

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
CAMPUS CHAPECÓ

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**POTENCIAL TÓXICO DO FIPRONIL PARA COLÊMBOLOS *Folsomia candida* EM
LATOSSOLO SOB O CENÁRIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

ALINE ISABELLE SCHIEHL

ORIENTADOR: Prof.º Dr. Marlon Luiz Neves da Silva

COORIENTADOR: Prof.º Dr. Paulo Roger Lopes Alves

AGOSTO - 2022

ALINE ISABELLE SCHIEHL

**POTENCIAL TÓXICO DO FIPRONIL PARA COLÊMBOLOS *Folsomia candida*
EM LATOSSOLO SOB O CENÁRIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

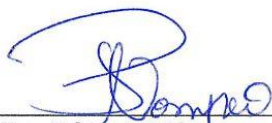
Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de
grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e
Sanitária da Universidade Federal da Fronteira
Sul.

Orientador: **Prof. Dr. Marlon Luiz Neves da Silva**

Coorientador: **Prof. Dr. Paulo Roger Lopes Alves**

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e
aprovado pela banca em: 24 / 08 / 2022

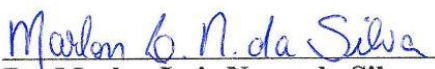
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dr. Pâmela Niederauer Pompeo– UFFS



Prof. Msc. Felipe Ogliari Bandeira - UFSC



Prof. Dr. Marlon Luiz Neves da Silva - UFFS

POTENCIAL TÓXICO DO FIPRONIL PARA COLÊMBOLOS *Folsomia candida* EM LATOSSOLO SOB O CENÁRIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Aline Isabelle Schiehl¹

Marlon Luiz Neves da Silva²

Paulo Roger Lopes Alves³

RESUMO

O Brasil se encontra na lista dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo, nesse cenário, mudanças climáticas decorrentes da ação antropogênica podem afetar o rendimento dos cultivos e acarretar em uma diminuição das produções agrícolas. Para evitar esta situação, produtores utilizam agrotóxicos para amenizar os efeitos das mudanças climáticas e afastar pragas das culturas, sendo um deles o ingrediente ativo (i.a.) fipronil, utilizado no tratamento de sementes e que possui como modo de ação o bloqueio do canal de cloreto, inibindo o receptor do ácido gama aminobutírico (GABA). Apesar de ser benéfico do ponto de vista de proteção do cultivo, ele possui efeito tóxico sob espécies não-alvo, ao qual pode ser ampliado com as alterações climáticas que ocorrem em escala global. Desta forma, propôs-se o estudo de impacto do fipronil sobre colêmbolos da espécie *Folsomia candida* em Latossolo brasileiro sob condições consideradas padrão - 20°C e 60% da capacidade de retenção de água do solo (CRA) - e na condição de simulação dos efeitos climáticos - aumento de temperatura de 25 e 27°C e diminuição da umidade para 45% CRA sob concentrações crescente de fipronil. Sendo avaliados os seguintes parâmetros: concentrações que reduzem 10 e 50% dos juvenis gerados (EC_{10} , EC_{50}), maior concentração sem efeito observado (CENO), menor concentração com efeito observado (CEO) e taxa de exposição à toxicidade (TER). Foram observados efeitos do fipronil na diminuição da reprodução em todas as condições testadas, sendo ampliado o efeito nas condições mais intensas, onde apenas a condição de seca, ainda no controle, já representava um fator estressante aos organismos, assim, obteve-se o menor valor de EC_{10} e EC_{50} na condição de 27°C e 45% CRA. Também foram observadas a ampliação dos efeitos do

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Chapecó.

² Professor orientador do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Chapecó.

³ Professor coorientador do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Chapecó.

i.a. observando o valor de EC_{10} , que, para 45% e 60% CRA em 27°C se comparado à 20 °C foi de 7 e 1,2 vezes superior, respectivamente. E por fim, as estimativas do quociente de risco para uma lavoura de soja com semente tratada à uma concentração de 200 mL kg⁻¹ de semente indicaram que há risco significativo ($TER < 5$) sob o ecossistema em todas as condições propostas no estudo.

Palavra-chave: Ecotoxicologia; Mudanças climáticas; Fipronil; *Folsomia candida*.

ABSTRACT

Brazil is on the list of the largest consumers of pesticides in the world; in this scenario, climate change resulting from anthropogenic action can affect the yield of crops and lead to a decrease in agricultural production. To avoid this situation, farmers use pesticides to mitigate the effects of climate change and keep pests away from crops, one of them being the active ingredient (a.i.) fipronil, used in seed treatment and that has as its mode of action the blockade of the chloride channel, inhibiting the receptor of gamma-aminobutyric acid (GABA). Despite being beneficial from the point of view of crop protection, it has a toxic effect on non-target species, which can be amplified by the climate changes that have occurred on a global scale. Thus, we proposed to study the impact of fipronil on springtails of the species *Folsomia candida* in Brazilian Oxisol under standard conditions – 20 °C and 60% of the water holding capacity (WHC) - and under the condition of simulating climatic effects - temperature increase of 25 and 27 °C and decrease of moisture content to 45% WHC under increasing concentrations of fipronil. The parameters evaluated were: concentrations that reduce 10 and 50% of the juveniles generated (EC_{10} , EC_{50}), highest concentration with no observed effect (NOEC), lowest concentration with observed effect (LOEC), and toxicity exposure ratio (TER). Fipronil reduced the collembolans reproduction in all tested scenarios, being this effect even higher under the most extreme conditions, where only the drought condition, even in control, represented a stressful factor to the organisms. Thus, it obtained the lowest value of EC_{10} and EC_{50} in the condition of 27 °C and 45% WHC. The increase in the effects of the a.i. was also observed for the value of EC_{10} , which, for 45% and 60% WHC at 27 °C compared to 20 °C was 7 and 1.2 times higher, respectively. Finally, the estimated toxicity exposure ratio for a soybean crop with seed treated at a concentration of 200 mL kg⁻¹ seed indicated that there is significant risk ($TER < 5$) for the ecosystem under all conditions proposed in the study.

