

ÍNDICE MULTICRITÉRIO PARA ANÁLISE COMPARATIVA DE INSETICIDAS PARA CONTROLE DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella*

Alberto Luiz Marsaro Júnior¹; Claudia De Mori²; Paulo Roberto Valle da Silva Pereira¹; Marcelo Coutinho Picanço³

¹Pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS; ²Pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP; ³Professor/Pesquisador da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

RESUMO

A escolha de inseticidas para controle de pragas é resultado de análise comparativa entre diferentes alternativas de produtos químicos, que envolve conjunto de multicritérios. O presente trabalho apresenta um modelo multicritério para avaliação comparativa entre inseticidas para o controle da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*, uma das principais pragas da cultura da canola. O modelo, desenvolvido com base em pesquisa bibliográfica e em sugestões elencadas pelos autores deste trabalho, contempla matriz de critérios com definição de métricas de melhor desempenho a serem consideradas para a escolha de inseticida. A matriz proposta contempla parâmetros técnicos (eficiência e eficácia), econômicos e ecotoxicológicos, e pode ser empregada para composição de índices de hierarquização de inseticidas para uso em sistemas de tomada de decisão para controle de pragas. Com base na matriz, foi desenvolvido um índice de comparação entre produtos (Índice de Hierarquização de Inseticidas – IHI), utilizando-se o método de análise multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP) para a definição de pesos. Um exemplo hipotético é apresentado para ilustração da aplicação do modelo multicritério.

Palavras-chave: canola, controle químico, método de análise hierárquica

INTRODUÇÃO

Vários fatores contribuem para a queda no rendimento de grãos de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), dentre eles, a ocorrência de insetos-praga que causam injúrias nas plantas, nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura. Dentre esses insetos, destaca-se a traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), que é uma das principais pragas dessa oleaginosa. As larvas dessa praga alimentam-se apenas de folhas, quando estão em baixa população, mas também atacam hastes e epidermes das siliquas (DOMICIANO; SANTOS, 1996).

O adulto de *P. xylostella* é um microlepidóptero de coloração parda que oviposita na face abaxial (inferior) das folhas, originando lagartas de coloração esverdeada que, no primeiro instar, possuem hábito minador e, nos demais, desfolhador (VACARI et al., 2008). A traça-das-crucíferas é originária do continente europeu e é considerada de abrangência cosmopolita (MONNERAT et al., 2000). Por ser uma praga de ciclo curto, com grande número de gerações anuais, seu controle é difícil e ataques severos em brássicas podem ocasionar perdas totais de produção (MEDEIROS et al., 2003).

Segundo Castelo Branco et al. (1997), desde o início do século XX, o controle da traça-das-crucíferas tem sido baseado principalmente no uso de inseticidas de largo espectro de ação. O uso desses inseticidas pode afetar negativamente populações consideradas benéficas nos agroecossistemas, como predadores, parasitoides e polinizadores. Por isso, na escolha do inseticida, é importante

considerar não só a eficiência de controle da praga-alvo, mas também as características de seletividade do produto escolhido para os insetos benéficos. Além disso, outros aspectos também devem ser considerados, como por exemplo, preço do produto, classe toxicológica, intervalo de segurança, dentro outros.

Assim, a escolha do inseticida e da tecnologia de aplicação são fundamentais para obtenção de controle eficiente da praga-alvo. O processo decisório de escolha do inseticida pode ser considerado um modelo multicritério. Segundo Saaty (1991), tal modelo é definido por um número finito de alternativas, possuindo critérios e subcritérios relacionados a estas alternativas e ao objetivo da tomada de decisão, resultando em matriz de parâmetros decisórios. Para auxiliar tal processo, a matriz de critérios pode compor um índice para identificar um valor síntese unidimensional e permitir a hierarquização das alternativas. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2003) define índice como um conjunto de parâmetros ou indicadores agrupados, e sua agregação compreende juízo de valor entre os componentes considerados.

O objetivo deste trabalho foi apresentar um modelo multicritério para avaliação comparativa entre inseticidas para o controle da traça-das-crucíferas, compondo um Índice de Hierarquização de Inseticidas para escolha de produtos para controle químico. Esse modelo é uma proposta do projeto de pesquisa "Manejo da entomofauna na cultura da canola", conduzido pela Embrapa Trigo. Um exemplo hipotético é apresentado para ilustração da aplicação do modelo multicritério.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia para definição de matriz de critérios para análise comparativa de inseticidas para controle da traça-das-crucíferas foi baseada em técnica multicritério de análise (método de decisão multicritério Analytic Hierarchy Process - AHP) (SAATY, 1991). O procedimento contemplou a identificação de parâmetros, de métricas vinculadas a cada parâmetro e de definição do melhor desempenho a ser considerado. A modelagem da matriz de critérios foi elaborada com base em pesquisa bibliográfica e em sugestões elencadas pelos autores deste trabalho.

