

5.01.01 - Agronomia / Ciência do Solo.

AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DE IMIDACLOPRID SOBRE A ESPÉCIE *Folsomia candida* (COLLEMBOLA) EM LATOSSOLO

Tânia Toniolo^{1*}, Thuanne Braúlio Hennig², Felipe Bandeira², Aline Schiehl³, William Santos³, Ana Carolina França³, Elizeu Bonfim¹, Paulo Roger Lopes Alves⁴

1. Acadêmico (a) do curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó – SC
2. Mestrando (a) em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, *campus* Lages - SC
3. Acadêmico (a) do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó – SC
4. Doutor em ciências e docente na Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó / Orientador.

Resumo

O tratamento químico de sementes é uma prática comum em sistemas agrícolas tecnificados. Imidacloprid é um dos inseticidas mais utilizados para este fim e, embora seu uso seja importante para aumentar produção dos cultivos agrícolas, este ingrediente ativo (i.a.) pode causar efeitos negativos sobre a fauna edáfica, a qual é responsável por importantes serviços ecossistêmicos. Os efeitos ecotoxicológicos de imidacloprid ainda não são bem esclarecidos em solos naturais tropicais. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a toxicidade do imidacloprid sobre colêmbolos *Folsomia candida*, em um solo tropical (Latossolo). O ensaio ecotóxicológico foi realizado conforme a norma ISO 11267 (ISO, 2014). A concentração que reduziu em 50% a sobrevivência dos organismos (CL₅₀) foi de 1,75 mg de i.a. kg⁻¹ de solo. Além disto, o Quociente de Risco foi estimado em 131 vezes maior do que o valor considerado seguro para o ambiente, demonstrando que a concentração do i.a. prevista no ambiente pode causar efeitos negativos sobre *F. candida*, quando a exposição ocorrer em Latossolo.

Palavras-chave: Ecotoxicologia Terrestre; Neonicotinóide; Fauna edáfica.

Apoio financeiro: CNPq – Projeto Universal no. 407170/2016-2.

Introdução

O aumento da produção de alimentos no Brasil, reflexo do processo de modernização da agricultura, levou a um acréscimo no uso de pesticidas. Uma das técnicas mais utilizadas para a garantia da produtividade das culturas é o tratamento químico de sementes, que impede a ação de insetos que possam causar algum dano na fase inicial de desenvolvimento da planta (MACHADO et al., 2006). O imidacloprid é um inseticida neonicotinóide e está entre os mais utilizados para este propósito. Este ingrediente ativo (i.a.) atua sobre o sistema nervoso central dos insetos, podendo causar paralisia e morte dos organismos (BUFFIN, 2003; GALLO et al., 2002).

Ainda que este inseticida traga benefícios às culturas e permita a produção de alimentos em níveis elevados, seu uso pode causar efeitos negativos sobre os organismos não-alvo do solo, os quais são responsáveis por diversos serviços ecossistêmicos, tais como a ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e melhoria da estrutura do solo (CARDOSO E ANDREOTE, 2016).

Ensaio ecotoxicológicos terrestres têm sido realizados com a finalidade de estimar o potencial tóxico e o risco ambiental de substâncias e resíduos aplicados no solo, sobre espécies representativas da fauna edáfica. Esse risco pode ser estimado através do Quociente de Risco (QR), que trata-se de uma das maneiras de avaliar se a concentração prevista no ambiente (CPA) de um contaminante, pode causar algum risco para os organismos expostos (EC, 2003). Para fins de padronização e facilidade de comparação de resultados entre laboratórios, a International Organization for Standardization (ISO) recomenda que os ensaios sejam realizados em solo artificial e em condições ideais para os organismos teste. Contudo, muitas vezes os testes realizados em solo artificial podem não representar com fidelidade as situações reais de campo, por não considerar, por exemplo, as características químicas e físicas dos solos naturais, que podem influenciar a dinâmica de contaminantes no solo (AMORIM et al., 2005).

Considerando que os efeitos deste i.a. sobre invertebrados edáficos em solos naturais tropicais ainda são incipientes (ALVES et al., 2013), o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de imidacloprid na sobrevivência de colêmbolos *F. candida* em um Latossolo do sul do Brasil.