Keywords: Ecotoxicology; Climate changes; Fipronil; *Folsomia candida*; Latossolo.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país conhecido internacionalmente como o “Celeiro do Mundo” (MESQUITA, 2006), este fato se deve a grande produção agrícola para exportação, especialmente de *commodities*. Nossa economia possui parte de sua base neste setor, o que é evidenciado no ano de 2020, onde, apesar do mundo se encontrar no meio de uma pandemia que agravou economias e gerou a retração da maioria dos setores, o agronegócio teve um aumento atingindo o percentual de 26,6% do Produto Interno Bruto brasileiro (PIB). Este fato se deve a diversas características do setor, como extensão territorial do país, clima, qualidade dos solos e uso de tecnologias na agricultura (CNA, 2021).

No entanto, o cenário apresentou uma mudança para o ano de 2021, quando o Brasil passou por uma das piores secas dos últimos 91 anos (BRASIL, 2021a), tendo ainda o agravamento da situação com pragas, eventos extremos e a competição entre culturas (CNA, 2021). Neste cenário, o uso de agrotóxicos que já colocava o país entre os maiores consumidores mundiais em 2019, foi acentuado para promover melhorias no rendimento dos cultivos, seja pela supressão de ervas daninhas, pragas ou doenças (BRASIL, 1989; MORAES, 2019).

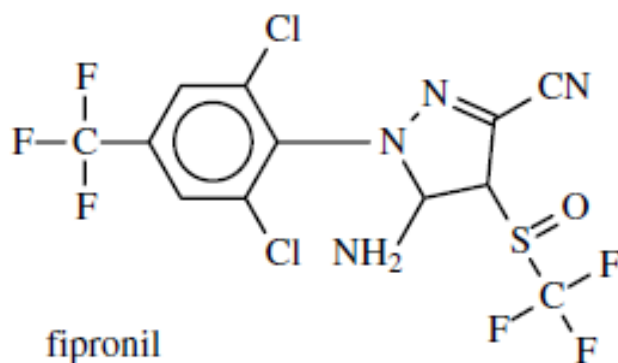
Assim, apesar dos agrotóxicos garantirem maior produtividade na agricultura, diversos princípios ativos possuem efeitos nocivos ao meio ambiente e à saúde humana (KAVALLIERATOS *et al.*, 2010), bem como efeito tóxico já comprovado em organismos não-alvo do solo, como minhocas e colêmbolos (BANDEIRA *et al.*, 2020, MARTIKAINEN; KRONGH, 2009).

Entre o período de 2021 e 2040 é esperado um aumento da temperatura do globo em 1,5°C, já tendo ocorrido um aumento de 1,07°C devido a ação humana até 2019 e, observados os últimos cinco anos como os mais quentes entre 1850 e 2020 (IPCC, 2021; IPCC, 2022). Estes fatos podem afetar os efeitos tóxicos dos agrotóxicos, bem como suas interações com o ambiente, visto que já é esperado o aumento de eventos extremos no Brasil, impactos negativos na agricultura e degradação de ecossistemas acarretando em perdas de biodiversidade (IPCC, 2022). Por conta disto, torna-se necessário compreender os efeitos dos

agrotóxicos em solos de países tropicais, como o Brasil, quando expostos aos efeitos das mudanças climáticas.

Dessa forma, um agrotóxico já associado a morte de milhões de abelhas (PEREIRA, 2010; RIO GRANDE DO SUL, 2021), e, ao qual teve proibida sua pulverização aérea em todo o território nacional desde 2012 pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente - IBAMA (BRASIL, 2012) é o inseticida com ingrediente ativo (i.a.) fipronil, com estrutura molecular $C_{12}H_4Cl_2F_6N_4OS$, conforme mostra a Figura 1. O fipronil é um inseticida com amplo uso nos cultivos agrícolas brasileiros, sendo recomendado também no controle de parasitas em animais (ADAMA, 2022; SHAKYA *et al.*, 2020). Na classificação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), este produto se encaixa em moderadamente tóxico e ambientalmente muito perigoso (ADAMA, 2022), tem como modo de ação o bloqueio do canal de cloreto (Grupo 2B), inibindo o receptor do ácido gama aminobutírico (GABA) (ADAMA, 2022). Este receptor controla o fluxo de íons cloro pela membrana da célula nervosa, o que permite o repouso do sistema nervoso após ser excitado. Através do bloqueio da entrada dos íons no neurônio, ocorre uma hiperexcitação do sistema nervoso central, causando paralisia, convulsões e morte dos insetos (GALLO *et al.*, 2002; ADAMA, 2022; STENERSEN, 2004).

Figura 1 – Fórmula molecular do ingrediente ativo fipronil.



Fonte: Stenersen, 2004, p. 159.

Fipronil é um inseticida de contato e ingestão, que teve expressivo aumento no consumo após a proibição de organoclorados em 1985 (MELO; VEIGA, 1998). Devido à sua elevada estabilidade e longa atividade residual, não é aprovado para uso em todos os países do mundo (MELO; VEIGA, 1998). Em diversos países europeus, este produto já teve sua venda proibida por apresentar potencial de bioacumulação, tendo tido no ano de 2017, o abate de

milhões de aves após a utilização do inseticida, que tornou potencialmente perigoso o consumo da carne (SONG *et al.*, 2021).

O fipronil na forma de suspensão concentrada pode ser utilizado para tratamento de sementes, efetuando o controle de diferentes pragas, nas culturas de arroz, feijão, milho, pastagem e soja (ADAMA, 2022). Na Tabela 1 há uma relação entre culturas e doses recomendadas.

Tabela 1 – Dose recomendada do uso do inseticida Shelter® no tratamento de sementes.

Cultivo	Praga	Dose recomendada [mL/100 kg sementes]
Arroz	<i>Procornitermes triacifer</i>	200 – 250
Feijão	<i>Diabrotica speciosa</i>	200
Soja	<i>Diabrotica speciosa</i>	200
Milho	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	40 - 80
Pastagem	<i>Atta capiguara</i>	20 - 40

Fonte: Adaptado Adama, 2022.

Uma série de estudos já demonstraram que demais organismos, sejam terrestres ou aquáticos, sofrem com os efeitos tóxicos do inseticida fipronil (ALVES, *et al.* 2014; JINGUJI *et al.*, 2018; AL-BRADAN *et al.*, 2019). No entanto, apesar de já ser conhecido seu efeito tóxico sob parâmetros padrões (ex. em solo artificial, sob a temperatura de 20 °C), delimitadas pelas respectivas normas *International Organization for Standardization* (ISO), ainda há pouco conhecimento acerca do efeito em condições de exposição mais próximas da realidade em regiões tropicais (solos naturais) ou em condições de alterações climáticas (ex. temperaturas aumentadas). Desta forma, o presente trabalho avaliou os efeitos tóxicos de fipronil sobre a reprodução de colêmbolos *Folsomia candida* em um solo natural brasileiro (Latossolo), e comparou os efeitos observados sob diferentes condições de temperatura e umidade do solo (20 °C e 60% da Capacidade de Retenção de Água (CRA)) que, de acordo com a ISO 11267 (ISO, 2014), representam o padrão para os ensaios ecotoxicológicos terrestre, com aqueles observados sob condições de alterações climáticas (temperatura de 25 e 27 °C e umidade do solo em 45% CRA).