Com base nessa matriz de critérios, estabeleceu-se (a) um conjunto de pesos com base no método AHP, e (b) a normalização das variáveis, optando-se pela distância do líder do grupo de cada parâmetro (FREUDENBERG, 2003). Elaborou-se uma estrutura de cálculo em planilha eletrônica de dados Excel®.

Posteriormente, foi calculado o índice para hierarquização de cada inseticida. Para o cálculo desse índice, considerou-se a caracterização de um valor unidimensional a partir da agregação de variáveis normalizadas com base em um conjunto de pesos (Equação 1).

$$IHI = \sum_{i=1}^x w_i \bar{X}_i \quad (\text{Equação 1})$$

onde,

IHI: Índice de hierarquização de inseticida;

\bar{X}_i : variável normalizada; e

w_i : pesos de \bar{X}_i , $\sum_{i=1}^x w_i = 1$ e $0 \leq w_i \leq 1 : 1, \dots, n$

Finalmente, uma ilustração da aplicabilidade do índice multicritério para análise comparativa de inseticidas para controle da traça-das-crucíferas foi executada com base em três produtos fictícios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a matriz de parâmetros com sua definição, as métricas vinculadas a cada parâmetro e a identificação do melhor desempenho esperado.

O primeiro conjunto de parâmetros refere-se a aspectos técnicos de eficiência e de eficácia do inseticida e compreende (a) eficiência de controle, (b) velocidade de ação e (c) modo de ação do inseticida.

O uso de inseticidas pressupõe ação rápida de controle da população do inseto-praga. A eficiência e a eficácia agrônômica de um inseticida podem ser mensuradas pelo percentual de mortalidade do inseto-praga e pelo tempo necessário para o controle efetivo da população. Embora esses aspectos de eficiência e eficácia sejam importantes para o controle de pragas, maior atenção deve ser dada ao modo de ação do inseticida. O uso frequente de um mesmo princípio ativo ou de um mesmo modo de ação, na mesma safra ou safra pós safra, pode contribuir para acelerar a seleção de populações resistentes de pragas ao princípio ativo ou ao modo de ação utilizados do inseticida. Portanto, é importante que se faça rotação de princípios ativos e de modos de ação dos inseticidas utilizados no controle de pragas. Por isso, no modelo, foi considerado como melhor desempenho um inseticida que tenha modo de ação diferente do modo de ação do inseticida utilizado anteriormente.

O segundo conjunto de critérios diz respeito ao aspecto econômico e reflete (d) o custo do inseticida empregado, adicionado ao modo de aplicação recomendado.

Considerando-se que o uso do controle químico deve ser utilizado quando a população da praga atinge nível de dano econômico (densidade populacional do organismo praga na qual causa prejuízo de igual valor ao custo de seu controle), é importante que a comparação entre as alternativas de controle químico leve em consideração os custos do produto e da aplicação. Geralmente, os produtores rurais dão importância a aspectos econômicos na escolha do inseticida a ser utilizado no controle de pragas, mas outros aspectos devem ser considerados e ponderados; por isso, o modelo ponderou esse critério com outros de aspectos ambientais.

O terceiro grupo compreende aspectos ecotoxicológicos e é constituído por (e) período residual de controle, (f) seletividade para polinizadores, (g) seletividade para inimigos naturais, (h) intervalo de segurança, (i) classe toxicológica, (j) período de reentrada, e (k) classe de periculosidade ambiental.

Além de considerar aspectos de eficiência e econômicos, a escolha do inseticida a ser utilizado deve ser efetuada de maneira a preservar inimigos naturais e polinizadores, devendo também considerar segurança e exposição de aplicadores, classe toxicológica e perigos ao meio ambiente, aspectos esses que foram valorados no modelo proposto.

