; Karim; Starešinić, 2021).

Academicamente convencionou-se que a única constante na enumeração de fatores de sucesso do NPD é a sua inconstância, por ser altamente contextual (Balachandra; Friar, 1997), dependendo, portanto, também de fatores como competição global, novas tecnologias, parcerias, propriedade intelectual e mídia social, para citar alguns (Markham; Lee, 2013; Moreira; Leonidivna Karachun, 2014). Dado o desafio de interdisciplinariedade inerente ao NPD, a identificação e atualização constante de práticas de NPD são marcas das empresas mais bem sucedidas no desenvolvimento de novos produtos (Claudy; Peterson; Pagell, 2016; Cooper, 2019). Além disso, Cooper (2019) delimitou três tipos básicos de impulsionadores de sucesso do NPD, onde sucesso é uma função dos 1) impulsionadores individuais de um projeto; 2) impulsionadores organizacionais estratégicos de uma empresa; e 3) impulsionadores do sistema e de processos para NPD da empresa.

Quanto aos impulsionadores individuais de um projeto, podem ser em relação à superioridade e singularidade do produto; uma sintonia fina com necessidades de mercado; extenso planejamento do produto; estabilidade na definição do produto; desenvolvimento do produto em ciclo iterativo; desenvolvimento do produto com visão global; e um planejamento adequado do lançamento do produto (Cooper, 2019).

Quanto aos impulsionadores organizacionais, podem ser em relação à empresa ter uma estratégia de inovação e tecnologia; gestão adequada de portfólio; alavancamento de competências centrais, com sinergia interna e território de NPD familiar; abordagem de mercados atraentes; gestão de recursos adequada; equipes intercoordenadas; clima e cultura de empresa adequados; e apoio da alta gestão (Cooper, 2019).

Quanto aos impulsionadores do sistema e de processos para NPD, podem ser em relação à implantação de uma metodologia/sistema pré-existente de NPD de forma disciplinada; agilidade no processo de NPD; o uso de software Agile em metodologia/sistema de NPD; processos de ideação eficientes; e qualidade de execução (Cooper, 2019).

2.3.2. A Sustentabilidade no Desenvolvimento de Novos Produtos

Até o início da década de 2000, eram raras as empresas investidas na inovação sustentável (Hall; Vredenburg, 2003; Walley; Whitehead, 1994). Até então, apesar do grande número de ferramentas e métodos supostamente capazes de auxiliar o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis, pouco havia sido estabelecido no campo de desenvolvimento de novos produtos ambientais, ou *environmental new product development* (ENPD), também conhecido por *ecodesign* (Berchicci; Bodewes, 2005; Johansson, 2002).

O objetivo do ENPD, que engloba desde o redesenho de produtos no mercado à criação de novos produtos e serviços com preocupação ambiental, é reduzir o fardo ambiental através do design e inovação de produtos (Berchicci; Bodewes, 2005; Pujari; Wright; Peattie, 2003), levando à criação de novas oportunidades para as empresas, como a abertura de novos mercados, tecnologias e arenas de produtos (Dangelico; Pontrandolfo; Pujari, 2013). Dangelico e Pujari (2010) delimitam três tipos de foco ambiental no desenvolvimento de um novo produto: 1) uso de matéria prima; 2) energia; e 3) poluição, que por sua vez representam os maiores impactos no ambiente nos diferentes momentos do ciclo de vida de um produto: processo de manufatura, uso do produto e descarte.

A orientação para a sustentabilidade pode aumentar a performance do desenvolvimento de novos produtos e tem correlação com a performance em uma empresa de alta tecnologia. É uma fonte importante de diferenciação de vantagem competitiva, e um fator potencial no rejuvenescimento de indústrias maduras em países desenvolvidos (Dangelico; Pontrandolfo; Pujari, 2013; Du; Yalcinkaya; Bstieler, 2016; Hart; Milstein, 1999).

Entre diversos sucessos e fracassos, o desenvolvimento de novos produtos sob a égide da sustentabilidade é em geral induzida por políticas públicas ou direcionada pelo mercado, raramente originando inovações disruptivas (caso da energia eólica ou carros elétricos); a maior parte de inovações sustentáveis é incremental ou evolucionária (caso de têxteis orgânicos e matérias primas recicladas ou recicláveis), principalmente na iniciativa privada (Dangelico; Pujari, 2010; Pujari, 2006).

O debate sobre sustentabilidade entre os diversos atores da sociedade não é claro em relação ao desenvolvimento de novos produtos, embora seja aceito um equilíbrio entre os compromissos financeiros, sociais e ambientais, chamado de “resultado final triplo” ou *triple bottom line* (Elkington, 1997; Pujari, 2006).

Existem desafios no desenvolvimento de produtos sustentáveis, como a necessidade de recursos adicionais de P&D, novas atividades no processo de desenvolvimento, e novas cadeias para o descarte de produtos, além da densa complexidade das questões ambientais. Desenvolver um produto “sustentável” envolve fatorar a sustentabilidade em sua concepção, planejar o seu ciclo de vida na íntegra, da fabricação ao descarte, e gerenciar tanto o escrutínio público que isso gera como os interesses conflitantes dos diversos atores envolvidos (Dangelico; Pontrandolfo; Pujari, 2013; Johansson, 2002; Shrivastava, 1995).

Alguns fatores cruciais para a implantação/adoção do ENPD em uma empresa são a formalização de um sistema de gerenciamento ambiental, a presença de um coordenador ambiental, a integração de profissionais ambientais, o envolvimento de clientes e fornecedores, e o apoio da alta gerência (Berchicci; Bodewes, 2005; Johansson, 2002; Pujari; Peattie; Wright, 2004). Dangelico e Pujari (2010) também citam a necessidade de incentivos do Estado na iniciativa privada pelo alto custo inicial de desenvolvimento de novos produtos sustentáveis.

A colaboração e troca de informação tanto entre atores externos e internos tem papel fundamental na integração de questões de sustentabilidade no desenvolvimento de novos produtos. Um ENPD eficiente exige conhecimento sobre impactos e tecnologias ambientais tanto internas quanto externas à empresa, tendo como fontes de informação concorrentes, consultores, universidades, reguladores e o governo (Dangelico; Pontrandolfo; Pujari, 2013). Assim, maiores níveis de orientação para a sustentabilidade desenvolvem um maior conhecimento sobre consumidores e competidores que conseqüentemente facilita o sucesso do desenvolvimento de um novo produto (Claudy; Peterson; Pagell, 2016)

Algumas diferenças importantes entre o NPD convencional e o ENPD, portanto, são: 1) consideração maior pela satisfação do consumidor; 2) foco no ciclo de vida de um produto físico; 3) foco no design para o destino final do produto no fim

da vida útil; 4) uma perspectiva ampliada da cadeia de suprimentos e seu impacto ambiental (Dangelico; Pujari, 2010; Pujari; Wright; Peattie, 2003).

Pujari (2006) delimita fatores de sucesso para o desenvolvimento de novos produtos sustentáveis, como 1) pré-proficiência da empresa em sustentabilidade; 2) abordagem coordenada de múltiplas equipes; 3) envolvimento dos fornecedores de matéria prima no NPD; 4) concepção do produto como sustentável e com perspectiva de seu ciclo de vida; e 5) foco no mercado.

Integrar atributos sustentáveis e convencionais em um produto é um dos principais desafios do ENPD (Dangelico; Pujari, 2010). Um dos erros comuns no ENPD é a “miopia do marketing verde”: um produto promovido como “sustentável” por uma empresa pode não ser atraente aos consumidores a não ser que também ofereça outros benefícios desejáveis, como economia de custos ou performance superior, sob pena de ficar restrito a um nicho específico. Há pelo menos cinco benefícios desejáveis que precisam estar associados a produtos “verdes” de forma a extrapolar o caráter “meramente” sustentável para uma perspectiva mais tangível ao consumidor, sendo eles 1) eficiência e economia de custos; 2) saúde e segurança; 3) performance superior; 4) simbolismo e status; e 5) conveniência. Se um produto “verde” não oferece nenhum destes cinco benefícios desejáveis, outros benefícios tangíveis precisam ser atrelados à abordagem de sustentabilidade no seu marketing (Dangelico; Pujari, 2010; Ottman; Stafford; Hartman, 2006). As características sustentáveis promovidas em um produto, no entanto, exigem especificidade e significância para que sejam críveis. Uma das maneiras de emprestar tal credibilidade, por exemplo, é o uso de certificações na origem da matéria-prima e/ou manufatura (Dangelico; Pujari, 2010; Ottman; Stafford; Hartman, 2006).

A proliferação do mercado de consumo “verde” junto com as pressões pelo desenvolvimento de produtos sustentáveis dá luz ao fenômeno de *greenwashing*, onde empresas de baixa performance ambiental comunicam uma performance ambiental positiva falsa e dolosa. Abordagens de *greenwashing* incluem omissão de informações relevantes e comunicação “verde” sem engajamento concreto (incluindo o uso de certificados “frios” e comunicação visual que remeta à “natureza”)(de Freitas Netto *et al.*, 2020).

2.4. Panorama dos pesticidas na produção alimentar

2.4.1. Trajetória dos pesticidas sintéticos e biopesticidas

2.4.1.1. Pesticidas sintéticos na produção alimentar

A produção de alimentos na maior parte do mundo tem atualmente como um de seus pilares o uso de pesticidas sintéticos. São produtos em alta demanda; um aumento de 1% de colheitas por hectare é acompanhado por um aumento de 1,8% em uso de pesticida por hectare (Schreinemachers; Tipraqsa, 2012).

Pesticidas constituem uma ampla classe de compostos projetados para matar ou controlar pragas variando de insetos e ervas daninhas a micro-organismos e roedores. O termo "pesticida" inclui herbicidas, inseticidas, fungicidas e fumigantes (Hoppin; LePrevost, 2017). A presente dissertação se concentrará nos inseticidas e acaricidas, mas inevitavelmente abordará suas outras classes pontualmente.

A história da produção de pesticidas começa com uma evolução de elementos tóxicos naturalmente ocorrentes e não-seletivos de amplo espectro para finalmente elementos biológicos e sintéticos altamente específicos a uma determinada praga. Na antiguidade, substâncias químicas disponíveis na natureza e venenos simples eram a base do controle de pragas. Eram altamente persistentes, não seletivos e geralmente tóxicos, como arsênico, flúor e chumbo como inseticidas, cinzas, sais e resíduos de fundição como herbicidas, e giz, cinzas de madeira e enxofre como fungicidas (Bhattacharyya; Barik; Ganguly, 2009; Casida; Quistad, 1998).

Dos anos 1800 até o início do século XX, os pesticidas incluíam biopesticidas como tabaco, neem e eucalipto, rotenona e piretrinas. Durante esse período, compostos de enxofre e cobre eram utilizados para doenças em frutas, vegetais e plantas ornamentais (Bhattacharyya; Barik; Ganguly, 2009; Casida; Quistad, 1998; Maia; Moore, 2011).

A evolução da pesquisa com biopesticidas no início do século XX levou a uma compreensão da existência de ingredientes ativos e abriu caminho para o desenvolvimento de pesticidas sintéticos. Na década de 1930 inicia-se a era

moderna dos pesticidas orgânicos sintéticos, com a introdução do 2,4-D em 1940 para controle de ervas daninhas em cultivos de grãos, além de organomercuriais e organoclorados, como o DDT, para controle de insetos, com uso intensificado no pós-Segunda Guerra Mundial, inclusive no Brasil. Novas classes de inseticidas chamadas organofosforados foram introduzidas na década de 1960, com menor efeito residual em comparação com seus predecessores (Bhattacharyya; Barik; Ganguly, 2009; Casida; Quistad, 1998; Freitas; Bombardi, 2018; Kobayashi; Hochman, 2016). O desenvolvimento contínuo de novas moléculas mais seletivas levou ao surgimento da triazina, herbicida que por sua vez levou ao desenvolvimento do glifosato na década de 1970. Fungicidas de amplo espectro como o clorotalonil surgiram nesse período, juntamente com a classe de inseticidas piretróides sintéticos (Bhattacharyya; Barik; Ganguly, 2009).

Em 1960, a indústria contava com cerca de 100 princípios ativos disponíveis. Apesar da publicação do livro "Primavera Silenciosa" de Rachel Carson em 1962, considerado um marco importante para esforços de regulação, melhoramento da segurança e redução do impacto ambiental dos produtos pesticidas, a indústria saltou para cerca de 600 princípios ativos sintéticos disponíveis globalmente (Figura 3, entre inseticidas, fungicidas e herbicidas, com investimento constante em pesquisa e desenvolvimento dos seus *players* nos últimos 50 anos (Phillips McDougall, 2018; Shattuck, 2021).

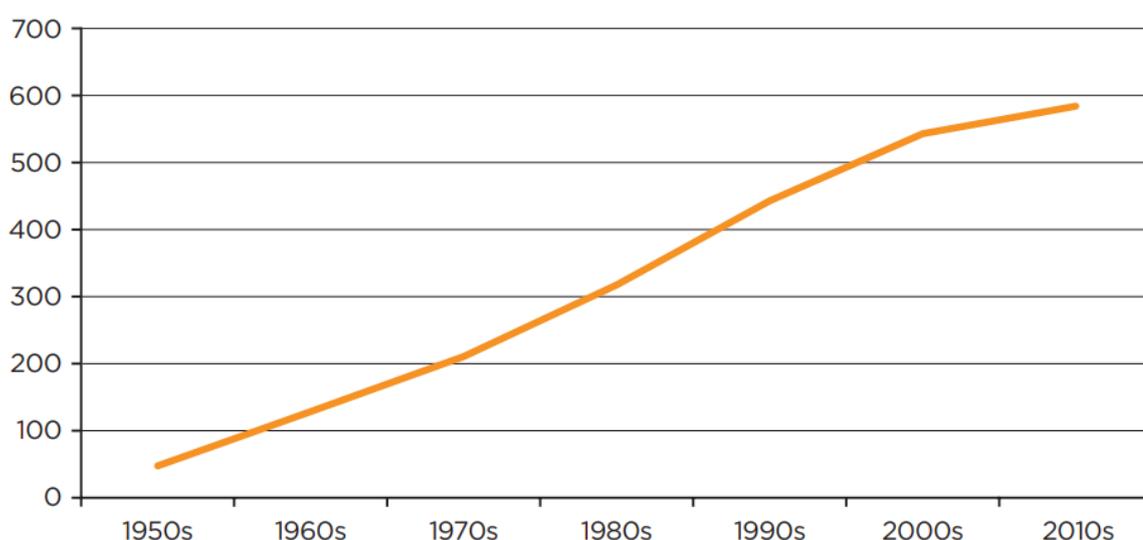


Figura 3: Número total de ingredientes ativos de pesticidas sintéticos disponíveis globalmente (Phillips McDougall, 2018)

Há também a tecnologia de pesticida sistêmico, como o tratamento de sementes de culturas como milho e soja com neonicotinóides, o que incorpora a molécula pesticida ao tecido vegetal da planta em sua integridade, inclusive pólen, em teoria a protegendo de ser destruída por pragas (Alemanno, 2013). O desenvolvimento de pesticidas sistêmicos levou em seguida à primeira geração de transgênicos, com a primeira inserção de genes do *Bacillus thurgensis* para a produção de proteínas inseticidas como metabólitos secundários no algodão em 1995 (Andow *et al.*, 2008).

No Brasil, os pesticidas sintéticos foram inicialmente utilizados no combate a vetores e controle de parasitas, com maior adoção a partir dos anos 1960 na agricultura; em 1975, o Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) condicionou o crédito rural ao uso de pesticidas, o que foi instrumental para a disseminação do seu uso no país (Mello; Silveira, 2012; OPAS, 1997).

Dois dos principais problemas na produção alimentar atualmente são a excepcional resistência de artrópodes a inseticidas sintéticos, e a toxicidade residual destes pesticidas na saúde animal e humana, e no meio ambiente (Pimentel, 2005; Sparks; Nauen, 2015),

2.4.1.2. A emergência de resistência em artrópodes provocada por pesticidas sintéticos

A dependência excessiva do uso de pesticidas sintéticos como estratégia de controle de pragas culminou em um dos problemas mais sérios da produção de alimentos e saúde pública: a resistência de pragas a pesticidas sintéticos (Haddi *et al.*, 2023).

O primeiro artigo acadêmico descrevendo uma resistência a pesticidas foi publicado há mais de um século, relatando a resistência do piolho-de-São-José (*Diaspidiotus perniciosus*) a enxofre de lima (Melander, 1914). Apenas 11 resistências foram documentadas nos 38 anos seguintes; finalmente, após a

introdução do DDT, houve uma explosão de relatos. Em 1980, pelo menos 428 espécies de artrópodes eram reconhecidamente resistentes a pesticidas sintéticos (Forgash, 1984). Em 1991, a FAO publicou um relatório que incluía 504 espécies resistentes a um ou mais compostos pelo mundo, cobrindo 200 compostos pesticidas. Nos anos 2000, haviam relatos de 533 espécies de artrópodes com resistência a uma ou mais classes de inseticidas (Mota-Sanchez; Bills, 2002).

A Arthropod Pesticide Resistance Database relata atualmente 630 artrópodes com resistência conhecida. Destes, 369 são de relevância agrícola, 213 são de relevância veterinária ou médica e 45 são benéficos ou são predadores naturais de pragas.

	Espécie	Família - Ordem	Número de compostos a que apresenta resistência	Número de casos de resistência relatados	Ano do primeiro relato
1	<i>Plutella xylostella</i>	Plutellidae – Lepidoptera	101	1022	1953
2	<i>Tetranychus urticae</i>	Tetranychidae -Acari	96	558	1943
3	<i>Myzus persicae</i>	Aphididae - Homoptera	85	495	1955
4	<i>Bemisia tabaci</i>	Aleyrodidae – Homoptera	68	720	1981
5	<i>Musca domestica</i>	Muscidae - Diptera	65	425	1947
6	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	Chrysomelidae - Coleoptera	56	306	1955
7	<i>Helicoverpa armigera</i>	Noctuidae – Lepidoptera	55	891	1969
8	<i>Aphis gossypii</i>	Aphididae – Homoptera	52	346	1965

9	<i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	Ixodidae - Acari	50	562	1947
10	<i>Panonychus ulmi</i>	Delphacidae - Homoptera	48	203	1951
11	<i>Blattella germanica</i>	Blattellidae - Blattodea	45	282	1956
12	<i>Spodoptera exigua</i>	Noctuidae – Lepidoptera	43	675	1960
13	<i>Culex quinquefasciatus</i>	Culicidae - Diptera	43	338	1952
14	<i>Spodoptera litura</i>	Noctuidae - Lepidoptera	42	698	1965
15	<i>Aedes aegypti</i>	Culicidae - Diptera	42	602	1960

Tabela 1: 15 espécies de artrópodes com mais relatos de resistência no mundo (Michigan State University, 2024)

Embora a Tabela 1 liste as 15 espécies mais resistentes a pesticidas sintéticos, não significa que as outras 615 espécies menos relatadas são desimportantes, uma vez que, em última análise, compartilham fatores genéticos, biológicos e operacionais que colaboraram com a emergência dos 15 mais resistentes; todos os casos de resistência são importantes e precisam ser analisados sob o contexto de produção agrícola e animal, saúde humana, área geográfica e demais fatores (Mota-Sanchez; Bills, 2002).

O conceito de resistência a pesticidas foi originalmente descrito pela OMS em 1957 como uma resistência de uma determinada população de uma espécie a um dado pesticida em comparação a indivíduos “normais” daquela espécie; após quase um século de exposição de artrópodes a diferentes pesticidas, tal definição se tornou datada pela crescente dificuldade de encontrarmos esse “normal”. Posteriormente, a definição de resistência foi flexibilizada e evoluiu para um descrever processo microevolucionário, onde a adaptação genética provocada ou catalisada por pesticidas em populações de artrópodes resulta em maiores desafios de controle (Whalon; Mota-Sanchez; Hollingworth, 2008).

Espécies destrutivas, selecionadas involuntariamente ao longo de décadas, desenvolveram resistência e resistência cruzada a inseticidas por meio de dois mecanismos básicos: i) pela expressão de enzimas metabólicas que rapidamente tornam os ingredientes ativos ineficientes; ou ii) pela seleção de alelos mutantes raros que conferem resistência nos sítios-alvo do ingrediente ativo a nível molecular (Bass; Field, 2011; Jeschke, 2020). Ademais, quanto mais um pesticida sintético é usado, maior a probabilidade do seu organismo-alvo desenvolver resistência (Gould; Brown; Kuzma, 2018).

O prejuízo causado pela transmissão de patógenos e a morbidade de animais de produção, como no caso de carrapatos, também foi pretexto para o uso indiscriminado de pesticidas sintéticos na produção animal, como a aplicação de acaricidas em bovinos, na prática um banho de forte efeito residual que promove uma seleção ativa a indivíduos resistentes (Mota-Sanchez; Bills, 2002). O controle do carrapato *Rhipicephalus microplus*, espécie de carrapato mais resistente conhecida atualmente (Tabela 1), se baseia há décadas no uso intensivo de acaricidas e lactonas macrocíclicas convencionais, o que desenvolveu altíssima resistência a todas as classes principais de acaricidas (Rodriguez-Vivas; Jonsson; Bhushan, 2018).

Tal aumento histórico de resistência culminou em uma preocupação de governos e da própria indústria em relação ao gerenciamento de resistências em pragas (Casida; Quistad, 1998; Roush, 1989). Assim, comitês de monitoramento e gerenciamento de resistência foram criados para insetos (IRAC), fungos (FRAC) e herbicidas (HRAC) (Mota-Sanchez; Bills, 2002).

O International Insecticide Resistance Action Committee (IRAC), um comitê interempresarial formado em 1984, atualiza constantemente uma classificação de inseticidas e acaricidas em 36 grupos por mecanismo de ação (MoA), de forma a facilitar o gerenciamento de resistência por aqueles envolvidos diretamente com a produção rural (Andow *et al.*, 2008; IRAC, 2023, 2024; Whalon; Mota-Sanchez; Hollingworth, 2008). No Brasil, o Comitê Brasileiro de Ação a Resistência a Inseticidas (IRAC-BR) foi criado em 1997 nos mesmos moldes (IRAC-BR, 2024).

O IRAC desenvolveu o seguinte critério de resistência:

“Uma mudança hereditária na sensibilidade de uma população de praga que se reflete no fracasso repetido de um produto de atingir o nível esperado de controle quando usado de acordo com a recomendação do rótulo para essa população.” (IRAC, 2023, p4.)

O gerenciamento de resistência a inseticidas (*Insect Resistance Management - IRM*) procura prevenir ou retardar o desenvolvimento de resistência em pragas através de estratégias, táticas e ferramentas que reduzam a pressão seletiva de pesticidas sintéticos, como i) a diversificação, com combinação e alternância, de fontes de controle; ii) o monitoramento de alelos de resistência de baixa frequência a campo; iii) modelagem para previsão de desenvolvimento de resistência; e/ou iv) facilitar a sobrevivência ou imigração de indivíduos susceptíveis que diluam a frequência genética de indivíduos resistentes em uma população de pragas (Andow *et al.*, 2008; IRAC, 2023; Mota-Sanchez; Bills, 2002). O principal desafio de um programa de gerenciamento de resistência é desenvolver a forma mais eficaz de gerenciar resistências com o menor uso possível de pesticidas, de forma a preservar a eficácia dos inseticidas existentes (Andow *et al.*, 2008; IRAC, 2023).

2.4.1.3. O uso veterinário de pesticidas sintéticos

O filo Arthropoda inclui os ectoparasitas veterinários conhecidos, tanto na classe Insecta como também na classe Arachnida, que no caso envolve ácaros e carrapatos. Ectoparasitas provocam efeitos físicos diretos em seus hospedeiros, com a morbidade do animal, e indiretos, com a transmissão de agentes patológicos, provocando imensas perdas econômicas, e portanto, são de grande interesse para o agronegócio. Assim surgiu a demanda por produtos ectoparasiticidas, em particular inseticidas e acaricidas (Taylor, 2001).

A escolha de uso de um ectoparasiticida depende não apenas do tipo de ectoparasita infectante, mas também do tipo de produção animal. Parasitas que habitam permanentemente o hospedeiro são controlados de maneira relativamente fácil, desde que não sejam reinfectados com o contato com animais infectados;

parasitas não-permanentes, como carrapatos, moscas e pulgas, não oferecem tal facilidade pela variedade de estágios, habitats e hospedeiros em seus ciclos de vida (Taylor, 2001).

Inicialmente o método mais utilizado de controle de pragas em animais de produção era de forma tópica, com pesticidas sintéticos adaptados do uso agrícola, como neonicotinóides e fipronil. Eventualmente avanços foram feitos no mercado de animais de companhia e no desenvolvimento de formulações desenhadas principalmente para aplicação facilitada, maior ação residual ou ampliação de espectro. Portanto, atualmente os ingredientes ativos agem ora de forma sistêmica, metabolizados internamente pelo animal e administrados parenteralmente, oralmente ou topicamente, ou por contato direto com o parasita alvo, administrados topicamente. Praticamente todos os ectoparasiticidas são neurotóxicos, mas por terem diferentes farmacocinéticas, eles exigem diferentes formulações para diferentes parasitas (Simon-Delso *et al.*, 2015; Taylor, 2001), também sofrendo com resistências de seus alvos e toxicidade animal, humana e ambiental (Taylor, 2001).

Os principais grupos de ectoparasiticidas são: 1) formamidinas, representadas pelo amitraz; 2) lactonas macrocíclicas, representadas pelas avermectinas; 3) carbamatos, relacionados com organofosforados e representados por carbaril e propoxur; 4) organoclorados, representados pelo DDT; 5) nitroguanidinas, relacionadas com a nicotina e representadas pelo imidacloprid; 6) organofosforados, extremamente tóxicos para vertebrados e em desuso na produção animal; 7) fenilpirazóis, representados pelo fipronil; 8) piretrinas e piretróides sintéticos, como cipermetrina, deltametrina e permetrina; 9) inibidores de crescimento de insetos, de uso limitado a pulgas e moscas; e 10) análogos de hormônios juvenis de artrópodes (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014; Taylor, 2001). As formas de administração envolvem concentrados, pós, sprays, imersão, injeções, *pour on*, xampus, coleiras, uso de brincos impregnados com acaricidas ou dispositivos impregnados com feromônios e acaricidas dependendo do parasita e hospedeiro (George; Pound; Davey, 2004; Taylor, 2001).

2.4.1.3.1. *Acaricidas sintéticos na avicultura*

Ácaros provocam grandes perdas na avicultura, em particular ácaros hematófagos como o ácaro vermelho (*Dermanyssus gallinae*), ácaro da pena (*Ornithonyssus sylviarum*) e piolho dos ninhos (*Ornithonyssus bursa*). Tais parasitas provocam estresse e desconforto nos animais afetados, crescendo mais lentamente e ganhando menos peso, afetando, portanto, a qualidade de carne e produção de ovos, e aumentando custos de produção com alimentação, medicação e descarte de aves e ovos infestados. Tais ácaros também são vetores de doenças como Marek, Gumboro e *Salmonella spp.* (CHIRICO *et al.*, 2003; De Luna *et al.*, 2008; Schmidt *et al.*, 2024; Sigognault Flochlay; Thomas; Sparagano, 2017).

Os principais pesticidas sintéticos usados na avicultura são formulados à base de carbamatos, seguidos por amidinas, piretróides e organofosforados (a maioria não registrada para este fim), estes dois últimos tendo gerado resistência em todos os organismos-alvo e grande dificuldade de controle pelo uso indiscriminado após a Segunda Guerra Mundial, exigindo na avicultura atualmente o uso de medidas preventivas como pedilúvios, quarentenas, limpezas e desinfecções regulares dos aviários, bem como monitoramento constante (Johann; Dalmoro; Maciel, 2019; Marangi *et al.*, 2012; Schmidt *et al.*, 2024).

2.4.1.3.2. Acaricidas sintéticos na bovinocultura

Carrapatos são as pragas veterinárias mais importantes economicamente, em particular na bovinocultura de países tropicais; além de provocarem morbidade no animal parasitado, também transmitem agentes infecciosos como *Babesia bovis*, *Babesia bigemina* e *Anaplasma marginale*, provocando a Tristeza Parasitária Bovina (TPB), além exigirem custos com tratamento, mão de obra, perda de produção e vazios sanitários (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014).

Ao longo do século XIX, com o aumento da bovinocultura no mundo para responder à demanda de países recentemente industrializados, já havia sido feita uma correlação entre infestações de carrapatos e epizootias desastrosas em rebanhos, e a transmissão destas pelo movimento e introdução de animais infectados em áreas até então não afetadas. No final do século XIX, soluções incluíam aplicar uma mistura de banha com enxofre nas laterais e membros do

animal, misturas envolvendo querosene com óleo de semente de algodão e petróleo cru, e posteriormente, mergulhar os animais em soluções com arsênico (George; Pound; Davey, 2004).

A toxicidade do arsênico para os animais e o desenvolvimento de resistência dos carrapatos ao arsênico levou à substituição do uso do arsênico por inseticidas sintéticos após a 2ª Guerra Mundial, em particular organoclorados como o DDT, que geraram novamente rápida resistência cruzada entre *Rhipicephalus microplus*, *R. decoloratus* e *R. appendiculatus*, além de demonstrarem alta persistência no ambiente e se acumularem em tecido adiposo. Seus sucessores, organofosforados, eram instáveis, e, portanto, menos persistentes no ambiente, mas altamente neurotóxicos, e também geraram nova resistência, desta vez cruzada com carbamatos, outra classe de pesticidas. Na década de 1970, o amitraz passou a ser usado no controle de carrapatos em banhos de imersão, além de piretróides em combinação com organofosforados, o que também permitiria o tratamento contra mosca-dos-chifres (George; Pound; Davey, 2004).

Com o surgimento de resistências de carrapatos a tais pesticidas sintéticos tópicos, endectocidas também passaram a ser usados de forma sistêmica na produção animal contra ectoparasitas, com o uso de lactonas macrocíclicas de amplo espectro como ivermectina a partir da década de 1980, e que por sua vez, também enfrentam o desenvolvimento de resistência até os dias de hoje, inclusive no Brasil (George; Pound; Davey, 2004; Lanusse *et al.*, 1997; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014; Rodriguez-Vivas; Jonsson; Bhushan, 2018).

2.4.1.3.3. *Resíduos tóxicos de pesticidas veterinários em produtos animais e a sua monitoração no Brasil*

Uma das primeiras classes pesticidas com efeitos tóxicos agudos em seres humanos a serem desenvolvidos foram organofosforados, primeiramente documentados em 1932, da seguinte forma:

“Interessante é o forte efeito dos ésteres alquílicos do ácido monofluorofosfórico no organismo humano. Os vapores dessas substâncias têm um odor agradável e intensamente aromático.

No entanto, alguns minutos após a inalação, surge uma forte pressão na garganta, acompanhada de falta de ar. Em seguida, ocorrem ligeiros distúrbios de consciência e fenômenos de ofuscamento com uma dolorosa hipersensibilidade dos olhos à luz (Langue & Krueger, 1932, p. 1599).

Posteriormente, Schrader e Kukenthal descobriram o efeito neurotóxico de organofosforados em insetos, humanos e animais, que foram então produzidos em massa como armamento químico na Segunda Guerra Mundial pela Alemanha como segredo de Estado, mas não chegaram a ser utilizados no campo de batalha. Ao final da guerra, o *know-how* químico nazista foi adaptado para a produção agrícola (Delfino; Ribeiro; Figueroa-Villar, 2009; Hilmas; Smart; Hill, 2008; Jag; Dharman, 2003).

Até o final da década de 1950 a opinião pública era de que pesticidas eram inofensivos à saúde humana e meio ambiente; a publicação do livro “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson em 1962 alterou radicalmente essa percepção e colocou a indústria agroquímica na defensiva com a pressão por ingredientes ativos mais seguros, com um aumento de regulação e exigência de testes toxicológicos no que até então era uma indústria praticamente desregulamentada (Casida; Quistad, 1998).

Os pesticidas organoclorados como o DDT, por exemplo, foram amplamente empregados contra ectoparasitas de bovinos no Brasil e seu uso foi restrito a combate de vetores e formigas pela Portaria 329 de 02/09/1985 (Mello; Silveira, 2012). Ainda que um pesticida sintético não provoque uma intoxicação aguda, ele pode operar em uma escala de tempo difícil de ser estudada quanto à toxicidade; certos pesticidas (em particular organoclorados) persistem não apenas no ambiente, mas também no tecido adiposo de organismos vivos (Galt, 2008). É o caso do DDT, que não se sabia comprovadamente que causava câncer em humanos até 2015, quando um estudo constatou que mulheres cujas mães foram expostas ao DDT durante a gravidez na década de 1960 tinham quatro vezes mais chances de desenvolver câncer de mama (Cohn et al., 2015).

No Brasil um terço dos alimentos consumidos diariamente está contaminado por resíduos pesticidas, inclusive produtos de origem animal (Carneiro

et al., 2015; Nicholls; Altieri, 1997); certas classes de pesticidas, como neonicotinóides, estão presentes na dieta do mundo inteiro (Lu et al., 2018). A contaminação de carne, ovos e leite com pesticidas é subestimada pela alta perecibilidade dos produtos e complexidade da análise química, e são frequentemente vendidos antes dos resultados laboratoriais serem disponibilizados (Masiá et al., 2016; Pimentel, 2005).

Monitorar resíduos tóxicos em alimentos é uma questão de saúde pública; pesticidas sintéticos possuem relação com o desenvolvimento de doenças neurodegenerativas como Parkinson e Alzheimer a longo prazo na população, e outras síndromes neuropáticas a curto e médio prazo em geral irreversíveis (Casida; Durkin, 2013; Centro de Controle de Intoxicações de Niterói - RJ, 2000; Hatcher; Pennell; Miller, 2008; Pimentel, 2005). É um problema particularmente importante pelo fato de pesticidas sintéticos serem altamente persistentes no ambiente, e devido às suas longas meias-vidas, permanecerem no corpo humano por décadas, causando também outros efeitos à saúde, como erupções cutâneas, atrasos no desenvolvimento e câncer, dependendo do nível de exposição (Gilden; Huffling; Sattler, 2010; Pimentel, 2005).

Produtos de origem animal podem ser contaminado por resíduos de pesticidas como ectoparasiticidas, alimentação oriunda de plantas tratadas com pesticidas, ou instalações como currais pulverizadas com pesticidas, podendo se acumular na carne, gordura e ovos em níveis tóxicos para consumo; no caso de leite e ovos em pó, o processo de pasteurização não os inativa. Também podem ocorrer com a adição de ingredientes contaminados a alimentos, como frutas em iogurtes (Marangi *et al.*, 2012; Mello; Silveira, 2012; Salas *et al.*, 2003).

A aplicação de pesticidas em animais precisa necessariamente obedecer a períodos de carência específicos, para que não superem os Limites Máximos Tolerados de contaminantes em alimentos, estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) através da RDC nº 722/2022. A ANVISA é responsável por controlar e fiscalizar resíduos de medicamentos veterinários em alimentos, segundo a Lei n. 9.782 de 26/01/1999 (ANVISA, 2022b; BRASIL, 1999; Mello; Silveira, 2012).

2.4.1.3.4. O acompanhamento do uso de ectoparasiticidas na produção animal do Brasil

A Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) foi criada em 1973, de forma a desenvolver uma autonomia tecnológica e posição de destaque do Brasil na produção de alimentos, fibras e energia no cenário internacional (Embrapa, 2024). Junto com a Emater (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural) e atrelada ao MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária), é responsável por assistência técnica e monitoramento de saúde animal no país (Embrapa, 2008).

Já início da década de 1990 a Embrapa estimava que 80% das dosificações para controle de parasitas eram aplicadas inadequadamente na produção animal, inclusive em espécies de pragas já resistentes. Apesar dos esforços de monitoramento e controle de pragas como mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans*) na bovinocultura de corte e carrapatos na bovinocultura de leite, por exemplo, fortes resistências continuam a ser desenvolvidas pela má aplicação dos principais ingredientes ativos disponíveis no mercado por parte dos produtores (Embrapa, 2008; Oliveira *et al.*, 2015)

2.4.1.4. Biopesticidas na produção alimentar

O paradoxo dos pesticidas sintéticos reside no fato de que quem os defende deve garantir a segurança de seu uso, ainda que seu propósito básico seja prejudicar organismos vivos (Mansfield *et al.*, 2023).

Com o advento do DDT como inseticida em 1939 e sua eficácia “inacreditável” contra diversas pragas na época, os biopesticidas usados domesticamente e na agricultura ao redor do mundo até então foram subitamente abandonados, em um lucrativo frenesi de desenvolvimento de novos ingredientes ativos pela indústria química. Alguns biopesticidas, como a piretrina, foram modificados e transformados em piretróides sintéticos. Tal frenesi só foi apaziguado com a percepção pública, algumas décadas depois, da toxicidade e impacto ambiental dos pesticidas sintéticos, representado pela publicação do livro “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson em 1962 (Casida; Quistad, 1998).

Depois da década de 1970, com o aumento da regulação em torno da comercialização de novos ingredientes ativos, mecanismos de ação biológicos passaram a ser reconsiderados pela agroindústria, ainda que de forma tímida e nebulosa (Aulagnier; Goulet, 2017; Casida; Quistad, 1998), apesar da expertise etnobotânica e o uso de biopesticidas “artesaniais” ter predominado historicamente nas regiões mais remotas da Ásia, África e América do Sul, onde o acesso a pesticidas sintéticos é mais difícil (Gilden; Huffling; Sattler, 2010; Pavela et al., 2016).

Atualmente os biopesticidas inseticidas, foco do presente trabalho, podem ser amplamente classificados em oito categorias: (i) viral (por exemplo, granulovírus), (ii) bacteriano (por exemplo, *Bacillus thuringiensis*, o biopesticida mais utilizado no mundo), (iii) fúngico (por exemplo, *Metarhizium anisopliae*), (iv) protozoário (por exemplo, *Nosema locustae*), (v) botânico (por exemplo, piretrina e nicotina), (vi) nematoide (por exemplo, *Steinernema feltiae*), (vii) feromônios (por exemplo, feromônio de perturbação do acasalamento) e (viii) proteção incorporada à planta ou PIP (por exemplo, planta com genes Bt) (Chattopadhyay; Banerjee, 2020; Meister Media, 2011; Thakore, 2006). Há ainda o nicho de macroorganismos ou predadores naturais, como vespas (*Trichogramma spp.*) e joaninhas (Coleoptera: *Coccinellidae*) (Aulagnier; Goulet, 2017; Thakore, 2006). Por sua vez, nos EUA, a EPA classifica biopesticidas em três grupos de acordo com sua origem: microbiano, quando de microorganismos; bioquímico quando de substâncias encontradas na natureza cuja mecanismo de ação é não-tóxico, ou defensivos incorporados a plantas (*Plant-Incorporated Protectants – PIP*) no caso de plantas transgênicas (United States Environmental Protection Agency, 2024), seja o biopesticida um inseticida, herbicida ou fungicida. Dentro desse espectro classificatório, existem cerca de 300 princípios ativos de biopesticidas (Phillips McDougall, 2018).