MATERIAIS E MÉTODOS

Com base nos objetivos definidos neste trabalho, foi realizada a abordagem explicativa, por meio de pesquisa experimental, com tratamento estatístico dos resultados que foram obtidos nos ensaios.

Assim, esta etapa pode ser dividida em 4 momentos: 1) preparativos para o ensaio, 2) realização do ensaio, 3) demandas necessárias após realização do ensaio até a avaliação do mesmo e 4) análise estatística dos dados.

1.1. PREPARATIVOS

1.1.1. Solo teste

Para a realização dos ensaios foi utilizado um Latossolo catarinense, coletado no município de Palmitos/SC. Para a coleta foi selecionada uma área sem histórico de contaminação, sendo retirada a camada orgânica superficial e coletado na camada de 0 - 20 cm do perfil do solo. Após a coleta, o solo foi levado para laboratório onde foi peneirado (malha 2mm) e seco, além de ter sua capacidade de retenção de água (CRA), umidade e pH determinados. Para a caracterização de atributos químicos e físicos do solo, amostras foram encaminhadas para o laboratório da EPAGRI Chapecó/SC (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização de parâmetros químicos e físicos do Latossolo.

Parâmetro	Valor
pH (1 M KCl)	5,4
MO (% m V ⁻¹)	3,2 ± 0,8
P (mg dm ⁻³)	4,0 ± 2,1
K (mg dm ⁻³)	222 ± 2,8
Ca (cmol dm ⁻³)	8,4 ± 0,4
Al (cmol dm ⁻³)	0,1 ± 0,1
Mg (cmol dm ⁻³)	1,8 ± 0,1
H + Al (cmol dm ⁻³)	6,0 ± 0,8
CTC _{pH 7} (cmol dm ⁻³)	16,7 ± 0,3
CTC _{efetiva} (cmol dm ⁻³)	10,8 ± 0,4
Zn (mg dm ⁻³)	18,8 ± 0,6
Cu (mg dm ⁻³)	8,0 ± 0,1
Mn (mg dm ⁻³)	>50
Fe (g dm ⁻³)	>5
Argila (%)	35,5 ± 1,4
Areia (%)	31,5 ± 0,1
Silte (%)	33,0 ± 1,6

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

1.1.2. Organismos teste

Foram utilizados colêmbolos *Folsomia candida*, por serem considerados organismos sensíveis a alterações ambientais, como poluentes e mudanças na estrutura do solo, além de serem encontrados em diversos locais do globo terrestre (FOUNTAIN E HOPKIN, 2005; ITIS, 2022; OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2018).

Os mesmos foram criados no Laboratório de Botânica, Ecologia e Entomologia da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Chapecó. Conforme o padrão ISO 11267 (ISO, 2014), a criação se encontra acondicionada em uma sala climatizada, com temperatura

de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, e fotoperíodo de 12 horas. As criações são realizadas em recipientes plásticos circulares, com uma camada de aproximadamente 3 cm de meio, ao qual se trata de uma mistura de gesso, carvão ativado e água destilada na proporção de 10:1:7, respectivamente.

A alimentação dos organismos é realizada de 2 à 3 vezes na semana com fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*) umedecido, variando de acordo com o consumo. Para a realização dos ensaios, os organismos devem ter idade entre 10 e 2 dias.

1.2. REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Para a realização dos experimentos foram delineados três fatores principais de estudo: o efeito da redução da umidade do solo – de 60% para 45% da CRA –, o aumento da temperatura (de 20 para 25 e 27°C) e o uso de um solo argiloso natural. As concentrações de agrotóxico aumentam de forma crescente a partir da concentração controle (C_0) até seu valor máximo na concentração C_5 , conforme apresentado na Tabela 3, assim avaliando o efeito do agrotóxico num ambiente ideal e seu efeito combinado com os demais fatores. A fim de manter a confiabilidade do teste, foram executadas cinco réplicas para cada tratamento.

1.2.1. Substância teste

O contaminante aplicado no solo foi o inseticida com i.a. fipronil, presente na formulação comercial Shelter FS[®], a qual tem uma concentração de 250 g de i.a. L^{-1} (25% m/V). Abaixo, na tabela 3, estão apresentadas as concentrações de fipronil selecionadas para os ensaios (em miligrama de i.a. por quilograma de solo seco – mg kg^{-1}), sendo escolhidas diferentes valores para 27°C conforme indicado nos testes preliminares. Para as umidades de 45 e 60% da CRA são utilizadas as mesmas concentrações.

Tabela 3 – Concentrações de i.a. fipronil para as umidades de 45% e 60% CRA sob as diferentes temperaturas escolhidas para ensaio.

Temperatura (°C)	Concentrações (mg kg ⁻¹)				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
20	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
25	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
27	0,125	0,25	0,50	1,00	2,00

Fonte Elaborado pela Autora (2022).

1.2.2. Ensaio ecotoxicológico crônico

Ensaio de toxicidade crônica foram realizados para a obtenção de dados sob efeitos que determinado produto pode ocasionar sob a reprodução dos organismos. Os números de juvenis resultantes dos ensaios foram utilizados para se estimar os principais parâmetros de comparação em ensaios ecotoxicológicos: concentrações que reduzem 10 e 50% dos juvenis gerados (EC₁₀ e EC₅₀, respectivamente), maior concentração sem efeito observado (CENO ou NOEC - *No observed effect concentration*) e menor concentração com efeito observado (CEO ou LOEC – *Low observed effect concentration*).