Metodologia

O solo natural utilizado no ensaio foi um Latossolo (predominantemente argiloso) coletado em Palmitos (SC), em área sem histórico de contaminação por pesticidas. As amostras foram retiradas a uma profundidade de 0-20 cm do perfil do solo e foram desfaunadas (Alves et al., 2013), secas ao ar e peneiradas (# 2 mm).

A criação dos organismos teste, assim como os ensaios ecotoxicológicos, foram realizados conforme as recomendações da ISO 11267 (ISO, 2014). Colêmbolos da espécie *F. candida* foram criados em laboratório, em recipientes plásticos contendo um substrato composto por uma mistura de carvão ativado, água e gesso na

proporção de 1:6:10. Os organismos foram mantidos em uma sala com temperatura de $20 \pm 2^\circ \text{C}$, fotoperíodo de 12 h e foram alimentados semanalmente com levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*).

Concentrações crescentes do i.a. (4, 8, 16, 32 e 64 mg kg^{-1}) foram misturadas no solo através de uma solução aquosa contendo produto comercial Much® e água destilada, com volume calculado para atingir 60% da capacidade de retenção de água (CRA) do Latossolo. Além disso, um tratamento controle (somente água destilada) foi preparado. Para cada tratamento foram realizadas 5 réplicas, cujas unidades experimentais constituíram um recipiente cilíndrico de vidro (4 cm de diâmetro x 7 cm de altura) contendo 30 g de solo contaminado ou solo controle. 10 colêmbolos com idade sincronizada entre 10 a 12 dias e 2 mg de levedura (ofertado como alimento) foram inseridos em cada réplica. Em seguida, os recipientes foram hermeticamente fechados e mantidos em ambiente nas mesmas condições ambientais da sala de criação da espécie.

Semanalmente, os recipientes foram abertos para permitir trocas gasosas e foi realizada a reposição da perda de água, pela diferença de peso dos recipientes. Após 14 dias do início do ensaio, o conteúdo presente em cada réplica foi transferido para um recipiente plástico, onde o solo foi submerso em água juntamente com algumas gotas de tinta de caneta preta, para promover a flutuação e contagem dos organismos sobreviventes.

Os dados obtidos através dos ensaios ecotoxicológicos foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA), e quando diferenças significativas foram encontradas, os tratamentos foram comparados com o controle pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$), através do software Statistica® 7.0. A partir destas análises foi determinada a Concentração de Efeito Observado (CEO). A concentração letal para 50% dos indivíduos (CL_{50}) foi estimada usando o software PriProbit® 1.63 (Sakuma, 1998). Para o cálculo do Quociente de Risco (QR), a concentração de imidacloprid prevista no ambiente (CPA), estimada em $0,23 \text{ mg kg}^{-1}$ por Alves et al. (2013), foi dividida pela concentração sem efeito observado (CSEO), a qual foi obtida dividindo o valor de CL_{50} por 1000, conforme descrito em EC (2003).

Resultados e Discussão

Como não houve mortalidade de colêmbolos em nenhuma das réplicas do tratamento controle, os critérios de validação exigidos para o ensaio de toxicidade aguda com colêmbolos - ISO 11267 (ISO, 2014) foram atendidos.

Houve mortalidade significativa de *F. candida* em Latossolo a partir da primeira concentração de i.a. testada (CEO = 4 mg kg^{-1} ; Figura 1). A concentração que causa mortalidade de 50% dos indivíduos, em relação ao controle (CL_{50}), foi estimada em $1,75 \text{ mg kg}^{-1}$.