Quanto à sua produção, biopesticidas podem ser produzidos por processos de produção simples, ecologicamente amigáveis e sustentáveis. Por exemplo, biopesticidas microbianos são produzidos por meio de fermentação, utilizando biomassa de subprodutos agrícolas como farinha de soja e amido de milho. Resíduos provenientes dos processos de fermentação frequentemente são aplicados de volta às fazendas como fertilizantes (Marrone, 2007).

Os biopesticidas normalmente têm uma expectativa menor de desenvolver resistência nas pragas-alvo em comparação com produtos químicos de único local

de ação, devido ao seu complexo modo de ação. Em geral, biopesticidas afetam apenas a praga-alvo e espécies próximas, apresentando pouco ou nenhum risco para muitos, se não todos, os organismos não alvo, incluindo aves, peixes, insetos benéficos e mamíferos. Muitos são também biodegradáveis, proporcionando margens de segurança maiores para aplicadores, trabalhadores rurais e população rural (Marrone, 2007).

Durante muito tempo, a avaliação dos efeitos dos biopesticidas foi feita em comparação direta com os pesticidas sintéticos, considerando sua eficácia alta, rápida atuação e facilidade de observação, o que prejudicou seriamente a promoção do uso de controles biológicos. No entanto, nos últimos anos, com o reconhecimento da segurança dos biopesticidas, sua capacidade de reduzir pragas e doenças aumentando a imunidade das plantas, bem como os benefícios significativos da utilização sustentável dos biopesticidas e da melhoria da qualidade dos cultivos, a avaliação dos efeitos dos biopesticidas e a promoção da tecnologia de controle biológico têm se tornado mais racionais e objetivas (Qiu, 2015; Zhou, 2021).

Em comparação com pesticidas sintéticos, ainda há poucos biopesticidas sendo utilizados comercialmente e em grande escala, por serem mais suscetíveis a influências ambientais em termos de armazenamento, aplicação e eficácia, o que faz com que os seus consumidores potenciais relutem em usá-los (Zhang *et al.*, 2022).

2.4.1.4.1. *Bioinseticidas fitoquímicos*

Bioinseticidas fitoquímicos são usados há pelo menos três mil anos e comparados com pesticidas sintéticos, são moderadamente tóxicos, menos persistentes no meio ambiente e são biodegradáveis; se dividem atualmente em quatro tipos principais (piretro, rotenona, neem e óleos essenciais), e três outros de uso limitado (riânia, nicotina e sabadilla) (Isman, Murray B., 2006; Oladipupo; Hu; Appel, 2022; Walia *et al.*, 2017)

Os bioinseticidas fitoquímicos possuem quatro vantagens: (i) são relativamente baratos, fáceis de usar, biodegradáveis e muito pouco tóxicos à saúde animal e humana; (ii) alguns são eficazes em doses muito pequenas, comparavelmente a pesticidas sintéticos; (iii) extratos aquosos podem ser usados para controle de

ambientes de proliferação, sem adição de surfactantes sintéticos; (iv) a ação desses produtos se dá através de diferentes mecanismos simultaneamente, tornando resistências altamente improváveis (Demirak; Canpolat, 2022; Pavela; Benelli, 2016; Rodriguez-Vivas; Jonsson; Bhushan, 2018).

O principal e mais usado bioinseticida fitoquímico ao redor do mundo é o piretro, óleo-resina extraída das flores secas da margarida *Tanacetum cinerariaefolium*, de onde na década de 1970 foram sintetizados os primeiros pesticidas sintéticos piretróides. O óleo de neem é extraído pela prensagem das sementes da árvore *Azadirachta indica* e assim como o piretro, é rapidamente degradado pela luz solar, o que interfere na sua eficácia. A rotenona é um dos vários isoflavonoides produzidos nas raízes ou rizomas das leguminosas tropicais *Derris spp.*, *Lonchocarpus spp.* e *Tephrosia spp.* e é extraída por meio de solventes, atualmente descontinuado por alta toxicidade a animais aquáticos e mamíferos. A sabadilla é obtida das sementes do lírio sul-americano *Schoenocaulon officinale*; a riânia, obtida pela moagem da madeira do arbusto caribenho *Ryania speciosa*; a nicotina, das folhas do tabaco (*Nicotiana tabacum*), com uma longa história como inseticida mas atualmente de uso restrito por sua toxicidade e impacto ambiental (Isman, Murray B., 2006; Walia *et al.*, 2017).

Há diversas espécies de plantas com atividade acaricida conhecida, em sua maioria das famílias Poaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Verbenaceae, Piperaceae e Asteraceae, mas poucos extratos foram testados em condições a campo (Rodriguez-Vivas; Jonsson; Bhushan, 2018).

2.4.1.4.1.1. Óleos essenciais/extratos vegetais como bioinseticidas

Entende-se por óleo essencial o resultado de uma destilação ou prensa de uma planta e/ou suas partes; se obtido por extração via solvente, é um extrato de planta (Oladipupo; Hu; Appel, 2022). Extratos de plantas e óleos essenciais tem sido utilizados tradicionalmente há séculos para repelir insetos e proteger bens armazenados, mas ao contrário de outros fitoquímicos, o uso de extratos e óleos essenciais ao longo da história foi amplo, de fragrâncias a condimentos passando

por usos medicinais. Ironicamente, seu uso como pesticida comercial tem apenas algumas décadas (Isman, Murray B, 2006). São sintetizados como metabólitos secundários em cerca de 17.500 espécies aromáticas, como moléculas de comunicação e defesa, e são facilmente extraídos através da destilação a vapor a partir de espécies como capim-limão (*Cymbopogon winterianus*), cravo (*Eugenia caryophyllus*), manjerição (*Ocimum basilicum*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*), vetiver (*Vetiveria zizanioides*), calêndula (*Tagetes erecta*), tomilho (*Thymus vulgaris*), gaultheria (*Gaultheria procumbens*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*), lavanda (*Lavandula angustifolia*), tanásia (*Tanacetum vulgare*), óleo de calamus (*Acorus calamus*), cominho (*Cuminum cyminum*), kala jeera (*Bunium persicum*), ajwain (*Trachyspermum ammi*), erva-doce (*Foeniculum vulgare*), almíscar (*Abelmoschus moschatus*), *Rabdosia melissoides*, madeira de cedro (*Juniperus virginiana*), entre outros (Isman, Murray B., 2006; Walia *et al.*, 2017).

A síntese e acúmulo de metabólitos secundários estão associados com a presença de estruturas como tricomas glandulares, cavidades secretoras e dutos resinosos, e dependendo da espécie, podem ser armazenados em diversos órgãos, como flores, folhas, madeira, raízes, rizomas, frutos e sementes. Em geral, metabólitos secundários tem importante papel em defesas diretas e indiretas da planta contra herbívoros e patógenos, em processos reprodutivos (através da atração de polinizadores e dispersores de sementes), e na tolerância térmica (Isman, Murray B., 2006; Pavela; Benelli, 2016; Regnault-Roger; Vincent; Arnason, 2012; Walia *et al.*, 2017).

O efeito pesticida de um metabólito secundário pode proteger uma planta de diversos patógenos e artrópodes, frequentemente oferecendo bom efeito biológico contra insetos, nematódeos, ovos, fungos e bactérias relevantes à produção agrícola e animal. Ademais, metabólitos secundários conseguem inibir crescimento, alimentação e ovoposição de diversas espécies de invertebrados relevantes (Isman, Murray B., 2006; Pavela; Benelli, 2016; Regnault-Roger; Vincent; Arnason, 2012), geralmente agindo no sistema nervoso (Isman, 2020).

A quantidade de metabólitos secundários nas plantas varia de 0,01 a 10%, e na maioria dos casos, um coquetel de vários monoterpenos e sesquiterpenos constitui o extrato vegetal. No entanto, em alguns casos, há predominância de alguns

terpenoides (Walia *et al.*, 2017). É importante destacar que existe grande variabilidade intraespecífica na composição de um extrato vegetal, ou seja, plantas individuais dentro de uma mesma espécie podem exibir perfis químicos distintos por diferentes razões genotípicas e fenotípicas (Isman, Murray B, 2006).

As técnicas mais comuns de extração de metabólitos secundários para um óleo essencial são hidrodestilação, destilação por arraste de vapor, e prensagem a frio, com desvantagens como baixa eficiência e volume, e a degradação/perda de moléculas de interesse. Tecnologias mais modernas permitem maior eficiência com redução de tempo e energia, como a extração assistida por microondas (Giunti *et al.*, 2022).

Diferentes metodologias podem ser seguidas para o desenvolvimento de um produto comercial à base de óleos essenciais, como 1) a mistura de óleos essenciais de diferentes espécies vegetais; 2) uso de um único óleo, ou um único constituinte terpenóide; 3) um composto de terpenóides produzidos sinteticamente que emulam os de um extrato vegetal; e 4) um composto inédito (não-natural) de terpenóides de diferentes plantas (Isman, 2020). A atividade tóxica ou repelente de um extrato a artrópodes é geralmente atribuída a compostos químicos individuais, mas o efeito de um composto ativo pode potencializar outros compostos principais ou modular compostos secundários através de diferentes mecanismos, causando maior bioatividade em comparação com compostos isolados de óleos essenciais. O efeito sinérgico também é observado com misturas de extratos. A ação sinérgica dos compostos principais em extratos vegetais resulta em maior atividade repelente, larvicida e toxicidade para insetos (Demirak; Canpolat, 2022).

Embora extratos vegetais costumem ter usos letais e subletais contra pragas, alguns são atraentes para invertebrados, caso do geraniol e eugenol, usados como isca em armadilhas para o besouro japonês *Popillia japonica*, entre outros (Giunti *et al.*, 2022; Isman, Murray B, 2006).

As características dos extratos e óleos essenciais como biodegradabilidade e baixa persistência no ambiente, e em especial alta volatilidade, exigem grandes volumes de aplicação para uma eficácia aceitável, além do acréscimo de solventes e emulsificantes para facilitar sua hidrossolubilidade. A tecnologia ideal descrita pela literatura para superar tal desafio é através de nanoformulações ou

nanoencapsulamento, o que protege seus constituintes químicos dos elementos e permite uma liberação lenta no ambiente (Giunti *et al.*, 2022; Isman, 2020; Vurro; Miguel-Rojas; Pérez-de-Luque, 2019).

2.4.1.5. O Registro de Produtos Pesticidas Veterinários no Brasil

O registro de um produto de uso veterinário biológico no Ministério de Agricultura e Pecuária (MAPA), no caso um biopesticida fitoquímico, envolve em um primeiro momento o registro do estabelecimento fabricante ou manipulador de produtos de uso veterinário através do Sistema Integrado de Produtos e Estabelecimentos Agropecuários (SIPEAGRO) do MAPA (BRASIL, 2024a; MAPA, 2025a, 2025b).

O registro de um produto pesticida biológico de uso veterinário tem extensa regulamentação, ainda mais se for um produto que venha a usar cannabis na sua composição (Tabela 2); o registro é feito via Sistema Eletrônico de Informações (SEI) do MAPA, onde são exigidos: 1) Formulário Capa SEI, com nome da empresa, produto e tipo de processo, no caso produto biológico; 2) Ofício da empresa solicitando registro e com relação de arquivos anexos; 3) Documentação técnica e legal como testes de metabolização e resíduos; 4) Relatório técnico do produto; 5) Documentos de produção de três partidas comerciais; 6) Relatórios integrais dos estudos de eficácia, segurança e estabilidade; e 7) Referências. Não há taxas para se registrar um produto no MAPA. Produtos de uso veterinário preparados por estabelecimentos manipuladores são isentos de registro no MAPA, embora ainda seja necessário o registro do estabelecimento em si (MAPA, 2025b, 2025a).

Recentemente, foi decretada a Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024, que renova a regulamentação de bioinsumos de uso pecuário, delegando ao MAPA a adequação da nova legislação ainda no ano de 2025, também estabelecendo taxas de registro de estabelecimento (de acordo com porte) e de bioinsumos (de acordo com complexidade) entre R\$350 e R3.500 (BRASIL, 2024c).

Legislação	Resumo
Decreto 5.053, de 22 de abril de 2004	Determina o registro de estabelecimentos envolvidos com

	produtos de uso veterinário e o registro dos produtos, além de exigências técnicas quanto a instalações, testes de metabolização e residuais, controle de qualidade, entre outros.
Decreto nº 8.448, de 06 de maio de 2015	Altera e atualiza o Decreto 5.053, de 22 de abril de 2004
Decreto 8.840, de 24 de agosto de 2016	Altera e atualiza o Anexo ao Decreto 5.053, de 22 de abril de 2004
Instrução Normativa nº 37 de 8 de julho de 1999.	Dispõe sobre a rotulagem de produtos pesticidas veterinários
Instrução Normativa MAPA nº 13, de 3 de outubro de 2003	Aprova o Regulamento de Boas Práticas de Fabricação de Produtos de Uso Veterinário e Glossário
Instrução Normativa nº 11, de 8 de junho de 2005	Dispõe sobre o registro de estabelecimento de manipulação de produtos de uso veterinário
Ato CPV/DFIP/SDA/MAPA nº 7, de 04 de setembro de 2006	Torna público o Roteiro para inspeção de Boas Práticas de Fabricação de produtos veterinários de natureza biológica.
Ato CPV/DFIP/SDA/MAPA nº 4, de 24 de abril de 2007	Torna público o procedimento para preenchimento e encaminhamento do formulário de solicitação, alteração ou cancelamento de registro de produtos de uso veterinário.
Instrução Normativa SDA 25/2008, de 20 de agosto de 2008.	Dispõe sobre a fabricação de partida piloto de um produto biológico a ser registrado
Instrução Normativa MAPA nº 41, de 4 de dezembro de 2014	Altera a redação da Instrução Normativa nº 11, de 8 de junho de 2005.
Instrução Normativa SDA/MAPA nº 23, de 22 de dezembro de 2016	Estabelece os critérios e procedimentos necessários para as alterações de

	registro de produto de uso veterinário de natureza farmacêutica e biológica.
Instrução Normativa SDA/MAPA nº 35, de 11 de setembro de 2017	Estabelece os procedimentos para a comercialização das substâncias sujeitas a controle especial, quando destinadas ao uso veterinário, relacionadas no Anexo I desta Instrução Normativa, e dos produtos de uso veterinário que as contenham (caso da cannabis).
Memorando-Circular nº 2/2018/CPV/DFIP/MAPA/SDA/MAPA, de 18 de janeiro de 2018	Dispõe sobre o protocolo de solicitação de registro de produtos veterinários no SEI
Instrução Normativa SDA/MAPA nº 30, de 13 de setembro de 2018	Aprova o Regulamento Técnico de colheita de amostras e envio de resultados de controle e qualidade oficial de produtos de uso veterinário.
Instrução Normativa SDA/MAPA nº 55, de 04 de dezembro de 2018	Altera a Instrução Normativa nº 35, de 11 de setembro de 2017, que trata dos produtos veterinários sujeitos ao controle especial.
Instrução Normativa SDA/MAPA nº 31, de 22 de novembro de 2019	Altera o artigo 15 da Instrução Normativa SDA nº 30, de 13 de setembro de 2018, que trata das situações de dispensa de controle de qualidade oficial de produtos de uso veterinário.
RDC nº327, de 9 de dezembro de 2019	Dispõe sobre os procedimentos para a concessão da Autorização Sanitária para a fabricação e a importação, bem como estabelece requisitos para a comercialização, prescrição, a dispensação, o monitoramento e

	a fiscalização de produtos de Cannabis para fins medicinais, e dá outras providências.
Portaria SDA/MAPA nº 200, de 22 de janeiro de 2021	Estabelece procedimentos para adequação de registro de produtos de uso veterinário frente à alteração de Limite Máximo de Resíduos - LMR.
Ofício-Circular nº 21/2021/CPV-ANTI/DFIP/SDA/MAPA, de 13 de setembro de 2021	Dispõe sobre a renovação de um produto de uso veterinário biológico
Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024	Dispõe sobre a produção, a importação, a exportação, o registro, a comercialização, o uso, a inspeção, a fiscalização, a pesquisa, a experimentação, a embalagem, a rotulagem, a propaganda, o transporte, o armazenamento, as taxas, a prestação de serviços, a destinação de resíduos e embalagens e os incentivos à produção de bioinsumos para uso agrícola, pecuário, aquícola e florestal; e altera as Leis nºs 14.785, de 27 de dezembro de 2023, 10.603, de 17 de dezembro de 2002, e 6.894, de 16 de dezembro de 1980.

Tabela 2: Quadro-síntese da legislação brasileira regulamentando produtos pesticidas biológicos de uso veterinário e cannabis (ANVISA, 2019; MAPA, 2024).

2.4.1.6. O Programa Nacional de Bioinsumos

O potencial do Brasil como produtor de matéria-prima, conhecimento local sobre insumos de origem biológica para o controle de pragas e doenças agrícolas e para a nutrição de plantas e fertilidade dos solos, bem como as limitações de produção e de impacto ambiental quanto a insumos sintéticos e demanda do setor de orgânicos levaram à criação do Programa Nacional de Bioinsumos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, instituído pelo Decreto nº 10.375 de 26 de maio de 2020 (Vidal; Saldanha; Veríssimo, 2020).

O Decreto define bioinsumo como:

“(...) todo produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microorganismos, e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos” (Brasil, 2020)

Além de estabelecer a base conceitual dos bioinsumos, o Programa também busca aperfeiçoar a legislação sobre o tema, sistematizar informações do setor, promover e fomentar unidades produtoras de bioinsumos, consolidar um catálogo nacional de bioinsumos e de forma geral, viabilizar, formalizar, potencializar e catalisar o setor (Vidal; Saldanha; Veríssimo, 2020).

O Programa tem três grandes eixos temáticos: produção animal, produção vegetal e pós-colheita, e processamento de produtos de origem animal e vegetal (Vidal; Saldanha; Veríssimo, 2020). O crescimento do uso de bioinsumos entre 2017 e 2020 no Brasil foi de 42%, enquanto no resto mundo 16%; e apenas na safra agrícola brasileira de 2021-2022, de 29% (Aquilante *et al.*, 2023). Até maio de 2024, haviam 622 produtos para o controle de pragas registrados no aplicativo de celular Bionsumos, desenvolvido pelo Programa Nacional de Bioinsumos em parceria com a Embrapa; entretanto, destes, 298 são inseticidas, sendo 297 deles microbiológicos e apenas um de uso “convencional”, não-fitoquímico, baseado em feromônio

misturado com organofosforado para o controle do bicudo (*Anthonomus grandis*) (Ministério da Agricultura, 2024)

Apesar dos avanços em bioinsumos, e em particular, biopesticidas estarem concentrados na produção agrícola, o conceito também engloba bioinsumos para o controle biológico na produção animal, inclusive de produção própria do produtor rural (Carvalho Vidal; Pereira Dias, 2023).

2.5. Panorama da *Cannabis sativa* em contexto agrícola

2.5.1. Breve história das aplicações da Cannabis sativa

É antigo o conhecimento das inúmeras possibilidades de produtos provenientes do cultivo da cannabis, com total aproveitamento da planta (CRINI *et al.*, 2020; FIKE, 2016), e folcloricamente com “mais de 25.000 aplicações industriais” (Popular Mechanics, 1938). Seus usos milenares vão desde o têxtil ao medicinal, do uso humano ao veterinário, do biocombustível ao alimento passando por biopesticidas.

Mais recentemente na história moderna, foi uma cultura agrícola essencial para diversos países da expansão colonialista europeia pela sua fibra forte e altamente resistente ao apodrecimento, usada na confecção de encordoamentos e velas para naus marítimas, tendo sido inclusive instituída pela Coroa portuguesa no Brasil a Real Feitoria do Linho Cânhamo, no final do século XVIII, como contingência estatal, entre outras iniciativas (Da Rosa, 2018; Small, 2015).

Seu uso era também cotidiano; até a metade do século XIX, a fibra da *Cannabis sativa* rivalizava com o linho (*Linun usitatissimum*) (Small, 2015). Artefatos históricos como a Bíblia de Gutenberg, a primeira bandeira dos EUA e a primeira versão da sua Declaração da Independência foram feitas com fibras de cânhamo. (Crini *et al.*, 2020). A competição com outros tipos de fibra como o algodão e o nylon, a redução da demanda pela evolução tecnológica de barcos a vela para barcos a vapor e posteriormente a diesel, a competição com o setor petroquímico em outros campos e a associação do consumo da cannabis com os negros e marginalizados, com sua estigmatização e proibição, levaram ao declínio do cultivo da cannabis no Brasil e em boa parte do Ocidente (Carlini, 2006; Collins, 2020; Fike, 2016; Small, 2015).

Sua proibição pela II Conferência Internacional do Ópio, realizada em 1925 pela Liga das Nações, em Genebra provocou longo hiato em uma produção acadêmica que ainda engatinhava (Russo, 2007). O desenvolvimento do seu cultivo também foi prejudicado por ser excluído dos avanços tecnológicos da “Revolução Verde”, criando uma lacuna de conhecimento (Visković *et al.*, 2023).

Apesar do proibicionismo, pesquisa isoladas continuaram, e mudanças sociais, políticas e culturais levaram a uma nova onda global de estudos acadêmicos sobre a *Cannabis sativa* de baixo THC, ou cânhamo: em 1992, França, Holanda, Inglaterra, Espanha e Alemanha aprovaram o cultivo comercial de; dois anos depois, o Canadá também permitiu esse tipo de cultivo (Crini *et al.*, 2020; Crippa *et al.*, 2018).

2.5.2. Taxonomia – nem cânhamo, nem maconha

A *Cannabis sativa* é da família Cannabaceae, composta por dez gêneros contendo mais de cem espécies, das quais também faz parte o lúpulo (*Humulus lupulus*), seu parente mais próximo (Yang *et al.*, 2013). A distinção taxonômica, morfológica e botânica entre o cânhamo industrial e a cannabis como narcótico tem uma história convoluta. A descrição original de Lineu, em seu *Species Plantarum* de 1753, não fazia distinção entre espécies do gênero *Cannabis*, classificando todas as variedades conhecidas até então como *sativa*; posteriormente, Lamarck, após retornar da Índia, propôs uma espécie adicional consideravelmente mais psicoativa, *C. indica*, em 1785; em 1924 foi proposta uma terceira espécie, selvagem, pelo botânico russo Janischevsky, *C. ruderalis*; há ainda outras taxonomias de menor influência acadêmica, como *kafiristanica* e *spontanea* (Pollio, 2016; Schultes *et al.*, 1974; Small; Cronquist, 1976; Visković *et al.*, 2023).

Geneticamente, todas as espécies taxonômicas da cannabis são subespécies da mesma planta, selecionada ao longo do tempo ora pelo seu teor de fibra, ora pelo seu teor de compostos chamados canabinóides, em especial sua molécula psicoativa, o tetrahydrocannabinol (THC) (Ren *et al.*, 2021; Small, 2015). A planta passou por um longo processo de domesticação intermitente, e uma extensa hibridização ocorrida ao longo de séculos. Essa hibridização ocorreu mais intensamente no século XX, entre cultivos domésticos e selvagens ao redor do

mundo e entre usos industriais e narcóticos; exige-se, assim, uma forma de taxonomia baseada na composição química da planta e não em sua morfologia altamente variável (Das *et al.*, 2022; Hazekamp; Fishedick, 2012; Schultes *et al.*, 1974; Small, 2015).

Cultivares de uso tradicionalmente industrial para fibras apresentam baixo teor de THC (<0,3%, dependendo do país) e teor mais expressivo de canabidiol (CBD); tais cultivares são conhecidos como “cânhamo” (Cherney; Small, 2016; Clarke; Merlin, 2013; Crini *et al.*, 2020; Fike, 2016). Por sua vez, o termo “maconha” usado no Brasil é de origem africana, do quimbundo *ma’kaña* (Cavalcanti, 2016) e, em paralelo ao termo *marijuana/marihuana* nos EUA, se refere atualmente às subespécies *sativa* e *indica*. Na sua trajetória etnobotânica de coevolução com a espécie humana, sua proibição ocorreu apenas nos últimos 100 anos, quando *sativa* e *indica* se tornaram sinônimos de então “espécies” narcóticas¹. A proibição global da planta provocou ainda mais a hibridização de *sativa* e *indica* com cultivares de uso não-narcótico, pela combinação da extensão de seu cultivo com o alcance da sua polinização, tornando assim sua taxonomia confusa e ambígua (Small, 2015).

Portanto, a presente dissertação reforça a reclassificação dessa planta em quimiovariedades ao invés da ultrapassada taxonomia *sativa/indica/ruderalis*, considerando a sua história genética e a relevância moderna da sua complexidade química (Das *et al.*, 2022; Hazekamp; Fishedick, 2012; Hazekamp; Tejkalová; Papadimitriou, 2016).

2.5.3. Morfologia, cultivo e usos

Pela sua enorme versatilidade, o cultivo da *Cannabis sativa* é ancestral, datando de pelo menos 10 mil anos - coincidindo com o surgimento dos primeiros sistemas de cultivo da humanidade (Li, 1974; Mazoyer; Roudart, 2010; Pisanti; Bifulco, 2019). Seus usos mais tradicionais incluem fibras na forma de tecidos e cordames, sementes como alimento, e uso medicinal/ritualístico das diferentes partes da planta, em particular as inflorescências (Cherney; Small, 2016; Small, 2015).

¹ Originalmente, *sativa* se referia a plantas de baixo THC e *indica* a variedades de alto THC, mas a terminologia foi corrompida pelo comércio ilegal (Clarke; Merlin, 2013; Small; Cronquist, 1976).

A *Cannabis sativa* é uma planta anual, de cultivo dividido basicamente entre período vegetativo e de floração, fotoperiódica, podendo atingir entre 1 a 5 metros de altura em condições normais de cultivo (Small, 2015; Visković *et al.*, 2023). Hastes são sulcadas, frequentemente ocas, de seção transversal arredondada ou angular, pontuadas de resina no crescimento jovem; grau de ramificação dependendo das condições de crescimento (Schultes; Hofmann, 1980). É oriunda da Ásia Central, e, portanto, originalmente de clima temperado, embora possa se adaptar a diferentes tipos de solo e clima. Tem preferência a solos profundos com pH próximo a 6. Sua germinação exige condições específicas de umidade e temperatura (Karche; Singh, 2019; Rehman *et al.*, 2021).

A planta é dióica por natureza, ou seja, pode ser macho ou fêmea, embora ela possa ocasionalmente se mostrar monóica/hermafrodita. As plantas estaminadas, ou macho, são altas, esbeltas, morrendo após a antese; as pistiladas, ou fêmea, são mais robustas, e mais folhosas na região da inflorescência (Figura 4) (Schultes; Hofmann, 1980). É na flor fêmea que se concentram a maioria dos compostos fitoquímicos da planta, em especial os canabinóides, em glândulas epidérmicas especializadas chamadas tricomas, concentradas principalmente em estruturas chamadas pistilos (Clarke; Merlin, 2013; Small, 2015). O pólen da flor macho pode fecundar flores fêmeas em um raio de até 300km, e as flores macho são atraentes para abelhas e moscas. Apesar disso, tais insetos não se aproximam das flores fêmeas e portanto, não tem papel na polinização. A planta macho morre após liberar o pólen, enquanto a fêmea pode ser mantida viva por vários anos. São as flores fêmeas que produzem as sementes, na forma de drupas (Small, 2015). As flores fêmeas não são flores no sentido estrito, mas sim infrutescências em um processo chamado partenocarpia, dado que elas amadurecem independente da presença de pólen e podem ser parcialmente fecundadas (Riboulet-Zemouli, 2020).

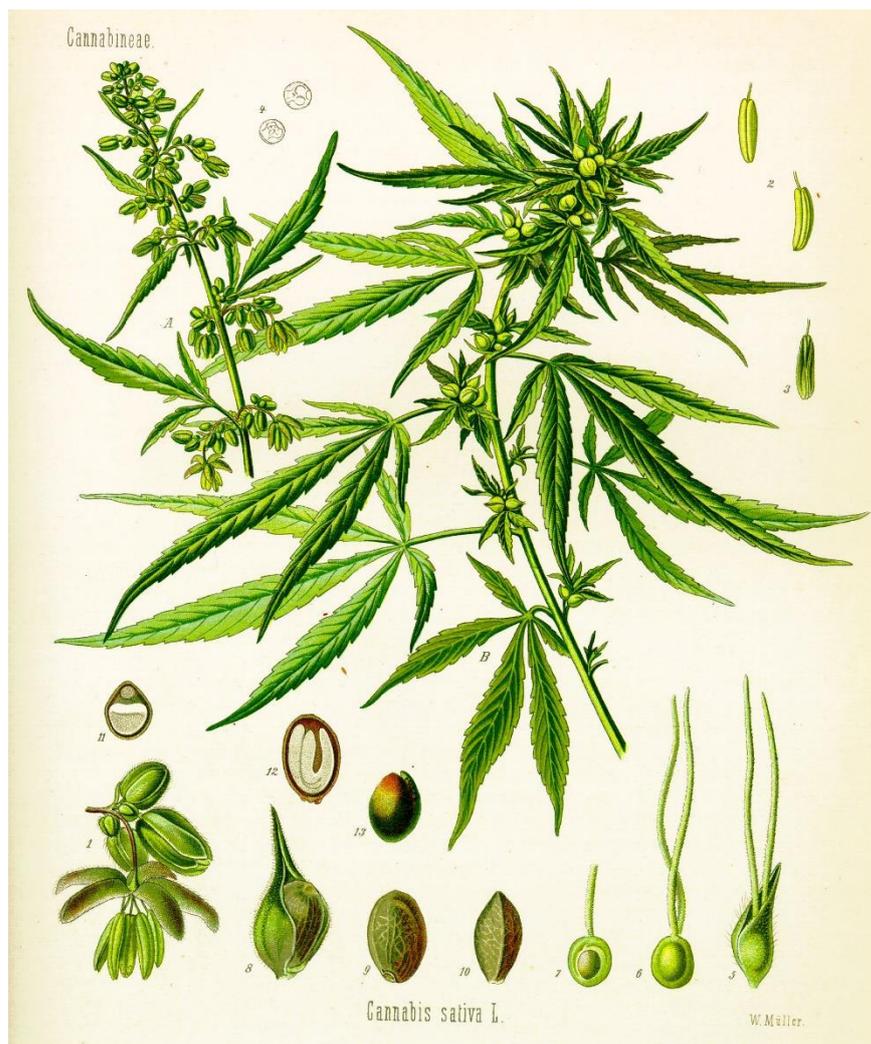


Figura 4: Macho (esquerda) e fêmea (direita) da *Cannabis sativa*; drupas abaixo, à esquerda; pistilos abaixo, à direita (Brandt et al., 1883)

Sob uma perspectiva botânica, as sementes nascem em drupas, frutos de formato esférico, contendo sementes com coloração marrom-avermelhada e um diâmetro de 3 a 5 milímetros (Leonard *et al.*, 2020; Rehman *et al.*, 2021). São aquênios, ou seja, a semente em si está dentro de uma casca individual; embora alguns autores refiram-se à semente de *Cannabis sativa* como um grão ou cereal, dada a semelhança nutricional, ela é uma oleaginosa com alta proteína e baixo carboidrato (Clarke; Merlin, 2013).

A *Cannabis sativa* pode ser utilizada como cultivo de cobertura e na entressafra, bem como recuperar solos degradados, visto que seu profundo sistema radicular retorna ao solo até 70% dos nutrientes usados durante seu crescimento (Cherney; Small, 2016; Rehman *et al.*, 2021). É uma planta que exige nitrogênio em uma taxa

de 100 kg/ha por temporada, mais alto do que outros cultivos modernos, mas que pode sobreviver em solos pobres deste elemento (Small, 2015). Idealmente a *C. sativa* deve ser plantada em rotação com grãos ou legumes; a monocultura deve ser evitada devido à redução de qualidade, acúmulo de patógenos e fertilidade reduzida. O cultivo da *C. sativa* em rotação pode suprimir certas espécies indesejáveis de fungos e nematódeos do solo, bem como ervas daninhas (Visković *et al.*, 2023).

O período de flora da *Cannabis sativa* é naturalmente induzido por uma redução do período de luz para 10 a 12h na maioria dos cultivares, embora existam variedades de florescimento “automático” que independem de fotoperíodo. Cultivares para fibra foram adaptados para climas temperados (Small, 2015), e podem chegar a 5 metros de altura quando maduros, embora cultivares destinados para o uso de sementes possam ser bem menores (Vonapartis *et al.*, 2015).

Na Itália, a cannabis é cultivada tradicionalmente desde os tempos do Império Romano pela sua fibra, com seu primeiro registro documental conhecido datado do século II a.C. (Sorrentino, 2021; Warmington, 1938). A Itália foi até os anos 1940 o segundo maior produtor de cânhamo do mundo, atrás apenas da Rússia. Em 2013 autorizou o uso medicinal, e em 2016, o governo italiano retirou a necessidade de autorização para o cultivo de variedades registradas com níveis de THC até 0,6%. Também ofereceu incentivos fiscais e incluiu investimentos de pesquisa e desenvolvimento de cultivo e processamento de até €700,000 por ano do *Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali* (USDA Foreign Agricultural Service, 2020).

China e Índia são berços da *Cannabis sativa* e seus inúmeros usos (Pisanti; Bifulco, 2019; Touw, 1981). A China teve a semente de cannabis como um de seus “cinco grãos” da antiguidade desde o neolítico até o século V d.C. (Huang, 2000), é o maior produtor de cânhamo do mundo, e recentemente também começou a produzir e exportar óleo de CBD, com investimentos na modernização da indústria e separação de tipo de processamento por províncias (Crini *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2020). A Índia teve seu primeiro plantio industrial regulamentado em 2018, tomando carona na primeira regularização de medicamento à base de CBD da FDA americana (Indian Industrial Hemp Association, 2018). O cultivo do cânhamo está em processo de legalização em diversas províncias indianas, com papel central do

National Botanical Research Institute, incluindo a pesquisa acadêmica e desenvolvimento (CSIR - National Botanical Research Institute - India, 2020).

No presente momento, o cânhamo é cultivado para fins comerciais ou de pesquisa em 47 países, com outros dois com o uso indígena da fibra para tecidos. A FAO (Food and Agriculture Organization) das Nações Unidas oferece dados de cultivo de cânhamo de 16 países (Schlутtenhofer; Yuan, 2017). Há mais de 40 cultivares de cânhamo descritos, o mais comum para uso comercial chamado Finola, de origem finlandesa e adaptada a climas temperados (Leonard *et al.*, 2020; Schlутtenhofer; Yuan, 2017).

O cultivo do cânhamo é rápido, com três colheitas ao ano, sendo a planta resistente a pragas e períodos de seca, também absorvendo metais pesados do solo e prevenindo sua erosão. A fibra tem particular resistência mecânica, higroscopia e inúmeras utilidades, que atualmente podem abranger desde tecidos a biocompósitos (principalmente na indústria automotiva), concreto para construção civil, biodiesel e bioetanol, além de seus usos agrícolas como compostagem ou cama para animais (Andre; Hausman; Guerriero, 2016; Crini *et al.*, 2020; Ranalli; Venturi, 2004; Schlутtenhofer; Yuan, 2017).

Desprovida de canabinóides em níveis significativos, a semente de cânhamo é de uso versátil e amplo. Está presente em receitas tradicionais do leste Europeu e é até hoje vendida nas ruas da China como lanche (Callaway, 2004). Oferece alto conteúdo protéico tanto para alimentação humana como animal. Também oferece um óleo rico em tocoferóis com a mais alta proporção de ácidos graxos polinsaturados dos óleos vegetais conhecidos. O consumo de tocoferóis e ácidos graxos polinsaturados (também conhecidos como ω -3 e ω -6) tem efeitos positivos contra processos inflamatórios, doenças cardiovasculares, doenças autoimunes e câncer. O óleo da semente também pode ser usado para a produção de cosméticos e biodiesel (Callaway, 2004; Leonard *et al.*, 2020; Schlутtenhofer; Yuan, 2017).

Quanto ao uso medicinal, mais de 100 canabinóides foram isolados do perfil químico da planta; foram também identificados metabólitos secundários, como 120 terpenos diferentes, mais tarde identificados também em outras espécies de planta, e 23 flavonóides. Foram identificados na cannabis um total de 540 fitoquímicos de interesse farmacológico. (Andre; Hausman; Guerriero, 2016; Cherney; Small, 2016;

Rasera; Ohara; de Castro, 2021). Tais canabinóides podem ainda ser incorporados, em diferentes concentrações, em produtos de uso tópico, como cosméticos e produtos de higiene pessoal, e nutrição, como bebidas, alimentos funcionais e nutracêuticos, que extrapolam o uso estritamente medicinal (Crini *et al.*, 2020).

Nos usos estritamente “industriais” (sementes, fibras e aparas) o mercado global supera atualmente a marca de US\$4bi e está previsto a chegar a US\$17bi em 2030 (Facts and Factors Market Research, 2022), enquanto nos seus usos “medicinal e recreativo” supera atualmente a marca de US\$22bi e está previsto a chegar a US\$82bi em 2027 (Markets and Markets, 2022b).

2.5.4. Potencial de cultivo da *Cannabis sativa* no Brasil

O Zoneamento Agroclimático é uma metodologia usada para localizar locais com maior aptidão agrícola para determinados cultivos, e assim otimizar recursos na produção agropecuária. O Brasil tem 70% do seu território apto para o plantio de inflorescências de *Cannabis sativa*, como é possível notar na Figura 5 (Rocha, 2018):

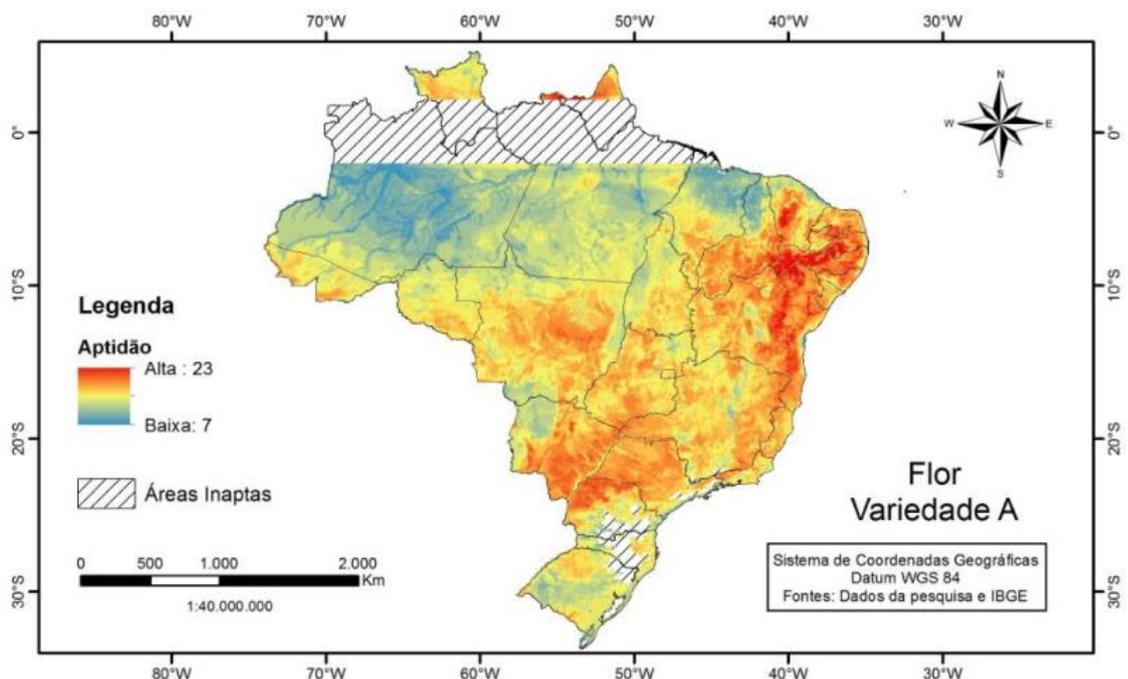


Figura 5: Mapa de classificação da aptidão agrícola brasileira para cultivo da Cannabis sativa L (Rocha, 2018).