No ensaio, a contaminação do solo ocorreu através da aplicação de soluções aquosas, contendo concentrações pré-determinadas no solo. Para tal, com o auxílio de uma pipeta de precisão, foi adicionada a quantidade de inseticida necessária e umidade estabelecida no estudo (45 ou 60% da CRA), seguida da homogeneização do solo. Para cada concentração (C₀ - C₅) foram realizadas 5 réplicas, com 30 gramas de solo em *snap-caps* de vidro e 10 colêmbolos com idades sincronizadas (10 - 12 dias de vida). Além disso, foram adicionados aproximadamente 2 mg de fermento biológico em cada recipiente, no início dos ensaios e, a seguir, os *snaps* foram acondicionados em uma câmara climatizada (tipo B.O.D) para simular as condições de mudanças climáticas (25 e 27°C), e para os ensaios a 20°C utilizou-se a própria sala de criação.

1.3. MANUTENÇÃO E AVALIAÇÃO DO ENSAIO

Semanalmente, foi realizada a reposição de umidade do solo do experimento (através da pesagem) e, decorridos 14 dias, o alimento dos organismos foi adicionado novamente (ISO, 2014). Após 28 dias de ensaio, realizou-se o desmonte dos testes através da lavagem do conteúdo dos *snap*s (solo + colêmbolos) para recipientes maiores, sendo adicionadas algumas gotas de tinta preta nanquim. Como os organismos possuem cutículas hidrofóbicas (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2018), eles permanecem na superfície, e são vistos com maior facilidade ao contrastar com a tinta. A contagem dos juvenis foi realizada através de fotografias tiradas de cada réplica, as quais foram analisadas no software ImageJ®.

1.4. ANÁLISE DE DADOS

Inicialmente, os dados foram submetidos a uma análise estatística descritiva para verificar a confiabilidade dos dados. Utilizando o software Excel®, determinou-se a média de organismos para cada concentração, o desvio padrão (DP) e coeficiente de variação para o controle ($CV < 30\%$) dos dados e a normalidade dos resíduos pelo método de Shapiro-Wilk ($p < 20$). Também se observou a existência de *outliers* presentes nos resultados do teste de reprodução, através do software on-line GraphPad®.

Na segunda etapa de análises, foi realizado o tratamento estatístico de inferência, onde obteve-se os parâmetros que permitiram uma conclusão mais assertiva sobre o estudo (REIS *et al.*, 2015). A análise de variância (ANOVA) e a homoscedasticidade pelo método de Bartlett gerou valores de confiança maior de 0,05 ($p > 0,05$), sendo calculado pelo software Statistica®, indicando uma variação homogênea dos erros ao longo do tratamento. Para valores de p na ANOVA menores que 0,05, os valores médios foram comparados ao tratamento controle (C_0) através do teste de *Dunnet*, determinando assim dois fatores de referência: I) CENO e II) CEO.

Para a análise do EC_{10} e EC_{50} , os dados passaram por estimativas de modelos de regressão não linear para verificar o que melhor se adequa aos dados, conforme recomendado pela Agência de Meio Ambiente do Canadá (Environmental Canada, 2007).

Como a concentração ambiental estimada (CAE) se trata da concentração esperada no solo após a aplicação de determinado tratamento, aqui foi considerado o tratamento de

sementes, o que varia de acordo com a concentração no tratamento e densidade de semeadura (SPADOTTO, 2006). Assim, o cálculo se baseou em uma cultura de soja com tratamento de 200 mL por 100 quilos de semente, conforme o recomendado na bula, com plantio de 100 kg de sementes por hectare, em profundidade de 5 cm em um Latossolo com densidade de 1,00 g cm⁻¹, além da taxa de absorção das plantas de 5% (ADAMA, 2022; KLEIN E LIBARDI, 2002). Para o cálculo também foi levado em consideração o tempo de meia vida do inseticida, aqui escolhido os valores de acordo a bibliografia para latossolo de 68 dias para 20°C (YING E KOOKANA, 2009), de 83 dias para 25°C (MASUTTI; MERMUT, 2007) e 20 dias para 27°C (JUNIOR SCORZA E FRANCO, 2013).

Na taxa de exposição à toxicidade (TER ou *toxicity exposure ratio*), considerou-se a razão entre a CAE e a concentração com 10% da redução de reprodução, EC₁₀, conforme indicado pela equação 1. Caso essa relação seja menor que 5, então aquele ambiente pode gerar um risco significativo sobre as espécies que ali habitam (BRASIL, 2017a; EC, 2003)