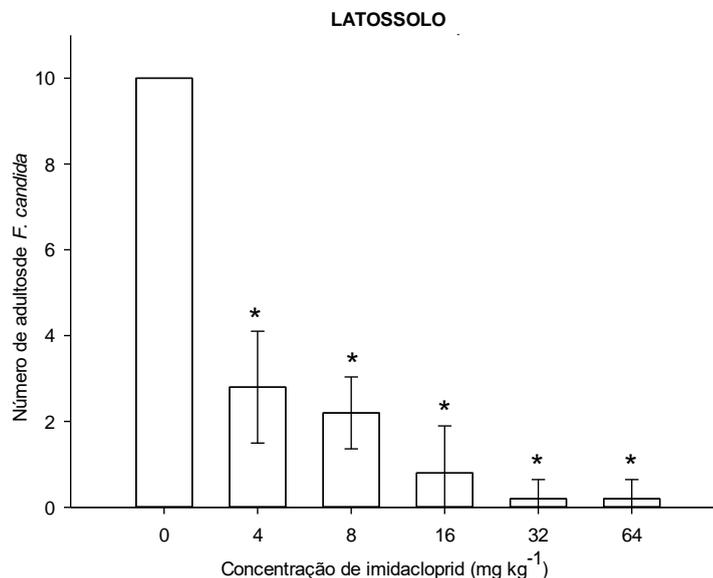


Figura 1. Número médio (\pm desvio padrão, $n=5$) de adultos de *F. candida* encontrados em amostras de Latossolo contendo diferentes concentrações de imidacloprid, após 14 dias de exposição. Asterisco (*) indica diferença significativa entre o tratamento e o controle (teste de Dunnett, $p < 0,05$).

Um estudo realizado por Alves et al. (2014) avaliou o potencial tóxico de imidacloprid para *F. candida* em solo artificial tropical (SAT), em condição de temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$. Os autores relataram um valor de CL_{50} doze vezes superior ($20,96 \text{ mg kg}^{-1}$) ao valor encontrado neste estudo em Latossolo ($CL_{50} = 1,75 \text{ mg kg}^{-1}$). Estes resultados indicam que a toxicidade do i.a. pode variar de acordo com o solo utilizado nos testes ecotoxicológicos, podendo ser potencializada em solos naturais, em comparação à toxicidade encontrada em substratos artificiais. Uma possível explicação para a toxicidade reduzida do i.a. em SAT quando comparado com o Latossolo, pode estar relacionada às características químicas e físicas dos solos. O SAT provavelmente é mais adequado para reter o imidacloprid do que o Latossolo, possivelmente por conta de suas características físicas e químicas, como o pH, o tipo de argila e de matéria orgânica (MO) que o compõe, o que pode favorecer uma menor exposição

dos colêmbolos ao inseticida.

Van Gestel et al. (2017) demonstraram o potencial tóxico de imidacloprid sobre *F. candida* em um solo natural padrão denominado LUFA 2.2 (predominantemente arenoso). A CL_{50} (0,44 mg kg⁻¹) encontrada no estudo foi quatro vezes menor, quando comparada a CL_{50} observada em Latossolo neste estudo. Além das diferenças físicas e químicas entre esses dois solos, um dos fatores que pode ter contribuído para a maior toxicidade do i.a. observada no estudo com o solo LUFA 2.2, está relacionado com tempo de duração do ensaio conduzido por Van Gestel et al. (2017). Enquanto que no presente estudo o tempo de exposição dos organismos ao solo contaminado foi de 14 dias, os colêmbolos foram expostos durante o dobro do tempo (28 dias) no solo natural LUFA 2.2. Outro possível fator na diferença entre os valores provavelmente relaciona-se com a formulação do imidacloprid utilizada, sendo para Latossolo formulação comercial e para LUFA 2.2, foi utilizado o i.a. puro.

Em ensaios ecotoxicológicos realizados por Idinger (2002) com imidacloprid sobre *F. candida*, também foi verificada uma CL_{50} (0,11 mg kg⁻¹) muito menor da observado neste. O solo artificial utilizado por Idinger (2002) (composto por argila caulinitica, areia e turfa) e indicado como padrão pela ISO 11268 – 1 (1999), certamente influenciou a dinâmica do i.a., contribuindo para uma elevada toxicidade sobre os organismos. Neste sentido, fica ainda mais evidente as variações dos resultados da CL_{50} do imidacloprid em colêmbolos nos diferentes solos (Latossolo, SAT, LUFA e solo artificial indicado pela ISO 11268 - 1). Além da diferença entre os parâmetros dos solos, outros fatores (ex. origem do contaminante) devem ser considerados nessas avaliações, pois podem contribuir ou influenciar no agravamento da toxicidade sobre espécies da mesofauna.