Já existe conhecimento da adaptabilidade da *Cannabis sativa* no Brasil desde o final do século XVIII, tendo sido inclusive instituída pela Coroa portuguesa nesse período a Real Feitoria do Linho Cânhamo como contingência estatal para garantir o fornecimento de fibras para cordames e velames náuticos (Da Rosa, 2018).

A Embrapa em 1996, em documento encomendado pelo então deputado Fernando Gabeira, reconheceu que o solo brasileiro, caso houvesse demanda, tinha plenas condições de cultivar a *Cannabis sativa* (BELTRAO, 1996). Mais recentemente, em agosto de 2024, o Grupo de Trabalho (GT) de Cannabis da (Embrapa) apresentou relatório final à sua Diretoria de Pesquisa e Inovação propondo um programa de 12 anos distribuído em quatro eixos de pesquisa (desenvolvimento de cultivares, práticas de manejo, pós-colheita e políticas públicas) integrados apoiando a criação de uma cadeia produtiva de cannabis no Brasil. O relatório também reconhece a capacidade climática, tecnológica e empresarial do país para produzir a planta em larga escala, e que a Embrapa pode potencializar suas aplicações medicinais, industriais e agrônômicas, inclusive na agricultura familiar (Instituto Ficus, 2024).

2.6. Cannabis sativa como biopesticida

Nos últimos anos a *Cannabis sativa* tem sido apresentada como um candidato interessante a biopesticida (Benelli *et al.*, 2018a, 2018b; Crini *et al.*, 2020; Guerra *et al.*, 2023; Mcpartland; Sheikh, 2018), tendo grande extensão de relatos históricos e empíricos. O compêndio medicinal árabe Kitāb al-Ḥāwī fī l-ṭibb, de 1386, recomendava colocar ramos de cânhamo na cama para repelir percevejos e mosquitos, que remonta a uma tradição bizantina do século VI: Casiano Baso, no seu Geoponica, relatou que um ramo de cânhamo verde e florido próximo da cama repeliria mosquitos durante o sono (Lozano Cámara, 2017; Ona *et al.*, 2022). O texto médico persa Makhzan-al-Adwiya do século 18 foi influente na medicina árabe tradicional da região, e comenta o uso pesticida da *C. sativa* (Russo, 2005).

Mais recentemente, em artigo de 1950 a ONU cita como referência um artigo publicado em 1922 do *Chemiker Zeitung*, periódico alemão sobre química, que descreve o uso de folhas e talos secos de *C. sativa* reduzidos a um pó fino, que teria propriedades repelentes (Bouquet, 1950). O Departamento de Agricultura dos EUA descreve o uso da *C. sativa* como pesticida e repelente em um manual agrícola de 1975 que revisava biopesticidas vegetais (Jacobson M, 1975).

Atualmente, o uso da *C. sativa* como biopesticida inseticida e acaricida se concentra em regiões do mundo onde ela cresce endemicamente, e onde comunidades não tem acesso fácil a pesticidas sintéticos. Países africanos como Camarões tem a *C. sativa* crescendo em florestas e savanas, com uso como repelente pela população local. Folhas de inflorescências e seus brotos são esfregados na pele para combater miíases ou repelir abelhas para coletar mel. Partes aéreas são queimadas à noite dentro de casa para repelir mosquitos (Abé *et al.*, 2018). Em Uganda, folhas em extrato aquoso são usadas topicamente e para verminoses no gado (Nabukenya *et al.*, 2014) ou são queimadas como repelente (Mwine *et al.*, 2011). No Paquistão, faz-se o uso do suco de folhas de *C. sativa* como repelente (Shah *et al.*, 2016) ou em combinação com sal mineral como acaricida em bovinos (Sindhu *et al.*, 2010). Na Índia, também há o uso tradicional das folhas e da planta inteira, bem como queima das folhas como repelente de insetos (Bhardwaj *et al.*, 2011; Kantheti; Padma, 2017; Sharma; Sawant, 2012; Sinha, 2010). No Nepal, espalham-se folhas ou a planta inteira debaixo dos lençóis no leito como repelente (Joshi, 2004).

Apesar da *C. sativa* ser particularmente resistente a pragas agrícolas e apresente propriedades inseticidas e repelentes contra diversas espécies artrópodes (Benelli *et al.*, 2018b; Ona *et al.*, 2022), ela não é imune a pragas (Fike, 2016). Cerca de 300 insetos afetam a planta, mas apenas alguns provocam perdas significativas (McPartland, 1999). Cultivares para fibra são afetados no caule principalmente pela larva da broca do cânhamo (*Grapholita delineana*) (McPartland, 2002) e da broca europeia do milho (*Ostrinia nubilalis*) (esta última considerada inseto quarentenário ausente no Brasil) (MAPA, 2008; McPartland, 1999; Small, 2015); cultivares específicos de flores e sementes são afetados por diversas espécies de lepidópteros, coleópteros e afídeos, algumas exclusivas da *C. sativa* (Cranshaw *et al.*, 2019; McPartland, 1999).

Além dos já conhecidos canabinóides THC e CBD, a *Cannabis sativa* produz mais de 500 fitoquímicos, incluindo outros canabinóides, além de terpenos e flavonóides (Andre; Hausman; Guerriero, 2016; Bertoli *et al.*, 2010; Bhamra *et al.*, 2021; Fiorini *et al.*, 2019). O óleo essencial é produzido principalmente nos tricomas glandulares das partes aéreas, como parte da mistura viscosa e pegajosa que captura e/ou repele insetos (Ona *et al.*, 2022; Wanas *et al.*, 2020).

Até o momento não foram encontrados receptores canabinóides em artrópodes (McPartland *et al.*, 2001; Silver, 2019), o que indica ação de outros fitoquímicos presentes na *Cannabis sativa*, como flavonóides e terpenos – embora existam indícios que o CBD também possa ter efeito pesticida (Park *et al.*, 2019). Os terpenos mais presentes e de maior potencial inseticida na *C. sativa* são alfa-pineno, (E)-cariofileno, terpinoleno e mirceno (Benelli *et al.*, 2018b; Ona *et al.*, 2022). Estes e outros terpenos, presentes em diversas outras plantas além da *C. sativa*, oferecem conhecida toxicidade a artrópodes como *A. aegypti*, *Anopheles spp.* e *Culex spp* (Abé *et al.*, 2018; Benelli *et al.*, 2018b; Isman, Murray B., 2006). Três terpenos também produzidos pela *C. sativa*, limoneno, linalool e pineno, já se encontram no mercado como biopesticidas (Mcpartland; Sheikh, 2018).

2.6.1. *Potencial da Cannabis sativa como Bioinseticida e Bioacaricida na Produção Animal*

Carrapatos em particular são os principais vetores de patógenos entre os artrópodes hematófagos, e ficam atrás apenas de mosquitos na capacidade de transmitir doenças de interesse humano e veterinário. Ectoparasitas, além de serem vetores, podem também provocar grande morbidade em seus hospedeiros por facilitarem infecções secundárias e anemia (Pavela *et al.*, 2016).

As espécies a seguir exibem forte resistência a pesticidas sintéticos e são de interesse econômico na produção animal global, exibindo significativa vulnerabilidade a extratos de *C. sativa* (com as respectivas LD50 ou LC50):

2.6.1.1.1. *Dermanyssus gallinae*

Também conhecido como ácaro-de-galinha, é o parasita hematófago mais danoso na avicultura de postura pelo mundo e de difícil controle, provocando grandes perdas de produção ao causar maior consumo de ração, menor qualidade de ovos e alta mortalidade. É também vetor para diversas patologias de potencial zoonótico e de interesse veterinário como a erisipela suína (*Erysipelothrix rhusiopathiae*) (CHIRICO *et al.*, 2003; De Luna *et al.*, 2008; Marangi *et al.*, 2012; Sigognault Flochlay; Thomas; Sparagano, 2017). Demonstra forte tolerância global aos pesticidas sintéticos mais comuns (Marangi *et al.*, 2012) sendo resistente a 10 princípios ativos diferentes (Arthropod Pesticide Resistance Database, 2023d).

Seu impacto econômico só na Europa é estimado em €231mi anualmente (Sparagano *et al.*, 2020) e tem seus prejuízos potencializados pelo aumento de temperatura provocado pela mudança climática (Sigognault Flochlay; Thomas; Sparagano, 2017).

Em estudo do óleo essencial do cultivar industrial Felina 32, em particular os terpenos (E)-cariofileno (LC50=19.7 (17.5–22.1) µg/mL) e alfa-humuleno (25.1 (22.5–27.9) µg/mL) causaram, respectivamente, 99,33% e 100% de mortalidade em todos os estágios móveis de *D. gallinae*, com toxicidade significativamente superior à permetrina (LC50= 35.1µg/mL). O óleo essencial de Felina 32 com todos os terpenos obteve um valor de LC50 de 47.1 (39.6–56.5) µg/mL (Tabari *et al.*, 2020).

2.6.1.1.2. *Hyalomma dromedarii*

O carrapato *Hyalomma dromedarii* é vetor de diversas zoonoses como vírus da Febre Hemorrágica Crimeia-Congo, *Theileria*, e *Rickettsia spp* entre camelídeos, afetando equinos e outros mamíferos também, incluindo o homem (Getange *et al.*, 2021; Kumar; Manjunathachar; Ghosh, 2020; Tabari *et al.*, 2020). Este carrapato prejudica diretamente o mercado de ruminantes e ungulados no Oriente Médio e África Subsaariana, com camelos sendo uma peça-chave na pecuária da região pela sua versatilidade e importância cultural. São, além de transporte, também criados pela carne, leite, lã e couro, movimentando bilhões de dólares (Bengoumi M; Faye B, 2015; Khatami, 2016).

O óleo essencial do cultivar Felina 32 de *C. sativa* demonstrou forte efeito ovicida e larvicida com os terpenos (E)-cariofileno e α -humuleno (LC50=50 μ g/mL); também foram os dois compostos mais eficazes contra larvas, exibindo atividade superior a 80 % a 50 μ g/mL, significativamente maior do que a permetrina. O óleo essencial de Felina 32 com todos os terpenos obteve um valor LC50 de 73 μ g/mL contra o *H. dromedarii* (Tabari *et al.*, 2020).

2.6.1.1.3. *Musca domestica*

A mosca doméstica é carreador mecânico de inúmeros patógenos de interesse humano, veterinário e agrícola, tornando-a de imensa relevância social e econômica ao redor do globo e de difícil controle, dada a sua alta adaptabilidade (Khamesipour *et al.*, 2018; Onwugamba *et al.*, 2018). Justamente pela sua onipresença e versatilidade na transmissão de patógenos, as perdas causadas pela *M. domestica* são incalculáveis em qualquer esfera. Atualmente demonstra resistência a 65 pesticidas sintéticos globalmente e é uma das 5 espécies de artrópodes mais resistentes a pesticidas sintéticos no mundo (Tabela 1) (Arthropod Pesticide Resistance Database, 2023e).

Os extratos dos cultivares de *C. sativa* Felina 32 e Futura 75 demonstram alta toxicidade para adultos de *M. domestica*. A LD50 do cultivar Felina 32 foi de 43.3 μ g em comparação com a cipermetrina (LD50 = 0,15 μ g) contra moscas fêmeas adultas; a LD50 da Futura 75 foi de 122.1 μ g/adult. Destacaram-se os terpenos (E)-cariofileno, mirceno, alfa-pineno, terpinoleno e alfa-humuleno em toxicidade (Benelli *et al.*, 2018a, 2018b).

É imperativo o estudo de vulnerabilidade de outras espécies de moscas importantes da produção animal, como *Cochliomyia hominivorax*, a mosca-da-bicheira, *Dermatobia hominis*, a mosca-berneira, *Stomoxys calcitrans*, a mosca-dos-estábulo, e *Haematobia irritans irritans*, a mosca-dos chifres, que juntas causam prejuízos de mais de US\$3,5bi no Brasil (Grisi *et al.*, 2014).

2.6.1.1.4. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

O *Rhipicephalus microplus* é o principal vetor de *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*, e *Anaplasma marginale*, causadores da tristeza parasitária bovina, sendo também um parasita hematófago que afeta principalmente a bovinocultura de leite. Provoca grandes perdas econômicas, causando só no Brasil um prejuízo de mais de US\$3bi ao ano na bovinocultura (Garcia *et al.*, 2019; Grisi *et al.*, 2014). As perdas globais estão entre US\$22 e US\$30bi por ano (Lew-Tabor; Rodriguez Valle, 2016), afetando pelo menos 80% do gado no mundo (Pavela *et al.*, 2016).

Atualmente demonstra forte resistência a 15 pesticidas sintéticos no Brasil, e a 50 no mundo, sendo uma das 15 espécies mais resistentes a pesticidas sintéticos no mundo (Tabela 1) (Arthropod Pesticide Resistance Database, 2023f; Rodriguez-Vivas; Jonsson; Bhushan, 2018). Com o aumento da temperatura global no atual processo de mudança climática, também terá seu alcance geográfico drasticamente expandido em latitude nas próximas décadas (Marques *et al.*, 2020).

O extrato metanólico de *C. sativa* silvestre demonstrou efeito ovicida (LC50=82.96mg/mL) e larvicida (LC50=2.74mg/mL) contra o *R. microplus*, também impedindo ovoposição, com toxicidade maior do que a permetrina (LC50=44.89ppm/mL) e triclorfon (LC50=46.28ppm/mL) (Nasreen *et al.*, 2020).

Há menções bibliográficas de um estudo de 1965 publicado no periódico russo *Zoologicheskii Zhurnal* sobre o efeito larvicida do pó de folhas de *C. sativa* para controle de outros ixodídeos, como *Ixodes redikorzevi*, *Haemaphysalis punctata*, *Rhipicephalus rossicus* e *Dermacentor marginatus*. Embora esses estudos indiquem potencial larvicida tanto de folhas inteiras como pulverizadas, não há maiores detalhes sobre a metodologia do estudo em questão (Jacobson M, 1975; Mcpartland; Sheikh, 2018).

2.7. O desenvolvimento de novos produtos pesticidas

O crescente número de casos de resistência de artrópodes, combinado com ameaças regulatórias e uma redução na oferta de novos produtos causada pela

percepção do consumidor levou a uma redução nas ferramentas disponíveis para o controle das principais pragas, o que teoricamente pressiona a indústria agroquímica a desenvolver ingredientes ativos com novos mecanismos de ação, impacto seletivo, menor impacto ambiental e maior lucratividade (Galt, 2008; Jeschke, 2021). Além de tais pressões, a ONU projeta 9,7 bilhões de habitantes no mundo para 2050, em um contexto global de saturação de área cultivável e desaceleração da produção agrícola e animal (FAO, 2012, 2018; United Nations, 2022), mas que ainda assim precisará aumentar entre 70 a 100% para corresponder à demanda por alimentos, ração, fibra e energia (Agnew; Hendery, 2023).

O aumento da resistência nas principais pragas artrópodes da produção agrícola e animal tornam esse aumento de produção improvável com a tecnologia atual (FAO, 2018); os esforços de otimização da produção continuam usando métodos insustentáveis de cultivo e controle de pragas (FAO, 2011, 2012).

Há ainda o aumento de temperatura global entre 1,1 a 6,4°C até 2100, previsto pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) da ONU e provocado pelo aumento da concentração de CO₂ atmosférico, que também beneficiará a sobrevivência e o ciclo reprodutivo de pragas da produção animal ao longo do ano em latitudes com clima até então mais frio (IPCC, 2022; Ryan *et al.*, 2018; Sutherst, 2004). Países em zona tropical altamente dependentes de sua produção agrícola como o Brasil serão os mais afetados pela mudança climática e precisarão de produtos de baixo custo, toxicidade e impacto ambiental (Delcour; Spanoghe; Uyttendaele, 2015). Some-se a isso a crescente resistência no controle de vetores de doenças como malária e o desenvolvimento de novos pesticidas torna-se um imperativo da indústria (Georghiou, 1990; Shattuck, 2021; Sparks, 2013).

Tradicionalmente, o desenvolvimento de um novo pesticida modifica ou melhora compostos existentes, os combina, ou formula novos, em um processo exigente e arriscado: os ciclos de desenvolvimento são longos e incertos, e mudanças de mercado podem ocorrer durante o processo. Novos produtos pesticidas idealmente combinam uma necessidade crítica de mercado com volume de vendas, gerando lucro para o fabricante em seu investimento, com chance mínima de resistência por parte de seus organismos-alvo para garantir que o esforço de desenvolvimento não seja em vão (Sparks; Nauen, 2015; Whitford; Johnson, 2016).

Diversas questões precisam ser consideradas no desenvolvimento de um novo produto pesticida, como: i) se há necessidade para o pesticida; ii) se há patente exclusiva ou outra reivindicação defensável sobre o pesticida; iii) quais os atributos positivos e negativos em termos de segurança, saúde e destino ambiental; iv) se a eficácia é comprovada em condições reais de uso; v) se as características do produto são aceitáveis órgãos reguladores governamentais e agências globais; vi) se o produto resistirá à análise de entidades não governamentais (clientes, grupos de consumidores, processadores, outras partes interessadas); e vii) se o produto se tornará lucrativo (Whitford; Johnson, 2016).

Nesse esforço de descoberta inicial, leva-se em média de um a quatro anos para determinar se uma molécula possui propriedades pesticidas úteis, com testes em estufa e a campo. Segue-se uma fase de pré-desenvolvimento de três anos para compostos com potencial suficiente, onde faz-se uma análise profunda de mercado. O objetivo dessas etapas é determinar ingredientes ativos candidatos com características biológicas, químicas, toxicológicas, ambientais e comerciais aceitáveis para desenvolvimento (Phillips McDougall, 2016; Whitford; Johnson, 2016).

A fase de desenvolvimento também leva cerca de três anos, onde se estabelece para um ingrediente ativo eleito uma fábrica-piloto, para produção em quantidade suficiente para testes biológicos e de segurança adicionais, incluindo mais testes a campo, bem como avaliação dos processos de fabricação para uma produção viável (Phillips McDougall, 2016; Whitford; Johnson, 2016).

O produto então é revisado pelos órgãos regulatórios competentes, e caso aceito, é aprovado, com permissão para a fase de lançamento comercial (Phillips McDougall, 2016; Whitford; Johnson, 2016).

São necessários, portanto, de 8 a 11 anos no total e milhões de dólares para testar, desenvolver e registrar um novo pesticida, uma vez que um composto promissor é desenvolvido. Durante esse ciclo extenso (Figura 6), as necessidades e atitudes dos clientes flutuam, novos requisitos regulatórios podem entrar em vigor, produtos concorrentes podem antecipar oportunidades e os preços de mercado frequentemente mudam. Apenas uma em 160.000 moléculas testadas para

propriedades de pesticidas torna-se efetivamente um produto registrado como pesticida (Phillips McDougall, 2016; Whitford; Johnson, 2016).

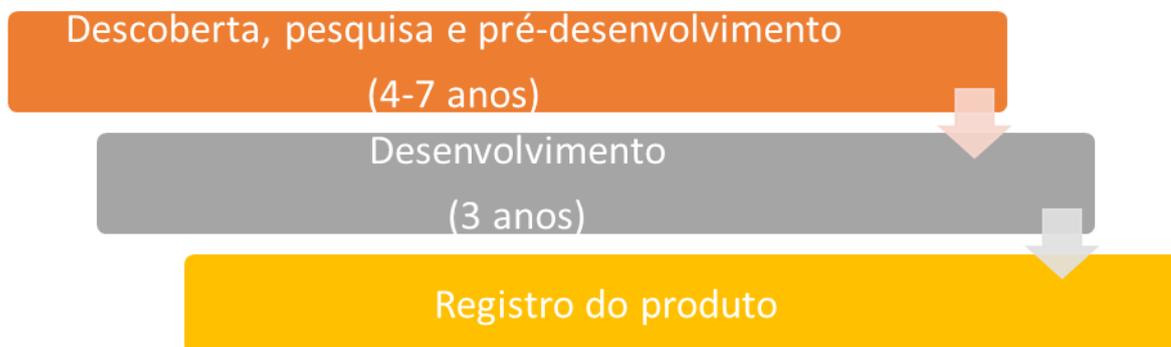


Figura 6: Estágios do desenvolvimento de um novo produto pesticida (Adaptado de Phillips McDougall, 2016)

O custo estimado de descoberta, desenvolvimento e registro para lançar um novo ingrediente ativo de pesticida no mercado cresceu de US\$152mi em 1995 para US\$286mi em 2014, com a maior parte desse custo (53%) sendo de pesquisa e testes a campo. Esse valor não inclui os custos associados à construção e operação de instalações de produção altamente especializadas (Casida; Quistad, 1998; Phillips McDougall, 2016; Whitford; Johnson, 2016). A agroindústria global é o único mercado suficientemente grande para sustentar esse tipo de investimento, razão pela qual os principais fabricantes de pesticidas concentram-se no desenvolvimento de produtos agrícolas, e apesar do alto custo, este valor equivale a apenas cerca de 5% do faturamento anual dessas empresas no setor (Phillips McDougall, 2016) (Whitford; Johnson, 2016).

Uma vez lançado no mercado, são então necessários mais quatro a seis anos para que o volume de vendas de um novo produto atinja um ponto em que a fabricação possa operar com eficiência (Whitford; Johnson, 2016). Após um lançamento, os profissionais de marketing buscam continuamente novos usos deste produto em outras produções alimentares e situações geográficas. Múltiplas formulações de um pesticida ampliam seu potencial comercial; assim, os mercados são saturados, tornando o marketing de novos produtos muito desafiador, especialmente à medida que mais e mais produtos genéricos são produzidos a baixo custo. E uma vez sedimentado no mercado, um produto pesticida precisa ser

continuamente avaliado quanto a maneiras de aumentar sua eficácia, ampliar seu uso e minimizar seus riscos (Whitford; Johnson, 2016).

Assim, os crescentes custos de desenvolvimento por restrições regulamentares, riscos e encarecimento de investimentos tiveram como consequência a redução do número de empresas envolvidas na criação de novos pesticidas; a indústria agroquímica foi internacionalizada e reduzida de cerca de 30 empresas para menos de 10 nas últimas décadas, com faturamento multibilionário, de forma semelhante à indústria farmacêutica. Essa redução de *players* limita o surgimento de novos inseticidas com novos mecanismos de ação e os confina em inseticidas de amplo espectro ao invés de seletivos, e por consequência, de maior impacto ambiental, o que se reflete na prática: o desenvolvimento de novos produtos pesticidas no mercado diminuiu pela metade nos últimos vinte anos (Casida; Quistad, 1998; Shattuck, 2021; Sparks; Nauen, 2015).

2.7.1. O mercado global de pesticidas sintéticos

O mercado de pesticidas sintéticos é particularmente opaco, com dados sobre uso, quantidades, produtos e mesmo faturamento difíceis de pesquisar. Algumas das principais fontes são pesquisas por consultorias, a FAO, agências governamentais, estatísticas de comércio global, e a própria indústria. São dados, portanto, que podem sofrer distorções de acordo com sua origem (Shattuck, 2021).

Até 1975, o mercado global de pesticidas valia cerca de US\$5bi (Goring C A I, 1977). No final da década de 1970 e início da de 1980, fabricantes começaram a exportar para países do Sul Global com menos regulação, que por sua vez exportariam alimentos para mercados dos EUA e Europa, crescendo em cerca de 2% ao ano. Na América Latina este crescimento foi em grande parte impulsionado pela “Revolução Verde”, com a implantação de sistemas de monoculturas para exportação, pesados subsídios governamentais, e pacotes tecnológicos para a produção que envolviam uso intensivo de pesticidas, retroalimentando uma inércia econômica acoplada a uma dependência tecnológica dos produtores chamada de efeito de “esteira agrícola”. A partir de 1980, as multinacionais norte-americanas e

européias passaram a investir em fábricas em países em desenvolvimento, pulverizando assim a produção de diversos ingredientes ativos. De 2000 a 2015, o mercado global teve um salto de cerca de 7% de crescimento ao ano, provocado pela adoção disseminada de sementes transgênicas na produção agrícola e o consequente uso de herbicidas (FAOSTAT, 2021; Galt, 2008; Nicholls; Altieri, 1997; Shattuck, 2021).

Após décadas de domínio da indústria por multinacionais do Norte global, recentemente tivemos tanto uma consolidação corporativa na forma de um oligopólio como o surgimento de cadeias de suprimento complexas, impulsionadas em parte por uma revolução de genéricos que colocou a China na liderança de forma meteórica. Em 1993, o governo chinês criou o Centro de Inovações Nacional para Pesticidas Químicos, e elaborou políticas de incentivo para a indústria doméstica focadas na produção a baixo custo de ingredientes ativos já existentes. Na década de 2000, a China crescia 700% entre os principais países exportadores, liderando a indústria em volume de pesticidas vendidos (Mansfield *et al.*, 2023; Pelaez *et al.*, 2015; Shattuck, 2021).

Em 2018, a fatia de mercado relativa a pesticidas com patente ativa chegou ao seu nível mais baixo, apenas 15% das vendas em comparação com os 30% registrados em 2000, concentrados em EUA e Alemanha. É uma quebra de paradigma para um setor que foi por muito tempo dominado pelos EUA, Japão e Europa ocidental, que juntos eram responsáveis por 75% do uso mundial de pesticidas e a maior parte da produção na década de 1980 (Mansfield *et al.*, 2023; Shattuck, 2021; WHO & UNEP, 1990)

A revolução no mercado de pesticidas genéricos, em particular, teve implicações enormes para a divisão global do trabalho na produção e distribuição de pesticidas. Desde 1994, o valor das vendas de pesticidas em todo o mundo dobrou, ultrapassando os US\$ 60 bilhões hoje, enquanto os preços médios dos pesticidas diminuíram como resultado de mudanças organizacionais e locacionais. A primeira transformação diz respeito à reestruturação corporativa em escala global. Uma série de fusões e aquisições reduziu as empresas legadas transnacionais centradas em P&D para apenas quatro: Syngenta Group (compreendendo Syngenta e Adama, de propriedade da ChemChina, e as atividades agrícolas da Sinochem), Corteva, Bayer

(incluindo a Monsanto) e BASF, que respondem atualmente por cerca de 80% do mercado mundial de pesticidas sintéticos (Mansfield *et al.*, 2023; Shattuck, 2021).

Enquanto isso, empresas chinesas e indianas tornaram-se cada vez mais importantes no setor, especialmente no mercado de patentes expiradas, ou genérico. Em 2021, doze das vinte maiores empresas de agroquímicos (em vendas) tinham sede ou eram controladas por capital da China e Índia, tornando o mercado atual multipolar e deslocado do eixo EUA – União Européia. Tanto China como Índia tem seu mercado voltado para exportações para outros países do Sul Global, outra quebra de paradigma do setor (Mansfield *et al.*, 2023; Shattuck, 2021).

A inovação dentro da biotecnologia depende necessariamente de laços com pesquisa acadêmica pública, patentes, e parcerias ou elos formais e informais por parte da empresa inovadora. A posse de patentes em particular é o elemento mais importante e central, por servir de garantia no envolvimento de outros atores. Embora a posse de patentes não seja decisiva no sucesso de uma inovação, ela foi estabelecida por um longo tempo no mercado de pesticidas sintéticos como crucial para a viabilidade de um novo produto e atualmente atinge um platô (Bureth; Pénin; Wolff, 2006; Meister Media, 2011). A reestruturação corporativa no rastro da revolução dos genéricos resultou em uma paisagem industrial caracterizada por cadeias de fornecimento dispersas. Atualmente o mercado é dominado por produtos de patente expirada, e pela primeira vez na história, a Ásia superou os EUA e Europa em produção de pesticidas; ao reduzir custos dos produtos, impulsionou seu uso em regiões já dependentes desses produtos, e facilitou o acesso de agricultores de regiões que não usavam pesticidas (Mansfield *et al.*, 2023; Shattuck, 2021).

A América Latina, com o Brasil como seu maior *player* e segundo maior mercado mundial de pesticidas, dependeu integralmente de importações de pesticidas sintéticos provenientes de países industrializados durante a Revolução Verde até a década de 1980, quando multinacionais começaram a instalar fábricas regionais (Galt, 2008; Nicholls; Altieri, 1997; Pelaez *et al.*, 2015). Em 2008 o Brasil ultrapassou os EUA e tornou-se o maior consumidor de pesticidas sintéticos do mundo, crescendo 190% entre 2002 e 2012, acima do crescimento mundial do mesmo período de 93%. No mesmo período, também apresentou a maior taxa de crescimento mundial nas importações de produtos formulados, da ordem de 1000%.

Em 2010, o mercado brasileiro representava 19% do mercado global de pesticidas, movimentando cerca de US\$7,3bi de um total de US\$51,2bi, enquanto os EUA movimentavam 17% do mercado mundial (Carneiro *et al.*, 2015; Pelaez *et al.*, 2015).

Até a década de 1980 os inseticidas dominavam 40% do mercado brasileiro, perdendo a liderança para herbicidas. Em 2010 apenas 12% do mercado nacional correspondia a inseticidas. Em 2022 os inseticidas voltaram a ser os pesticidas mais usados no meio agrícola brasileiro e corresponderam a 26% do uso total de pesticidas; e de uma despesa total dos produtores em pesticidas de US\$20,7bi no Brasil, inseticidas corresponderam a 27%, ou US\$5,5bi do mercado nacional. Herbicidas corresponderam a 24% (Carneiro *et al.*, 2015; SINDIVEG, 2024).

No Brasil, recentemente foi sancionada a Lei 14.785/23, buscando modernizar o setor de pesticidas sintéticos e com novos processos a ainda serem definidos; a taxa de registro de um novo ingrediente ativo pesticida até então era de no máximo US\$1 mil, sem data de validade e com custos de avaliação toxicológica sendo de responsabilidade dos órgãos reguladores (Brasil, 2023; Pelaez *et al.*, 2015).

2.7.2. A emergência do mercado de biopesticidas

O uso de pesticidas sintéticos envolve um contexto histórico, geopolítico e econômico de interações de governos, sociedade e multinacionais; estas últimas com um de seus objetivos a manutenção da previamente citada “esteira agrícola” de forma a manter vendas e crescimento no mercado (Freitas; Bombardi, 2018; Nicholls; Altieri, 1997).

No mercado de pesticidas sintéticos, quatro empresas multinacionais dominam aproximadamente 82% do mercado (Shattuck, 2021). Essas empresas constituem um oligopólio, cuja principal característica é a alta capacidade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de novos princípios ativos, o que impede a entrada de novos *players* pelo custo dessa P&D. Dentro desse oligopólio, a competitividade se dá pela impressão de qualidade, resultado da combinação de princípios ativos patenteados e valorização da marca. Enquanto isso, as empresas excluídas desse oligopólio ficam uma periferia competitiva, com capacidade inovadora restrita a patentes

expiradas, e competitividade limitada à precificação (Pelaez *et al.*, 2015; Pelaez; Mizukawa, 2017), dependendo quase que exclusivamente de *leapfrogging* (Tigre; do Nascimento; Costa, 2016).

Mercadologicamente os biopesticidas são uma inovação incremental (Dangelico; Pujari, 2010) e uma tendência de diversificação, causada por uma crescente demanda por pesticidas menos tóxicos provocada pelos consumidores, que por sua vez provoca uma pressão regulatória, concentrada em países com maior renda per capita. A pressão regulatória reflete a preocupação do consumidor quanto à toxicidade dos produtos, com restrições maiores em relação à carcinogenicidade, efeitos hormonais ou teratogênicos, e o efeito ambiental, em particular em relação a polinizadores (Marrone, 2007; Pelaez; Mizukawa, 2017).

A preferência por produtos biobaseados cresce entre a classe média global, não apenas em países ricos, incluindo alimentos e tecidos (Wesseler; Von Braun, 2017). O uso de inseticidas sintéticos, por exemplo, é consideravelmente mais baixo na produção agrícola de países desenvolvidos, à medida que a percepção do consumidor aumenta e métodos de Manejo Integrado de Pragas (MIP) e de produção orgânica são adotados (Schreinemachers; Tipraqsa, 2012).

Segundo Penrose (2009), uma empresa procura identificar novas oportunidades em mercados nos quais seu núcleo de competência garante competitividade, em um processo de diversificação controlada; duas das principais formas de acrescentar competências por parte dessas multinacionais é ou através da aquisição e fusão de empresas que complementem e expandam tal núcleo, ou através de acordos de cooperação entre empresas, exemplificados a seguir (Pelaez *et al.*, 2015).

O mercado de pesticidas sintéticos já dá mostras de estagnação em sua inovação tecnológica há algumas décadas, pelo aumento de custos de desenvolvimento; estava estimado entre US\$ 27 bilhões e US\$ 33,6 bilhões em 2005, e os biopesticidas, já em crescimento, representavam cerca de 2,4% do mercado total de pesticidas na época (Marrone, 2007; Shattuck, 2021). A diversificação em direção a biopesticidas começou com os primeiros acordos entre Bayer e Syngenta na metade da década de 2000, e teve com um de seus pontos altos o acordo de cooperação entre Monsanto e a empresa dinamarquesa Novozymes, no valor de US\$300 milhões em 2013. O acordo gerou a BioAgAlliance,

unindo as duas empresas na pesquisa de biopesticidas microbianos. O uso de defensivos incorporados a plantas (PIPs) foi outra das tendências de diversificação das multinacionais da indústria pesticida por meio de aquisições e acordos na última década. No período entre 2012 e 2015 o oligopólio adquiriu 10 empresas de biopesticidas pelo valor aproximado de US\$2,4bi (Novozymes, 2024; Pelaez; Mizukawa, 2017).

Mas biopesticidas inseticidas e acaricidas, como outros novos bens de consumo, tem seu *debut* de forma experimental e insatisfatória, e não podem conquistar seus mercados potenciais sem inovações incrementais posteriores (Schumpeter, 2017). Produtos já disponíveis comercialmente como citronela (*Cymbopogon spp.*), gerânio (*Pelargonium spp.*), cedro (*Cedrus atlântica*), hortelã (*Mentha spicata*), alecrim (*Salvia rosmarinus*), soja (*Glycine max*) e eucalipto (*Eucalyptus spp.*) ainda possuem tímida presença no mercado ocidental (Isman, 2020; Isman, Murray B, 2006; Regnault-Roger; Vincent; Arnason, 2012). Apesar de uma taxa de crescimento constante, o mercado de biopesticidas continua menos de 10% do valor total do mercado de pesticidas (Phillips McDougall, 2018). Atualmente o mercado global de biopesticidas é de US\$5,5bi e deve crescer a US\$11,3bi até 2027 (Markets and Markets, 2022a).

2.7.3. Limitações mercadológicas de biopesticidas

Apesar de relatos históricos e empíricos, uso etnobotânico milenar e produção acadêmica recente sobre o tema descrevendo resultados promissores, o uso da *C. sativa* como biopesticida ainda é um tema de nicho. É uma matéria prima que, apesar de sua longa caminhada com a espécie humana, se encontra na vanguarda da pesquisa no agronegócio para tal uso e, portanto, exige uma abordagem multidisciplinar (Cook; Chaddad, 2000). Apesar do grande número de estudos sobre a eficácia de óleos essenciais e extratos vegetais, por exemplo, a comercialização de biopesticidas fitoquímicos data de pouco menos de 20 anos nos EUA e menos de uma década na União Europeia (Isman, 2020).

O desenvolvimento de um biopesticida fitoquímico é um processo demorado, envolvendo expertise interdisciplinar em extração, isolamento, separação,

purificação, elucidação de estrutura, bioensaio e outros aspectos relacionados. Enquanto estabilizadores adequados, protetores UV e antioxidantes podem ser necessários para aumentar a estabilidade, vida útil e vida residual do produto, sinergistas de inseticidas, potencializadores e outros adjuvantes podem ser necessários para melhorar a bioeficácia e suprimir o desenvolvimento de resistência em insetos. Novas metodologias e protocolos precisam ser desenvolvidos para análise e controle de qualidade de materiais técnicos e produtos acabados. As moléculas líderes naturais podem ser modificadas quimicamente para derivados semissintéticos a fim de melhorar a atividade, estabilidade e segurança (Walia *et al.*, 2017). Isman (2006) identifica três barreiras principais para a comercialização de bioinseticidas fitoquímicos: 1) sustentabilidade da matéria-prima; 2) padronização de extratos quimicamente complexos; e 3) aprovação regulatória. Para cada uma dessas barreiras, também há considerações importantes de custo. No caso específico da viabilidade de óleos essenciais e extratos vegetais para a produção de biopesticidas, Isman (2020) identifica 1) disponibilidade da matéria-prima; 2) preço; e 3) aprovação regulatória.

Outros inconvenientes ou limitações são a ação lenta em comparação a pesticidas sintéticos, especificidade de pragas afetadas e a falta de ação residual na maioria dos fitoquímicos (Isman, Murray B., 2006; Meister Media, 2011). Como resultado, se degradam rapidamente e apresentam desempenho imprevisível em condições de campo. A rápida decomposição do ingrediente ativo em situações ao ar livre, devido à luz, calor, pH, umidade e outras variáveis ambientais leva à necessidade de aplicações repetidas (Walia *et al.*, 2017). As características de óleos essenciais e extratos vegetais que os tornam tão promissores como biopesticidas, como alta volatilidade e biodegradabilidade, e baixa persistência no ambiente são justamente o que os limita como produtos comerciais (Giunti *et al.*, 2022).

Em relação à sustentabilidade, a produção de um bioinseticida fitoquímico em escala comercial exige a produção da biomassa vegetal usada como matéria prima em escala agrícola, e preferencialmente não-sazonal, a não ser que a espécie em questão seja extremamente abundante *in natura*, ou cultivada para outros propósitos (Isman, Murray B., 2006; Walia *et al.*, 2017).

Para que um bioinseticida fitoquímico forneça um nível confiável de eficácia ao usuário, deve haver algum grau de padronização química, presumivelmente baseado no(s) ingrediente(s) ativo(s) putativo(s), algo alcançado com produtos mais refinados à base de piretro, neem e rotenona; preparações brutas, no entanto, frequentemente contêm baixas concentrações de ingredientes ativos sem quantificação adequada. Para uma padronização adequada, o produtor deve ter um método analítico e o equipamento necessário para análise, e pode precisar misturar ou combinar extratos de diferentes fontes, o que requer instalações de armazenamento e é parcialmente dependente da estabilidade inerente dos princípios ativos no material vegetal de origem ou extratos mantidos em armazenamento (Isman, Murray B., 2006; Walia *et al.*, 2017).

A aprovação regulatória é a principal barreira para a comercialização de novos bioinseticidas fitoquímicos. Em diversas jurisdições não há distinção entre pesticidas sintéticos e biopesticidas, incluindo os fitoquímicos/botânicos, o que pode inviabilizar a comercialização devido a altos custos regulatórios (Isman, 2020; Isman, Murray B., 2006; Walia *et al.*, 2017).