$$TER = \frac{EC_{10}}{CAE} \quad (\text{Equação 1})$$

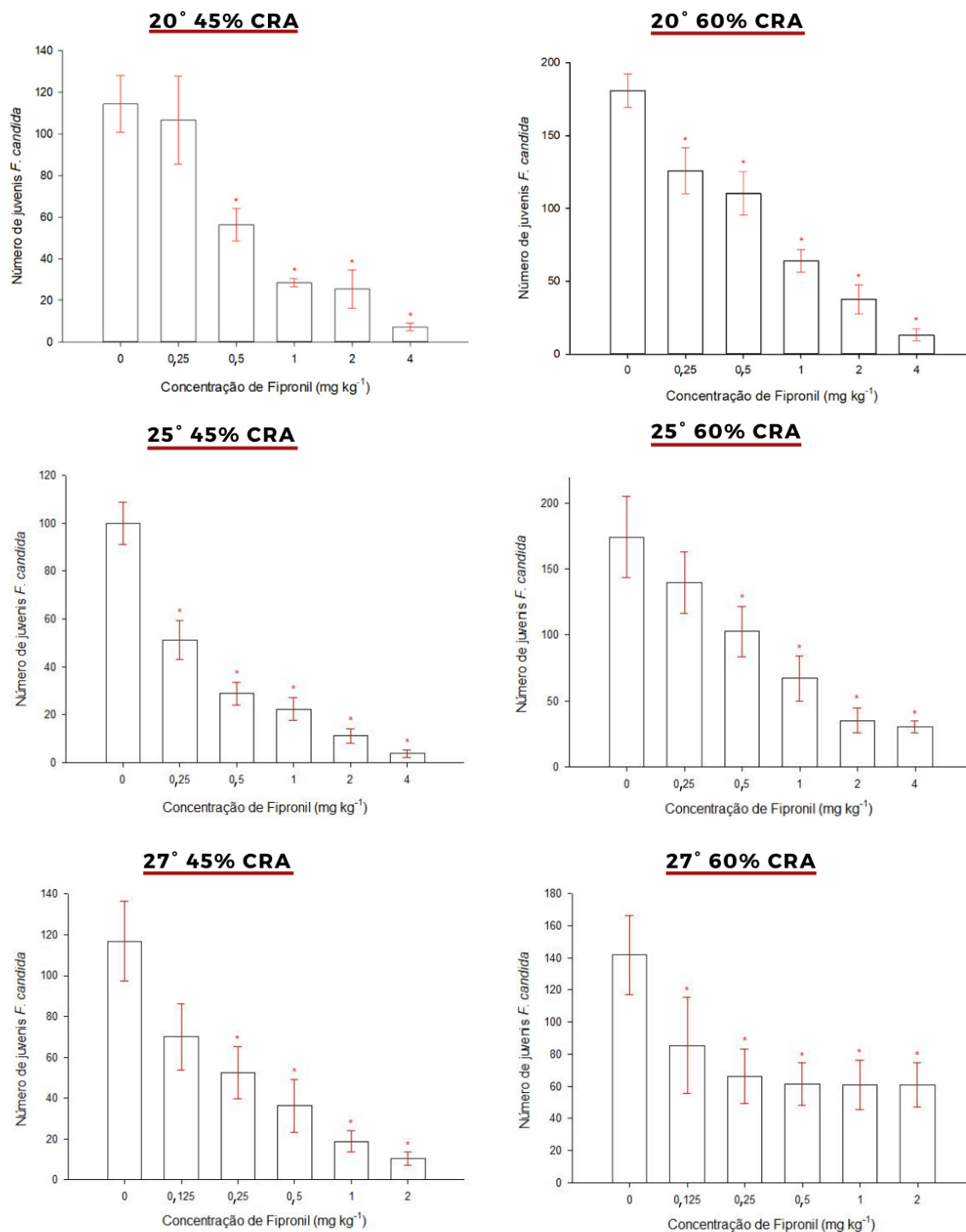
2. RESULTADOS

Após passagem pelos respectivos softwares e análises estatísticas, todos os ensaios tiveram seus resultados validados.

2.1. TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA

O fipronil apresentou efeito de redução da reprodução para todas as condições, havendo variação das concentrações onde iniciou o efeito de redução da reprodução dos organismos *F. candida*, conforme indicado pelos gráficos da Figura 2.

Figura 2. Número médio de juvenis gerados de colêmbolos *Folsomia candida* em Latossolo sob as condições de mudança climática (aumento de temperatura - 20, 25 e 27°C e mudança no regime de umidade do solo - de 60 para 45% CRA).



(*) indica que houve diferença significativa (redução do n° de juvenis) se comparado ao controle (p < 0,05).

Fonte Elaborado pela Autora (2022).

De acordo com a Tabela 4, a menor concentração com efeito observado (CEO) para a condição de menor umidade (45% CRA) ficou estabelecida como 0,25 mg kg⁻¹, independentemente da temperatura do ensaio. Houve uma variação para as condições estabelecidas em 60% CRA, sendo para as temperaturas de 20, 25 e 27°C de 0,25, 0,5 e 0,125 mg kg⁻¹ respectivamente.

Tabela 4. Valores obtidos para parâmetros da concentração com observação ou não do efeito do contaminante, CEO e CENO, respectivamente.

Temperatura	Umidade	Parâmetros (mg kg ⁻¹)	
		CENO	CEO
20° C	45 %	0,25	0,25
	60%	<0,25	0,25
25° C	45 %	<0,25	0,25
	60%	0,25	0,5
27° C	45 %	0,125	0,25
	60%	<0,125	0,125

Fonte Elaborado pela Autora (2022).

Além disso, conforme indicado na Tabela 5, houve a ocorrência de diferentes valores para EC₁₀ e EC₅₀, sendo menores para as temperaturas mais altas e menor umidade no solo. Em todas as estimativas da taxa de exposição a toxicidade do ambiente hipotético exposto ao inseticida representou risco (TER<5). Apesar da metodologia não indicar propriamente que há um maior grau de risco quando os valores são mais próximos de 0, pode-se comparar por lógica matemática, que, entre umidades, para todas as temperaturas, os teste com 45% CRA apresentaram os menores valores indicando que as concentrações ambientais esperadas em campo (CAE) são similares (TER≈1) ou maiores que as concentrações que reduziram 10% da reprodução (EC₁₀) nos testes realizados.

Tabela 5. Valores obtidos para as estimativas dos parâmetros de diminuição da reprodução a partir dos resultados dos ensaios toxicológicos realizados.

Temperatura	Umidade	Parâmetros (mg kg ⁻¹)			TER
		EC ₁₀	EC ₅₀	CAE	
20° C	45 %	0,14 (0,07 - 0,21)	0,55 (0,42 - 0,69)	0,0824	1,699
	60%	0,18 (0,12 - 0,23)	0,68 (0,57 - 0,79)		2,184
25° C	45 %	0,08 (0,06 - 0,09)	0,28 (0,23 - 0,32)	0,0845	0,947
	60%	0,23 (0,15 - 0,32)	0,65 (0,45-0,85)		2,722
27° C	45 %	0,02 (0,002 - 0,04)	0,20 (0,13 - 0,27)	0,0585	0,342
	60%	0,15 (0,02 - 0,28)	0,21 (0,05 - 0,37)		2,564

Fonte Elaborado pela Autora (2022).

3. DISCUSSÃO

O inseticida fipronil afetou a reprodução dos organismos estudados, independentemente da condição de exposição (combinação de temperaturas *versus* umidade do solo). Tal fato também foi constatado em estudo realizado por Kavallieratos *et al.* (2010), onde o efeito do tratamento de sementes com fipronil ocorreu em diferentes cenários de exposição (20, 25 e 30 °C), levando à redução dos juvenis de 4 diferentes espécies de Coleoptera, considerada praga, em concentrações acima de 0,1 mg i.a./kg de sementes. Além disso, os resultados desses autores corroboram com o obtido no teste realizado à 27 °C que teve como valor de CEO 0,125 mg i.a. kg⁻¹ de solo, da mesma forma que identifica o potencial tóxico do inseticida para a praga e para o *F. candida* em concentrações similares.

Num contexto geral, verificou-se que o fator restrição hídrica, individualmente, gera uma diminuição no número de organismos gerados, exceto para a temperatura de 27 °C à 45% CRA, onde os valores parecem não terem diferido ao comparar com os gráficos para as demais temperaturas para mesma CRA.

Para o valor de CEO, houve aparente diminuição do efeito tóxico em 25 °C em 60% CRA. Esse resultado pode estar relacionado à velocidade de degradação do inseticida, pois de acordo com Junior Scorza e Franco (2013) o fipronil tem sua meia-vida (TD₅₀) diminuída quando combinado a maior temperatura e umidade do solo, dentro de faixas ótimas para os microrganismos que o degradam.