A Comissão Européia (CE) estabelece um valor máximo de QR igual a 1 para que se considere segura a exposição de espécies edáficas à concentrações ambientalmente previstas dos pesticidas no ambiente (EC, 2003). O QR calculado neste estudo (QR = 131,43) foi muito superior ao limite proposto pela CE, indicando que o imidacloprid pode causar risco à fauna do solo quando a exposição ocorrer em Latossolo. Os resultados deste estudo ainda alertam para a necessidade de considerar a utilização de solos naturais na realização de testes ecotoxicológicos, de maneira a melhorar a estimativa do risco de pesticidas para a fauna edáfica.

Conclusões

O imidacloprid afetou a sobrevivência de *F. candida* em Latossolo a partir de uma concentração de 4 mg kg⁻¹. Além disso, o Quociente de Risco calculado neste estudo foi 131 vezes maior do que o considerado seguro para os organismos do solo, indicando que os níveis esperados de imidacloprid no ambiente poderão causar efeitos negativos sobre *F. candida*, especialmente quando a exposição ocorrer em Latossolo. Os dados expressos no presente trabalho indicam que a toxicidade do imidacloprid pode ser maior em solos naturais (ex. Latossolo), revelando a necessidade de sua utilização em avaliações ecotoxicológicas, a fim de representar melhor as condições de exposição que ocorrem a campo.

Referências bibliográficas

- ALVES, P. R. L., CARDOSO, E. J. B. N., MARTINES, A. M., SOUSA, J. P. Earthworm ecotoxicological assessments of pesticides used to treat seeds under tropical conditions. **Chemosphere** v. 90, p. 2674 – 2682, 2013. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653512014518>>. Acesso em: 04 mar. 2019.
- ALVES, P.R.L.; CARDOSO, E.J.B.N.; MARTINES, A.M.; SOUSA J.P.; PASINI, AMARILDO. Seed dressing pesticides on springtails in two ecotoxicological laboratory tests. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** v.105, p. 65 – 71, 2014. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653512014518>>. Acesso em: 05 mar. 2019.
- AMORIM et al., Effects of Different Soil Types on the Collembolans *Folsomia candida* and *Hypogastrua assimilis* Using the Herbicide Phenmedipham. **Environmental Contamination and Toxicology**. v. 49, p. 343 – 352, 2005. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16220585>>. Acesso em: 15 mar. 2019.
- BUFFIN, D. Imidacloprid. **Pesticide News**. v. 62, p. 22 – 23, 2003.
- CARDOSO, E.J.B.N.; ANDREOTE, F.D. **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba, São Paulo, 2016, 221p.
- EC, 2003. **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. European Commission Joint Research Center, 2003. Disponível em: < https://echa.europa.eu/documents/10162/16960216/tgdpart2_2ed_en.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2019.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; WIENDL, F.M.; SILVEIRA NETO, S. & CARVALHO, R.P.L. In: _____. Toxicologia de Inseticidas. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ ed. Agrônômica Ceres. p. 361 – 396, 2002.
- IDINGER, J. Laboratory studies to detect effects of selected plant protection products on *Folsomia candida* (Collembola: Isotomidae). **Plant Dis. Protect**, v. 109, p. 512 – 529, 2002.
- ISO 11267**. Soil Quality e Inhibition of Reproduction of Collembola (*Folsomia candida*) by Soil Pollutants. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1999.
- MACHADO, J. C., WAQUIL, J. M., SANTOS, J. P., REICHENBACH, W. J. Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas. **Embrapa**, Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.27, n.232, p.76 – 87, maio/jun, 2006. Disponível em: <file:///D:/User/Downloads/Tratamentosementes%20(2).pdf>. Acesso em: 15 mar., 2019.

SAKUMA, M., 1998. Probit analysis of preference data. **Appl. Entomol. Zool.** 33, 339–347. San Miguel, A., Raveton, M., Lempérière, G., Ravane, P.. Phenylpyrazoles impact on *Folsomia candida* (Collembola). *Soil. Biol. Biochem.*, v.40, p. 2351–2357, 2008.

VAN GESTEL, C. A.M. et al. Multigeneration toxicity of imidacloprid and thiacloprid to *Folsomia candida*. **Ecotoxicology**, v. 26, n. 3, p.320 – 328, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28116641>>. Acesso em: 25 mar., 2019.