As regulamentações de pesticidas estabelecidas nos países mais ricos têm alcance global, afetando diretamente agricultores em países em desenvolvimento, forçados a cumprir essas normas para exportação da produção. Assim, a falta de confiança na segurança de um dado bioinseticida fitoquímico por parte da União Europeia, por exemplo, pode desfavorecer esse produto em um país tropical, ainda que ele faça sentido para agricultores mais pobres fornecendo para seus mercados domésticos, onde a matéria-prima poderia ser cultivada e preparada de forma barata para a proteção contra pragas (Isman, Murray B., 2006).

Os produtores rurais que adotam biopesticidas o fazem apenas se perceberem um retorno tangível do investimento. Existe uma resistência da cadeia de produção agroalimentar para abandonar o uso de pesticidas sintéticos em grande escala no presente contexto mundial, por razões comerciais complexas, relacionadas à forma que a agricultura moderna está costurada com a produção de commodities, crédito rural, globalização, e finalmente, o sistema capitalista como um todo. Existe também uma resistência quanto a inovações dessa natureza na cadeia de produção agroalimentar latino-americana, um mercado tradicionalmente usado por grandes

multinacionais para a venda de ingredientes ativos proibidos em países desenvolvidos (Casida; Quistad, 1998; Nicholls; Altieri, 1997; Shattuck, 2021).

Os mercados prioritários para o lançamento de novos pesticidas atualmente são a Europa e Área de Livre Comércio da América do Norte (*North American Free Trade Agreement* - NAFTA), englobando cerca de 70% dos investimentos de desenvolvimento de novos produtos pesticidas. A América Latina não é prioritária e recebe apenas 15% desses investimentos, apesar de, de um total de US\$43bi das importações globais de pesticida em 2021, corresponder a US\$7,4bi, ou 17%. Como base para comparação, a NAFTA corresponde a cerca de 9%, e a Europa a 34% desse comércio (FAOSTAT, 2021; Mansfield *et al.*, 2023; Phillips McDougall, 2016). Muitos biopesticidas nos EUA são aprovados para uso na agricultura orgânica, o segmento de crescimento mais rápido na indústria alimentícia (Marrone, 2007).

Zhou (2021) menciona a necessidade de identificar claramente o mercado para a promoção de biopesticidas, visando os mercados de alto valor agregado, onde o retorno econômico e o valor do produto são altos e o nível de consumo urbano e rural é relativamente alto, promovendo assim sua aplicação. Segundo Marrone (2007), entre os agricultores dos EUA, aqueles com as maiores operações tendem a ser os usuários mais ávidos de biopesticidas, por uma necessidade de manejo de resistência, gestão de resíduos, flexibilidade na colheita e manutenção de espécies benéficas, além da segurança de uso.

Para alcançar resultados semelhantes aos dos pesticidas tradicionais, os agricultores inevitavelmente terão que investir mais esforços e custos de aprendizado. Isso, por sua vez, reduz a disposição dos agricultores em usar biopesticidas, sobretudo na economia de pequena escala (Meister Media, 2011; Zhou, 2021).

Marrone (2007) relata as seguintes barreiras para adoção de biopesticidas pelo consumidor: i) mercado altamente competitivo e saturado; ii) consumidor e cadeia de distribuição conservadora/aversa a risco; iii) canais de venda complexos e com pouca informação; e iv) percepção negativa de biopesticidas. O último item remete à percepção de menor eficácia comparada com pesticidas sintéticos, apesar da percepção de menor impacto ambiental.

2.7.4. Principais mercados de biopesticidas

Comparada aos Estados Unidos, há muito menos biopesticidas disponíveis na Europa visto que a burocracia pode demorar 5 anos ou mais e exigir milhões de dólares em testes toxicológicos (Marrone, 2007). Nos EUA, um mercado 20% maior que o Brasil, a agência regulatória *Environmental Protection Agency* (EPA) mobiliza 18 vezes mais recursos humanos do que o Brasil na regulação de pesticidas. O custo de registro de um novo ingrediente ativo nos EUA custa mais de US\$600 mil, com validade de 15 anos e custo de renovação de US\$150mil, e como já discutido, com grandes custos por parte da empresa para demonstrar obediência aos parâmetros de toxicidade (Pelaez *et al.*, 2015).

Na França, o plano *Écophyto 2018* avançou a o mercado de biopesticidas no país tendo como meta reduzir até 2018 o uso de pesticidas sintéticos em 50%. Em 2014 o mercado francês de biopesticidas estava estimado em €100mi e cresceu para €278mi em 2022 (Aulagnier; Goulet, 2017; International Biocontrol Manufacturers Association, 2023)

Embora o uso comercial de certos biopesticidas em animais de produção, como o óleo de neem, já tenha algumas décadas (Mulla; Su, 1999), produtos biológicos para o controle de pragas só passaram a ser registrados a partir da década de 2000 no Brasil (Bettiol; Medeiros, 2023; MAPA, 2019). Nos últimos cinco anos, o mercado brasileiro de biopesticidas cresceu 45%, contra 6% dos pesticidas sintéticos (Embrapa Meio Ambiente, 2024). Só em 2018, o mercado de biopesticidas cresceu 70%, movimentando R\$464mi e respondendo por 7% da comercialização mundial (MAPA, 2019); no mercado de bioinsumos, bioinseticidas cresceram de 27% do mercado em 2021 para 34% em 2023 (Croplife, 2024).

Na Índia, a falta de regulação na venda de biopesticidas inundou o mercado com produtos ineficazes ou “malhados” com pesticidas sintéticos de forma irregular, e causou um sério atraso no desenvolvimento da indústria (Keswani *et al.*, 2021); o padrão de qualidade irregular e a venda de produtos adulterados é também uma preocupação na China, embora comparativamente menor (Zhou, 2021).

Na China, atual maior mercado de pesticidas, a indústria de biopesticidas recebeu pesados incentivos do governo na forma de programas específicos para o desenvolvimento do segmento ao longo dos últimos 30 anos, provocados pela percepção de aumento de resistência de pragas, resíduos nos alimentos e danos ambientais. Diversas inovações subsidiadas e desenvolvidas por institutos de pesquisa chineses continuam a entrar no mercado; entretanto, os biopesticidas ainda representam apenas 5-7% do mercado chinês, existindo uma preocupação com a migração de empresas ocidentais de pesticidas sintéticos para a China e a aquisição de empresas de biopesticidas nacionais, enquanto seus países de origem restringem o uso interno de pesticidas sintéticos (Qiu, 2015; Yuan *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2022).

Muitas empresas chinesas relutam em produzir ou comercializar produtos biopesticidas fitoquímicos pela expertise e refinamento necessário, resultando em uma baixa participação de mercado. Até 2022, havia mais de 1400 empresas na China que produziam agroquímicos e produtos químicos agrícolas, enquanto apenas 142 empresas fabricavam biopesticidas e produtos microbiológicos. Em comparação com as empresas de agroquímicos, as empresas produtoras de biopesticidas enfrentam grandes disparidades em termos de equipe técnica, suporte tecnológico, equipamentos de pesquisa e desenvolvimento, e garantia de capital (Guo *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2022), e embora haja uma forte demanda por pesticidas de origem biológica nas bases de produção de alimentos orgânicos e sustentáveis, os pesticidas de origem biológica não demonstraram vantagens competitivas claras na produção de commodities agrícolas em grande escala (Guo *et al.*, 2019)

3. MÉTODO

A pesquisa acadêmica conta com diversos tipos de pesquisa, e em relação ao seu plano de execução, ele pode ser i) descritivo; ii) explicativo ou causal; e iii) exploratório. De forma geral, a pesquisa exploratória ocorre quando há pouco conhecimento sobre um determinado assunto, exigindo uma pesquisa de campo que descobrirá informações iniciais de uma realidade, permitindo que se formulem hipóteses sobre ela. Esse vácuo de informação faz com que um planejamento bem estruturado seja pouco factível, com flexibilidade de processos ao invés de um procedimento definido e rígido (Munaretto; Corrêa; Carneiro da Cunha, 2013).

A pesquisa do presente trabalho foi exploratória e buscou fazer um levantamento entre pesquisadores sobre os possíveis desafios de pesquisa e desenvolvimento de um biopesticida para a produção animal baseado em cannabis, utilizando entrevistas semi-estruturadas com o método Delphi. Este instrumento de pesquisa qualitativa busca ampliar as reflexões do tema e auxiliar no alcance do objetivo da pesquisa, além de poder ser um material de apoio no desenvolvimento de novos produtos biopesticidas fitoquímicos além da cannabis.

Após a revisão de literatura, encontraram-se as seguintes dimensões a serem consideradas no desenvolvimento de novos produtos sustentáveis: 1) estratégia; 2) pesquisa; 3) comercialização; 4) processo; 5) clima de projeto; 6) cultura da empresa, baseadas em Barczak e Kahn (2012); acrescidas de 7) sustentabilidade. Obtidas as dimensões, elaborou-se o questionário com 19 itens que fariam parte das dimensões de NPD.

3.1. População e Amostra

Os especialistas foram selecionados para opinarem sobre o desenvolvimento de um novo produto bioinseticida à base de cannabis; foram buscados especialistas em entomologia veterinária, cannabis e desenvolvimento de biopesticidas a partir de análise curricular, em pesquisa no Currículo Lattes, banco de dados do Conselho

Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Dada a escassez de especialistas acadêmicos brasileiros no tópico de desenvolvimento de novos produtos à base de *Cannabis sativa* para uso na produção animal, os critérios de seleção foram 1) vínculo com entidades de pesquisa e desenvolvimento de bioinsumos; 2) proximidade acadêmica com o tema de acaricidas ou inseticidas fitoquímicos e sustentabilidade; 3) artigos publicados no tema de acaricidas ou inseticidas fitoquímicos e sustentabilidade; e 4) proximidade acadêmica com o tema de pesquisa e desenvolvimento de novos produtos acaricidas ou inseticidas sustentáveis. Deste modo, enviou-se e-mail para concordância na participação do estudo. Importante destacar que amostra do tamanho do grupo de profissionais não está relacionada à quantidade de profissionais, mas sim da experiência dos profissionais ao tema. Foram abordados no total 49 especialistas, com o objetivo de dez participantes, reduzidos a cinco por razão de saturação teórica; destes, todos doutores docentes em instituições públicas, sendo um engenheiro agrônomo, um engenheiro químico, um biólogo, um veterinário e um zootecnista.

3.2. Instrumentos e Procedimentos para Coleta e Análise de Dados

Foi adotado um questionário para obter um panorama do desenvolvimento de um bioinseticida fitoquímico à base de *Cannabis sativa* no Brasil. O pré-teste foi aplicado em três especialistas, através do qual o questionário sofreu modificações para evitar redundâncias e tornar respostas mais objetivas, sendo a principal modificação a união das dimensões 5) clima de projeto e 6) cultura da empresa por redundância das respostas. Ao final do pré-teste, obtiveram-se 16 itens, distribuídos em 6 blocos.

Os especialistas foram convidados a participar do questionário final por meio da apresentação da proposta do estudo e participaram, como preconizado pelo método Delphi, de uma rodada inicial de entrevista. O escopo terminou por ser de cinco entrevistados, com 6 temas principais, cada tema contendo no máximo 3 perguntas, como ilustrado no roteiro do APÊNDICE 1. As entrevistas foram feitas pela internet via aplicativo Microsoft Teams e GoogleMeet, dada a pulverização geográfica e a escassa disponibilidade de tempo dos especialistas; após a primeira rodada, foi feita Análise de Conteúdo nas respostas com o objetivo de encontrar convergências e

divergências; não houve segunda rodada de perguntas com os especialistas por ausência de divergências, e após, a compilação das conclusões gerais, foi produzido relatório para os especialistas. De posse das conclusões gerais, foi realizada Análise de Conteúdo para categorizar as respostas e alcançar uma significância sobre o tema proposto através do software *N-Vivo*.

3.2.1. Método Delphi

Dentro dos estudos exploratórios, a técnica Delphi é uma forma tradicional de coleta de dados de especialistas em um determinado assunto com objetivo de levantar informações para uma pesquisa de campo, com base nas respostas individuais dos participantes. Seu objetivo é propor uma visão de determinado grupo sobre um fenômeno, baseada no adágio “duas cabeças pensam melhor que uma” (Dalkey, 1969; Munaretto; Corrêa; Carneiro da Cunha, 2013).

Embora a técnica Delphi tenha sido originalmente desenvolvida em um contexto militar de Guerra Fria, ele se expande por diversas áreas e contextos diferentes, buscando o mais confiável consenso de um grupo de especialistas, através de questionários intensivos intercalados por *feedbacks* controlados de opiniões (Munaretto; Corrêa; Carneiro da Cunha, 2013).

Não há um número ideal de participantes em um grupo Delphi, mas a quantidade de entrevistados tem efeito direto na geração de informações e na qualidade das informações a serem trabalhadas. As concordâncias de opiniões sobre um assunto ocorrem sob os seguintes pilares: i) anonimato dos participantes; ii) a consulta aos especialistas para a coleta de dados; iii) aplicação de rodadas interativas e com *feedback* controlado para que os participantes possam reconsiderar suas opiniões; iv) busca por consenso estatístico a partir do ponto de vista levantado pelo grupo (Dalkey, 1969; Munaretto; Corrêa; Carneiro da Cunha, 2013).

O método Delphi é aplicado normalmente em um formato de questionário formal com uma série de itens, a ser preenchido de acordo com instruções, aplicado em duas ou mais rodadas. As etapas estão propostas na Figura 7 (Munaretto; Corrêa; Carneiro da Cunha, 2013).

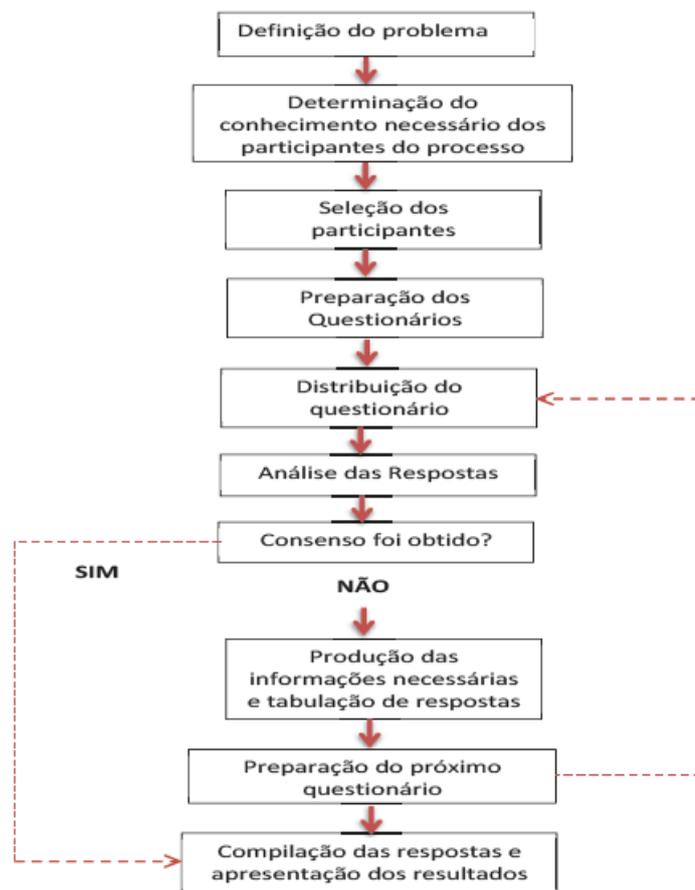


Figura 7: Etapas do método Delphi (Munaretto; Corrêa; Carneiro da Cunha, 2013)

3.2.2. Saturação Teórica

Pesquisas qualitativas podem ter a coleta de dados interrompida com a constatação que o campo de observação não depreende mais elementos novos para balizar ou aprofundar a teorização (Fontanella *et al.*, 2011).

O recrutamento de novos participantes foi interrompido dado o escasseamento de novos enunciados a partir da terceira entrevista, o que pode ser visto na Tabela 3:

Tipos de enunciados		Entrevistas					Total de recorrências
		1	2	3	4	5	
1	Necessidade de alterar ou flexibilizar regulamentação da cannabis para	X	x	x	x	x	5

	pesquisa						
2	Passos adicionais no NPD de um extrato vegetal em comparação com moléculas sintéticas	X	x	x	x	x	5
3	Resistência por parte dos produtores e profissionais de campo ao uso de extratos vegetais	X					1
4	Propriedade intelectual de um extrato vegetal	X				x	2
5	Necessidade de financiamento de NPD	X		x	x	x	4
6	Plantio de cannabis sem pesticidas sintéticos, ou plantio orgânico, como forma de sustentabilidade	X	x	x	x		4
7	Eficácia de extratos vegetais comparados com moléculas sintéticas	X	x		x	x	4
8	Informação como ferramenta para vencer estigmas da cannabis	X	x	x	x	x	5
9	Necessidade de inclusão de atores externos na pesquisa pública de um produto à base de cannabis para a produção animal	X	x		x	x	4
10	Ausência de estigmas da cannabis com a percepção de um produto rentável (fabricantes) ou com bom custo-benefício (produtores)	X	x		x	x	4
11	Necessidade de desburocratização do NPD de biopesticidas fitoquímicos	X	x	x	x	x	5
12	Necessidade de padronização de um extrato vegetal		X		x	x	3
13	Demanda do mercado por produtos pesticidas eficazes sem toxicidade para organismos não-alvo		X	x	x	x	4
14	Multidisciplinariedade do NPD de um		X		x	x	3

	biopesticida fitoquímico à base de cannabis para produção animal						
15	Agricultura familiar da cannabis como forma de sustentabilidade		X			x	2
16	Necessidade de eficiência energética na cadeia da cannabis como forma de sustentabilidade		X		x		2
17	Políticas públicas como fomento à sustentabilidade de um produto à base de cannabis		X	x	x	x	4
18	Necessidade de estudo de resíduo da cannabis em produtos de origem animal		X	x		x	3
19	Resistência institucional em relação à pesquisa com cannabis		X		x		2
20	EXZOLT® como último produto a ser lançado como acaricida na produção animal			X		x	2
21	Necessidade da obtenção de biomassa em volume suficiente e uniformidade química para extratos vegetais				X	x	2
22	Escassez de especialistas com experiência em pesquisa em cannabis				X		1
	Total de novos tipos de enunciados para cada entrevista	11	8	1	2	0	

x: recorrência; **X**: novo tipo de enunciado

Tabela 3: Distribuição de frequência de enunciados referentes às dimensões de desenvolvimento de novos produtos (adaptado de Fontanella et al, 2011 com dados do próprio autor).

3.2.3. Análise de Conteúdo

A Análise de Conteúdo é uma técnica de análise das comunicações com o poder de análise verbal ou não-verbal, classificando-as em temas ou categorias que

auxiliem na compreensão do subtexto. Tem sua origem moderna na análise de imprensa e de propaganda militar, inicialmente sistematizada como método na década de 1920 por Lasswell (1927). Gradualmente tornou-se um campo multidisciplinar, tomando popularidade a partir de Bardin (2011) no final da década de 1970 (Bardin, 2011; Câmara, 2013; Silva; Fossá, 2015).

Podemos definir Análise de Conteúdo como:

“(…) uma técnica de pesquisa científica baseada em procedimentos sistemáticos, intersubjetivamente validados e públicos para criar inferências válidas sobre determinados conteúdos verbais, visuais ou escritos, buscando descrever, quantificar ou interpretar certo fenômeno em termos de seus significados, intenções, consequências ou contextos” (Sampaio e Lycarião (2021), p.17).

A Análise de Conteúdo transita entre o rigor da objetividade e a fecundidade da subjetividade, exigindo do pesquisador um equilíbrio entre sistematização e sensibilidade de forma a evitar uma “compreensão espontânea” dos dados apreendidos (Mendes; Miskulin, 2017; Silva; Fossá, 2015).

Existem dois focos de uma Análise de Conteúdo: conteúdo latente ou manifesto. O conteúdo manifesto se refere a elementos quantitativos do texto, ou seja, descrições visíveis e componentes óbvios; o conteúdo latente se refere à interpretação de significados ocultos em um nível qualitativo mais aprofundado e abstrato. A Análise de Conteúdo pode, desta forma, ser quantitativa, qualitativa ou fazer uso de ambas abordagens (Mendes; Miskulin, 2017; Rossi; Serralvo; Joao, 2014).

Bardin (2011) propõe três etapas fundamentais da Análise de Conteúdo: 1) pré-análise; 2) exploração do material; e 3) tratamento dos resultados, inferência e interpretação (Figura 8).

A primeira fase, pré-análise, sistematiza as ideias iniciais propostas pelo quadro referencial teórico e estabelece indicadores para a interpretação das informações coletadas; esta fase compreende uma leitura inicial das fontes (ou “leitura flutuante”), definição do *corpus* de análise, formulação de hipóteses e objetivos, e finalmente a

elaboração de indicadores para interpretação do material coletado. O material a ser analisado deve seguir os princípios de exaustividade da comunicação, representatividade da amostra, homogeneidade dos dados, pertinência ao objetivo de pesquisa e exclusividade de um elemento a apenas uma categoria. (Bardin, 2011).

A segunda fase, exploração do material, consiste na construção das operações de codificação, como definição de regras de contagem e classificação e agregação das informações em categorias simbólicas ou temáticas, de forma a estruturar o material em unidades de registro agrupadas sistematicamente. As unidades de informação a serem analisadas e categorizadas podem ser palavras, frases ou símbolos (Bardin, 2011).

As categorias são o pivô da Análise de Conteúdo e podem ser criadas a priori ou a posteriori, ou seja, a partir da teoria ou após a coleta de dados; devem possuir qualidades como: 1) as supracitadas exclusividade (na forma de exclusão mútua), homogeneidade e pertinência aplicadas às categorias; 2) objetividade e fidelidade das categorias com base em variáveis claras, evitando distorções provocadas pela subjetividade do analista; 3) produtividade das categorias, de forma a gerarem inferências, hipóteses novas ou dados exatos de forma pragmática (Bardin, 2011; Câmara, 2013; Franco, 2005).

A terceira fase, tratamento de resultados, inferência e interpretação, visa captar os conteúdos manifestos e latentes no material analisado, com a justaposição das diversas categorias para a percepção de convergências e divergências no que foi apreendido de forma a culminar em uma proposição, ou um enunciado geral baseado nos dados que acima de tudo responda às perguntas de pesquisa (Bardin, 2011; Câmara, 2013; Sampaio; Lycarião, 2021).

Para a Análise de Conteúdo do presente trabalho, foi utilizado o software *NVivo* v15.0.0.

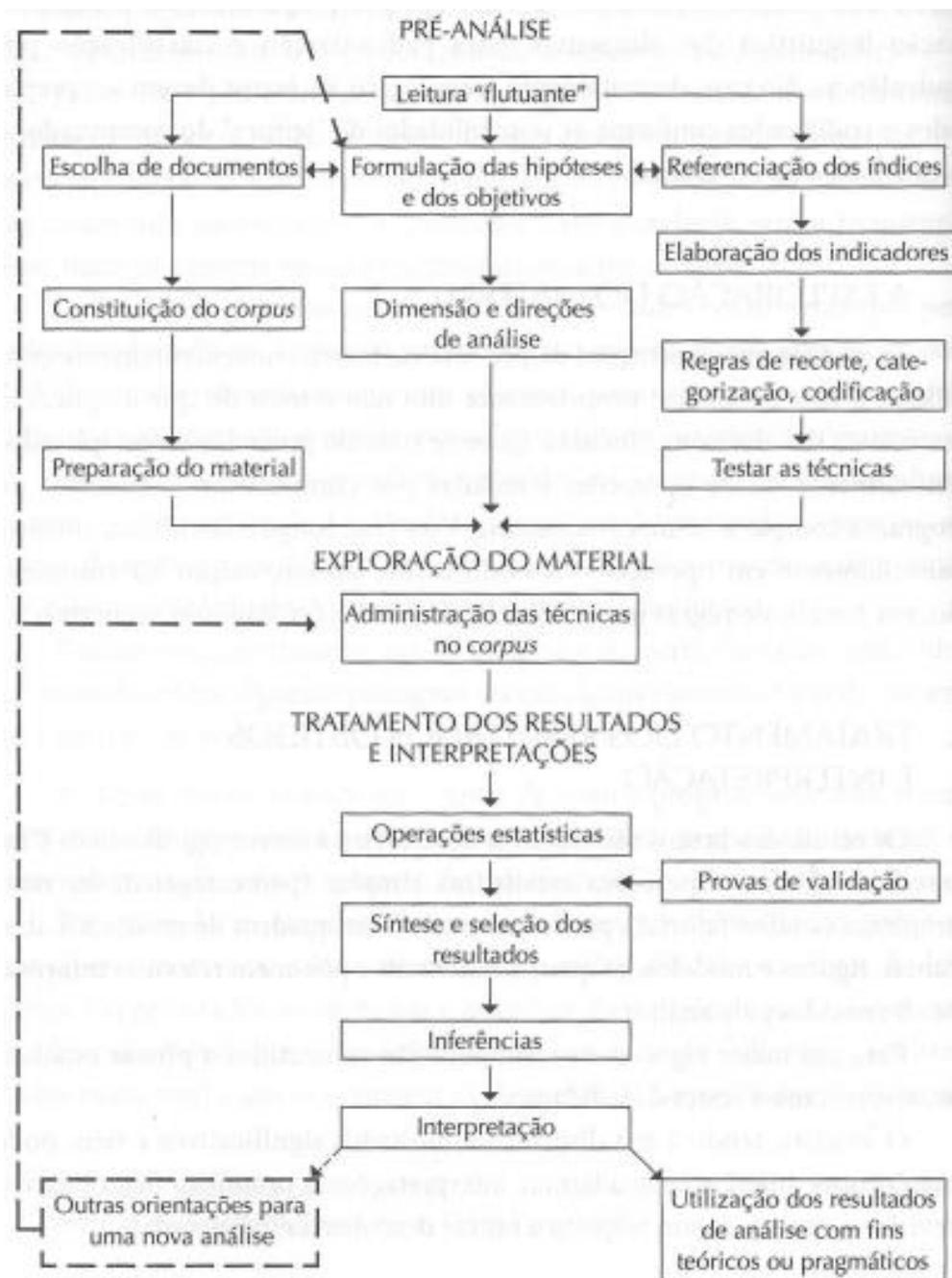


Figura 8: Desenvolvimento de uma Análise de Conteúdo (Bardin, 2011).

De acordo com Bardin (2011), a Análise de Conteúdo permite fazer inferências sobre 1) o emissor ou produtor de mensagem; 2) o receptor; 3) a mensagem; e 4) o *medium* (meio, canal, instrumento, objeto técnico). A conclusão da Análise de Conteúdo, portanto, depende de contexto e pode mostrar resultados indo ao encontro ou de encontro àqueles da literatura, tendo-se o cuidado de especificar o que são generalizações e o que são especificidades do estudo, e quais são os indicativos mais promissores de futuras pesquisas (Sampaio; Lycarião, 2021).

4. RESULTADOS

4.1. Conclusões Gerais Do Instrumento de Coleta

A entrevista com os especialistas em relação ao desenvolvimento de um novo produto biopesticida baseado em cannabis para a produção animal gerou os seguintes resultados:

4.1.1. Estratégia

Houve consenso entre os entrevistados de que há demanda, e, portanto, oportunidade para o desenvolvimento de biopesticidas fitoquímicos, embora não necessariamente para um à base de cannabis por motivos de regulamentação. Vencido este desafio, o primeiro, ou principal passo relatado pelos especialistas na dimensão estratégia foi a delimitação da composição de um extrato de cannabis para uso específico como inseticida ou acaricida; isto seria aperfeiçoado através da seleção e melhoramento genético de um cultivar com subseqüentes testes in vitro e in vivo. Outro desafio citado nessa dimensão é a padronização do cultivo para que se obtenha uma matéria prima consistente e previsível.

Um entrevistado mencionou que o grande desafio de uma estratégia de desenvolvimento de um produto fitoquímico é a sua multidisciplinariedade.

Quatro especialistas não tiveram contato com o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) citado nesta dimensão, apesar de se relacionarem com a indústria, pesquisa acadêmica e criadores. Apenas um participante relatou contato direto com o PNB. Houve consenso de que tal programa deveria obrigatoriamente ter capacidade de estimular o desenvolvimento de fitoquímicos e outros biopesticidas, fossem à base de cannabis ou não.

4.1.2. Pesquisa

Quatro dos entrevistados relataram como principal diferença entre pesticidas sintéticos e biopesticidas fitoquímicos a menor complexidade em relação à homogeneização de moléculas dos primeiros; por sua vez, extratos vegetais apresentam grande número de variáveis a serem controladas para que uma matéria prima uniforme seja obtida, como variações de composição da planta, que pode ser afetada por variações geográficas e climáticas, oscilando concentrações de moléculas desejáveis. Um dos entrevistados enumerou uniformizar a genética da planta, o ambiente de cultivo, ponto de colheita e operações pós-colheita como centrais para a pesquisa de um biopesticida fitoquímico, o que pode demandar mais tempo em comparação com uma pesquisa de moléculas sintéticas. Um dos entrevistados também relatou uma escassez de padronização de moléculas fitoquímicas por parte de fornecedores de amostras de referência molecular da indústria química (ex. Sigma-Aldrich). É preciso saber o que vai ser isolado e se o processo não vai afetar de alguma forma o que se quer extrair, o que depende da tecnologia a ser utilizada. Um entrevistado citou limitação tecnológica em solo brasileiro quanto à qualidade de extrações para pesquisa e desenvolvimento.

Quatro dos entrevistados concordaram que o desafio maior para a pesquisa de um novo produto biopesticida fitoquímico é o financiamento, em especial dentro de uma instituição pública de ensino, pelo volume de dinheiro necessário para desenvolver um produto a ponto de ser comercializado em escala. Quatro entrevistados citaram o desafio burocrático para testes *in vivo* e delimitação de resíduos nos produtos animais, como carne, leite e ovos. Dois entrevistados citaram a necessidade de trabalhos de toxicidade em humanos e animais nesta fase, tanto *in vitro* como a campo.

Quanto ao desenvolvimento específico de pesquisas com a cannabis, foi consenso que a regulamentação da cannabis é o principal impedimento. Um dos entrevistados citou a escassez de pesquisadores com experiência em cannabis como outro empecilho de pesquisa sobre o tópico. Dois entrevistados mencionaram a necessidade de envolvimento de atores externos na pesquisa de um produto à

base de cannabis por uma instituição pública, e convencimento de produtores sobre a segurança do uso do produto.

Quanto à resistência de pragas influenciar o desenvolvimento de um biopesticida fitoquímico à base de cannabis, houve consenso positivo; quatro entrevistados relataram que um extrato fitoquímico tem muito menos chances de desenvolver resistência em seus alvos em relação a moléculas sintéticas. Dois entrevistados citaram o produto Exzolt do laboratório MSD como a molécula sintética mais recente a ser introduzida como acaricida na bovinocultura de leite e na avicultura de postura no Brasil, de custo elevado; e que ainda assim o produto já mostra discretos sinais de resistência a campo, o que culminará na demanda pelo desenvolvimento de novos produtos pesticidas que eventualmente o substituam, inclusive fitoquímicos.

4.1.3. Comercialização

Quatro dos entrevistados concordaram de que não apenas há abertura para a comercialização de biopesticidas fitoquímicos no mercado, mas um vácuo de mercado em relação a produtos que demonstrem eficácia com baixa toxicidade a organismos não-alvo. Um entrevistado relatou que a ausência de percepção de um resultado imediato com fitoquímicos por parte de produtores desencoraja a sua adoção.

Houve consenso de que um mercado para produtos biopesticidas à base de cannabis para produção animal ainda é especulativo frente a outras matérias primas, mas promissor caso eficaz e seguro. Três entrevistados mencionaram que um produto à base de cannabis ser promovido como tal pode ser contraproducente comercialmente.

4.1.4. Processo de NPD

Quanto a desafios ou resistências comuns ao desenvolvimento de biopesticidas fitoquímicos veterinários, foi consenso entre todos o alto custo de desenvolvimento

de um produto do tipo e a legislação específica para fitoquímicos ser convoluta. Quatro entrevistados citaram a dificuldade de obtenção de matéria prima vegetal homogênea para uma formulação fitoquímica. Um entrevistado citou a necessidade de melhoramento e estabilização genética de uma espécie vegetal a ser usada como matéria prima; dois entrevistados citaram a necessidade de determinar a viabilidade comercial de uma formulação frente ao custo de sua matéria prima, quanto à sua segurança de uso, e a estabilização de uma formulação através de nanoemulsões e adjuvantes adequados para seu uso a campo.

Quatro entrevistados citaram também a quantidade de matéria prima demandada estar disponível em volume e tempo hábil suficiente para seu processamento a nível comercial; dois entrevistados mencionaram opacidade quanto ao patenteamento e propriedade intelectual de produtos dessa natureza. Um entrevistado mencionou a opacidade quanto à regularização de um produto fitoquímico especificamente para uso animal.

A questão da multidisciplinariedade do processo foi mencionada como desafiadora por três entrevistados, por exigir coordenação entre as diferentes etapas e departamentos envolvidos no desenvolvimento desse tipo de produto, e também pelo trabalho não ser linear em um momento inicial.

Houve consenso de que a adaptação de estruturas e processos para a cannabis era dependente da sua regulamentação comparada com outros fitoterápicos.

4.1.5. Clima de Projeto e Cultura da Empresa

Dos cinco entrevistados, quatro desconhecem entraves ou resistências internas em seus departamentos acadêmicos ou institucionais na eventualidade de uma pesquisa com cannabis como matéria prima; um entrevistado mencionou ter presenciado preconceito de “fundamentalistas” sobre o tema no meio acadêmico e descreveu tal posicionamento como contraditório em professores de uma instituição de ensino pública.

Foi enxergado como consenso para vencer a emergência de quaisquer resistências a divulgação interna e externa de informações sobre o tópico por uma

instituição. Quatro dos entrevistados relataram que a principal forma de vencer qualquer estigma tanto na iniciativa pública como privada seria através da percepção do potencial de rentabilidade do produto e um subsequente aporte financeiro.

4.1.6. Sustentabilidade

Houve consenso de que um produto biopesticida à base de cannabis pode sim ser percebido como sustentável no Brasil. Três entrevistados citaram que tal percepção seria melhorada com cultivo por meio de agricultura familiar. Houve também consenso de que o cenário regulatório brasileiro precisa ser flexibilizado e ser menos dispendioso para o desenvolvimento sustentável de um produto de tal natureza. Três entrevistados citaram a necessidade do governo de subsidiar o cultivo sustentável de cannabis para uso industrial com linhas de crédito como do BNDES uma vez que ela seja regulamentada.

O cultivo da cannabis em solo nacional sem o uso de pesticidas sintéticos/orgânico foi consenso para a sustentabilidade concreta na produção de um biopesticida à base de cannabis para a produção animal. Um dos entrevistados mencionou que a sustentabilidade da elaboração de um produto agrícola dessa natureza depende de seu balanço energético; a energia gasta para elaborar um produto fitoquímico ao longo da cadeia (incluindo plantio) precisa ser menor do que a energia captada via fotossíntese para o crescimento de sua biomassa. Três entrevistados mencionaram a necessidade de gerenciar o manejo de resíduos e o impacto ambiental da cadeia de produção.

4.2. Análise de Conteúdo das Respostas

Através do software NVivo v15.0.0., foi feita análise de conteúdo visando encontrar conteúdos latentes e manifestos por meio da interseção de enunciados encontrados no capítulo 3, item 3.2.2. As palavras mais frequentes no processo de entrevista relativas ao NPD de um biopesticida fitoquímico a base de *Cannabis sativa* podem ser vistas na Figura 9 a título de mera ilustração.

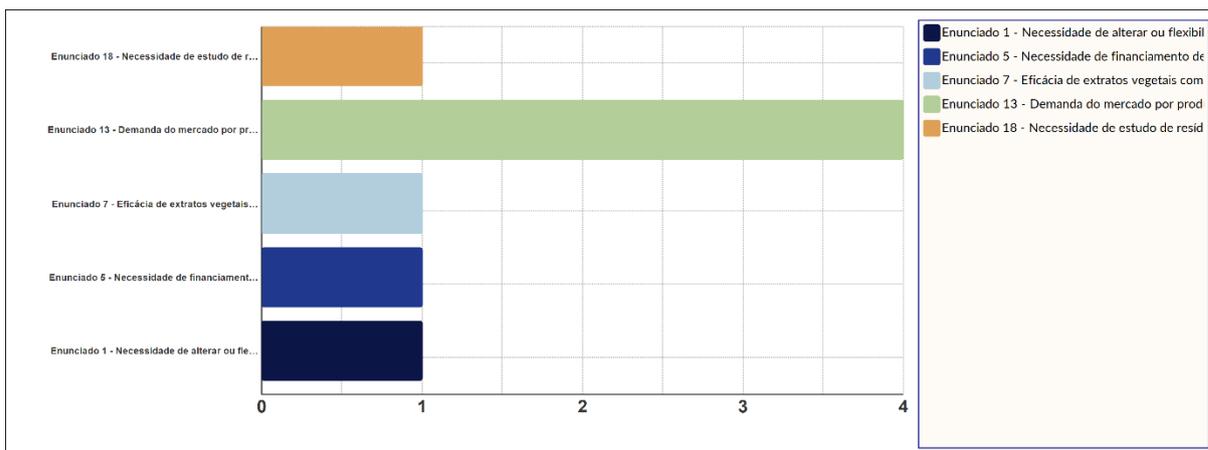


Figura 10: Correlação das respostas da pergunta 1.1 com enunciados

Os entrevistados relataram como maior oportunidade para o desenvolvimento de um biopesticida canábico para a produção animal frente a outros fitoquímicos a demanda do mercado por produtos pesticidas eficazes sem toxicidade para organismos não-alvo, com quatro referências. Foi referenciada positivamente também a eficácia de extratos vegetais comparada com moléculas sintéticas (Figura 10).

Negativamente, foram referenciadas a necessidade de financiamento de NPD e a necessidade de alterar ou flexibilizar a regulamentação da cannabis para pesquisa como impeditivos.

4.2.1.1.2. Quais seriam os passos iniciais para o desenvolvimento de um produto biopesticida fitoquímico baseado em cannabis?