Assim, verificou-se concentrações decrescentes para EC_{10} e EC_{50} em escala significativa, com o aumento da temperatura. O valor de EC_{10} para 45% e 60% CRA em 27 °C se comparado à 20 °C foi de 7 e 1,2 vezes superior, respectivamente. Outro estudo brasileiro avaliou o efeito dos metabólitos fipronil sulfona e fipronil desulfenil sobre colêmbolos *F. candida* em Latossolo, à 20 °C, obtendo valores de EC_{50} de 0,26, 0,40 e 0,57 mg kg⁻¹, respectivamente (ZORTÉA *et al.*, 2018). No presente estudo, foi estimado um valor de EC_{50} de 0,18 mg kg⁻¹ para o i.a. fipronil, sendo metade do valor obtido por Zortéa *et al.* (2018). Tal fato pode ser devido à formulação comercial utilizada ser diferente entre os estudos, sendo um carrapaticida e o outro uma formulação para tratamento de sementes, as quais possuem compostos diferentes para além do fipronil. Na comparação dos efeitos entre diferentes organismos, Jinguji *et al.* (2018), em seus estudos com libélulas, verificaram valor de EC_{50} de 29,3 µg L⁻¹, além de letargia dos insetos na caça de presas. Alves *et al.* (2013) observaram um EC_{20} de 23,16 mg kg⁻¹ para minhocas.

Todos os resultados obtidos neste estudo fundamentam a hipótese que o inseticida fipronil é potencialmente tóxico para colêmbolos nas concentrações atualmente recomendadas para aplicação em culturas agrícolas. A taxa de exposição à toxicidade (TER) indicou que o tratamento de sementes na cultura da soja afetaria de forma significativa a fauna que ali habita o solo, para todas as condições de umidade e temperatura testadas. Além disso conforme indicado por Balardin *et al.* (2011), a tendência em eventos de seca é aplicação em maior quantidade e em conjunto com mais agrotóxicos, diminuindo a expectativa de sobrevivência de organismos sensíveis em tal ambiente e consequentemente a biodiversidade do ecossistema (SLUIJS *et al.*, 2014).

Desse modo, como o i.a. possui inúmeros fatores que influenciam em seu efeito e ao produto ser considerado de alta persistência no meio ambiente (ADAMA, 2022), secas podem aumentar ainda mais a concentração do agrotóxico com a diminuição da mobilidade e degradação do produto no solo nesse período (BONMATIN *et al.* 2015). Apesar do tempo de degradação do fipronil estar associado a temperatura e umidade do solo (MASUTTI; MERMUT, 2007; JUNIOR SCORZA E FRANCO, 2013), o mesmo vem sendo encontrado em amostras de água no Brasil e demais locais do globo (SILVA, 2009; BONMATIN *et al.* 2015, SLUIJS *et al.*, 2015).

4. CONCLUSÃO

O inseticida fipronil possui efeito tóxico sobre *Folsomia candida*, além de ter seu efeito tóxico significativamente ampliado em condições de alterações climáticas (variação de temperatura e umidade do solo).

O pior cenário observado seria o de aumento da temperatura para 27 °C e diminuição da umidade para 45% da CRA, pois nesta condição, é verificada dificuldade para a simples sobrevivência do organismo sem qualquer contaminante associado e onde foram obtidas as menores concentrações de efeito de redução da reprodução. No entanto, para 25 °C e 60% da CRA foram obtidos resultados que podem indicar menor tempo de meia-vida devido a uma faixa ótima de ação de microrganismos neste solo, sendo necessário mais estudos para indicar se este é o caso ou apenas uma variação devido a erros laboratoriais.

Para a projeção/extrapolação dos dados de efeito crônico obtidos no laboratório em uma área de cultivo de soja, foi estimado que em todas as condições haveria risco aos organismos ali presentes.

No geral, os resultados obtidos indicaram que as condições propostas, isto é, aumento da temperatura e diminuição da umidade, são fatores estressantes para *F. candida*, deixando os organismos vulneráveis ao inseticida. Vê-se a necessidade da realização de estudos com maiores interações entre condições ambientais reais e na identificação de cenários onde pode haver provável risco ao ambiente.

5. REFERÊNCIAS

ADAMA. **Informações técnicas Shelter**. fev. 2022. Disponível em: <<https://www.adama.com/documents/407112/421693/Shelter%C2%AE+-+Bula>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

ALVES, Paulo Roger L.; CARDOSO, Elke Jurandy Bran Nogueira; MARTINES, Alexandre M.; SOUSA, José Paulo; PASINI, Amarildo. Earthworm ecotoxicological assessments of pesticides used to treat seeds under tropical conditions. **Chemosphere**, v. 90, n. 11, p. 2674-2682, mar. 2013. Elsevier BV. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653512014518?via%3Dihub>>. Acesso em: 27 fev. 2022.

ALVES, Paulo Roger L.; CARDOSO, Elke Jurandy Bran Nogueira; MARTINES, Alexandre M.; SOUSA, José Paulo; PASINI, Amarildo. Seed dressing pesticides on springtails in two ecotoxicological laboratory tests. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, v. 105, p. 65-71, jun. 2014. Elsevier BV. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014765131400150X?via%3Dihub>>. Acesso em: 11 dez. 2021.

AL-BADRAN, Ali Abdulameer; FUJIWARA, Masami; MORA, Miguel A.. Effects of insecticides, fipronil and imidacloprid, on the growth, survival, and behavior of brown shrimp *Farfantepenaeus aztecus*. **Plos One**, v. 14, n. 10, 10 out. 2019. Public Library of Science (PLOS). Disponível em:

<[https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31600290/#:~:text=Higher%20concentrations%20of%20fipronil%20\(1.0,the%20320.0%20%CE%BCg%2FL%20treatmen](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31600290/#:~:text=Higher%20concentrations%20of%20fipronil%20(1.0,the%20320.0%20%CE%BCg%2FL%20treatmen)>. Acesso em: 13 nov. 2021.

ARAÚJO, Rafael Soares de. **Toxicidade de imidacloprido para colêmbolos *Folsomia candida***: efeitos individuais e de misturas com fipronil ou clotianidina. 2021. 25 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2021. Disponível em:

<<https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/5160/1/ARA%c3%9aJO.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2022.