A cultura da canola é bastante atrativa e visitada por polinizadores, principalmente abelhas. Diversas espécies nativas desses himenópteros foram registradas em lavouras dessa oleaginosa (HALINSKI et al., 2015). Embora a planta de canola seja autocompatível, ou seja, produz grãos pela autopolinização, com a polinização cruzada, realizada principalmente por abelhas, essa produção pode aumentar em até 30%, conforme mostrou Blochtein et al. (2014). Essa polinização também contribui para uniformidade e precocidade da formação de siliquas (ABROL, 2007). Portanto, é importante que o inseticida para controle da traça-das-crucíferas, principalmente na fase de florescimento, seja seletivo ou apresente o menor impacto possível sobre polinizadores.

A Tabela 2 apresenta o conjunto de pesos para cada critério utilizado na escolha do inseticida, calculado empregando-se a técnica AHP, e os valores simulados para cada um dos critérios dos três inseticidas fictícios concebidos para a ilustração de aplicabilidade e de cálculo do índice (IHI). Na simulação, considerou-se a situação de período de florescimento da cultura e não se estabeleceu o modo de ação do inseticida de aplicação anterior.

Na Tabela 2 também são apresentados os valores do Índice de Hierarquização de Inseticidas (IHI) para os três inseticidas e a Figura 1 representa graficamente o posicionamento de cada inseticida por parâmetro (quanto mais próximo do valor 1,0, melhor é o inseticida com relação ao parâmetro/critério). O IHI variou de 0,78 (P2) a 0,93 (P1). O inseticida fictício P1, com registro de maior valor de IHI, apresentou bom desempenho em 7 dos 11 critérios definidos no modelo proposto, principalmente nos

referentes à seletividade para polinizadores e inimigos naturais, aspectos que são importantes para a escolha do produto no período de florescimento, situação definida para a análise. Portanto, caso fosse uma situação real, e visando à preservação e ao menor impacto possível sobre polinizadores e inimigos naturais, esse inseticida seria o escolhido para aplicação na cultura.

Deve-se ressaltar que, para alguns dos critérios escolhidos para este modelo hipotético, as métricas são conhecidas e disponíveis em bulas dos produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), mas, para outros critérios importantes para a escolha de inseticidas (seletividade para insetos benéficos, por exemplo), as métricas ainda precisam ser definidas e disponibilizadas. Estudos para definições de métricas sobre critérios que avaliam o impacto dos inseticidas sobre os insetos benéficos devem ser incentivados.

A disponibilização de informações relevantes para a escolha de inseticidas para o controle de pragas permitirá a seleção e o uso de produtos que conciliam a eficiência de controle do inseto alvo com a preservação dos insetos benéficos, garantindo a sustentabilidade das culturas e a preservação do meio ambiente.

CONCLUSÕES

A identificação de parâmetros para seleção da melhor alternativa de controle químico de pragas pode auxiliar em um processo de tomada de decisão melhor estruturado tanto para o produtor como para técnicos e pesquisadores. Contemplar diferentes dimensões de eficiência agrônômica e econômica sem desconsiderar aspectos de manejo da entomofauna da cultura e efeitos deletérios ao ambiente e ao operador são importantes dentro da visão de sustentabilidade da agricultura e cada vez mais exigidos pela sociedade. A matriz formulada propõe uma estrutura preliminar para avaliação de inseticidas para controle da traça-das-crucíferas dentro dessa visão. O instrumental preliminar proposto, Índice de Hierarquização de Inseticidas, poderá servir para auxiliar na análise de resultados obtidos no projeto de pesquisa que está em execução e para o desenvolvimento de modelos para sistemas de tomada de decisão para controle químico de pragas.

REFERÊNCIAS

- ABROL, D. P. Honeybees and rapeseed: a pollinator-plant interaction. **Advances in Botanical Research**, New York, v. 45, p. 337-367, 2007.
- BLOCHTEIN, B.; NUNES-SILVA, P.; HALINSKI, R.; LOPES, L. A.; WITTER, S. Comparative study of the floral biology and of the response of productivity to insect visitation in two rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 74, n. 4, p. 787-794, 2014.
- CASTELO BRANCO, M.; FRANÇA, F. H.; VILLAS BOAS, G. L. **Traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*)**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1997. 4 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado técnico, 4).
- DOMICIANO, N. L.; SANTOS, B. **Pragas da canola: bases preliminares para manejo no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1996. 16 p. (IAPAR. Informe da pesquisa, 120).
- FREUDENBERG, M. **Composite indicators of country performance: a critical assessment**. Paris: OECD Publishing, 2003. 35 p.
- HALINSKI, R.; DORNELES, A. L.; BLOCHTEIN, B. Bee assemblage in habitats associated with *Brassica napus* L. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 59, n. 3, p. 222-228, 2015.