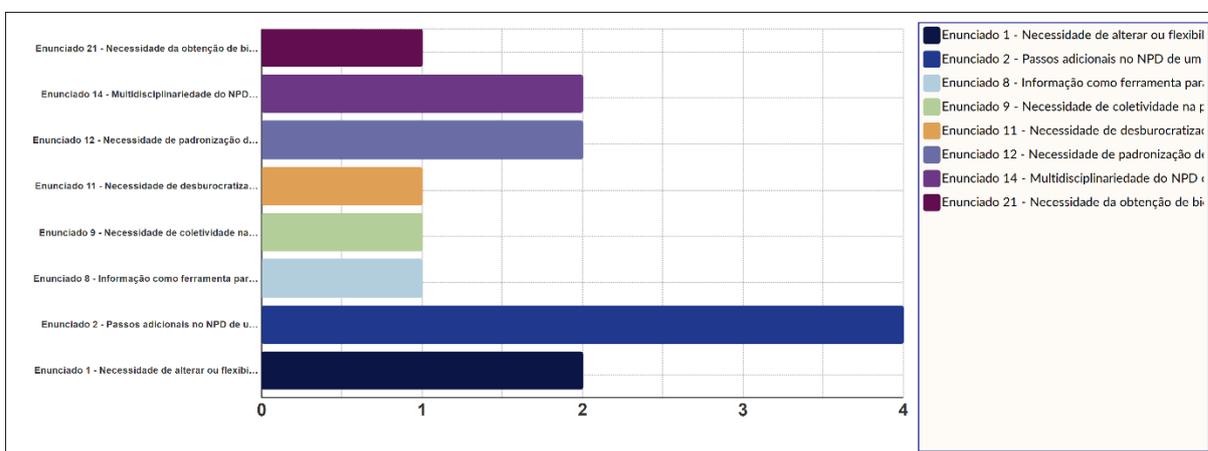


Figura 11: Correlação das respostas da pergunta 1.1.1 com enunciados

Os entrevistados relataram, com quatro referências, a existência de passos adicionais no NPD de um extrato vegetal; com duas referências, a necessidade de obtenção de biomassa em volume e uniformidade química, a multidisciplinariedade do NPD de um extrato vegetal em comparação com moléculas sintéticas, e a necessidade de padronização de um extrato vegetal; com uma referência, a necessidade de inclusão de atores externos na estratégia de tal produto (Figura 11).

Foram mencionadas de forma negativa: 1) com duas referências, a necessidade de alterar ou flexibilizar a regulamentação da cannabis para a pesquisa 2) com uma referência, a necessidade de desburocratização do NPD de biopesticidas fitoquímicos para a produção animal.

4.2.1.1.3. O Programa Nacional de Bioinsumos poderia estimular o desenvolvimento de um produto biopesticida baseado em cannabis?

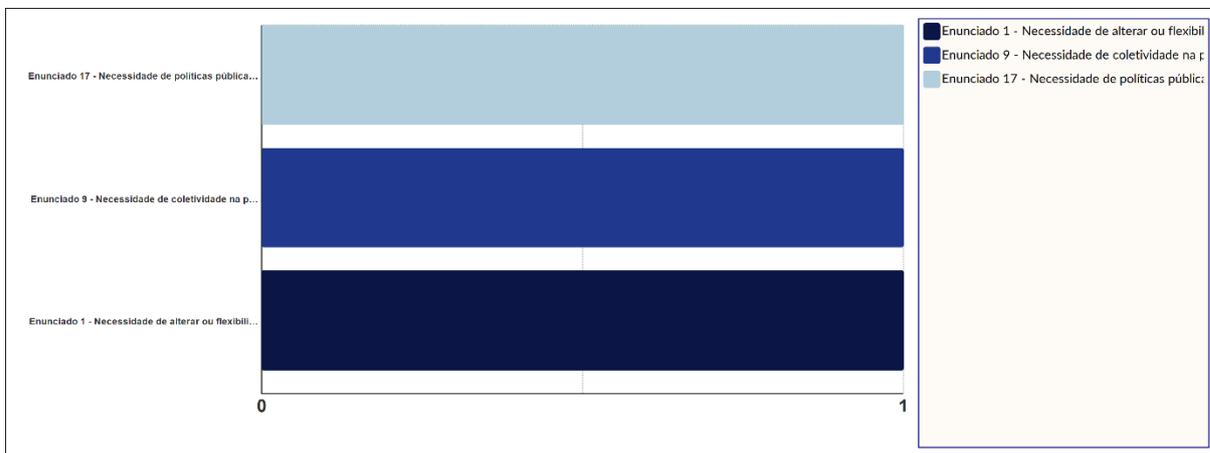


Figura 12: Correlação das respostas da pergunta 1.1.2 com enunciados

O potencial do PNB foi referenciado brevemente pelos entrevistados, com menção neutra por ser percebido como parte de um quadro maior de políticas públicas necessárias, e menções negativas sobre a necessidade de alteração ou flexibilização da regulamentação da cannabis para pesquisa para seu uso, e esclarecimento de atores externos no uso hipotético do PNB como apoio ao desenvolvimento de um biopesticida canábico (Figura 12).

4.2.1.2. Pesquisa

4.2.1.2.1. Em que diferiria a pesquisa de um biopesticida fitoquímico das pesquisas de pesticidas sintéticos?

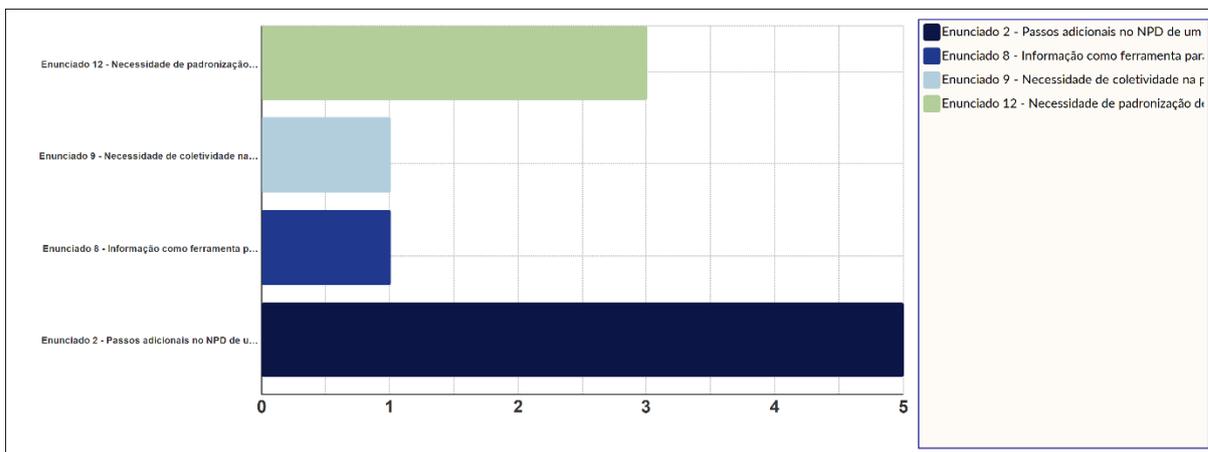


Figura 13: Correlação das respostas da pergunta 2.1 com enunciados

Os entrevistados referenciaram cinco vezes a necessidade de passos adicionais no NPD de um extrato vegetal em comparação com moléculas sintéticas, como melhoramento ou estabilização genética da planta a ser extraída; três vezes a necessidade de padronização de um extrato vegetal; e uma vez a necessidade de inclusão de atores externos e o uso de informação como forma de implementar uma pesquisa relacionada à *Cannabis sativa* (Figura 13).

4.2.1.2.2. Quais podem ser os principais desafios de pesquisa de um biopesticida veterinário baseado em cannabis? Quais seriam os impedimentos?

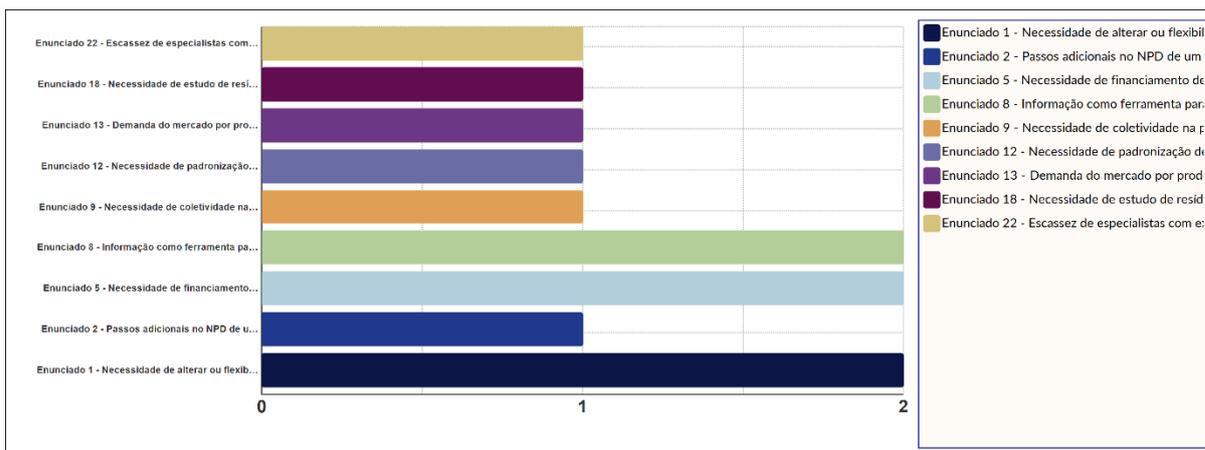


Figura 14: Correlação das respostas da pergunta 2.1.1 com enunciados

Os três principais desafios referenciados na pesquisa de um biopesticida canábico para produção animal foram a necessidade de alterar ou flexibilizar a regulamentação da cannabis, a necessidade de financiamento, e o uso da informação como forma de vencer o estigma contra a planta. Foram referenciados uma vez a escassez de especialistas em cannabis no Brasil, a necessidade de estudo de resíduos tóxicos de um biopesticida canábico em produtos de origem animal, os passos adicionais no NPD de um biopesticida fitoquímico, a necessidade de padronização de extrato vegetal, e a possível interferência da sociedade no desenvolvimento de um biopesticida canábico, o que provoca a necessidade de divulgação de informação sobre o tema (Figura 14).

Foi referenciada de forma positiva a demanda do mercado por produtos pesticidas eficazes sem toxicidade para organismos não-alvo.

4.2.1.2.3. O agravamento de resistências de pragas a pesticidas sintéticos na produção animal pode influenciar a pesquisa de um biopesticida fitoquímico baseado em cannabis?

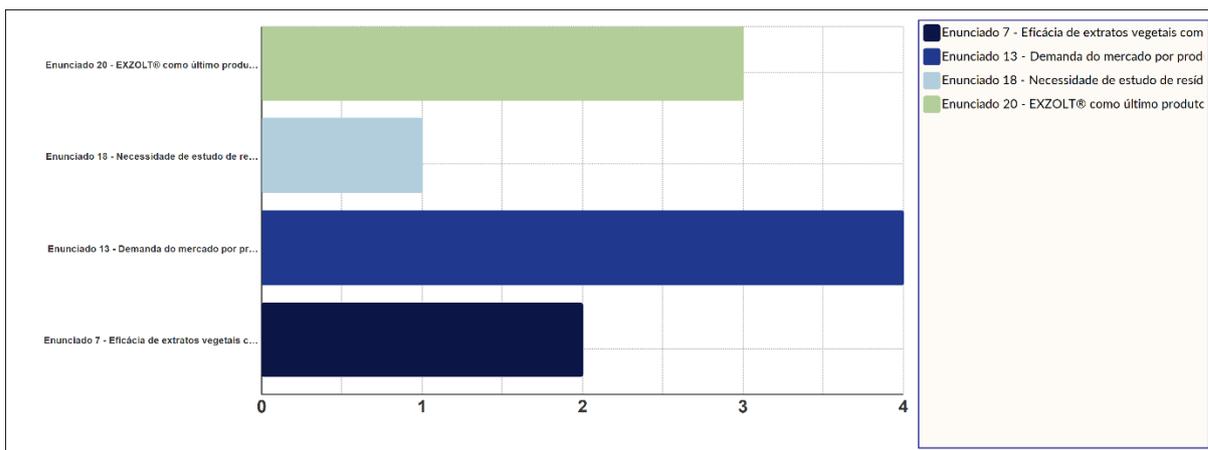


Figura 15: Correlação das respostas da pergunta 2.2 com enunciados

O agravamento de resistências de pragas como influência para o desenvolvimento de um biopesticida canábico teve a demanda por biopesticidas fitoquímicos eficazes com baixa toxicidade a organismos não-alvo como principal referência nesta pergunta; o EXZOLT® foi referenciado três vezes como exemplo de pesticida sintético recente que já desenvolve tolerância em seus alvos; a eficácia de extratos vegetais em comparação com pesticidas sintéticos foi referenciada positivamente duas vezes; e a necessidade de estudo de resíduos tóxicos como tão importante quanto o agravamento de resistências foi referenciada uma vez (Figura 15).

4.2.1.3. Comercialização

4.2.1.3.1. *Existe abertura no mercado para a introdução de um produto biopesticida fitoquímico na produção animal?*

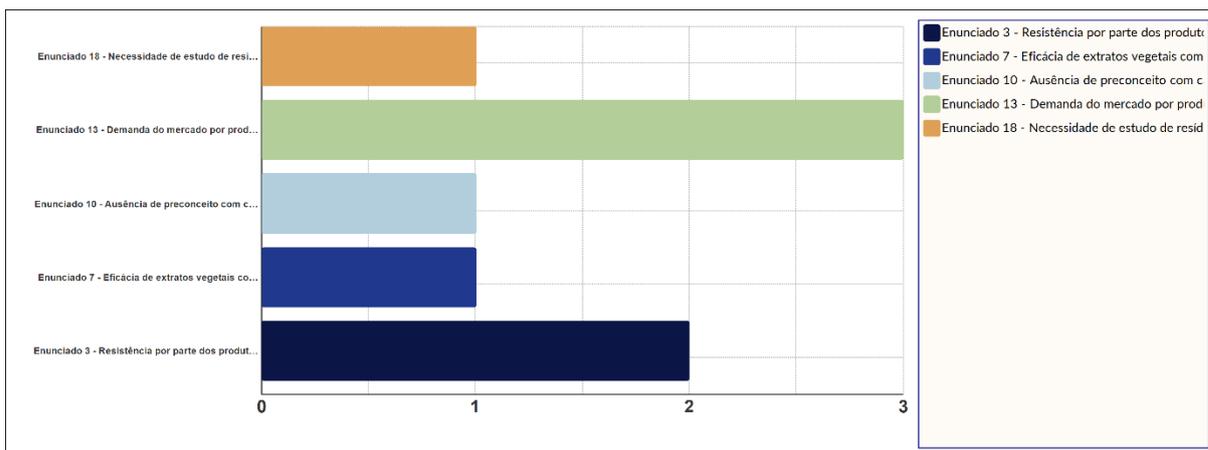


Figura 16: Correlação das respostas da pergunta 3.1 com enunciados

A demanda do mercado por produtos pesticidas eficazes sem toxicidade para organismos não-alvo foi referenciada três vezes como abertura para introdução de um biopesticida fitoquímico na produção animal. A eficácia de extratos vegetais em comparação com moléculas sintéticas foi referenciada uma vez, bem como a ausência de estigmas contra um produto canábico caso ele seja enxergado como tendo bom custo-benefício por parte dos produtores.

Entretanto, foi referenciada duas vezes a resistência por parte de produtores e profissionais de campo quanto ao uso de biopesticidas fitoquímicos, e uma vez a necessidade de estudo quanto a resíduos tóxicos provocados por um biopesticida canábico em produtos de origem animal (Figura 16).

4.2.1.3.2. Existe potencial de mercado para um biopesticida à base de Cannabis sativa para a produção animal no Brasil?

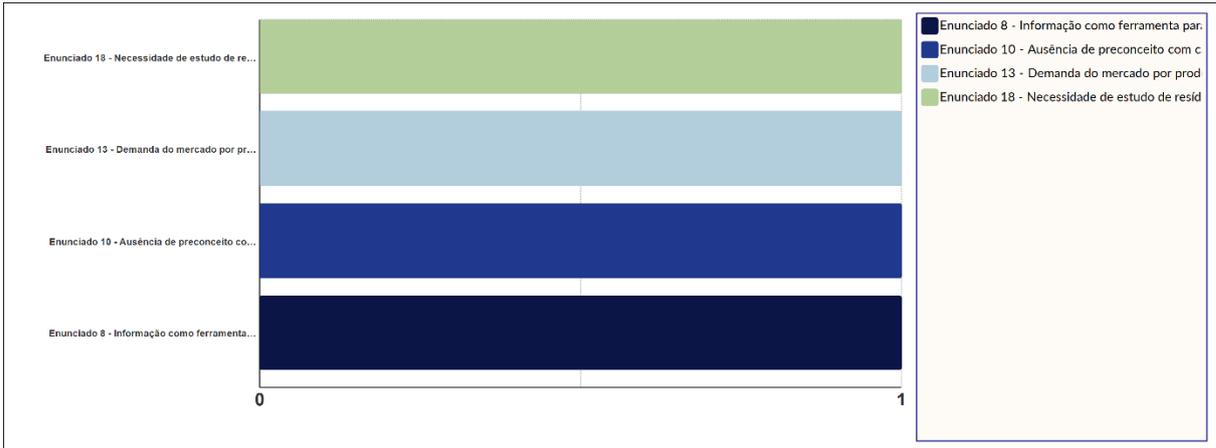


Figura 17: Correlação das respostas da pergunta 3.1.1 com enunciados

Foram referenciados positivamente uma vez cada a demanda do mercado por produtos pesticidas eficazes sem toxicidade para organismos não-alvo, a ausência de estigmas contra a cannabis caso fabricantes percebam um produto canábico como rentável. Foram referenciados negativamente a informação como ferramenta para vencer estigmas contra a cannabis, neste caso como algo potencialmente contraproducente para consumidores a campo, e possibilidade de resíduos tóxicos em produtos de origem animal como impeditivo para a comercialização de um biopesticida canábico (Figura 17).

4.2.1.3.3. Existiriam diferenciais de um biopesticida veterinário baseado em cannabis a serem comunicados?

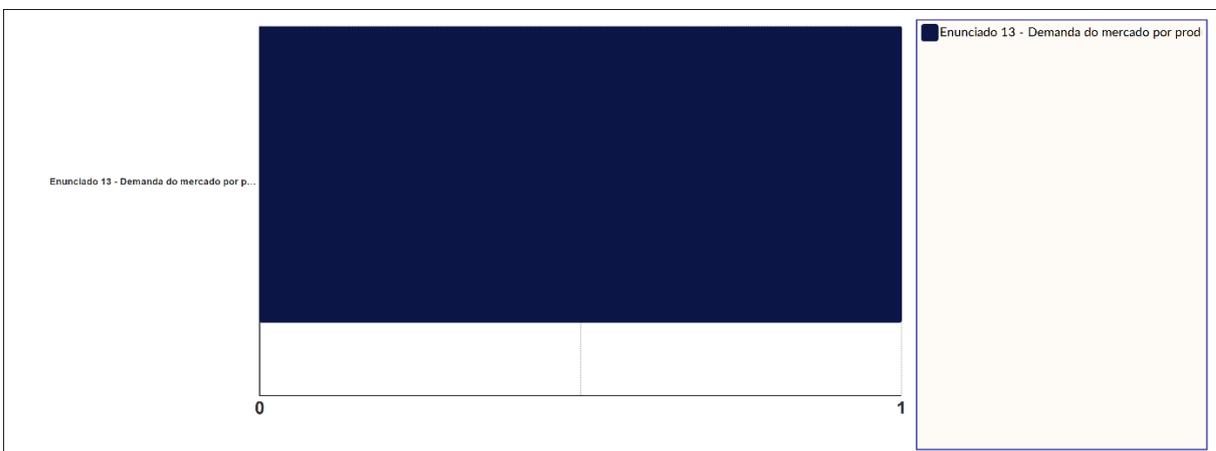


Figura 18: Correlação das respostas da pergunta 3.1.2 com enunciados

Os entrevistados não possuíam experiência direta com a *Cannabis sativa* e foi referenciada nesse tópico apenas a demanda do mercado por um biopesticida eficaz que não seja tóxico para organismos não-alvo (Figura 18).

4.2.1.4. Processo de NPD

4.2.1.4.1. Quais seriam desafios comuns ao desenvolvimento de produtos biopesticidas fitoquímicos veterinários?

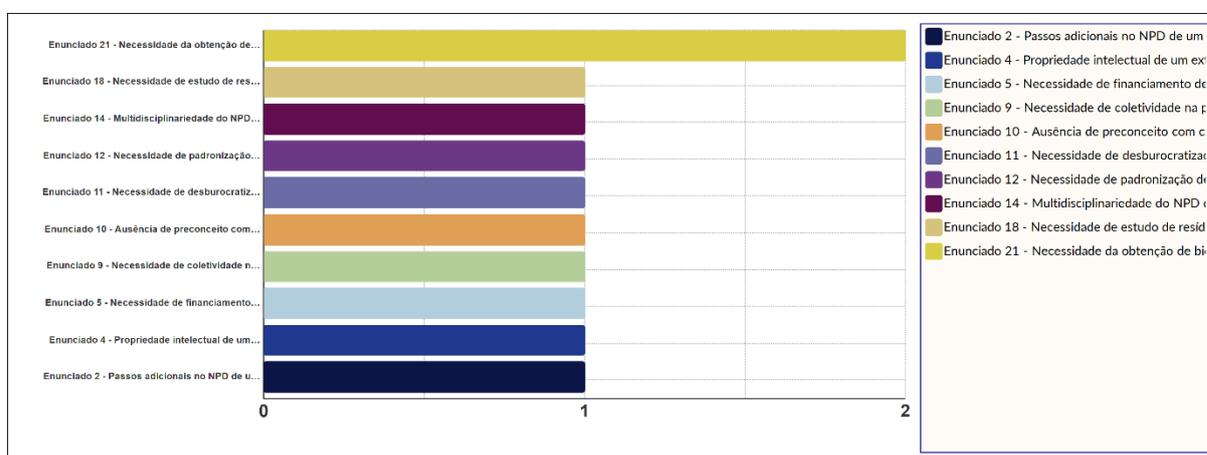


Figura 19: Correlação das respostas da pergunta 4.1 com enunciados

A alta demanda de biomassa e necessidade de uniformidade química para o desenvolvimento de um biopesticida fitoquímico foi referenciada duas vezes; outros desafios incluem a multidisciplinariedade do NPD de um biopesticida fitoquímico, os passos adicionais comparados a pesticidas sintéticos, a necessidade de padronização do extrato vegetal, estudos de resíduos em produtos de origem animal, a necessidade de desburocratização do desenvolvimento de biopesticidas fitoquímicos para uso na produção animal, a necessidade de inclusão de atores externos no desenvolvimento de um biopesticida canábico, a necessidade de financiamento, e a dificuldade de patenteamento. Foi referenciado positivamente a ausência de estigmas de fabricantes em relação a um biopesticida canábico caso este seja rentável (Figura 19).

4.2.1.4.2. *Seria necessário adaptar ou modificar processos e estruturas físicas existentes para acomodar as peculiaridades da cannabis?*

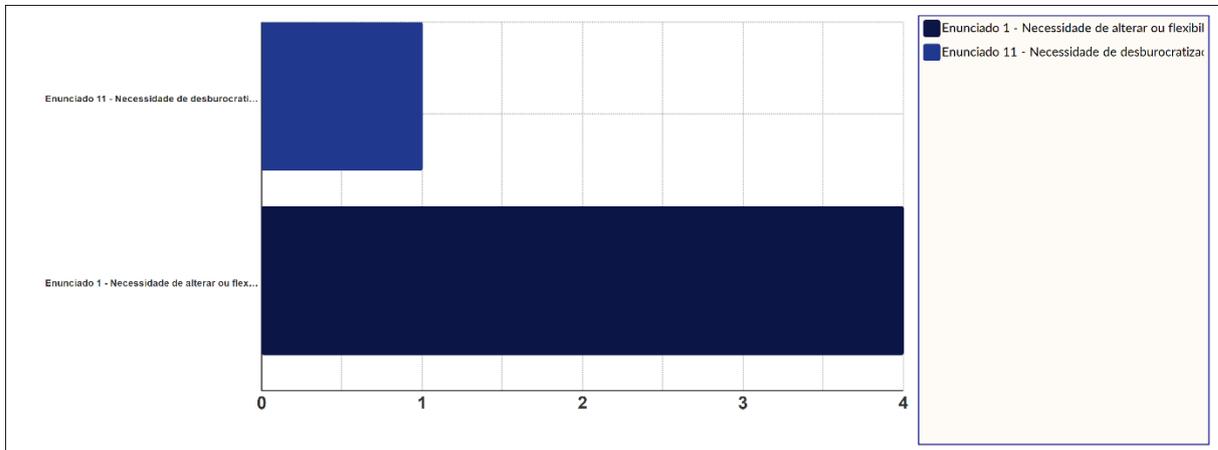


Figura 20: Correlação das respostas da pergunta 4.1.1 com enunciados

Os entrevistados referenciaram quatro vezes a regulamentação como responsável por ditar as adaptações necessárias para o NPD de um biopesticida canábico; foi referenciada uma vez a necessidade de desburocratização para biopesticidas fitoquímicos (Figura 20).

4.2.1.5. Clima de Projeto e Cultura de Projeto

4.2.1.5.1. *Existiriam obstáculos ou resistências internas para o desenvolvimento de um produto biopesticida baseado em cannabis em uma organização?*

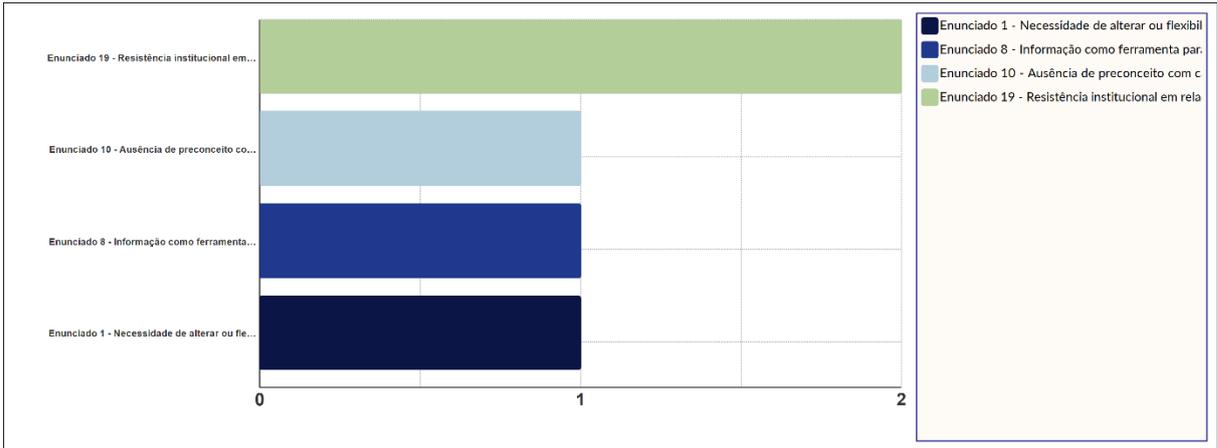


Figura 21: Correlação das respostas da pergunta 5.1 com enunciados

A resistência institucional quanto a um produto canábico foi citada duas vezes; foram referenciadas uma vez a necessidade de alterar ou flexibilizar a regulamentação da cannabis para uma maior aceitação, o uso de informação para vencer estigmas, e a ausência de estigmas no caso de um produto canábico rentável (Figura 21).

4.2.1.5.2. Caso positivo, como vencer ou contornar tais obstáculos ou resistências internas para tal projeto em uma organização?

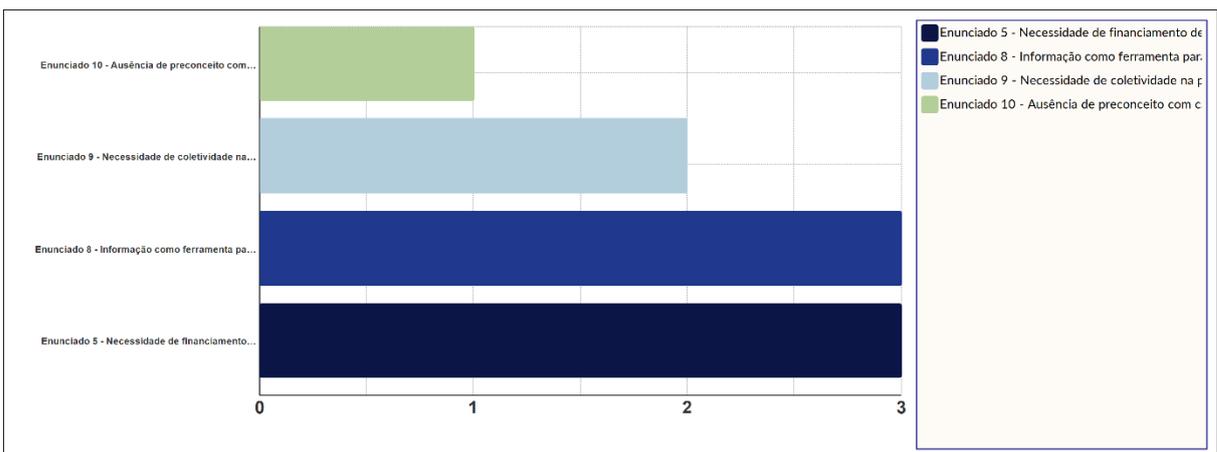


Figura 22: Correlação das respostas da pergunta 5.1.1 com enunciados

O uso de informação como ferramenta para vencer estigmas contra a cannabis foi referenciada três vezes, bem como o financiamento de um projeto, em particular para vencer custos legais. A necessidade da inclusão de colegas e

comunidade no NPD de um produto canábico foi referenciada duas vezes, e a ausência de estigmas na percepção de um produto rentável uma vez (Figura 22).

4.2.1.6. Sustentabilidade

4.2.1.6.1. *Pode ser percebido como sustentável um produto biopesticida fitoquímico baseado em cannabis produzido no Brasil?*

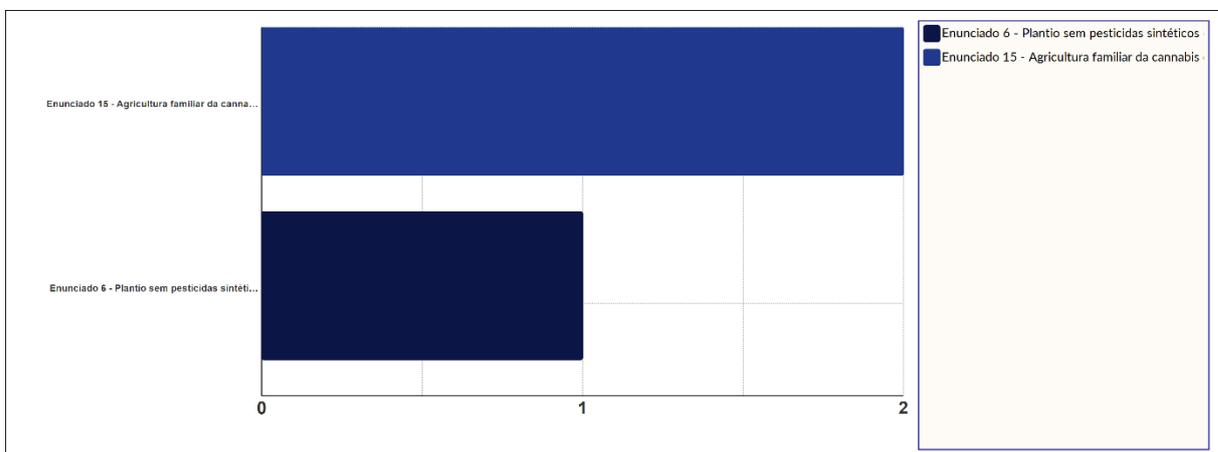


Figura 23: Correlação das respostas da pergunta 6.1 com enunciados

A percepção de sustentabilidade de um biopesticida canábico teve como referência duas vezes o seu cultivo feito via agricultura familiar; e uma vez o cultivo sem pesticidas sintéticos, ou orgânico (Figura 23).

4.2.1.6.2. *Como o cenário regulatório brasileiro atual poderia influenciar o desenvolvimento sustentável de um biopesticida baseado em cannabis?*

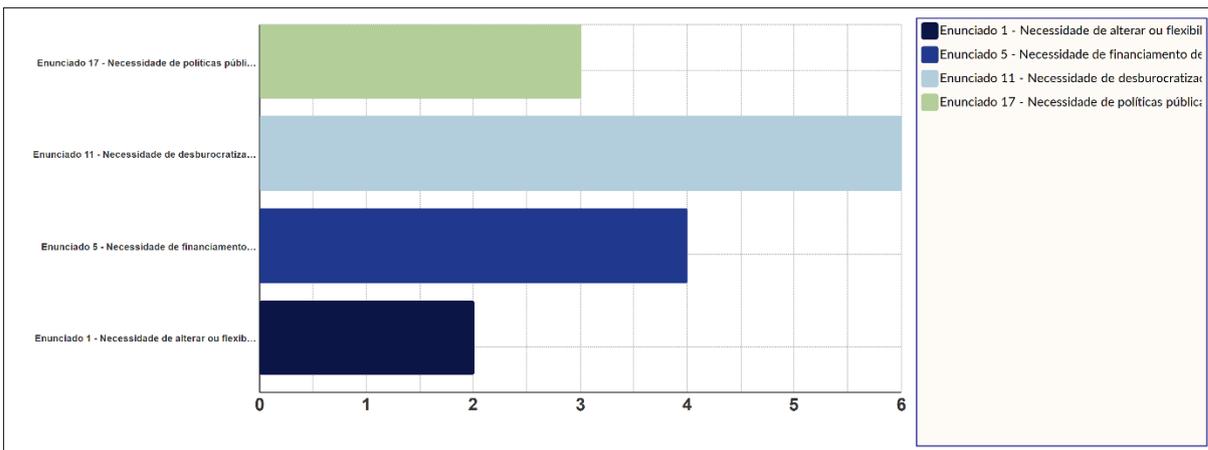


Figura 24: Correlação das respostas da pergunta 6.1.1 com enunciados

Os entrevistados referenciaram seis vezes a necessidade de desburocratização do NPD de um biopesticida fitoquímico para uso animal; quatro vezes a necessidade alterar ou flexibilizar a regulamentação de cannabis; três vezes a necessidade de políticas públicas de fomento à sustentabilidade de um biopesticida canábico; e duas vezes a necessidade de subsídio estatal tanto do desenvolvimento de um biopesticida canábico como do seu cultivo (Figura 24).

4.2.1.6.3. Quais medidas deveriam ser tomadas para um biopesticida fitoquímico à base de cannabis ser concretamente sustentável?

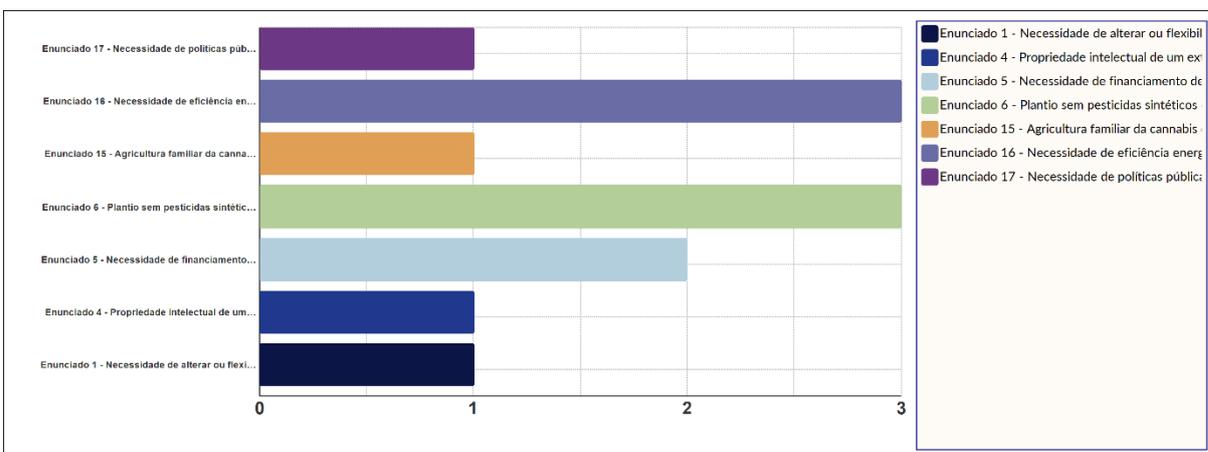


Figura 25: Correlação das respostas da pergunta 6.2 com enunciados

Os entrevistados referenciaram três vezes o cultivo de cannabis sem pesticidas sintéticos, ou orgânico, como forma de sustentabilidade concreta no NPD de um biopesticida canábico, e três vezes a necessidade de eficiência energética na sua cadeia, incluindo em maquinário de processamento e logística. A necessidade de financiamento de NPD foi referenciada duas vezes para o desenvolvimento de uma sustentabilidade concreta. Foram referenciadas uma vez a necessidade de implantação de políticas de incentivo à sustentabilidade, o questionamento sobre quem teria a propriedade intelectual de um biopesticida canábico, a agricultura familiar como forma de sustentabilidade, e a necessidade de alterar ou flexibilizar a regulamentação de cannabis (Figura 25).

4.2.2. Tabela-resumo de intersecções entre dimensões do NPD e enunciados comuns

O cruzamento da quantidade de ocorrências entre os enunciados comuns encontrados nas entrevistas e cada dimensão de NPD abordada no questionário pode ser visualizado na Tabela 4, sendo 1) estratégia; 2) pesquisa; 3) comercialização; 4) processo; 5) clima de projeto e cultura da empresa, e 6) sustentabilidade:

Tipos de enunciados		Dimensões					
		1	2	3	4	5	6
1	Necessidade de alterar ou flexibilizar regulamentação da cannabis para pesquisa	4	2	0	4	1	3
2	Passos adicionais no NPD de um extrato vegetal em comparação com moléculas sintéticas	4	6	0	1	0	0
3	Resistência por parte dos produtores e profissionais de campo ao uso de extratos vegetais	0	0	2	0	0	0
4	Propriedade intelectual de um extrato	0	0	0	1	0	1

	vegetal						
5	Necessidade de financiamento de NPD	1	2	0	1	3	6
6	Plantio de cannabis sem pesticidas sintéticos, ou plantio orgânico, como forma de sustentabilidade	0	0	0	0	0	4
7	Eficácia de extratos vegetais comparados com moléculas sintéticas	1	2	1	0	0	0
8	Informação como ferramenta para vencer estigmas da cannabis	1	3	1	0	4	0
9	Necessidade de inclusão de atores externos na pesquisa pública de um produto à base de cannabis para a produção animal	1	1	0	1	2	0
10	Ausência de estigmas da cannabis com a percepção de um produto rentável (fabricantes) ou com bom custo-benefício (produtores)	0	0	2	1	2	0
11	Necessidade de desburocratização do NPD de biopesticidas fitoquímicos	1	0	0	2	0	6
12	Necessidade de padronização de um extrato vegetal	2	4	0	1	0	0
13	Demanda do mercado por produtos pesticidas eficazes sem toxicidade para organismos não-alvo	4	5	5	0	0	0
14	Multidisciplinariedade do NPD de um biopesticida fitoquímico à base de cannabis para produção animal	2	0	0	1	0	0
15	Agricultura familiar da cannabis como forma de sustentabilidade	0	0	0	0	0	3
16	Necessidade de eficiência energética na cadeia da cannabis como forma de sustentabilidade	0	0	0	0	0	3

17	Políticas públicas como fomento à sustentabilidade de um produto à base de cannabis	1	0	0	0	0	4
18	Necessidade de estudo de resíduo da cannabis em produtos de origem animal	1	2	2	1	0	0
19	Resistência institucional em relação à pesquisa com cannabis	0	0	0	0	2	0
20	EXZOLT® como último produto a ser lançado como acaricida na produção animal	0	3	0	0	0	0
21	Necessidade da obtenção de biomassa em volume suficiente e uniformidade química para extratos vegetais	1	0	0	2	0	0
22	Escassez de especialistas com experiência em pesquisa em cannabis	0	1	0	0	0	0

Tabela 4: Ocorrências de intersecções entre dimensões do NPD e enunciados comuns.