BALARDIN, Ricardo Silveiro; SILVA, Felipe dalla Lana da; DEBONA, Daniel; CORTE, Gerson dalla; FAVERA, Diego dalla; TORMEN, Nedio Rodrigo. Seed treatment with fungicides and insecticides reducing the hydric stress on soybean plants. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1120-1127, jul. 2011. Disponível em: <<https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA442116238&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=01038478&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7Eb440bc9b>>. Acesso em: 19 jun. 2022.

BANDEIRA, Felipe Ogliari; ALVES, Paulo Roger Lopes; HENNIG, Thuanne Braúlio; TONIOLO, Tânia; NATAL-DA-LUZ, Tiago; BARETTA, Dilmar. Effect of temperature on the toxicity of imidacloprid to *Eisenia andrei* and *Folsomia candida* in tropical soils. **Environmental Pollution**, v. 267, artigo 115565, dez. 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749120362539>>. Acesso em: 11 dez. 2021.

BONMATIN, Jean-Marc; GIORIO, Chiara; GIROLAMI, Vincenzo; GOULSON, Dave; KREUTZWEISER, David; KRUPKE, Christian; LIESS, Matthias; LONG, Elizabeth; TAPPARO, Andrea. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. **Environmental science and pollution research**, v. 22, n. 1, p. 35-67, 2015. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-014-3332-7>>. Acesso em: 11 jul. 2022.

BRASIL. Rádio Senado, **Cinco estados brasileiros enfrentam a pior seca em 91 anos**. 14 jun. 2021a. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/radio/1/conexao-senado/2021/06/14/ultimas-da-internet-cinco-estados-brasileiros-enfrentam-a-pior-seca-em-91-anos>>. Acesso em: 11 dez. 2021.

BRASIL **Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989**.

Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm>. Acesso em: 03 dez. 2021.

BRASIL, INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS 2012. **Diário Oficial da União**: seção 3, Brasília, DF, n. 139, p. 112, 19 jul. 2012. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/component/phocadownload/file/2175-comunicado-dou-n-139-de-19-07-2012>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

BRASIL, ANVISA. F43 – Fipronil. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/f/4351json-file-1>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). PIB da Agropecuária é impactado pelo clima e apresenta retração. **Comunicado técnico: Edição 35/2021**. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/boletins/Comunicado-Tecnico-CNA-ed-35_2021.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2021.

EC. European Commission. Technical Guidance Document on Risk Assessment. In Support of Commission Directive 93/67/EEC. **Commission Regulation** (EC). No 1488/94 and Directive 98/8/EC Joint Research Center, 2003. Disponível em: <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/212940b8-3e55-43f8-8448-ba258d0374bb>>. Acesso em: 11 mar. 2022.

ENVIRONMENTAL CANADA. Guidance Document on Statistical Methods for Environmental Toxicity Test. Environmental Protection Series, EPS 1/RM/46, Canada, Ottawa, 2007.

FOUNTAIN, Michelle T.; HOPKIN, Steve P. *Folsomia candida* (Collembola): A “Standard” Soil Arthropod. **Annual Review Of Entomology**, v. 50, n. 1, p. 201-222, 7 jan. 2005. Annual Reviews. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ento.50.071803.130331?casa_token=UR4LU6qjsYAAAAA:lQat4oIq-3G_bH83zCq3BYUSILTE0DfetSKXGM_sUUco2bOs8wcKelyfjNoVzY97fDfDP8j1ThuLbU>. Acesso em: 11 fev. 2022.

FURLANI JÚNIOR, Enes; ROSA, Carlos Eduardo; FERRARI, Samuel; FERRARI, João Vitor; SANTOS, Danilo Marcelo Aires dos; LUQUES, Ana Paula Portugal Gouvêa; VIEIRA, Halisson Sodrê da Silva. Efeito de subdoses de 2,4-d sobre componentes da produção do algodoeiro. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 8., 2011, São Paulo. **Anais [...]**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2011. p. 599-604. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/906573/1/FIT085Poster.123.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

GALLO, Domingos; NAKANO, Octavio; SILVEIRA NETO, Sinval; CARVALHO, Ricardo Pereira Lima. **Manual de Entomologia Agrícola**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), 2002. p. 920.

JUNIOR SCORZA, Romulo; FRANCO, André; MORAES, Leila. Persistence of endosulfan and its metabolite endosulfan sulfate under field and laboratory conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 756-763, 2013. Disponível em:

<https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA409754682&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=14154366&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7E64357981>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

ITIS - Integrated Taxonomic Information System. *Folsomia candida*, Willem, 1902. Disponível em: <https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=99403#null>. Acesso em: 25 fev. 2022

IPCC - PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **IPCC Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Cambridge, Reino Unido e Nova York: Cambridge University Press, 2022. 3676 p. Disponível em: <https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf>. Acesso em: 11 maio. 2022.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: The physical science basis**. Cambridge, Reino Unido e Nova York: Cambridge University Press, 2021. 144 p. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>>. Acesso em: 11 dez. 2021.

ISO 11267. International Organization for Standardization. Soil Quality e Inhibition of Reproduction of Collembola (*Folsomia candida*) by Soil Pollutants. Genève, Switzerland, 2014.

JINGUJI, Hiroshi; OHTSU, Kazuhisa; UEDA, Tetsuyuki; GOKA, Koichi. Effects of short-term, sublethal fipronil and its metabolite on dragonfly feeding activity. **Plos One**, v. 13, n. 7, 11 jul. 2018. Public Library of Science (PLoS). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326340392_Effects_of_short-term_sublethal_fipronil_and_its_metabolite_on_dragonfly_feeding_activity. Acesso em: 07 mar. 2022.

KAVALLIERATOS, Nickolas; ATHANASSIOU, Christos; VAYIAS, Basileios; BETSI, Petri Christina C. Insecticidal efficacy of fipronil against four stored-product insect pests: influence of commodity, dose, exposure interval, relative humidity and temperature. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 66, 6 ed., p. 640-649, 4 mar. 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.1923?casa_token=INnVDQyQdysAAAAA:SePzIahdzs9pHaBGV5oScwzR73NsAzVxO_Pfwnax3x699csx23xc9mmG2ep>. Acesso em: 10 jul. 2022.

KLEIN, Vilson Antonio; LIBARDI, Paulo Leonel. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l], v. 26, n. 4, p. 857-867, jan. 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/NsbKPMN83DNkyzCJYr3qzWP/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 10 jul. 2022.