5. DISCUSSÃO

5.1. Oportunidades para o NPD de um Biopesticida baseado em Cannabis para a Produção Animal

5.1.1. A Demanda por Novos Produtos Acaricidas e Inseticidas no Brasil

A demanda do mercado por produtos pesticidas eficazes, que não apresentem toxicidade para organismos não-alvo foi fortemente referenciada nas entrevistas; primeiro, como prova da oportunidade de desenvolvimento de um produto biopesticida canábico para a produção animal; e segundo, em correlação com o agravamento de resistência de pragas. Foi referenciada em relação à abertura de mercado para um biopesticida canábico para a produção animal; como contraponto aos desafios da pesquisa de um biopesticida canábico para a produção animal; no potencial de comercialização de um biopesticida canábico para a produção animal; e especificamente na condição de não apresentar toxicidade para organismos não-alvo e o meio ambiente. Quatro dos entrevistados relataram demanda do mercado de produção animal por produtos pesticidas que combinem eficácia contra pragas e segurança para organismos não-alvo. Tal demanda foi abordada extensivamente nos itens 2.4.1.2, 2.7.2 e 2.7.4 do capítulo 2 de Revisão de Literatura.

A molécula ativa fluralaner, direcionado à produção animal como acaricida, foi referenciada três vezes como exemplo no agravamento de resistências, que poderia influenciar positivamente a pesquisa de um biopesticida canábico para a produção animal (2.2). O fluralaner é o mais recente composto ativo inseticida e acaricida voltado para a produção animal, lançado no Brasil sob o nome comercial EXZOLT®, do laboratório MSD, um *pour on* voltado para a bovinocultura, após longo hiato de novos compostos ativos sintéticos. O fluralaner é uma isoxazolina, nova classe de ectoparasiticidas que no Brasil, até 2023, tinha como única formulação comprimido de uso oral veterinário, sob o nome comercial BRAVECTO®, também da MSD (MSD

Saúde Animal, 2023, 2024b, 2024a; Zhou; Hohman; Hsu, 2022). Ainda há outras isoxazolininas recentes de uso oral para animais de companhia no Brasil, como o sarolaner e o afoxolaner, ainda sem apresentação específica para a produção animal (Boehringer Ingelheim, 2024; Zhou; Hohman; Hsu, 2022; Zoetis, 2024). Também lançado recentemente no mercado brasileiro foi o isocicloseram sob nome comercial PLINAZOLIN® do laboratório Syngenta, uma isoxazolinina de uso agrícola (Cassayre *et al.*, 2021; Revista Cultivar, 2023). Ambos os especialistas que referenciaram o EXZOLT® citaram já perceber empiricamente uma tolerância das pragas-alvo a campo ao fluralaner devido a intervalos cada vez menores de ressurgência destas após seu uso.

5.1.2. Eficácia de extratos vegetais comparados com moléculas sintéticas

A eficácia de extratos vegetais em comparação com moléculas sintéticas foi referenciada como contraponto ao agravamento de resistências de pragas; como fator de oportunidade de desenvolvimento deste produto; e em relação à abertura do mercado para biopesticidas fitoquímicos. O tema de extratos vegetais foi explorado na Revisão de Literatura no capítulo 2, no item 2.4.1.4. A possível resistência do mercado a uma inovação disruptiva e de caráter sustentável foi explorada nos itens 2.1 e 2.2 do capítulo 2 de Revisão de Literatura.

5.2. Principais desafios e impedimentos de pesquisa de um biopesticida canábico para a produção animal

5.2.1. O elefante na sala: a necessidade de alterar ou flexibilizar a regulamentação da cannabis para pesquisa

A necessidade de alteração ou flexibilização da regulamentação da cannabis foi fortemente citada pelos entrevistados, principalmente no tópico de adaptações de estruturas e processos para o desenvolvimento de um produto biopesticida à base de cannabis; também como pré-requisito estratégico, tanto em oportunidade como

em passos iniciais, além da hipótese de incentivo pelo Programa Nacional de Bioinsumos. Foi também citada como desafio de pesquisa e como obstáculo interno no desenvolvimento de um produto biopesticida à base de cannabis. Na dimensão sustentabilidade, foi associada com a influência do cenário regulatório para o desenvolvimento sustentável, e, com a sustentabilidade concreta de um produto biopesticida à base de cannabis.

A atual legislação quanto à pesquisa e desenvolvimento de produtos à base de *Cannabis sativa* é restritiva ao tratar a planta não como matéria-prima, mas como uma substância controlada para uso terapêutico humano (ANVISA, 2023b). Para a pesquisa acadêmica de cannabis, é necessário obter a Autorização Especial Simplificada para Estabelecimentos de Ensino e Pesquisa (AEP) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que contempla a pesquisa com cannabis de forma incompleta (ANVISA, 2022a, 2023a).

No caso de um biopesticida canábico para a produção animal, um empecilho atual da legislação vigente é a limitação, no *caput* do artigo 10 da RDC 327/2019 da ANVISA, produtos à base de cannabis serem de uso exclusivo via oral ou nasal, e no mesmo artigo, parágrafo 4, não poderem ser nanotecnológicos, embora o uso de nanoencapsulamento seja inevitável para o desenvolvimento de um produto biopesticida com efeito residual satisfatório, como mencionado no item 2.4.1.4.1.1. do capítulo 2 de Revisão de Literatura (ANVISA, 2019).

Três decisões recentes e próximas na legislação relativa à cannabis aconteceram, que tornam o desenvolvimento de produtos à base de cannabis para a produção animal uma possibilidade muito próxima e que alteram o cenário nacional completamente: 1) no dia 30/10/2024 a Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) aprovou uma medida que possibilita a regularização de produtos à base de cannabis pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) em uma alteração da Portaria SVS/MS 344/1998, e que também permite que médicos veterinários habilitados pelo Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV) prescrevam medicamentos e produtos à base de cannabis; 2) no dia 12/11/2024 a *Cannabis sativa* foi reincorporada Farmacopéia Brasileira na sua 7ª edição pela ANVISA através da RDC 940, que começará a vigorar a partir de dezembro de 2024 e estabelecerá padrões mínimos de qualidade e segurança para as inflorescências

femininas secas, o que não altera as regras vigentes sobre o cultivo da planta no país (ANVISA, 2024); e 3) O Superior Tribunal de Justiça (STJ) autorizou por unanimidade no dia 13/11/2024 a importação de sementes e o cultivo de cultivares da *Cannabis sativa* teores de THC inferiores a 0,3% exclusivamente para fins medicinais e farmacêuticos, com prazo de seis meses para que órgãos competentes como a ANVISA, MAPA e Ministério da Saúde implementem a decisão (STJ, 2024).

Tais decisões, se mantidas, permitirão o desenvolvimento de diversas indústrias no campo, bem como novas tecnologias, considerados os múltiplos usos industriais tanto tradicionais como recentes da *Cannabis sativa* descritos no item 2.5.3 do capítulo 2 de Revisão de Literatura.

5.2.2. O cenário regulatório atual do Brasil para a pesquisa e desenvolvimento de produtos biopesticidas fitoquímicos para a produção animal

A necessidade de desburocratização do NPD de um biopesticida fitoquímico foi fortemente referenciada como forma do cenário regulatório atual influenciar na sustentabilidade de um biopesticida canábico para a produção animal; outra referência foi como passo inicial na dimensão estratégia; como desafio comum no desenvolvimento de biopesticidas fitoquímicos; e nas adaptações de processos e estruturas para a produção específica de um biopesticida canábico.

Como descrito no item 2.4.1.5 do capítulo 2 de Revisão de Literatura, existe extensa burocracia a ser vencida para o registro de um produto pesticida biológico de uso veterinário no Brasil, entre registro do estabelecimento, testes laboratoriais, testes de resíduo, documentação de procedimentos operacionais, entre outros, o que demanda grande aporte de capital e tempo. Pedidos de registro desta natureza podem levar até cinco anos em tramitação para que tenham o parecer final no MAPA (Johann; Dalmoro; Maciel, 2019). Foi decretada recentemente a Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024, que renova a legislação de bioinsumos, mas que ainda será regulamentada no ano de 2025 (BRASIL, 2024c).

Apesar do crescimento recente, o uso de bioinsumos no Brasil ainda está muito aquém do seu potencial. Considerando os anos 2000 a 2022, foram concedidos registros para 5.266 pesticidas sintéticos, sendo que apenas 685 (13%) registros foram de produtos biológicos e para a agricultura orgânica, indo na contramão da tendência mundial (Policarpo *et al.*, 2023; Rezende-Teixeira *et al.*, 2022).

5.2.3. *Passos adicionais no NPD de um extrato vegetal em comparação com moléculas sintéticas*

A existência de passos adicionais para o NPD de um produto fitoquímico foi citada pelos entrevistados principalmente no tópico de diferenças de pesquisa entre um biopesticida fitoquímico para um pesticida sintético; os entrevistados citaram tais passos adicionais também como iniciais no desenvolvimento de um biopesticida à base de cannabis para a produção animal. Foi também citado como desafio de pesquisa de um biopesticida à base de cannabis e desafio comum ao desenvolvimento de biopesticidas fitoquímicos.

Os principais passos adicionais citados pelos entrevistados foram a dificuldade de padronização de um extrato vegetal, bem como a obtenção de biomassa em volume suficiente e uniformidade química, dada a grande variação da composição química de uma planta provocada por condições, climáticas, geográficas, fenotípicas e genotípicas, expostos no capítulo 2 de Revisão de Literatura, no item 2.7.3.

5.2.3.1. *A Padronização de Produtos Fitoquímicos e a Necessidade da Obtenção de Biomassa em Volume e Uniformidade Química*

A obtenção de biomassa em volume suficiente e homogeneidade química foi referenciada como um desafio comum para o desenvolvimento de biopesticidas fitoquímicos; e referenciada como integral para a estratégia de NPD de um biopesticida canábico para a produção animal.

Quatro dos entrevistados relataram a necessidade de padronização de extratos vegetais tanto para fins de pesquisa como fins comerciais, que foi referenciada como diferença de pesquisa entre um biopesticida fitoquímico e um pesticida sintético; e na dimensão de estratégia, nos passos iniciais de um produto biopesticida fitoquímico à base de cannabis. Foi referenciada também como desafio na pesquisa de um biopesticida fitoquímico.

O desenvolvimento de um novo produto exige previsibilidade em toda a sua cadeia de processamento, para que os efeitos também sejam previsíveis. O tema foi abordado extensivamente nos itens 2.4.1.4.1 e 2.7.3 do capítulo 2 de Revisão de Literatura.

5.2.4. A Potencial Toxicidade Residual da Cannabis sativa como Biopesticida

A necessidade de pesquisar a possibilidade de resíduos tóxicos da cannabis em produtos de origem animal foi referenciada em seis momentos diferentes de entrevista; uma como pré-requisito para que haja oportunidade de desenvolvimento de um biopesticida canábico; uma como desafio de pesquisa de um biopesticida canábico; uma como equivalente ou mais importante que o agravamento de resistências de pragas; uma como ponto positivo para biopesticidas fitoquímicos se comprovada ausência de toxicidade; uma como potencial de mercado para um biopesticida canábico, se comprovada ausência de toxicidade; e uma como desafio comum ao desenvolvimento de biopesticidas fitoquímicos.

Três especialistas entrevistados mencionaram a necessidade de estabelecer o quão tóxico poderia ser um produto biopesticida à base de cannabis para a produção animal, bem como os seus resíduos em produtos de origem animal, algo que já ocorre com pesticidas usados comercialmente, sejam sintéticos ou fitoquímicos, como descrito previamente no item 2.4.1.3 e seus itens subsequentes no capítulo 2 de Revisão de Literatura.

Quanto a resíduos de um óleo essencial de cannabis usado como biopesticida em produtos alimentares de origem animal, ainda não existem artigos publicados sobre o resíduos deixados pelo uso tópico de um extrato de cannabis; é um extrato

vegetal considerado seguro, com testes feitos em larvas de peixe-zebra (*Danio rerio*), vertebrado usado amplamente como modelo para testes toxicológicos e farmacológicos pela sua habilidade de absorver pela pele moléculas pequenas presentes na água ao seu redor. O extrato de cannabis não causou nenhum efeito adverso na eclosão de seus ovos e sobrevivência de larvas, indicativos de inocuidade de seus constituintes em vertebrados (Licitra *et al.*, 2021; Mazzara *et al.*, 2023), embora em estudo anterior o THC e CBD isoladamente tenham demonstrado toxicidade no desenvolvimento embrionário de peixes-zebra (Carty *et al.*, 2018). É conhecida a administração tópica ou transdermal de canabinoides através de extratos, e a transferência destes canabinoides para a corrente sanguínea (Hannon *et al.*, 2020; Lefebvre; Tawil; Yahia, 2024; Mahmoudinoodezh *et al.*, 2022), que poderia se manter em produtos de origem animal sem um vazio sanitário delineado.

Há estudos recentes sobre o uso de extratos vegetais e nanoemulsões como preservativos alimentares, inclusive em carne e laticínios para consumo humano, dadas as suas propriedades antibacterianas e antioxidantes; nos EUA, a FDA através do Code of Federal Regulations Title 21 já reconheceu limites de segurança alimentar em 160 extratos vegetais para tal uso, mas não da *Cannabis sativa* por enquanto (Falleh *et al.*, 2020; Food and Drug Administration, 2024).

O estudo do impacto ambiental do uso de óleos essenciais, extratos vegetais e suas nanoemulsões como biopesticidas ainda é um campo novo e recente na academia, principalmente em relação a organismos não-alvo (Giunti *et al.*, 2022), mas a persistência no meio ambiente é tão limitada que frequentemente eles quase não oferecem ação tóxica residual (Isman, 2020). Há estudos com extratos de *Cannabis sativa* demonstrando segurança para organismos não-alvo como joaninhas (*Harmonia axyridis*), minhocas *Eisenia fetida* (Benelli *et al.*, 2018b) e microcrustáceos aquáticos *Daphnia magna* (Mazzara *et al.*, 2023), que não foram afetados em testes com extratos de cannabis como biopesticida. A importância da segurança para tais animais se dá por serem espécies benéficas e altamente sensíveis a resíduos tóxicos no meio ambiente, e, portanto, organismos sinalizadores, o que mostra a princípio potencial para um produto à base de extrato de cannabis ser seguro em relação a contaminação ambiental (Benelli *et al.*, 2018b).

Nanoemulsões podem ser usadas como uma forma de garantir a viabilidade comercial de um biopesticida fitoquímico, o que aumentaria a reatividade e absorvabilidade de qualquer extrato vegetal. As nanopartículas carreadoras escolhidas para a nanoemulsão também podem não ser inertes, especialmente se usados em larga escala, o que requer robustos estudos adicionais do uso de um óleo essencial de cannabis associado a esse tipo de tecnologia, tanto em relação à ecotoxicidade como resíduos em produtos alimentares de origem animal, dada a complexidade química da cannabis (Andre; Hausman; Guerriero, 2016; Giunti *et al.*, 2022; Vurro; Miguel-Rojas; Pérez-de-Luque, 2019).

5.2.5. O Financiamento de Pesquisa e NPD de um Produto Biopesticida Fitoquímico à Base de Cannabis sativa

A necessidade de financiamento do NPD foi um tema referenciado em algumas de suas dimensões, em particular na dimensão de como o cenário regulatório poderia influenciar no desenvolvimento sustentável de um biopesticida à base de cannabis; como necessidade para vencer ou contornar obstáculos ou resistências internas em uma instituição, particularmente no meio acadêmico; como desafio de pesquisa de um biopesticida fitoquímico; no tocante à necessidade de subsídios para a sustentabilidade concreta de uma produção de biopesticida à base de cannabis para a produção animal, especificamente para o seu cultivo. Uma referência estava relacionada aos desafios de desenvolvimento de um biopesticida fitoquímico, e outra condicionando a oportunidade de desenvolvimento de um biopesticida à base de cannabis a aporte financeiro.

No Brasil, a maior parte (66,2%) do investimento em P&D é pública, consistindo em um aporte de cerca de 0,61% do seu PIB dividido entre as agências de fomento do Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e as fundações estaduais de amparo às pesquisas (FAPs). Há grande oscilação deste tipo de aporte, que tende inclusive a diminuir. Há ainda a Lei da Inovação (Lei nº 10.973 de dezembro de 2004), que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e

tecnológica em ambientes produtivos, e a Lei do Bem (Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005), que criou concessão de incentivos fiscais às empresas que realizam pesquisa e desenvolvimento de inovação tecnológica (Costa; Costa, 2023; Vasconcelos *et al.*, 2021).

O crédito subsidiado destinado a projetos de inovação no Brasil é capitaneado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). O BNDES tem protagonismo como financiador de inovação e ações de sustentabilidade; no seu portfólio de empréstimos e financiamentos, o BNDES Profarma existe desde 2004 e financia plantas produtivas de biotecnologia, além do BNDES Fundo Tecnológico (BNDES Funtec), que financia o desenvolvimento de novos produtos e/ou processos que possam ser levados a mercado (IPEA, 2018; Meirelles *et al.*, 2020; Pimentel *et al.*, 2015). A Finep é uma agência de fomento especificamente voltada à inovação, seja radical ou incremental, e oferece crédito também a atividades que levam a inovações ou são necessárias para introduzi-las no mercado, inclusive na forma de financiamentos não-reembolsáveis (Finep, 2024; IPEA, 2018). A partir de 2011, o BNDES, em parceria com a Finep e outros órgãos do governo, participou do Plano Inova Empresa, com o objetivo de fomentar projetos de apoio à inovação em setores estratégicos, tendo sido abertos em 2013 os Planos Inova Agro, Inova Sustentabilidade, Plano de Apoio Conjunto à Inovação Tecnológica Agrícola (PAISS) – Sucroenergético e Sucroquímico – e PAISS Agrícola, entre outros (BNDES, 2024; Santana *et al.*, 2019).

Quanto ao crédito privado, existem diversas restrições e exigências para seu acesso, geralmente reservado a empresas de grande porte. No caso da inovação tecnológica, os riscos de desenvolvimento de novas tecnologias são elevados e não existem contrapesos no mercado financeiro, como oferta de crédito ou custos adequados para cobrir os riscos deste desenvolvimento, ainda que existam benefícios sociais superiores aos benefícios privados (IPEA, 2018).

O Brasil, ocupa a 50ª posição no ranking do Índice Global de Inovação (IGI) 2024, divulgado pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (World Intellectual Property Organization – WIPO) (WIPO, 2024). Além do baixo investimento em Ciência e Tecnologia, o Brasil tem dificuldade em planejar,

implementar e coordenar políticas públicas que o coloque em um protagonismo internacional (Mayrink; Cavalcante, 2022). De forma geral, o país gera um ambiente desfavorável para a Pesquisa & Desenvolvimento, com baixo estímulo para a inovação comparado com o cenário internacional e baixa interação entre a indústria e o meio acadêmico (Costa; Costa, 2023; Mayrink; Cavalcante, 2022).

Para um país se aproximar da fronteira tecnológica, é imperativa uma estreita cooperação entre o setor público e privado (IPEA, 2018). Como exposto no item 2.1 do capítulo 2 de Revisão de Literatura, países na periferia das revoluções tecnológicas como o Brasil precisam tomar vantagem do momento em que uma inovação disruptiva nasce e ainda existem poucas barreiras de entrada no mercado, o que exige agressividade nas políticas de fomento à inovação.

5.2.5.1. Propriedade Intelectual de Produtos Fitoquímicos no Brasil

A propriedade intelectual de um extrato vegetal foi um tema referenciado duas vezes; uma como um dos desafios de desenvolvimento de fitoquímicos, outra como dúvida no tópico de sustentabilidade concreta da produção de um biopesticida fitoquímico à base de cannabis. Como visto no item 2.7 do capítulo 2 de Revisão de Literatura, este é um tópico decisivo no desenvolvimento de novos produtos desta natureza por viabilizá-lo financeiramente.

A Lei de Propriedade Industrial Brasileira, Lei nº 9.279/96 (LPI) restringe o patenteamento de plantas e suas partes, ainda que transgênicas. Apesar disso, é possível requerer a proteção patentária para derivados de plantas, processos de extração de seus compostos químicos ativos bem como composições contendo extratos vegetais ou moléculas ativas isoladas, além de extratos vegetais que não sejam mera diluição. Processos de modificação genética vegetal, genes recombinantes, vetores importantes utilizados e processos de obtenção de cultivares vegetais também podem ser patenteados. Ainda assim, o Brasil ainda faz poucos depósitos de patentes de extratos vegetais comparado a outros países (BRASIL, 1996; Oliveira; Nogueira, 2024).

A Lei de Cultivares, Lei nº 9.456/97 confere proteção a cultivares utilizados para a produção de um fitoterápico, bem como plantas geneticamente modificadas para uso como biofábricas (Plantas Produtoras de Fármacos) através do Certificado de Proteção de Cultivar (BRASIL, 1997). Há ainda a Lei de Biodiversidade, Lei nº 13.123/2015, que discorre sobre variedades vegetais brasileiras e sua propriedade intelectual (BRASIL, 2024b), caso sejam descobertas variedades de cannabis de uso tradicional no Brasil.

Dadas as mudanças recentes de regulamentação do cultivo de cannabis no país descritas do item 5.1 do presente capítulo, certamente outros aspectos patenteáveis como o uso de marcas estarão em pauta em um futuro próximo. Uma vez que a indústria de cannabis industrial se sedimente no país, há potencialmente o uso de registro de Indicação Geográfica dos produtos, prevista na LPI sob duas espécies: Indicação de Procedência (IP) ou Denominação de Origem (DO), que conferem um selo de origem à matéria prima utilizada (MAPA, 2023; Oliveira; Nogueira, 2024).

5.2.6. Resistência por parte dos produtores e profissionais de campo ao uso de extratos vegetais

Foram feitas referências à resistência de produtores e profissionais a campo quanto ao uso de biopesticidas fitoquímicos, ambas em relação à existência de abertura no mercado para a introdução de biopesticidas fitoquímicos na produção animal.

O enunciado foi explorado no capítulo 2 de Revisão de Literatura, no item 2.7.3.

5.2.7. Aceitação de um produto à base de cannabis pela percepção de rentabilidade pelo fabricante, ou custo-benefício por parte do produtor

A percepção de rentabilidade por parte de fabricantes como forma de vencer estigmas foi referenciada na dimensão de processo de desenvolvimento, no tópico

de obstáculos internos para um produto à base de cannabis; em um contexto de possível abertura do mercado para biopesticidas fitoquímicos; e na superação de resistências internas no desenvolvimento de um produto à base de cannabis.

Uma variante deste enunciado, como percepção de custo-benefício por parte dos produtores foi referenciada quanto ao potencial de mercado para um biopesticida canábico para a produção animal; outra variante, a necessidade de viabilidade econômica, foi referenciada para o desenvolvimento de biopesticidas fitoquímicos.

O enunciado foi explorado no capítulo 2 de Revisão de Literatura, nos itens 2.7.2 e 2.7.3

5.2.8. Percepção do Consumidor sobre Produtos à Base de Cannabis sativa

O uso de informação como ferramenta para vencer estigmas contra a cannabis foi referenciado em diversas dimensões, em especial como forma de vencer ou contornar obstáculos internos no desenvolvimento de um biopesticida canábico para a produção animal; associado ao desafio de pesquisa de um biopesticida canábico para a produção animal; como passo inicial necessário na dimensão estratégia; como a falta de informação como obstáculo interno; como algo que pode interferir negativamente no potencial comercial de um biopesticida canábico para a produção animal; e mencionando o uso de informação como uma necessidade na pesquisa de biopesticidas em comparação com pesticidas sintéticos.

Três dos entrevistados citaram que um produto comercial à base de cannabis ser promovido como tal poderia ser algo contraproducente, relacionado com o fato do Brasil ainda ter a cannabis como “mercado contestado”, um construto social dependente de contexto cultural, onde atualmente também entram substâncias ilícitas, prostituição, contrabando e jogos de azar, por exemplo. Já foram “mercados contestados” o seguro de vida, o casamento gay e o empréstimo a juros; tornaram-se mercados contestados a escravidão e o consumo de carne equina (Carrasco; Romi, 2022; O’Mahony, 2013; Roth, 2007). Qualquer redução em percepções negativas e um aumento da confiança da opinião pública pode facilitar a transição e

estruturação de um “mercado contestado” para a sua formalização (Carrasco; Romi, 2022).

Mercados pós-regulamentação tendem a ter uma percepção positiva do uso de produtos à base de cannabis; proprietários de cães no Canadá em pesquisa mostraram conforto ao discutir a prescrição de cannabis para seus animais com seus veterinários, com uma percepção positiva de produtos com CBD (Kogan *et al.*, 2019a). Contraditoriamente, em estudo sobre a percepção dos veterinários de animais de companhia para a prescrição de canabidiol (CBD) nos EUA, foi constatado que apenas 45,5% dos participantes da pesquisa sentia conforto ao discutir o assunto com clientes (Kogan, L. *et al.*, 2019). Outros estudos recentes nos EUA e Canadá mostram uma percepção positiva dos consumidores quando a produtos da linha humana com CBD (Bhamra *et al.*, 2021; Goodman *et al.*, 2022).

5.2.8.1. A Necessidade de Inclusão de Atores Externos ao NPD de um Biopesticida Canábico

O envolvimento de atores externos à pesquisa e desenvolvimento de um biopesticida canábico para a produção animal, como a sociedade, ou em menor escala, colegas de outros departamentos no meio acadêmico, foi referenciado como auxiliar para vencer ou contornar obstáculos internos. Foi também referenciado uma vez como passo inicial na estratégia do NPD; como um dos desafios de desenvolvimentos de um biopesticida fitoquímico; como diferença entre a pesquisa de um biopesticida fitoquímico e um pesticida sintético; e como forma de atenuar atritos com os mesmos atores externos, em conjunto com o enunciado “informação como ferramenta para vencer estigmas contra a cannabis” na hipótese de um estímulo por parte do Programa Nacional de Bioinsumos.

A inclusão de atores externos ao NPD de um produto potencialmente disruptivo é, de forma geral, benéfica; no entanto, a inclusão de certos atores externos, como clientes potenciais, pode ser contraproducente para o NPD de um produto disruptivo pela inabilidade destes em articular necessidades de um produto tecnológico, e a inabilidade de conceptualizar produtos fora do seu campo de

vivência, implicando em uma desconexão da instituição com a fronteira tecnológica, sendo necessário, portanto, um equilíbrio entre a necessidade do cliente e o avanço científico (Knudsen, 2007).

5.2.9. A Resistência Institucional e a Multidisciplinariedade do NPD de um biopesticida fitoquímico à base de cannabis para produção animal

A multidisciplinariedade do NPD de um biopesticida canábico para a produção animal foi referenciada como um desafio comum ao desenvolvimento de biopesticidas fitoquímicos, e como passo inicial na estratégia de desenvolvimento. A mobilização de diferentes especialidades em um NPD para uma inovação radical ou disruptiva é complicada especialmente em grandes instituições, focadas em projetos com ganhos a curto prazo, e menores custos e riscos. O caso de um mercado totalmente novo como o de um biopesticida canábico para a produção animal (novo pelo estigma que a matéria-prima carrega) exige foco equivalente no desenvolvimento do mercado ao longo do desenvolvimento do produto em si (McDermott; O'Connor, 2002).

A resistência institucional em relação à pesquisa com cannabis também foi referenciada como empecilho para o processo de desenvolvimento de um biopesticida canábico para a produção animal. Redes de contato informais dentro da instituição são instrumentais para *insights* e o avanço do projeto dentro da instituição (McDermott; O'Connor, 2002), como foi referenciado pelos especialistas no item 5.2.8.1 do presente capítulo. O ambiente de NPD precisa ser antes de tudo colaborativo, formando a base do NPD colaborativo, ou Co-NPD de forma a estimular um ambiente de inovação (Kleinsmann; Buijs; Valkenburg, 2010; McDermott; O'Connor, 2002). A emergência recente de ferramentas colaborativas digitais acrescenta uma camada de avanço exponencial no trabalho colaborativo necessário para uma inovação disruptiva (Marion; Fixson, 2021).

5.2.9.1. Escassez de especialistas com experiência em pesquisa em cannabis

A escassez de especialistas com *know-how* em cannabis no Brasil foi referenciada como obstáculo na pesquisa de um biopesticida canábico para a produção animal. De fato, um dos entraves do presente trabalho foi a baixíssima quantidade de acadêmicos com alguma publicação ou experiência de campo no uso de cannabis na produção animal encontrada na Plataforma Lattes do CNPQ (aproximadamente dez especialistas cadastrados na plataforma até 12/2024), um cenário que certamente mudará em breve com a expansão do uso da cannabis para além do terapêutico no bem-estar animal.

5.3.A Sustentabilidade de um Produto Biopesticida à base de *Cannabis sativa* para a Produção Animal

O cultivo de cannabis livre de pesticidas sintéticos, ou orgânico, foi referenciado positivamente na percepção de sustentabilidade, e como forma de sustentabilidade concreta na produção de um biopesticida canábico para a produção animal. Foi consenso entre todos os especialistas que além da percepção positiva de sustentabilidade da cannabis e seus produtos, seria importante aplicar o conceito ao longo de toda a sua cadeia de processamento, em particular seu cultivo em solo nacional. Três especialistas sugeriram o cultivo da cannabis livre de pesticidas sintéticos, ou orgânico, e um sugeriu o cultivo através da agricultura orgânica.

Três especialistas citaram a importância do gerenciamento de resíduos ao longo da cadeia para que houvesse um mínimo de impacto ambiental. O extrato de *Cannabis sativa* para um bioinseticida ou bioacaricida pode ser produzido a partir de recortes e sobras de folhas e inflorescências. São subprodutos do processamento da planta, especialmente do seu plantio para fibra e sementes, sem prejuízo para os constituintes químicos. Isso torna a matéria-prima para um óleo essencial barata, amplamente disponível e sustentável nos países que cultivam a cannabis para uso

industrial, como Itália e China (Benelli *et al.*, 2018a, 2018b; Bertoli *et al.*, 2010; Visković *et al.*, 2023)

A sustentabilidade da *Cannabis sativa* vai além dos seus produtos industriais ou medicinais; seu cultivo pode ser usado para fitorremediação de solos contaminados por metais pesados (Citterio *et al.*, 2003; Guo *et al.*, 2024; Rheay; Omondi; Brewer, 2021), captura de carbono (Kaur; Kander, 2023) e cultura de cobertura (Balandaitė *et al.*, 2024), bem como produção de biodiesel através da extração do óleo de sementes, e bioetanol através da fermentação de sua biomassa (Das *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2010; Melis *et al.*, 2023). É também uma cultura resistente a pragas e que demanda pouco uso de pesticidas, e de forma geral, de alto potencial de sustentabilidade (Kaur; Kander, 2023; Visković *et al.*, 2023). Seu cultivo intensivo, no entanto, pode provocar estresse hídrico; embora a cannabis sobreviva com pouca água, seu cultivo apropriado exige irrigação (Butsic; Brenner, 2016; Small, 2015; Visković *et al.*, 2023).

Há potencial para o cultivo de inflorescências, sementes e fibra de cannabis em todo o território brasileiro (item 2.5.4. da Revisão de Literatura) em regime de agricultura familiar, sendo tão ou mais rentável que a cultura do algodão (Rocha, 2018; Silva *et al.*, 2023). O processamento da cannabis encoraja a agricultura familiar e o pequeno produtor; primeiro, o custo de logística de biomassa colhida é alto pela sua baixa densidade e alto volume; e segundo, solo e clima influenciam na variedade de cannabis a ser plantada, limitando cultivares regionalmente. Tais fatores fazem o processamento e fabricação de produtos ser vantajoso em escala local, próximos a seu cultivo, estimulando a formação de cooperativas e coesão entre produtores (Kaur; Kander, 2023).

A necessidade de eficiência energética na cadeia da cannabis para a produção de um biopesticida canábico para a produção animal, tanto no seu plantio como no seu processamento e logística como forma de sustentabilidade concreta também foi referenciada. A transição para a sustentabilidade é um processo interdisciplinar que inclui também o ciclo de vida do produto (como visto no item 2.2 do capítulo 2 de Revisão de Literatura) sob um ponto de vista de custo total, e que depende de uma troca de forças entre cadeia de operações e legislação, entre outros elementos externos, para ser implementada (Linton; Klassen; Jayaraman, 2007; Seuring;

Müller, 2008). A produtividade energética na economia é um indicador de sustentabilidade, onde busca-se determinar a eficiência energética de um país por meio de suas emissões de CO₂; por meio de políticas de investimento em tecnologias e metodologias de eficiência energética, um país não apenas tem ganhos de produtividade nas diversas cadeias da economia, mas também redução de custos e de emissão de CO₂ (Ding; Khattak; Ahmad, 2021).

5.3.1. Políticas públicas como fomento à sustentabilidade de um produto à base de cannabis

A implantação de políticas públicas no fomento à sustentabilidade de um biopesticida canábico para a produção animal foi referenciada como forma de influência positiva do cenário regulatório; como forma concreta de sustentabilidade; e associada ao Programa Nacional de Bioinsumos. O cultivo de cannabis por meio de agricultura familiar foi referenciado como uma forma de emprestar a percepção de sustentabilidade a um biopesticida canábico para a produção animal; e como uma forma de tornar concreta tal sustentabilidade.

A Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO) foi instituída por meio do Decreto no 7.794, de 20 de agosto de 2012, com o intuito de promover a transição agroecológica e a produção orgânica por meio da integração, articulação e adequação das diversas ações e programas desenvolvidos no Brasil, tendo sido premiada como uma das melhores políticas em agroecologia e sistemas alimentares sustentáveis do mundo, ganhando o prêmio Future Policy Awards 2018 da ONU, pelo World Future Council e pela International Federation of Organic Agriculture Movements (Ifoam). A PNAPO foi responsável pela implementação de dois Planos Nacionais de Agroecologia e Produção Orgânica (Planapo), o primeiro entre 2013 e 2015, e o segundo entre 2016 e 2019, este último responsável pela instituição do Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) em 2020 (Policarpo *et al.*, 2023; Sambuichi *et al.*, 2023). Entretanto, após a extinção das instâncias de gestão da PNAPO em 2019, o PNB teve seu escopo expandido para incluir também a agricultura convencional, especialmente culturas voltadas ao agronegócio, o que levou a um desvio do objetivo central do PNB de ampliar o acesso a bioinsumos

para fortalecer a produção orgânica e agroecológica. Assim, O PNB passou a não priorizar o investimento em ações voltadas a essa finalidade, limitando o potencial de contribuição desse programa à política. A extinção das instâncias de gestão da PNAPO foi revertida em 2023 e atualmente está sendo desenvolvido o Planapo III (Policarpo *et al.*, 2023).

Em 2020, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) divulgou o relatório Diretrizes Para o Desenvolvimento Sustentável da Agropecuária Brasileira, para o período 2020-2023, ainda não atualizado (MAPA, 2020).



Figura 26: Prioridades do MAPA para a sustentabilidade da agropecuária brasileira (MAPA, 2020)

Atualmente o conceito nacional de agricultura sustentável transcende a sustentabilidade ambiental e inclui temas como desenvolvimento rural, agricultura familiar e Segurança Alimentar e Nutricional (Sambuichi *et al.*, 2023). No caso da agricultura familiar, uma das ações propostas no relatório de 2020 do MAPA era, no tópico de inclusão produtiva, de garantir o acesso às novas tecnologias pelos serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural (Figura 27) (MAPA, 2020), o que

seria decisivo nos passos iniciais de um cultivo de cannabis no contexto de agricultura familiar; atualmente o Brasil se encontra em um momento de transição para a implementação de políticas mais robustas com a resestruturação da PNAPO.

Quanto a crédito para agricultura familiar, o Programa Nacional de Fortalecimento de Agricultura Familiar (PRONAF), instituído pela Resolução BCB nº 2.191/1995, oferece crédito para custeio e investimento a pequenos produtores e cooperativas e está presente em 98% dos municípios brasileiros (IPEA, 2018; Maia; Eusébio; da Silveira, 2019), podendo eventualmente financiar o plantio de cannabis para usos industriais.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstra que o processo de desenvolvimento de um novo produto pesticida é complexo, multidisciplinar e dispendioso, exigindo cerca de uma década para ser lançado comercialmente. Produtos biopesticidas baseados em extratos vegetais acrescentam uma camada a mais de complexidade e tempo no processo de desenvolvimento, visto que é necessário um esforço de uniformização e padronização de todas as etapas de processamento, começando pela matéria-prima, sujeita a variações intrínsecas à biologia da planta a ser usada.

Independente das dificuldades do desenvolvimento de um produto de tal natureza, o ciclo inovativo de produtos induzido pelo capitalismo obriga o mercado a uma constante renovação, desta vez estimulada pela necessidade de sustentabilidade, em particular quanto ao surgimento de resistências e toxicidade ao meio ambiente e a organismos não-alvo. A indústria de pesticidas passa por um momento de estagnação em relação a novos produtos, o que indica um movimento de transição na indústria e o surgimento de um novo ciclo inovativo potencialmente disruptivo, que tende para o desenvolvimento de compostos biológicos como controle de pragas na produção animal. A *Cannabis sativa* é uma matéria-prima de grande potencial para tal, oferecendo um amplo leque de moléculas ativas e um cultivo sustentável e versátil.

Um número significativo de especialistas compatíveis com o desenvolvimento de novos produtos biopesticidas à base de cannabis foi abordado; no entanto, poucos ficaram interessados em participar das entrevistas. O fato do uso industrial da cannabis como biopesticida ainda estar na fronteira do conhecimento e, portanto, na sua infância, pode implicar em ceticismo, preconceito, desconhecimento ou mesmo indiferença de muitos especialistas.

Naturalmente, há um vácuo de especialistas em desenvolvimento de novos produtos à base de cannabis no Brasil, em especial na produção animal, o que exigiu uma abrangência maior no tipo de especialista a ser abordado pela pesquisa. Os especialistas abordados dominavam apenas algumas das dimensões do

questionário aplicado na presente pesquisa, o que pode ter provocado lacunas inevitáveis pela limitação de tempo para a pesquisa, e dificuldade de marcar entrevistas. Futuras pesquisas sobre o tópico serão mais aprofundadas se aplicarem a metodologia Delphi em múltiplos especialistas separados por dimensão, gerando consensos para cada área individual de desenvolvimento de novos produtos. Isso obviamente implicaria em pré-testes para cada dimensão do questionário, e exigiria muito mais tempo.

São alguns tópicos para pesquisas futuras sobre o tema estudos de toxicidade de nanoemulsões à base de óleo essencial de *Cannabis sativa* em modelos animais e humanos, bem como seu impacto ambiental, o desenvolvimento de cultivares específicos e composições ideais do óleo essencial para seu uso como acaricida e inseticida, bem como a eficácia de seus terpenos isolados, uma vez que são principalmente os terpenos que possuem efeito acaricida e inseticida. Ademais, se há resíduos tóxicos a partir do uso tópico de seu óleo essencial em carne, leite e ovos na produção animal, em particular de nanoemulsões. Outro ponto é a possibilidade de efeitos terapêuticos “colaterais” para o bem estar animal, dada a absorção transdermal dos canabinóides presentes em um extrato, que merece ser investigada.