MARTIKAINEN, Esko Anssi Tapio; KROGH, Paul Henning. Effects of soil organic matter content and temperature on toxicity of dimethoate to *Folsomia fimetaria* (Collembola: Isotomidae). **Environmental Toxicology And Chemistry**, v. 18, n. 5, p. 865-872, maio 2009. Wiley. Disponível em: <<https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/etc.5620180508>>. Acesso em: 16 jan. 2022.

MASUTTI, Carmem Sueze Miranda; MERMUT, Ahmet. Degradation of fipronil under laboratory conditions in a tropical soil from Sirinhaém, Pernambuco, Brazil. **Journal Of Environmental Science And Health, Part B**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 33-43, jan. 2007. Informa UK Limited. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/6636402_Degradation_of_fipronil_under_laboratory_conditions_in_a_tropical_soil_from_sirinhaem_pernambuco_Brazil>. Acesso em: 16 jul. 2022.

MELO, Reinaldo M.; VEIGA, Antônio F. S. L. Eficiência do fipronil no controle do cupim de montículo, *Nasutitermes* sp. (Isoptera: Termitidae) em cana-de-açúcar. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 27, p. 149-152, 1998. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aseb/a/Cz7FFKBFMP4VrkHNhBJgpVS/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 25 fev. 2022.

MESQUITA, Augusto Sávio. O agronegócio brasileiro e suas particularidades. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 2, p. 47-52, abr. 2006. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/socioeconomia3_v7n2.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2021.

MORAES, Rodrigo Francalossi. **Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. Rio de Janeiro: IPEA, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9371/1/td_2506.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2021.

OLIVEIRA FILHO, Luís Carlos Iuñes de; SEGAT, Julia Corá; BARETTA, Dilmar; KLAUBERG FILHO, Osmar (org.). **Ecotoxicologia terrestre: métodos e aplicações de ensaios com Collembola e Isopoda**. Florianópolis: Udesc, 2018. 200 p.

PEREIRA, Andriago Moroe. **Efeitos de inseticidas na sobrevivência e no comportamento de abelhas**. Orientador: Odair Correa Bueno. 2010. 124 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas (Zoologia)) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106530/pereira_am_dr_rcla.pdf?sequence=1>. Acesso em: 11 dez. 2021.

REIS, Elizabeth; MELO, Paulo; ANDRADE, Rosa; CALAPEZ, Teresa. **Estatística Aplicada**. 6. ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2015. 30 p. Disponível em: <<https://static.fnac-static.com/multimedia/PT/pdf/9789726188193.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2022

RIO GRANDE DO SUL (Estado). **Inseticida fipronil é encontrado em 77% de amostras de colmeias com mortandade de abelhas no RS.** 14 jun. 2021. Disponível em: <<https://estado.rs.gov.br/inseticida-fipronil-e-encontrado-em-77-de-amostras-de-colmeias-com-mortandade-de-abelhas-no-rs>>. Acesso em: 9 dez. 2021.

SHAKYA, Mukesh; KUMAR, Sachin; FULAR, Ashutosh; UPADHAYA, Deepak; SHARMA, Anil Kumar; BISHT, Nisha; NANDI, Abhijit; GHOSH, Srikant. Emergence of fipronil resistant *Rhipicephalus microplus* populations in Indian states. **Experimental and Applied Acarology**, p. 80, 591–602, 10 mar. 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10493-020-00481-7>>. Acesso em: 11 dez. 2021.

SILVA, Diecson Ruy Orsolin da; AVILA, Luis Antonio de; AGOSTINETTO, Dirceu; MAGRO, Taisa dal; OLIVEIRA, Ezequiel de; ZANELLA, Renato; NOLDIN, José Alberto. Monitoramento de agrotóxicos em águas superficiais de regiões orizícolas no sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2383-2389, dez. 2009. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/x8X843HF6kJmYnKsjX7fNNP/abstract/?lang=en>>. Acesso em: 22 jul. 2022.

SLUIJS, Jeroen; AMARAL-ROGERS, Vanessa; BELZUNCES, Luc; BIJLEVELD VAN LEXMOND, Maarten; BONMATIN, Jean-Marc; CHAGNON, Madeleine; DOWNS, Craig; FURLAN, Lorenzo; GIBBONS, David; GIORIO, Chiara; GIROLAMI, Vincenzo; GOULSON, Dave; KREUTZWEISER, David; KRUPKE, Christian; LIESS, Matthias; LONG, Elizabeth; MCFIELD, Melanie; MINEAU, Pierre; WIEMERS, Martin. Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. **Environmental Science And Pollution Research**, v. 22, n. 1, p. 148-154, 10 out. 2014. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/265784586_Conclusions_of_the_Worldwide_Integrated_Assessment_on_the_risks_of_neonicotinoids_and_fipronil_to_biodiversity_and_ecosystem_functioning>. Acesso em: 29 maio 2022.

STENERSEN, Jørgen. **Chemical Pesticides: mode of action and toxicology.** Boca Raton: Crc Press, 2004. 271 p.

SONG, Xiao; WANG, Xinlu; LIAO, Guangqin; PAN, Yecan; QIAN, Yongzhong; QIU, Jing. Toxic effects of fipronil and its metabolites on PC12 cell metabolism. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, v. 224, art. 112677, nov. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/journal/ecotoxicology-and-environmental-safety/vol/224/suppl/C>>. Acesso em: 29 maio 2022.

YING, Guang-Guo; KOOKANA, Rai. Persistence and movement of fipronil termiticide with under-slab and trenching treatments. **Environmental Toxicology And Chemistry**, v. 25, n. 8, p. 2045-2050, 09 dez. 2009. Wiley. Disponível em: <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1897/05-652R.1?casa_token=b0TmNlreJoYAAAAA%3A0VoXU1YIjZJ2Hv6M0pQRB3OH4oFxpacMGf_MH8xlKUOguTkywMu6KZMs1b_TVH-_C8WDb3sxwi565VTd>. Acesso em: 13 jun. 2022.

ZORTÉA, Talyta; REIS, Tamires Rodrigues dos; SERAFINI, Suélen; SOUSA, José Paulo de; SILVA, Aleksandro Schafer da; BARETTA, Dilmar. Ecotoxicological effect of fipronil and its metabolites on *Folsomia candida* in tropical soils. **Environmental Toxicology And Pharmacology**, v. 62, p. 203-209, set. 2018. Elsevier BV. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668918301662?via%3Dihub>>. Acesso em: 29 maio 2022.