É preciso também o estudo de vulnerabilidade de outras pragas importantes da produção animal a extratos vegetais de *Cannabis sativa*; na bovinocultura, *Cochliomyia hominivorax*, a mosca-da-bicheira, *Dermatobia hominis*, a mosca-berneira, *Stomoxys calcitrans*, a mosca-dos-estábulo, e *Haematobia irritans irritans*, a mosca-dos chifres; e na avicultura, *Ornithonyssus sylviarum*, o ácaro da pena, e *Ornithonyssus bursa*, o piolho dos ninhos.

Apesar da recente decisão favorável do STJ para o cultivo de cânhamo industrial, e da ANVISA para prescrição veterinária de produtos à base de cannabis, o desenvolvimento de tecnologia como biopesticidas fitoquímicos só se tornará viável com aporte financeiro considerável. É de absoluta necessidade o investimento público na pesquisa científica e tecnológica de fundos, como o BNDES Funtec, em um momento ideal para o *leapfrogging* no campo da biotecnologia. A cooperação entre universidade e indústria também deve ser incentivada e praticada, e o

patenteamento de extratos vegetais deve ser estimulado por uma questão, inclusive, de soberania nacional.

O desenvolvimento de um produto biopesticida à base de cannabis para a produção animal, apesar de promissor e disruptivo, é um desafio que, acima de tudo, exige um alinhamento de interesses políticos, econômicos e tecnológicos tanto públicos como privados no Brasil. Instituições públicas como a EMBRAPA podem pavimentar o caminho ao desenvolverem ao menos as etapas iniciais de produtos assim (como melhoramento genético para especificidade de uso de cultivares) por conseguirem unir conhecimento técnico e infraestrutura sem dependerem de um aporte financeiro privado. A recente reestruturação da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO) pode influenciar positivamente na sustentabilidade de biopesticidas fitoquímicos para além da cannabis.

Em um cenário internacional, as condições para a viabilidade de produção de um biopesticida fitoquímico à base de cannabis também esbarram no alto grau de concentração da capacidade de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na indústria agroquímica, e a sua refratariedade em assumir riscos em uma inovação disruptiva como a tecnologia de extratos vegetais. Não faltam desafios para o NPD de um biopesticida canábico para a produção animal; contudo, se o mercado insistir em manter soluções subótimas, resta saber se resistirá às inevitáveis pressões por sustentabilidade da próxima revolução tecnológica.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABÉ, H. *et al.* Insecticidal activity of Cannabis sativa L leaf essential oil on the malaria vector Anopheles gambiae s.l (Giles). **International Journal of Mosquito Research**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 65–74, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-29612023000100400&tlng=en. Acesso em: 3 mar. 2023.

ABEL, Ernest. L. **Marihuana: The First Twelve Thousand Years**. 1. ed. New York, USA: Springer, New York, NY, 1980. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4899-2189-5>. Acesso em: 27 mar. 2023.

AGNEW, J.; HENDERY, S. **2023 Global Agricultural Productivity Report: Every Farmer, Every Tool**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: https://globalagriculturalproductivity.org/wp-content/uploads/2023/11/2023-GAP_Executive-Summary_FINAL-2.pdf. Acesso em: 27 nov. 2023.

ALBINO, V.; BALICE, A.; DANGELICO, R. M. Environmental strategies and green product development: An overview on sustainability-driven companies. **Business Strategy and the Environment**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 83–96, 2009.

ALBUQUERQUE, E. M. Patentes segundo a abordagem neo-Schumpeterian: uma discussão introdutória. **Brazilian Journal of Political Economy**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 561–580, 1998.

ALEMANN, A. The science, law and policy of neonicotinoids and bees: A new test case for the precautionary principle. **European Journal of Risk Regulation**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 191–207, 2013.

ANDOW, D. A. *et al.* Pesticide and transgenic plant resistance management in the field. *In*: GLOBAL PESTICIDE RESISTANCE IN ARTHROPODS. UK: CABI, 2008. p. 118–145.

ANDRE, C. M.; HAUSMAN, J. F.; GUERRIERO, G. Cannabis sativa: The plant of the thousand and one molecules. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 7, n. 19, p. 1–17, 2016.

ANVISA. **Anvisa aprova 7ª edição da Farmacopeia Brasileira**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2024/anvisa-aprova-a-7a-edicao-da-farmacopeia-brasileira>. Acesso em: 26 nov. 2024.

ANVISA. **Obter autorização especial simplificada para estabelecimento de ensino e pesquisa (AEP)**. [S. l.], 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/obter-autorizacao-especial-simplificada-para-estabelecimento-de-ensino-e-pesquisa>. Acesso em: 7 nov. 2024.

ANVISA. **Pesquisa e Ensino: orientações para uso e importação de produtos sujeitos ao controle especial**. [S. l.: s. n.], 2022a. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/medicamentos/controlados/manual-ai-especifica-cni-aep-ada-_2020-v-final.pdf/@_@download/file. Acesso em: 7 nov. 2024.

ANVISA. **RDC Nº 327, DE 9 DE DEZEMBRO DE 2019**. [S. l.], 2019. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2019/rdc0327_09_12_2019.pdf. Acesso em: 7 nov. 2024.

ANVISA. **RDC Nº 722, DE 1º DE JULHO DE 2022**. [S. l.], 2022b. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_722_2022_.pdf/. Acesso em: 27 nov. 2024.

ANVISA. **RELATÓRIO DE ANÁLISE DE IMPACTO REGULATÓRIO SOBRE PRODUTOS DE CANNABIS PARA FINS MEDICINAIS**. [S. l.: s. n.], 2023b. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/regulamentacao/air/analises-de-impacto-regulatorio/2024/arquivos-relatorios-de-air-2024/relatorio_air_produtos_cannabis_dicol_15052024.pdf. Acesso em: 7 nov. 2024.

AQUILANTE, M. *et al.* **O PROGRAMA NACIONAL DE BIOINSUMOS NO ÂMBITO DA POLÍTICA NACIONAL DE AGROECOLOGIA E PRODUÇÃO ORGÂNICA: ORIGEM, CONTRIBUIÇÕES E POTENCIALIDADES**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.38116/td2933-port>. .

ARAGÓN-CORREA, J. A.; SHARMA, S. A Contingent Resource-Based View of Proactive Corporate Environmental Strategy. **The Academy of Management Review**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 71, 2003. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/10.2307/30040690?origin=crossref>.

ARTHROPOD PESTICIDE RESISTANCE DATABASE. **Dermanyssus gallinae**. [S. l.], 2023a. Disponível em: <https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=210>. Acesso em: 1 dez. 2023.

ARTHROPOD PESTICIDE RESISTANCE DATABASE. **Musca domestica**. [S. l.], 2023b. Disponível em: <https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=151>. Acesso em: 1 dez. 2023.

ARTHROPOD PESTICIDE RESISTANCE DATABASE. **Rhipicephalus microplus**. [S. l.], 2023c. Disponível em: <https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=322>. Acesso em: 19 jan. 2024.

AULAGNIER, A.; GOULET, F. Des technologies controversées et de leurs alternatives. Le cas des pesticides agricoles en France. **Sociologie du travail**, [s. l.], v. 59, n. 3, 2017.

BALACHANDRA, R.; FRIAR, J. H. Factors for Success in R&D Projects and New Product Innovation: A Contextual Framework. **IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT**, [s. l.], v. 44, n. 3, 1997.

BALANDAITÉ, J. *et al.* Comprehensive Assessment of the Effect of Multi-Cropping on Agroecosystems. **Plants**, [s. l.], v. 13, n. 10, 2024.

BANSAL, P.; ROTH, K. Why Companies Go Green: A Model of Ecological Responsiveness. **Academy of Management Journal**, [s. l.], v. 43, n. 4, p. 717–736, 2000.

BARCZAK, G.; KAHN, K. B. Identifying new product development best practice. **Business Horizons**, [s. l.], v. 55, n. 3, p. 293–305, 2012.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARNEY, J. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. **Journal of Management**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 99–120, 1991. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/014920639101700108>.

BASS, C.; FIELD, L. M. Gene amplification and insecticide resistance. **Pest Management Science**, [s. l.], v. 67, n. 8, p. 886–890, 2011.

BELTRAO, N. E. de M. **Dossie sobre o Cânhamo (Cannabis sativa L.) para Embrapa Soja**. Campina Grande, PB: [s. n.], 1996. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194300/1/Dossie-sobre-o-Canhamo-Cannabis-sativa-L.-para-EmbrapaSoja.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2024.

BENELLI, G. *et al.* The crop-residue of fiber hemp cv. Futura 75: from a waste product to a source of botanical insecticides. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 25, n. 11, p. 10515–10525, 2018a.

BENELLI, G. *et al.* The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa L.*) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 122, p. 308–315, 2018b.

BENGOUMI M; FAYE B. CAMEL ECONOMY: FROM LOCAL TO INTERNATIONAL MARKET. *In:* , 2015. **Silk Road Camel: the Camelids, Main Stakes for Sustainable Development**. [S. l.: s. n.], 2015. p. 81–86. Disponível em: <https://agritrop.cirad.fr/577397/1/ID577397.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2023.

BERCHICCI, L.; BODEWES, W. Bridging environmental issues with new product development. **Business Strategy and the Environment**, [s. l.], v. 14, n. 5, p. 272–285, 2005.

BERTOLI, A. *et al.* Fibre hemp inflorescences: From crop-residues to essential oil production. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 329–337, 2010.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669010001421>. Acesso em: 22 mar. 2023.

BETTIOL, W.; MEDEIROS, F. H. V. **Artigo: Como o Brasil se tornou o maior produtor e consumidor de produtos de biocontrole.** [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/79156418/artigo-como-o-brasil-se-tornou-o-maior-produtor-e-consumidor-de-produtos-de-biocontrole>. Acesso em: 29 jun. 2024.

BHAMRA, S. K. *et al.* The emerging role of cannabidiol (CBD) products; a survey exploring the public's use and perceptions of CBD. **Phytotherapy Research**, [s. l.], v. 35, n. 10, p. 5734–5740, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ptr.7232>. Acesso em: 26 nov. 2024.

BHARDWAJ, M. *et al.* Insecticidal and wormicidal plants from Aravalli hill range of India. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 136, n. 1, p. 103–110, 2011.

BHATTACHARYYA, A.; BARIK, S. R.; GANGULY, P. New pesticide molecules, formulation technology and uses: Present status and future challenges. **The Journal of Plant Protection Sciences**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 9–15, 2009.

BNDES. **Plano Inova Empresa.** [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/plano-inova-empresa/plano-inova-empresa>. Acesso em: 6 jan. 2025.

BOEHRINGER INGELHEIM. **NexGard - Perguntas Frequentes.** [S. l.], 2024. Disponível em: <https://nexgardbrasil.com.br/perguntas-frequentes>. Acesso em: 3 nov. 2024.

BONINI, S. A. *et al.* Cannabis sativa: A comprehensive ethnopharmacological review of a medicinal plant with a long history. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 227, p. 300–315, 2018.

BOUQUET, R. J. **Cannabis.** [S. l.], 1950. Disponível em: https://www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/bulletin/bulletin_1950-01-01_4_page003.html. Acesso em: 28 mar. 2023.

BRANDT, W. *et al.* **Köhler's Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen mit kurz erläuterndem Texte : Atlas zur Pharmacopoea germanica, austriaca, belgica, danica, helvetica, hungarica, rossica, suecica, Neerlandica, British pharmacopoeia, zum Codex medicamentarius, sowie zur Pharmacopoeia of the United States of America.** Gera-Untermhaus: Fr. Eugen Köhler, 1883. v. 1

BRASIL. **DECRETO Nº 5.053, DE 22 DE ABRIL DE 2004.** [S. /], 2024a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5053.htm. Acesso em: 6 jan. 2025.

BRASIL. **Decreto Nº10.375, de 26 de maio de 2020.** 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10375.htm. Acesso em: 28 maio 2024.

BRASIL. **LEI Nº 9.279, DE 14 DE MAIO DE 1996.** [S. /], 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9279.htm. Acesso em: 27 nov. 2024.

BRASIL. **LEI Nº 9.456, DE 25 DE ABRIL DE 1997.** [S. /], 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9456.htm. Acesso em: 27 nov. 2024.

BRASIL. **LEI Nº 9.782, DE 26 DE JANEIRO DE 1999.** [S. /], 1999. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9782.htm. Acesso em: 27 nov. 2024.

BRASIL. **LEI Nº 13.123, DE 20 DE MAIO DE 2015.** [S. /], 2024b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13123.htm. Acesso em: 27 nov. 2024.

BRASIL. **LEI Nº 14.785, DE 27 DE DEZEMBRO DE 2023.** [S. /], 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Lei/L14785.htm#art65. Acesso em: 7 fev. 2024.

BRASIL. **Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024 .** [S. /], 2024c. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l15070.htm. Acesso em: 7 jan. 2025.

BURETH, A.; PÉNIN, J.; WOLFF, S. **Entrepreneurship in Biotechnology: The case of four start-ups in the Upper-Rhine Biovalley**: Working Papers of BETA 2006-21. Strasbourg: [s. n.], 2006. Disponível em: <http://cournot.u-strasbg.fr/beta>. .

BUTSIC, V.; BRENNER, J. C. Cannabis (*Cannabis sativa* or *C. indica*) agriculture and the environment: a systematic, spatially-explicit survey and potential impacts. **Environmental Research Letters**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 044023, 2016.

BÜYÜKÖZKAN, G.; FEYZIOĞLU, O. A new approach based on soft computing to accelerate the selection of new product ideas. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 54, n. 2, p. 151–167, 2004.

CALLAWAY, J. C. Hempseed as a nutritional resource: An overview. **Euphytica**, [s. l.], v. 140, p. 65–72, 2004.

CÂMARA, R. H. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações. **Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 179–191, 2013. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/gerais/v6n2/v6n2a03.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2024.

CARLINI, E. A. A história da maconha no Brasil. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, [s. l.], v. 55, n. 4, p. 314–317, 2006.

CARNEIRO, F. *et al.* **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro/São Paulo: [s. n.], 2015. Disponível em: <https://abrasco.org.br/download/dossie-abrasco-um-alerta-sobre-os-impactos-dos-agrotoxicos-na-saude/#>. Acesso em: 3 fev. 2024.

CARRASCO, H.; ROMI, A. M. Toward an omniopicon: the potential of blockchain technology toward influencing vulnerable populations in contested markets. **Accounting, Auditing and Accountability Journal**, [s. l.], v. 35, n. 7, p. 1685–1713, 2022.

CARTY, D. R. *et al.* Developmental Effects of Cannabidiol and Δ^9 -Tetrahydrocannabinol in Zebrafish. **Toxicological Sciences**, [s. l.], v. 162, n. 1, p. 137–145, 2018.

CARVALHO VIDAL, M.; PEREIRA DIAS, R. BIOINSUMOS A PARTIR DAS CONTRIBUIÇÕES DA AGROECOLOGIA. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 171–192, 2023.

CASIDA, J. E.; QUISTAD, G. B. Golden Age of Insecticide Research: Past, Present, or Future?. **Annual Review of Entomology**, [s. l.], v. 43, n. 1, p. 1–16, 1998.
Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.ento.43.1.1>.

CASSAYRE, J. *et al.* The discovery of isocycloseram: A novel isoxazoline insecticide. *In*: RECENT HIGHLIGHTS IN THE DISCOVERY AND OPTIMIZATION OF CROP PROTECTION PRODUCTS. [S. l.]: Elsevier, 2021. p. 165–212.

CAVALCANTI, B. C. A Folha Amarga do Avô Grande: Fluxos e Refluxos do Sagrado no Maconhismo Popular Brasileiro. *In*: MACRAE, E. J. B. das N.; ALVES, W. C. (org.). **Fumo de Angola: canabis, racismo, resistência cultural e espiritualidade**. 1. ed. Salvador: EDUFBA, 2016. p. 417–443.

CHATTOPADHYAY, P.; BANERJEE, G. Arms Race between Insecticide and Insecticide Resistance and Evolution of Insect Management Strategies. *In*: PESTICIDES IN CROP PRODUCTION. [S. l.]: Wiley, 2020. p. 109–130.

CHEN, C. Design for the Environment: A Quality-Based Model for Green Product Development. **Management Science**, [s. l.], v. 47, n. 2, p. 250–263, 2001.

CHERNEY, J. H.; SMALL, E. Industrial hemp in North America: Production, politics and potential. **Agronomy**, [s. l.], v. 6, n. 58, p. 1–24, 2016.

CHIRICO, J. *et al.* The poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*, a potential vector of *Erysipelothrix rhusiopathiae* causing erysipelas in hens. **Medical and Veterinary Entomology**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 232–234, 2003.

CITTERIO, S. *et al.* Heavy metal tolerance and accumulation of Cd, Cr and Ni by *Cannabis sativa* L. **Plant and Soil**, [s. l.], v. 256, n. 2, p. 243–252, 2003.

CLARKE, R. C.; MERLIN, M. D. **Cannabis: Evolution and Ethnobotany**. 1. ed. Berkeley & Los Angeles, California, USA: University of California Press, 2013.

CLAUDY, M. C.; PETERSON, M.; PAGELL, M. The Roles of Sustainability Orientation and Market Knowledge Competence in New Product Development Success. **Journal of Product Innovation Management**, [s. l.], v. 33, p. 72–85, 2016.

COLLINS, J. Symposium on drug decriminalization, legalization, and international law: A brief history of cannabis and the drug conventions. **AJIL Unbound**, [s. l.], v. 114, p. 279–284, 2020. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/american-journal-of-international-law/article/brief-history-of-cannabis-and-the-drug-conventions/A8547C998A1D05173495BCD6012329C0>. Acesso em: 28 out. 2023.

COOK, M.; CHADDAD, F. R. Agroindustrialization of the global agrifood economy: bridging development economics and agribusiness research. **Agricultural Economics**, [s. l.], v. 23, n. 3, p. 207–218, 2000.

COOPER, R. G. The drivers of success in new-product development. **Industrial Marketing Management**, [s. l.], v. 76, p. 36–47, 2019.

COSTA, C. F. da; COSTA, P. de A. O (Des)Financiamento da Pesquisa no Brasil: uma análise da execução orçamentária das agências e fundos federais de apoio à pesquisa entre 2003 e 2020. **FINEDUCA: Revista de Financiamento da Educação**, [s. l.], v. 13, n. 8, 2023.

CRANSHAW, W. *et al.* Developing Insect Pest Management Systems for Hemp in the United States: A Work in Progress. **Journal of Integrated Pest Management**, [s. l.], v. 10, n. 1, 2019.

CRINI, G. *et al.* Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review. **Environmental Chemistry Letters**, [s. l.], v. 18, n. 5, p. 1451–1476, 2020.

CRIPPA, J. A. *et al.* Translational investigation of the therapeutic potential of cannabidiol (CBD): Toward a new age. **Frontiers in Immunology**, [s. l.], v. 9, 2018.

CROCQ, M. A. History of cannabis and the endocannabinoid system. **Dialogues in Clinical Neuroscience**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 223–228, 2020.

CROPLIFE. **Mercado de bioinsumos cresceu 15% na safra 2023/2024**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/mercado-de-bioinsumos-cresceu-15-na-safra-2023-2024/>. Acesso em: 29 jun. 2024.

CROSSLEY, M. S. *et al.* Warmer temperatures trigger insecticide-associated pest outbreaks. **Pest Management Science**, [s. l.], 2023.

CSIR - NATIONAL BOTANICAL RESEARCH INSTITUTE - INDIA. **Cannabis sativa L.: A potential under-utilized crop for next green revolution**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://nbri.res.in/cannabis/>. Acesso em: 12 fev. 2023.

CZARNITZKI, D.; HUSSINGER, K. Input and output additionality of R&D subsidies. **Applied Economics**, [s. l.], v. 50, n. 12, p. 1324–1341, 2018.

DA COSTA, A. B. Teoria econômica e política de inovação. **Revista de Economia Contemporanea**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 281–307, 2016.

DA ROSA, L. Cultivo do cânhamo no Brasil. *In:* , 2018. **7ª Conferência Internacional de História Econômica e IX Encontro de Pós Graduação em História Econômica**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330880922>.

DALKEY, N. An experimental study of group opinion: The Delphi method. **Futures**, [s. l.], v. 1, n. 5, p. 408–426, 1969.

DANGELICO, R. M.; PONTRANDOLFO, P.; PUJARI, D. Developing sustainable new products in the textile and upholstered furniture industries: Role of external integrative capabilities. **Journal of Product Innovation Management**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 642–658, 2013.

DANGELICO, R. M.; PUJARI, D. Mainstreaming Green Product Innovation: Why and How Companies Integrate. **Journal of Business Ethics**, [s. l.], v. 95, n. 3, p. 471–486, 2010.

DAS, L. *et al.* Industrial hemp as a potential bioenergy crop in comparison with kenaf, switchgrass and biomass sorghum. **Bioresource Technology**, [s. l.], v. 244, p. 641–649, 2017.

DAS, P. C. *et al.* Postharvest Operations of Cannabis and Their Effect on Cannabinoid Content: A Review. **Bioengineering**, [s. l.], v. 9, n. 364, 2022.

DE FREITAS NETTO, S. V. *et al.* **Concepts and forms of greenwashing: a systematic review**. [S. l.]: Springer, 2020.

DE LUNA, C. J. *et al.* The poultry red mite *Dermanyssus gallinae* as a potential carrier of vector-borne diseases. *In:* , 2008. **Annals of the New York Academy of Sciences**. [S. l.]: Blackwell Publishing Inc., 2008. p. 255–258.

DELCOUR, I.; SPANOGHE, P.; UYTENDAELE, M. **Literature review: Impact of climate change on pesticide use**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2015.

DEMIRAK, M. Ş. Ş.; CANPOLAT, E. **Plant-Based Bioinsecticides for Mosquito Control: Impact on Insecticide Resistance and Disease Transmission**. [S. l.]: MDPI, 2022.

DING, Q.; KHATTAK, S. I.; AHMAD, M. Towards sustainable production and consumption: Assessing the impact of energy productivity and eco-innovation on consumption-based carbon dioxide emissions (CCO₂) in G-7 nations. **Sustainable Production and Consumption**, [s. l.], v. 27, p. 254–268, 2021.

DOSI, G. Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. **Journal of Economic Literature**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 1120–1171, 1988. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2726526?seq=2>. Acesso em: 17 fev. 2024.

DRUMMOND R O. Resistance in Ticks And Insects of Veterinary Importance. *In: PESTICIDE MANAGEMENT AND INSECTICIDE RESISTANCE*. [S. l.]: Elsevier, 1977. p. 303–319.

DU, S.; YALCINKAYA, G.; BSTIELER, L. Sustainability, Social Media Driven Open Innovation, and New Product Development Performance*. **Journal of Product Innovation Management**, [s. l.], v. 33, p. 55–71, 2016.

DWIVEDI, R.; KARIM, F. J.; STAREŠINIĆ, B. Critical Success Factors of New Product Development: Evidence from Select Cases. **Business Systems Research**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 34–44, 2021.

ELKINGTON, H. **Cannibals With Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. 1. ed. Oxford: Capstone Publishing, 1997.

EMBRAPA. Proteção da produção animal. *In*: AGRICULTURA TROPICAL: QUADRO DÉCADAS DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS, INSTITUCIONAIS E POLÍTICAS. [S. l.]: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, p. 1217–1248.

EMBRAPA. **Sobre a Embrapa**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/sobre-a-embrapa>. Acesso em: 29 jun. 2024.

EMBRAPA MEIO AMBIENTE. **Pesticidas biológicos cresceram 45% no Brasil nos últimos cinco anos**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/87248594/pesticidas-biologicos-cresceram-45-no-brasil-nos-ultimos-cinco-anos>. Acesso em: 29 jun. 2024.

FACTS AND FACTORS MARKET RESEARCH. **Industrial Hemp Market By Application Prospects (Paper, Personal Care, Automotive, Textiles, Food & Beverages, Animal Care, Furniture, Construction Materials, and Others), By Product Prospects (Fiber, Shivs, and Seeds) and By Region - Global and Regional Industry Overview, Market Intelligence, Comprehensive Analysis, Historical Data, and Forecast 2022–2030**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.fnfresearch.com/industrial-hemp-market>. Acesso em: 5 dez. 2022.

FALLEH, H. *et al.* Essential oils: A promising eco-friendly food preservative. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 330, p. 127268, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814620311304>.

FAO. Agricultural production and natural resource used. *In*: ALEXANDRATOS N; BRUINSMA, J. (org.). **World Agriculture Towards 2030/2050, The 2012 Revision**.

[S. l.: s. n.], 2012. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2023.

FAO. **Looking ahead in world food and agriculture: Perspectives to 2050** (Piero Conforti, Org.). [S. l.]: FAO, 2011. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i2280e/i2280e.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

FAO. **Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators - Global, regional and country trends, 1990–2020**. [S. l.]: FAO, 2022. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0918en>.

FAO. **The future of food and agriculture - Alternative pathways to 2050**. Rome: [s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.fao.org/3/l8429EN/i8429en.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

FAOSTAT. **Pesticides Trade**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RT/visualize>. Acesso em: 6 fev. 2024.

FIKE, J. Industrial Hemp: Renewed Opportunities for an Ancient Crop. **Critical Reviews in Plant Sciences**, [s. l.], v. 35, n. 5–6, p. 406–424, 2016.

FINEP. **Financiamento Não Reembolsável**. [S. l.], 2024. Disponível em: <http://finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/programas-e-linhas/sibratec/121-apoio-e-financiamento/tipos-de-apoio/financiamento-nao-reembolsavel/43-financiamento-nao-reembolsavel>. Acesso em: 3 jan. 2025.

FIOL, C. M. Squeezing Harder Doesn't Always Work: Continuing the Search for Consistency in Innovation Research. **The Academy of Management Review**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 1012–1021, 1996.

FIORINI, D. *et al.* Valorizing industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products: Cannabidiol enrichment in the inflorescence essential oil optimizing sample pre-treatment prior to distillation. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 128, p. 581–589, 2019.

FONTANELLA, B. J. B. *et al.* Amostragem em pesquisas qualitativas: proposta de procedimentos para constatar saturação teórica. **Cadernos de Saúde Pública**, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 388–394, 2011.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **CFR - Code of Federal Regulations Title 21**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=182.20>. Acesso em: 26 nov. 2024.

FORGASH, A. J. History, evolution, and consequences of insecticide resistance. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 178–186, 1984. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0048357584900877>.

FOX, J. *et al.* Process uncertainty: A new dimension for new product development. **EMJ - Engineering Management Journal**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 19–27, 1998.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de Conteúdo**. 2. ed. Brasília: Liber Livro, 2005.

FREITAS, B. M. C.; BOMBARDI, L. M. A POLÍTICA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E O USO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL: CONTAMINAÇÃO E INTOXICAÇÕES NO CEARÁ. **GEOgraphia**, [s. l.], v. 20, n. 43, p. 86, 2018. Disponível em: <http://periodicos.uff.br/geographia/article/view/27213>.

GALT, R. E. Beyond the circle of poison: Significant shifts in the global pesticide complex, 1976-2008. **Global Environmental Change**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 786–799, 2008.

GARCIA, M. V *et al.* Biologia e importância do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *In*: CARRAPATOS NA CADEIA PRODUTIVA DE BOVINOS. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 16–25. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194267/1/Biologia-e-importancia-do-carrapato.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2023.

GEORGE, J. E.; POUND, J. M.; DAVEY, R. B. **Chemical control of ticks on cattle and the resistance of these parasites to acaricides**. [S. l.: s. n.], 2004.

GEORGHIOU, G. P. The Effect of Agrochemicals on Vector Populations. *In*: ROUSH, R. T.; TABASHNIK, B. E. (org.). **Pesticide Resistance in Arthropods**. Boston, MA: Springer US, 1990. p. 183–202. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4684-6429-0_7.

GETANGE, D. *et al.* Ticks and tick-borne pathogens associated with dromedary camels (*Camelus dromedarius*) in Northern Kenya. **Microorganisms**, [s. l.], v. 9, n. 7, 2021.

GIUNTI, G. *et al.* Non-target effects of essential oil-based biopesticides for crop protection: Impact on natural enemies, pollinators, and soil invertebrates. **Biological Control**, [s. l.], v. 176, p. 105071, 2022.

GOLDENBERG, J.; LEHMANN, D. R.; MAZURSKY, D. The idea itself and the circumstances of its emergence as predictors of new product success. **Management Science**, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 69–84, 2001.

GOLICIC, S. L.; SMITH, C. D. A Meta-Analysis of Environmentally Sustainable Supply Chain Management Practices and Firm Performance. **Journal of Supply Chain Management**, [s. l.], v. 49, n. 2, p. 78–95, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jscm.12006>.

GOODMAN, S. *et al.* Use and Perceptions of Cannabidiol Products in Canada and in the United States. **Cannabis and Cannabinoid Research**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 355–364, 2022. Disponível em: <https://www.liebertpub-com.ez54.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1089/can.2020.0093>. Acesso em: 26 nov. 2024.

GOULD, F.; BROWN, Z. S.; KUZMA, J. Wicked evolution: Can we address the sociobiological dilemma of pesticide resistance?. **Science**, [s. l.], v. 360, n. 6390, p. 728–732, 2018.

GRISI, L. *et al.* Reavaliação do potencial impacto econômico de parasitos de bovinos no Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 150–156, 2014.

GUERRA, R. O. *et al.* **Cannabis sativa: A look at protozoa, helminths, insect vectors, and pests**. [S. l.]: Elsevier B.V., 2023.

GUO, Y. *et al.* Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) can utilize and remediate soil strongly contaminated with Cu, As, Cd, and Pb by phytoattenuation. **Chemosphere**, [s. l.], v. 358, p. 142199, 2024.

GUO, M. *et al.* Status and Strategic Measures for the Development of Biopesticides in China. **Chinese Journal of Biological Control**, [s. l.], v. 35, n. 5, p. 755–758, 2019.

HADDI, K. *et al.* **Global perspectives on insecticide resistance in agriculture and public health**. [S. l.]: Schweizerbart Science Publishers, 2023.

HALL, J.; VREDENBURG, H. The Challenges of Innovating for Sustainable Development. **MIT Sloan Management Review**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 61–68, 2003.

HANNON, M. B. *et al.* Serum cannabidiol, tetrahydrocannabinol (THC), and their native acid derivatives after transdermal application of a low-THC *Cannabis sativa* extract in beagles. **Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics**, [s. l.], v. 43, n. 5, p. 508–511, 2020.

HART, S. L. A Natural-Resource-Based View of the Firm. **The Academy of Management Review**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 986, 1995. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/258963?origin=crossref>.

HART, S. L.; MILSTEIN, M. Global Sustainability and the Creative Destruction of Industries. **MIT Sloan Management Review**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 23–33, 1999. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/246330190>.

HAWKINS, N. J. *et al.* The evolutionary origins of pesticide resistance. **Biological Reviews**, [s. l.], v. 94, n. 1, p. 135–155, 2019.

HAZEKAMP, A.; FISCHEDICK, J. T. Cannabis - from cultivar to chemovar. **Drug testing and analysis**, [s. l.], v. 4, n. 7–8, p. 660–667, 2012.

HAZEKAMP, A.; TEJKALOVÁ, K.; PAPADIMITRIOU, S. Cannabis: From Cultivar to Chemovar II - A Metabolomics Approach to Cannabis Classification. **Cannabis and Cannabinoid Research**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 202–215, 2016.

HOPPIN, J. A.; LEPREVOST, C. E. Pesticides and Human Health. *In*: ENVIRONMENTAL PEST MANAGEMENT. [S. l.]: Wiley, 2017. p. 249–273.

HUANG, H. T. **Science and Civilisation in China: Volume 6, Biology and Biological Technology, Part 5, Fermentations and Food Science**. 1. ed. Cambridge, RU: Cambridge University Press, 2000.

INDIAN INDUSTRIAL HEMP ASSOCIATION. **1st Industrial Hemp Cultivation Licence of India granted to Indian Industrial Hemp Association (IIHA) by Uttarakhand Government**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://iihaindia.org/press-release/1st-industrial-hemp-cultivation-licence-of-india-granted-to-indian-industrial-hemp-association-iiha-by-uttarakhand-government-2/>. Acesso em: 12 fev. 2023.

INSTITUTO FICUS. **Embrapa apresenta plano para a Cannabis no Brasil**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://institutoficus.org/embrapa-apresenta-plano-para-a-cannabis-no-brasil/>. Acesso em: 3 dez. 2024.

INTERNATIONAL BIOCONTROL MANUFACTURERS ASSOCIATION. **Baromètre IBMA France du Biocontrôle 2022: des résultats en demi-teinte**. Bourg-lès-Valences: [s. n.], 2023. Disponível em: <https://www.fnams.fr/wp-content/uploads/2023/10/CP-BIB-2022.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2024.

IPCC. **Global Warming of 1.5°C**. [S. l.]: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SR15_Full_Report_LR.pdf. Acesso em: 29 jun. 2024.

IPEA. **Financiamento do Desenvolvimento no Brasil**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8820/1/Fiianciamento__do_desenvolvimento_no_Brasil.pdf. Acesso em: 3 jan. 2025.

IRAC. **Introduction to IRAC**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://irac-online.org/international/introduction/>. Acesso em: 26 jan. 2024.

IRAC. **MODE OF ACTION CLASSIFICATION SCHEME VERSION 10.6**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://irac-online.org/documents/moa-classification/>. Acesso em: 26 jan. 2024.

IRAC-BR. **Institucional**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.irac-br.org/institucional>. Acesso em: 30 jan. 2024.

ISMAN, Murray B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, [s. l.], v. 51, p. 45–66, 2006.

ISMAN, M. B. Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides. **Phytochemistry Reviews**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 235–241, 2020.

ISMAN, Murray B. Pesticides based on plant essential oils: From traditional practice to commercialization. *In*: RAI, M.; CARPINELLA, M. C. (org.). **Naturally Occurring Bioactive Compounds**. [S. l.]: Elsevier, 2006. p. 29–44. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281246564>.

JACOBSON M. **INSECTICIDES FROM PLANTS; A Review of the Literature, 1954-1971**. Washington, DC, EUA: [s. n.], 1975. Disponível em: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87208736/PDF>. Acesso em: 3 abr. 2023.

JESCHKE, P. **Status and outlook for acaricide and insecticide discovery**. [S. l.]: John Wiley and Sons Ltd, 2020.

JOHANN, L.; DALMORO, M.; MACIEL, M. J. **Alimentos orgânicos: dinâmicas na produção e comercialização**. 1. ed. Lajeado, RS: Univates, 2019.

JOHANSSON, G. Success factors for integration of ecodesign in product development. **Environmental Management and Health**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 98–107, 2002.

JOSHI, K. Insecticidal Plants of the Bagmati Watershed, Nepal: Ethnobotany and Traditional Uses. **Bionotes**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 37–39, 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/279718490>.

KAHN, K. B. *et al.* An examination of new product development best practice. **Journal of Product Innovation Management**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 180–192, 2012.

KANTHETI, P.; PADMA, A. Ethnobotanical tribal practices for mosquito repellency followed by people of north India. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, [s. l.], v. 6, n. 6, 2017.

KARCHE, T.; SINGH, M. R. The application of hemp *Cannabis sativa* L. for a green economy: A review. **Turkish Journal of Botany**, [s. l.], v. 43, n. 6, p. 710–723, 2019.

KAUR, G.; KANDER, R. The Sustainability of Industrial Hemp: A Literature Review of Its Economic, Environmental, and Social Sustainability. **Sustainability**, [s. l.], v. 15, n. 8, p. 6457, 2023.

KEIDING, J. Resistance in the Housefly in Denmark and Elsewhere. *In*: PESTICIDE MANAGEMENT AND INSECTICIDE RESISTANCE. [S. l.]: Elsevier, 1977. p. 261–302.

KESWANI, C. *et al.* Obstacles in the Adaptation of Biopesticides in India. *In*: BIO#FUTURES. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 301–318.

KHAMESIPOUR, F. *et al.* A systematic review of human pathogens carried by the housefly (*Musca domestica* L.). **BMC Public Health**, [s. l.], v. 18, n. 1, 2018.

KHATAMI, A. K. Performance of production and trade of camel products in some Middle East countries. **African Journal of Agricultural Economics and Rural Development**, [s. l.], v. 4, n. 6, p. 393–399, 2016. Disponível em: www.internationalscholarsjournals.org.

KIM, J.; WILEMON, D. Complexity and the multiple impacts on new product development: Results from a field study. **International Journal of Innovation and Technology Management**, [s. l.], v. 9, n. 6, 2012.

KLEINSMANN, M.; BUIJS, J.; VALKENBURG, R. Understanding the complexity of knowledge integration in collaborative new product development teams: A case study. **Journal of Engineering and Technology Management**, [s. l.], v. 27, n. 1–2, p. 20–32, 2010.

KNUDSEN, M. P. The Relative Importance of Interfirm Relationships and Knowledge Transfer for New Product Development Success. **Journal of Product Innovation Management**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 117–138, 2007.

KOBAYASHI, E. M.; HOCHMAN, G. De patológicos a higiênicos: Os lares modernos e a imprensa no Brasil pós-Segunda Guerra Mundial. **Interface: Communication, Health, Education**, [s. l.], v. 20, n. 59, p. 967–979, 2016.

KOGAN, L. *et al.* Canadian dog owners' use and perceptions of cannabis products. **The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne**, [s. l.], v. 60, n. 7, p. 749–755, 2019a. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31281193>.

KOGAN, L. *et al.* US Veterinarians' Knowledge, Experience, and Perception Regarding the Use of Cannabidiol for Canine Medical Conditions. **Frontiers in Veterinary Science**, [s. l.], v. 5, n. JAN, 2019b. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2018.00338/full>.

KRISHNAN, V.; ULRICH, K. T. **Product development decisions: A review of the literature**. [S. l.]: INFORMS Inst.for Operations Res.and the Management Sciences, 2001.

KUMAR, B.; MANJUNATHACHAR, H. V.; GHOSH, S. A review on Hyalomma species infestations on human and animals and progress on management strategies. **Heliyon**, [s. l.], v. 6, n. 12, 2020.

LANUSSE, C. *et al.* Comparative plasma disposition kinetics of ivermectin, moxidectin and doramectin in cattle. **Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 91–99, 1997. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2885.1997.00825.x>.

LASSWELL, H. D. The Theory of Political Propaganda. **American Political Science Review**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 627–631, 1927. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0003055400024503/type/journal_article.

LEFEBVRE, È.; TAWIL, N.; YAHIA, L. Transdermal Delivery of Cannabidiol for the Management of Acute Inflammatory Pain: A Comprehensive Review of the Literature. **International Journal of Molecular Sciences**, [s. l.], v. 25, n. 11, p. 5858, 2024.

LEONARD, W. *et al.* Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 282–308, 2020.

LEW-TABOR, A. E.; RODRIGUEZ VALLE, M. A review of reverse vaccinology approaches for the development of vaccines against ticks and tick borne diseases. **Ticks and Tick-borne Diseases**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 573–585, 2016.

LI, H.-L. An Archaeological and Historical Account of Cannabis in China. **Economic Botany**, [s. l.], v. 28, n. 4, p. 437–448, 1974. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/4253540>. Acesso em: 2 abr. 2023.

LI, S. Y. *et al.* The feasibility of converting Cannabis sativa L. oil into biodiesel. **Bioresource Technology**, [s. l.], v. 101, n. 21, p. 8457–8460, 2010.

LICITRA, R. *et al.* In Vivo Evaluation of Cannabis sativa Full Extract on Zebrafish Larvae Development, Locomotion Behavior and Gene Expression. **Pharmaceuticals**, [s. l.], v. 14, n. 12, p. 1224, 2021.

LINTON, J. D.; KLASSEN, R.; JAYARAMAN, V. Sustainable supply chains: An introduction. **Journal of Operations Management**, [s. l.], v. 25, n. 6, p. 1075–1082, 2007.

LOPES, H. C. The structure-conduct-performance paradigm and the neoschumpeterian evolutionary approach: Proposing a theoretical integration. **Revista de Economia Contemporânea**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 336–358, 2016.

LOZANO CÁMARA, I. Cultivo y usos etnobotánicos del cáñamo (*cannabis sativa* L.) en la ciencia árabe (siglos VIII-XVII). **Asclepio**, [s. l.], v. 69, n. 2, p. 197, 2017. Disponível em: <https://asclepio.revistas.csic.es/index.php/asclepio/article/view/754/1188>. Acesso em: 28 mar. 2023.

MAC CLAY, P.; SELLARE, J. Value chain transformations in the transition to a sustainable bioeconomy. **SSRN Electronic Journal**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://www.ssrn.com/abstract=4193583>.

MAHMOUDINOODEZH, H. *et al.* **The Transdermal Delivery of Therapeutic Cannabinoids**. [S. l.]: MDPI, 2022.

MAIA, A. G.; EUSÉBIO, G. dos S.; DA SILVEIRA, R. L. F. Can credit help small family farming? Evidence from Brazil. **Agricultural Finance Review**, [s. l.], v. 80, n. 2, p. 212–230, 2019.

MAIA, M. F.; MOORE, S. J. Plant-based insect repellents: A review of their efficacy, development and testing. **Malaria Journal**, [s. l.], v. 10, n. SUPPL. 1, 2011.

MANSFIELD, B. *et al.* A new critical social science research agenda on pesticides. **Agriculture and Human Values**, [s. l.], 2023.

MANSFIELD, E. **How Rapidly Does New Industrial Technology Leak Out?**Source: **The Journal of Industrial Economics**. [S. l.: s. n.], 1985.

MANSFIELD, E.; SCHWARTZ, M.; WAGNER, S. Imitation Costs and Patents: An Empirical Study. **The Economic Journal**, [s. l.], v. 91, n. 364, p. 907, 1981. Disponível em: <https://academic.oup.com/ej/article/91/364/907-918/5219969>.

MAPA. **DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/publicacoes-diversas/diretrizes-para-o-desenvolvimento-sustentavel-da-agropecuaria-brasileira.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2024.

MAPA. **Instrução Normativa 41/2008**. 2 jul. 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/INN41de1dejulhode2008.pdf>. Acesso em: 24 set. 2023.

MAPA. **Legislação**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/produtos-veterinarios/legislacao-1>. Acesso em: 6 jan. 2025.

MAPA. **Lista de IGs Nacionais e Internacionais Registradas**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/indicacao-geografica/listaigs>. Acesso em: 27 nov. 2024.

MAPA. **Mercado de biodefensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/feffmercado-de-biodefensivos-cresce-em-mais-de-50-no-brasil>. Acesso em: 29 jun. 2024.

MAPA. **Orientações Sobre Estabelecimentos**. [S. l.], 2025a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/produtos-veterinarios/estabelecimentos>. Acesso em: 6 jan. 2025.

MAPA. **Orientações Sobre Produtos**. [S. l.], 2025b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/produtos-veterinarios/produtos>. Acesso em: 6 jan. 2025.

MARANGI, M. *et al.* Acaricide residues in laying hens naturally infested by red mite *dermanysus gallinae*. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 7, n. 2, 2012.

MARION, T. J.; FIXSON, S. K. The Transformation of the Innovation Process: How Digital Tools are Changing Work, Collaboration, and Organizations in New Product Development*. **Journal of Product Innovation Management**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 192–215, 2021.

MARKETS AND MARKETS. **Biopesticides Market by Type (Bioinsecticides, Biofungicides, Bionematicides, and Bioherbicides), Source (Microbials, Biochemicals, and Beneficial Insects), Mode of Application, Formulation (Dry, Liquid), Crop Type and Region - Global Forecast to 2027**. [S. l.], 2022a.

Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/biopesticides-267.html>. Acesso em: 2 abr. 2023.

MARKETS AND MARKETS. **Cannabis Market by Product Type (Flowers, Concentrates, Edibles, Topicals & Tinctures), Compound (THC-Dominant, CBD-Dominant, and Balanced THC & CBD), Application (Medical and Recreational), and Region (North America, South America, Europe and RoW) - Global Forecast 2027**. [S. l.], 2022b. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cannabis-market-201768301.html>. Acesso em: 4 fev. 2023.

MARKHAM, S. K.; LEE, H. Product development and management association's 2012 comparative performance assessment study. **Journal of Product Innovation Management**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 408–429, 2013.

MARQUES, R. *et al.* Climate change implications for the distribution of the babesiosis and anaplasmosis tick vector, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Veterinary Research**, [s. l.], v. 51, n. 1, 2020.

MARRONE, P. G. Barriers to adoption of biological control agents and biological pesticides. **CABI Reviews**, [s. l.], v. 2, 2007. Disponível em: <http://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/PAVSNNR20072051>.

MAYRINK, R. A.; CAVALCANTE, P. L. C. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação no Brasil : Trajetória Recente e Desafios. **Revista de Gestão, Economia e Negócios**, [s. l.], v. III, No. I, n. I, p. 51–74, 2022.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo**. São Paulo: UNESP: Editora UNESP, 2010.

MAZZARA, E. *et al.* Hemp (*Cannabis sativa* cv. Kompolti) essential oil and its nanoemulsion: Prospects for insecticide development and impact on non-target microcrustaceans. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 203, 2023.

MCDERMOTT, C. M.; O'CONNOR, G. C. Managing radical innovation: an overview of emergent strategy issues. **Journal of Product Innovation Management**, [s. l.], v. 19, n. 6, p. 424–438, 2002.

MCPARTLAND, J. M. A Survey of Hemp Diseases and Pests. *In*: RANALLI, P. (org.). **Advances in Hemp Research**. [S. l.]: CRC Press, 1999. p. 109–131.

MCPARTLAND, J. *et al.* Cannabinoid receptors are absent in insects. **Journal of Comparative Neurology**, [s. l.], v. 436, n. 4, p. 423–429, 2001.

MCPARTLAND, J. M. Epidemiology of the hemp borer, *Grapholita delineana* Walker (Lepidoptera: Olethreutidae), a pest of *Cannabis sativa* L. **Journal of Industrial Hemp**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 25–42, 2002.

MCPARTLAND, J. M.; SHEIKH, Z. A review of *Cannabis sativa*-based insecticides, miticides, and repellents. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, [s. l.], v. 6, n. 6, p. 1288–1299, 2018. Disponível em: <https://www.cabdirect.org>.

MEIRELLES, B. *et al.* BALANÇO DA ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO DA BIOTECNOLOGIA FARMACÊUTICA. **BNDES Setorial**, [s. l.], v. 26, n. 51, p. 7–75, 2020. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/19802/3/PR_Biotecnologia_BD.pdf. Acesso em: 27 nov. 2024.

MEISTER MEDIA. **Special report: the rise of biopesticides**. [S. l.: s. n.], 2011. Disponível em: <http://riseofbiopesticides.com/>. Acesso em: 2 fev. 2024.

MELANDER, A. L. Can Insects Become Resistant to Sprays?. **Journal of Economic Entomology**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 167–173, 1914. Disponível em: <http://academic.oup.com/jee/article/7/2/167/2212207/Can-Insects-Become-Resistant-to-Sprays1>.

MELIS, E. *et al.* Role of *Cannabis sativa* L. in energy production: residues as a potential lignocellulosic biomass in anaerobic digestion plants. *In*: CURRENT APPLICATIONS, APPROACHES, AND POTENTIAL PERSPECTIVES FOR HEMP. [S. l.]: Elsevier, 2023. p. 111–199.

MELLO, I. N. K.; SILVEIRA, W. F. Resíduos de Agrotóxicos em Produtos de Origem Animal. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. [s. l.], v. 6, n. 2, p. 94–104, 2012.

MENDES, R. M.; MISKULIN, R. G. S. A Análise de Conteúdo como uma Metodologia. **Cadernos de Pesquisa**, [s. l.], v. 47, n. 165, p. 1044–1066, 2017.

MICHIGAN STATE UNIVERSITY. **Arthropod Pesticide Resistance Database**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.pesticideresistance.org/>. Acesso em: 19 jan. 2024.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. e A. (MAPA). **Bioinsumos**. [S. l.]: Embrapa Agricultura Digital, 2024.

MOREIRA, A. C.; LEONIDIVNA KARACHUN, H. Uma revisão interpretativa sobre o desenvolvimento de novos produtos. **Cuadernos de Administracion**, [s. l.], v. 27, n. 49, p. 155–182, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/205/20541034008.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2024.

MOTA-SANCHEZ, D.; BILLS, P. Arthropod Resistance to Pesticides. *In*: [S. l.: s. n.], 2002.

MSD SAÚDE ANIMAL. **Bravecto - Dúvidas Frequentes**. [S. l.], 2024a. Disponível em: <https://www.bravecto.com.br/duvidas>. Acesso em: 3 nov. 2024.

MSD SAÚDE ANIMAL. **Exzolt 5%**. [S. l.], 2024b. Disponível em: <https://www.exzolt.com.br/produto/>. Acesso em: 31 out. 2024.

MSD SAÚDE ANIMAL. **Molécula inédita no controle de carrapatos, incluindo os resistentes, apresenta eficácia de 100%**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.portaldoagronegocio.com.br/pecuaria/saude-animal/noticias/molecula-inedita-no-controle-de-carrapatos-incluindo-os-resistentes-apresenta-eficacia-de-100>. Acesso em: 31 out. 2024.

MULLA, M. S.; SU, T. Activity and biological effects of neem products against arthropods of medical and veterinary importance. **Journal of the American Mosquito Control Association**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 133–152, 1999. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10412110>.

MUNARETTO, L. F.; CORRÊA, H. L.; CARNEIRO DA CUNHA, J. A. Um estudo sobre as características do método Delphi e de grupo focal, como técnicas na obtenção de dados em pesquisas exploratórias. **Revista de Administração da UFSM**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 9–24, 2013.

MWINE, J. *et al.* Ethnobotanical survey of pesticidal plants used in South Uganda: Case study of Masaka district. **Journal of Medicinal Plants Research**, [s. l.], v. 5, n. 7, p. 1155–1163, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/286316208>.

NABUKENYA, I. *et al.* Ethnopharmacological practices by livestock farmers in Uganda: Survey experiences from mpigi and gulu districts. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 10, n. 1, 2014.

NASREEN, N. *et al.* The potential of *Allium sativum* and *Cannabis sativa* extracts for anti-tick activities against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Experimental and Applied Acarology**, [s. l.], v. 82, n. 2, p. 281–294, 2020.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. [S. l.]: President and Fellows of Harvard College, 1982.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. Neoclassical vs. Evolutionary Theories of Economic Growth: Critique and Prospectus. **The Economic Journal**, [s. l.], v. 84, n. 336, p. 886, 1974. Disponível em: <https://academic.oup.com/ej/article/84/336/886-905/5236405>.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. Conventional agricultural development models and the persistence of the pesticide treadmill in Latin America. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 93–111, 1997.

NOVOZYMES. **Our history**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.novozymes.com/en/about-us/our-history>. Acesso em: 2 fev. 2024.

OLADIPUPO, S. O.; HU, X. P.; APPEL, A. G. Essential Oils in Urban Insect Management—A Review. **Journal of Economic Entomology**, [s. l.], v. 115, n. 5, p. 1375–1408, 2022.

OLIVEIRA, M. C. S. *et al.* **Resistência aos pesticidas piretróides em populações de *Rhipicephalus microplus* e aos piretróides e organofosforados em *Haematobia irritans* colhidas em rebanhos de corte no Estado de São Paulo.** São Carlos, SP: [s. n.], 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144692/1/Boletim38-ResistenciaPesticidas-CGPE.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2024.

OLIVEIRA, A. C. D. de; NOGUEIRA, M. A Propriedade Intelectual dos Medicamentos Fitoterápicos com base nos Níveis de Maturidade Tecnológica e Normas Regulatórias. **Revista Fitos**, [s. l.], v. 18, n. Supl. 1, p. e1516, 2024.

O'MAHONY, P. J. **Finding horse meat in beef products-a global problem.** [S. l.: s. n.], 2013.

ONA, G. *et al.* The Use of Cannabis sativa L. for Pest Control: From the Ethnobotanical Knowledge to a Systematic Review of Experimental Studies. **Cannabis and Cannabinoid Research**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 365–387, 2022.

ONWUGAMBA, F. C. *et al.* The role of 'filth flies' in the spread of antimicrobial resistance. **Travel Medicine and Infectious Disease**, [s. l.], v. 22, p. 8–17, 2018.

OPAS. **Manual de vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos.** Brasília: [s. n.], 1997.

ORSATO, R. J. Competitive Environmental Strategies: When Does it Pay to Be Green?. **California Management Review**, [s. l.], v. 48, n. 2, p. 127–143, 2006. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.2307/41166341>.

OTTMAN, J. A.; STAFFORD, E. R.; HARTMAN, C. L. Avoiding green marketing myopia: Ways to improve consumer appeal for environmentally preferable products. **Environment**, [s. l.], v. 48, n. 5, p. 22–36, 2006.

PANDIAN, S.; RAMESH, M. Development of Pesticide Resistance in Pests. *In*: PESTICIDES IN CROP PRODUCTION. [S. l.]: Wiley, 2020. p. 1–13.

PARK, S. H. *et al.* Contrasting Roles of Cannabidiol as an Insecticide and Rescuing Agent for Ethanol-induced Death in the Tobacco Hornworm *Manduca sexta*. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 9, n. 1, 2019.

PAVELA, R. *et al.* Application of ethnobotanical repellents and acaricides in prevention, control and management of livestock ticks: A review. **Research in Veterinary Science**, [s. l.], v. 109, p. 1–9, 2016.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential Oils as Ecofriendly Biopesticides? Challenges and Constraints. **Trends in Plant Science**, [s. l.], v. 21, n. 12, p. 1000–1007, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27789158/>. Acesso em: 22 mar. 2023.

PELAEZ, V. M. *et al.* A (des)coordenação de políticas para a indústria de agrotóxicos no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, [s. l.], v. 14, p. 153, 2015.

PELAEZ, V.; MIZUKAWA, G. Estratégias de diversificação na indústria de agrotóxicos: De sementes a biopesticidas. **Ciencia Rural**, [s. l.], v. 47, n. 2, 2017.

PÉREZ, C. **Revoluciones tecnológicas y capital financeiro**. 1. ed. [S. l.: s. n.], 2004.

PHILLIPS MCDUGALL. **Evolution of the Crop Protection Industry since 1960**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://croplife.org/wp-content/uploads/2018/11/Phillips-McDougall-Evolution-of-the-Crop-Protection-Industry-since-1960-FINAL.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2023.

PHILLIPS MCDUGALL. **The Cost of New Agrochemical Product Discovery, Development and Registration in 1995, 2000, 2005-8 and 2010-2014**. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: <https://croplife.org/wp-content/uploads/2016/04/Cost-of-CP-report-FINAL.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2023.

PIMENTEL, V. *et al.* Biodiversidade brasileira como fonte da inovação farmacêutica: uma nova esperança?. **Revista do BNDES**, [s. l.], n. 43, p. 41–89, 2015.

PIMENTEL, D. **Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States**. [S. l.: s. n.], 2005.

PISANTI, S.; BIFULCO, M. Medical Cannabis: A plurimillennial history of an evergreen. **Journal of Cellular Physiology**, [s. l.], v. 234, n. 6, p. 8342–8351, 2019.

POLICARPO, M. A. *et al.* **Texto para Discussão 2933 - O Programa Nacional de Bioinsumos no Âmbito da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica: Origem, Contribuições e Potencialidades**. [S. l.]: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2023.

POLLIO, A. The Name of Cannabis: A Short Guide for Nonbotanists. **Cannabis and Cannabinoid Research**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 234–238, 2016.

POPULAR MECHANICS. New Billion-Dollar Crop. **Popular Mechanics**, [s. l.], v. 69, n. 2, p. 238–239; 144A-145A, 1938. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=e9sDAAAAMBAJ&lpg=PA87&pg=RA1-PA147#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 1 out. 2023.

PORTER, M. E. Towards a dynamic theory of strategy. **Strategic Management Journal**, [s. l.], v. 12, n. 2 S, p. 95–117, 1991.

PRETTY, J. **Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence**. [S. l.]: Royal Society, 2008.

PUJARI, D. Eco-innovation and new product development: Understanding the influences on market performance. **Technovation**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 76–85, 2006.

PUJARI, D.; PEATTIE, K.; WRIGHT, G. Organizational antecedents of environmental responsiveness in industrial new product development. **Industrial Marketing Management**, [s. l.], v. 33, n. 5, p. 381–391, 2004.

PUJARI, D.; WRIGHT, G.; PEATTIE, K. Green and competitive influences on environmental new product development performance. **Journal of Business Research**, [s. l.], v. 56, n. 8, p. 657–671, 2003.

QIU, D. Analysis of the Development Situation and Trends of Biological Pesticides in China. **Chinese Journal of Biological Control**, [s. l.], v. 31, n. 5, p. 679–684, 2015.

R4P NETWORK. Trends and Challenges in Pesticide Resistance Detection. **Trends in Plant Science**, [s. l.], v. 21, n. 10, p. 834–853, 2016.

RANALLI, P.; VENTURI, G. Hemp as a raw material for industrial applications. **Euphytica**, [s. l.], v. 140, p. 1–6, 2004.

RASERA, G. B.; OHARA, A.; DE CASTRO, R. J. S. Innovative and emerging applications of cannabis in food and beverage products: From an illicit drug to a potential ingredient for health promotion. **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 115, p. 31–41, 2021.

REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. **Annual Review of Entomology**, [s. l.], v. 57, p. 405–424, 2012.

REHMAN, M. *et al.* Evaluation of hemp (*Cannabis sativa* L.) as an industrial crop: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], n. 28, p. 52832–52543, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16264-5>.

REN, G. *et al.* Large-scale whole-genome resequencing unravels the domestication history of *Cannabis sativa*. **Science Advances**, [s. l.], v. 7, n. 29, 2021.

REVISTA CULTIVAR. **História e funcionamento do Plinazolin (isocycloseram)**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/historia-e-funcionamento-do-plinazolin-isocycloseram>. Acesso em: 3 nov. 2024.

REZENDE-TEIXEIRA, P. *et al.* What can we learn from commercial insecticides? Efficacy, toxicity, environmental impacts, and future developments. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 300, p. 118983, 2022.

RHEAY, H. T.; OMONDI, E. C.; BREWER, C. E. Potential of hemp (*Cannabis sativa* L.) for paired phytoremediation and bioenergy production. **GCB Bioenergy**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 525–536, 2021.

RIBOULET-ZEMOULI, K. 'Cannabis' ontologies I: Conceptual issues with Cannabis and cannabinoids terminology . **Drug Science, Policy and Law**, [s. l.], v. 6, p. 205032452094579, 2020.

ROCHA, S. B. F. **Potencial brasileiro para o cultivo de Cannabis sativa I. para uso medicinal e industrial**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: https://cannabisamanha.com.br/wp-content/uploads/2019/07/artigo_sergiobarbosa.pdf. Acesso em: 14 set. 2023.

RODRÍGUEZ-VIVAS, R. I. *et al.* Rhipicephalus (Boophilus) microplus resistentes aos acaricidas e ivermectina nas fazendas de gado do México. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 113–122, 2014.

RODRIGUEZ-VIVAS, R. I.; JONSSON, N. N.; BHUSHAN, C. Strategies for the control of Rhipicephalus microplus ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. **Parasitology Research**, [s. l.], v. 117, n. 1, p. 3–29, 2018.

ROSSI, G. B.; SERRALVO, F. A.; JOAO, B. N. Análise de Conteúdo. **Revista Brasileira de Marketing**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 39–48, 2014.

ROTH, A. E. Repugnance as a Constraint on Markets. **Journal of Economic Perspectives**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 37–58, 2007. Disponível em: <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.21.3.37>. Acesso em: 12 dez. 2023.

ROUSH, R. T. Designing resistance management programs: How can you choose?. **Pesticide Science**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 423–441, 1989. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.2780260409>.

RUSSO, E. Cannabis in India: ancient lore and modern medicine Introduction: Ayurvedic medicine. *In*: MECHOULAM, R. (org.). **Cannabinoids as Therapeutics. Milestones in Drug Therapy MDT**. [S. l.]: Birkhäuser Basel, 2005. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-7643-7358-X_1#citeas. Acesso em: 30 mar. 2023.

RUSSO, E. B. History of cannabis and its preparations in saga, science, and sobriquet. **Chemistry and Biodiversity**, [s. l.], v. 4, n. 8, p. 1614–1648, 2007.

RYAN, S. J. *et al.* Global expansion and redistribution of Aedes-borne virus transmission risk with climate change. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], v. 13, n. 3, 2018.

SALAS, J. H. *et al.* Organophosphorus Pesticide Residues in Mexican Commercial Pasteurized Milk. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 51, n. 15, p. 4468–4471, 2003.

SAMBUICHI, R. H. R. *et al.* Políticas Públicas, Agricultura Sustentável e Segurança Alimentar e Nutricional na Perspectiva dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável . **IPEA - Boletim Regional, Urbano e Ambiental** , [s. l.], n. 30, 2023. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12597/11/BRUA_30_Artigo_6_politicas_publicas.pdf. Acesso em: 8 nov. 2024.

SAMPAIO, R. C.; LYCARIÃO, D. **Análise de conteúdo categorial: manual de aplicação**. Brasília: Enap, 2021.

SÁNCHEZ-BAYO, F. Effects of Chemical Control on the Environment. *In*: ENVIRONMENTAL PEST MANAGEMENT. [S. l.]: Wiley, 2017. p. 77–103.

SANTANA, J. R. *et al.* FINANCIAMENTO PÚBLICO À INOVAÇÃO NO BRASIL: CONTRIBUIÇÃO PARA UMA DISTRIBUIÇÃO REGIONAL MAIS EQUILIBRADA?. **Planejamento e Políticas Públicas**, [s. l.], n. 52, p. 355–387, 2019.

SCHLUTTENHOFER, C.; YUAN, L. Challenges towards Revitalizing Hemp: A Multifaceted Crop. **Trends in Plant Science**, [s. l.], v. 22, n. 11, p. 917–929, 2017.

SCHMIDT, G. S. *et al.* Pragas da Avicultura - Piolhos e Ácaros. **Avicultura Industrial**, [s. l.], n. 4, p. 22–29, 2024. Disponível em: www.coccidia.icb.usp.br/parasite_db/galerias_a.

SCHREINEMACHERS, P.; TIPRAQSA, P. Agricultural pesticides and land use intensification in high, middle and low income countries. **Food Policy**, [s. l.], v. 37, n. 6, p. 616–626, 2012.

SCHULTES, R. E. *et al.* Cannabis : An example of taxonomic neglect. **Botanical Museum leaflets, Harvard University**, [s. l.], v. 23, n. 9, p. 337–367, 1974.
Disponível em: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/31872>. Acesso em: 24 set. 2023.

SCHULTES, R. E.; HOFMANN, A. Cannabis Linnaeus. *In*: THE BOTANY AND CHEMISTRY OF HALLUCINOGENS. 2. ed. Springfield, Illinois, EUA: Charles C. Thomas, 1980. p. 83–116.

SCHUMPETER, J. A. **Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process**. 2. ed. Philadelphia, PA, EUA: Porcupine Press, 1989.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. São Paulo: Editora Unesp Digital, 2017.

SEURING, S.; MÜLLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 16, n. 15, p. 1699–1710, 2008.

SHAH, S. A. *et al.* Documenting the indigenous knowledge on medicinal flora from communities residing near Swat River (Suvastu) and in high mountainous areas in Swat-Pakistan. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 182, p. 67–79, 2016.

SHARMA, P. P.; SAWANT, R. J. Indigenous traditional practices for eco-friendly management of insect/pest in Maharashtra, India. **Recent Research in Science and Technology**, [s. l.], v. 4, n. 10, p. 21–24, 2012. Disponível em: <http://recent-science.com/>.

SHATTUCK, A. Generic, growing, green?: The changing political economy of the global pesticide complex. **Journal of Peasant Studies**, [s. l.], v. 48, n. 2, p. 231–253, 2021.

SHRIVASTAVA, P. Environmental technologies and competitive advantage. **Strategic Management Journal**, [s. l.], v. 16, n. S1, p. 183–200, 1995. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/smj.4250160923>.

SIGOGNAULT FLOCHLAY, A.; THOMAS, E.; SPARAGANO, O. Poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*) infestation: A broad impact parasitological disease that still remains a significant challenge for the egg-laying industry in Europe. **Parasites and Vectors**, [s. l.], v. 10, n. 1, 2017.

SILVA, M. M. *et al.* Custos e lucratividade da produção de cânhamo como promotor de renda para a agricultura familiar no semiárido. *In*: ANDRADE, J. K. B. (org.). **Estudos em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023. p. 117–132.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de Conteúdo: Exemplo de Aplicação da Técnica para Análise de Dados Qualitativos. **Qualit@s Revista Eletrônica**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 1–14, 2015.

SILVER, R. J. The endocannabinoid system of animals. **Animals**, [s. l.], v. 9, n. 686, 2019.

SIMON-DELSO, N. *et al.* Systemic insecticides (Neonicotinoids and fipronil): Trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 5–34, 2015.

SINDHU, Z. *et al.* Documentation of ethno-veterinary practices used for treatment of different ailments in selected a hilly area of Pakistan, 201x. **International Journal of Agriculture and Biology**, [s. l.], v. 12, p. 353–358, 2010. Disponível em: <http://www.fspublishers.org>.

SINDIVEG. **Mercado Total**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://sindiveg.org.br/mercado-total/>. Acesso em: 6 fev. 2024.

SINHA, B. An appraisal of the traditional post-harvest pest management methods in Northeast Indian uplands. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 536–543, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228791590>.

SMALL, E. Evolution and Classification of *Cannabis sativa* (Marijuana, Hemp) in Relation to Human Utilization. **Botanical Review**, [s. l.], v. 81, n. 3, p. 189–294, 2015.

SMALL, E.; CRONQUIST, A. A Practical and Natural Taxonomy for Cannabis. **Taxon**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 405–435, 1976.

SORRENTINO, G. Introduction to emerging industrial applications of cannabis (*Cannabis sativa* L.). **Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali**, [s. l.], v. 32, p. 233–243, 2021.

SPARAGANO, O. A. E. *et al.* *Dermanyssus gallinae* and chicken egg production: impact, management, and a predicted compatibility matrix for integrated approaches. **Experimental and Applied Acarology**, [s. l.], v. 82, n. 4, p. 441–453, 2020.

SPARKS, T. C. **Insecticide discovery: An evaluation and analysis**. [S. l.: s. n.], 2013.

SPARKS, T. C.; NAUEN, R. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [s. l.], v. 121, p. 122–128, 2015.

STJ. **STJ valida cultivo medicinal da cannabis por empresas e dá prazo para regulamentação**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.stj.jus.br/sites/porta/p/Paginas/Comunicacao/Noticias/2024/14112024-STJ-valida-cultivo-medicinal-da-cannabis-por-empresas-e-da-prazo-para-regulamentacao.aspx#>. Acesso em: 26 nov. 2024.

SUTHERST, R. W. **Global Change and Human Vulnerability to Vector-Borne Diseases**. [S. l.: s. n.], 2004.

TABARI, M. A. *et al.* Acaricidal properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) essential oil against *Dermanyssus gallinae* and *Hyalomma dromedarii*. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 147, 2020.

TAYLOR, M. A. **Recent developments in ectoparasiticides**. [S. l.]: Bailliere Tindall Ltd, 2001.

TAYLOR, M.; TAYLOR, A. The technology life cycle: Conceptualization and managerial implications. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 140, n. 1, p. 541–553, 2012.

THAKORE, Y. The biopesticide market for global agricultural use. **Industrial Biotechnology**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 194–208, 2006. Disponível em: <http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ind.2006.2.194>.

TIGRE, P. B.; DO NASCIMENTO, C. V. M. F.; COSTA, L. S. Janelas de oportunidades e inovação tecnológica na indústria brasileira de medicamentos. **Cadernos de Saude Publica**, [s. l.], v. 32, 2016.

TOUW, M. The religious and medicinal uses of Cannabis in China, India and Tibet. **Journal of Psychoactive Drugs**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 23–34, 1981.

UNITED NATIONS. **2022 Revision of World Population Prospects**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em: 27 nov. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **What are Biopesticides?**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/what-are-biopesticides>. Acesso em: 3 fev. 2024.

UPADHAYAY, J. *et al.* Impact of Pesticide Exposure and Associated Health Effects. *In*: SRIVASTAVA P K *et al.* (org.). **Pesticides in Crop Production**. [S. l.]: Wiley, 2020. p. 69–88.

URBAN, G. L.; HAUSER, J. R. **Design and Marketing of New Products**. 2. ed. New Jersey, NY, EUA: Prentice-Hall, 1993. Disponível em: <https://archive.org/details/designmarketingo00urba/page/n9/mode/2up>. Acesso em: 19 out. 2023.

USDA FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE. **Italian Industrial Hemp Overview 2020**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em:

https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Italian%20Industrial%20Hemp%20Overview%202020%20_Rome_Italy_02-18-2020. Acesso em: 12 fev. 2023.

VASCONCELOS, P. F. de *et al.* Financiamento da Pesquisa no Brasil ao longo de dez anos. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 21258–21271, 2021.

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERÍSSIMO, M. A. A. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. *In*: SANIDADE VEGETAL: UMA ESTRATÉGIA GLOBAL PARA ELIMINAR A FOME, REDUZIR A POBREZA, PROTEGER O MEIO AMBIENTE E ESTIMULAR O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL. . Florianópolis: CIDASC, 2020. p. 382–410.

VISKOVIĆ, J. *et al.* Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Agronomy and Utilization: A Review. **Agronomy**, [s. l.], v. 13, n. 3, 2023.

VONAPARTIS, E. *et al.* Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 39, p. 8–12, 2015.

VURRO, M.; MIGUEL-ROJAS, C.; PÉREZ-DE-LUQUE, A. Safe nanotechnologies for increasing the effectiveness of environmentally friendly natural agrochemicals. **Pest Management Science**, [s. l.], v. 75, n. 9, p. 2403–2412, 2019.

WALIA, S. *et al.* Phytochemical biopesticides: some recent developments. **Phytochemistry Reviews**, [s. l.], v. 16, n. 5, p. 989–1007, 2017.

WALLEY, N.; WHITEHEAD, B. It's Not Easy Being Green. **Harvard Business Review**, [s. l.], n. 72, p. 46–52, 1994.

WANAS, A. S. *et al.* Chemical Composition of Volatile Oils of Fresh and Air-Dried Buds of Cannabis chemovars, Their Insecticidal and Repellent Activities. **Natural Product Communications**, [s. l.], v. 15, n. 5, p. 1–7, 2020.

WARMINGTON, E. H. Lucilius - Unassigned Fragments. *In: REMAINS OF OLD LATIN - LUCILIUS - THE TWELVE TABLES*. London (UK) & Cambridge, Massachusetts (USA): William Heinemann Ltd & Harvard University Press, 1938. v. III, p. 397.

WERNERFELT, B. A Resource-Based View of the Firm. **Strategic Management Journal**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 171–180, 1984.

WESSELER, J.; VON BRAUN, J. Measuring the Bioeconomy: Economics and Policies. **Annual Review of Resource Economics**, [s. l.], n. 9, p. 275–298, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-resource->.

WHALON M E; MOTA-SANCHEZ D; HOLLINGWORTH R M. **GLOBAL PESTICIDE RESISTANCE IN ARTHROPODS**. [S. l.: s. n.], 2008.

WHALON, M. E.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R. M. Analysis of global pesticide resistance in arthropods. *In: GLOBAL PESTICIDE RESISTANCE IN ARTHROPODS*. UK: CABI, 2008. p. 5–31.

WHITFORD, F.; JOHNSON, B. **The Pesticide Marketplace, Discovering and Developing New Products**. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ppp/ppp-71.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023.

WHO & UNEP. **Public health impact of pesticides used in agriculture**. [S. l.: s. n.], 1990. Disponível em: <https://iris.who.int/handle/10665/39772>. Acesso em: 29 jun. 2024.

WIPO. **Global Innovation Index**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.wipo.int/web/global-innovation-index/2024/index>. Acesso em: 27 nov. 2024.

WU, G. *et al.* The status, problems and development trend of China's industrial hemp. **International Journal of Agricultural Science and Food Technology**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 237–239, 2020.

YANG, M. Q. *et al.* Molecular Phylogenetics and character evolution of Cannabaceae. **Taxon**, [s. l.], v. 62, n. 3, p. 473–485, 2013.

YUAN, S. *et al.* Current Situation and Prospects of Biological Pesticides Related Standards in China. **Chinese Journal of Biological Control**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 1–7, 2018. Disponível em: <http://www.zgswfz.com.cn/EN/10.16409/j.cnki.2095-039x.2018.01.001>. Acesso em: 5 abr. 2024.

ZABALA-ITURRIAGAGOITIA, J. M. New Product Development in Traditional Industries: Decision-Making Revised. **Journal of Technology Management & Innovation**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 31–51, 2012. Disponível em: <http://www.jotmi.org>.

ZHANG, H. *et al.* The Landmark Achievements of Biological Pesticides in Comprehensive Technology Development for Reduction and Efficiency Enhancement of Chemical Fertilizers and Pesticides. **Chinese Journal of Biological Control**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 1–8, 2022.

ZHOU, M. The Realistic Challenge and Countermeasure Analysis of the Development of Biological Pesticide in China. **Chinese Journal of Biological Control**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 184–192, 2021.

ZHOU, X.; HOHMAN, A. E.; HSU, W. H. **Current review of isoxazoline ectoparasiticides used in veterinary medicine**. [S. l.]: John Wiley and Sons Inc, 2022.

ZOETIS. **Saiba mais sobre o Simparic**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www2.zoetis.com.br/especies/caes-e-gatos/caes/antipulgas-e-outros-parasitas/simparic/>. Acesso em: 3 nov. 2024.

8. APÊNDICES

APÊNDICE 1 - ROTEIRO DE ENTREVISTAS

Roteiro de entrevista semi-estruturada aplicado aos especialistas pesquisadores baseado nas dimensões de NPD propostas por Barczak e Kahn (2012), mais a dimensão “sustentabilidade”:

Tópico	Questões principais	Questões de Follow Up	Objetivo das perguntas
1. Estratégia	1.1. Existe oportunidade para o desenvolvimento de um biopesticida veterinário baseado em cannabis para a produção animal frente a outros fitoquímicos?	1.1.1. Quais seriam os passos iniciais para o desenvolvimento de um produto biopesticida fitoquímico baseado em cannabis? 1.1.2. O Programa Nacional de Bioinsumos poderia estimular o desenvolvimento de um produto biopesticida baseado em cannabis?	Entender a pertinência e o processo de desenvolvimento de um produto biopesticida baseado em cannabis
2. Pesquisa	2.1. Em que diferiria a pesquisa de um biopesticida fitoquímico das pesquisas de pesticidas sintéticos?	2.1.1. Quais podem ser os principais desafios de pesquisa de um biopesticida veterinário baseado em cannabis? Quais	Entender as especificidades de uma pesquisa de um biopesticida veterinário baseado em cannabis

	2.2. O agravamento de resistências de pragas a pesticidas sintéticos na produção animal pode influenciar a pesquisa de um biopesticida fitoquímico baseado em cannabis?	seriam os impedimentos?	
3. Comercialização	3.1. Existe abertura no mercado para a introdução de um produto biopesticida fitoquímico na produção animal?	3.1.1. Existe potencial de mercado para um biopesticida à base de <i>C. sativa</i> para a produção animal no Brasil? 3.1.2. Existiriam diferenciais de um biopesticida veterinário baseado em cannabis a serem comunicados?	Identificar a possibilidade e possíveis benefícios de comercialização de um biopesticida veterinário à base de <i>C. sativa</i>
4. Processo de desenvolvimento de novos produtos	4.1. Quais seriam desafios comuns ao desenvolvimento de produtos biopesticidas fitoquímicos veterinários?	4.1.1. Seria necessário adaptar ou modificar processos e estruturas físicas existentes para acomodar as peculiaridades da cannabis?	Entender a forma como um biopesticida poderia ser desenvolvido após a pesquisa
5. Clima de Projeto	5.1. Existiriam	5.1.1. Caso positivo,	Entender as

<p>e Cultura da Empresa no desenvolvimento de novos produtos</p>	<p>obstáculos ou resistências internas para o desenvolvimento de um produto biopesticida baseado em cannabis em uma organização?</p>	<p>como vencer ou contornar tais obstáculos ou resistências internas para tal projeto em uma organização?</p>	<p>barreiras internas e resistências para o desenvolvimento de um produto biopesticida baseado em cannabis em uma organização</p>
<p>6. Sustentabilidade</p>	<p>6.1. Pode ser percebido como sustentável um produto biopesticida fitoquímico baseado em cannabis produzido no Brasil?</p>	<p>6.1.1. Como o cenário regulatório brasileiro atual poderia influenciar o desenvolvimento sustentável de um biopesticida baseado em cannabis?</p> <p>6.1.2. Quais medidas deveriam ser tomadas para um biopesticida fitoquímico à base de cannabis ser concretamente sustentável?</p>	<p>Entender a percepção de sustentabilidade no caso específico de um biopesticida à base de cannabis</p>

APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ONLINE PARA ESPECIALISTAS

Por meio deste termo, gostaríamos de informá-lo(a) sobre o objetivo e procedimentos da pesquisa “O Potencial Do Desenvolvimento De Um Novo Produto Biopesticida Inseticida e Acaricida À Base de *Cannabis sativa* para Pragas Veterinárias no Agronegócio: Busca pela Sustentabilidade” e solicitar o seu apoio e participação para a realização deste estudo.

Meu nome é Shand Lenim Brose dos Santos, sou médico veterinário e mestrando no Programa de Pós-graduação em Agronegócios (PROPAGA) da Universidade de Brasília, orientado pelo Prof. Dr. José Márcio Carvalho, do PROPAGA da UnB.

O objetivo desta pesquisa é analisar o potencial de pesquisa e desenvolvimento de um biopesticida à base de *Cannabis sativa* para o mercado de inseticidas e acaricidas na produção animal.

Sua participação consiste em uma entrevista via internet em duas etapas seguindo metodologia Delphi, com a segunda etapa construída a partir dos resultados da primeira. A sua concordância no termo de consentimento livre e esclarecido garantirá a sua participação.

Se o(a) Sr.(a) concordar em participar, por favor, assinale o campo abaixo com seu e-mail e anuência na participação da pesquisa.

Se o(a) Sr.(a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor envie e-mail para shandlenim@gmail.com.