MEDEIROS, P. T.; DIAS, J. M. C. de S.; MONNERAT, R. G.; SOUZA, N. R. **Instalação e manutenção de criação massal de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*)**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. 4 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Circular técnica, 29).

MONNERAT, R. G.; BORDAT, D.; CASTELO BRANCO, M.; FRANÇA, F. H. Efeito de *Bacillus thuringiensis* Berliner e inseticidas químicos sobre a traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) e seus parasitóides. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 723-730, 2000.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **OECD environmental indicators: development, measurement and use**. Paris, 2003. 37 p. Disponível em: <<https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/24993546.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo, Makron Books, 1991, 367 p.

VACARI, A. M.; VOLPE, H. X. L.; GOULART, R. M.; VIANA, C. L. T. P.; BENVENGA, S. R.; CARVALHO, J. S.; THULER, R. T.; DE BORTOLI, S. A. Integração de métodos de controle de pragas em hortaliças: experiência prévia para uma aplicação segura. In: ARAUJO, E. S.; VACARI, A. M.; CARVALHO, J. S.; GOULART, R. M.; CAMPOS, A. P.; VOLPE, H. X. L. (Ed.). **Tópicos em entomologia agrícola**. Ribeirão Preto: Maxicolor Gráfica e Editora, 2008. p. 84-99.

avaliação comparativa entre inseticidas para controle químico da traça-das-crucíferas: parâmetro, métrica vinculada e melhor

	Métrica	Melhor desempenho	
Tempo para atingir 80% de mortalidade do inseto-praga	Porcentagem (% - intervalo entre 0 a 100%)	Maior porcentual de mortalidade (produtos com mais de 80%)	
Tempo para atingir 80% de mortalidade da praga e modo de ação dos inseticidas sobre a praga	Horas	Menor tempo possível	
Modo de ação dos inseticidas sobre a praga	28 classes - Variável binária, [0] se modo de ação do inseticida é diferente do aplicado anteriormente; ou [1] se modo de ação do inseticida é igual ao aplicado anteriormente.	Classe diferente da aplicada anteriormente	
Custo monetária do inseticida	R\$/ha	Menor custo por hectare	
Tempo em que o inseticida continua causando 80% de mortalidade da praga	Dias	Maior número de dias	
Modo de redução populacional de pragas	30% - Inócuo 30% a 50% - Moderadamente tóxico 51% a 75% - Tóxico > 75% - Muito tóxico	Menor letalidade (< 30%)	
Modo de redução populacional de inimigos	< 30% - Inócuo 30% a 50% - Moderadamente tóxico 51% a 75% - Tóxico > 75% - Muito tóxico	Menor letalidade (< 30%)	
Tempo de tempo, em dias, a ser observado após aplicação do inseticida e a colheita do agricultor	Dias	Estádio vegetativo	Estádios de floração e de maturação
		Maior número de dias para ampliação da proteção	Menor número de dias para minimizar risco pela eminência de colheita
Classificação do inseticida ao aplicador no momento da aplicação com base na Dose Média Letal (DL50), representada por miligramas do ingrediente ativo do inseticida por quilograma de peso corporal, necessários para matar 50% da população de ratos ou de outro animal teste	I - inseticida considerado altamente tóxico para o ser humano II - inseticida considerado medianamente tóxico para o ser humano III - inseticida considerado pouco tóxico ao ser humano IV - inseticida considerado praticamente não tóxico para o ser humano	Classe IV	
Tempo após a aplicação do inseticida que o agricultor pode entrar na lavoura sem uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI)	Horas	Menor número de horas	
Classificação do inseticida ao ambiente: classificação com base em parâmetros de bioacumulação, persistência, transporte, toxicidade a diversos organismos, potenciais mutagênico, teratogênico e carcinogênico	I - inseticida considerado altamente perigoso II - inseticida considerado muito perigoso III - inseticida considerado perigoso IV - inseticida considerado pouco perigoso	Classe IV	

Tabela 2. Conjunto de pesos de cada um dos critérios considerados para o cálculo do Índice de Hierarquização de Inseticida (IHI), valores simulados para três inseticidas fictícios (P1, P2 e P3), para a escolha de inseticida a ser usado na cultura da canola para controle da traça-das-crucíferas; e valor calculado do IHI.

Critério	Peso (%)	Unidade	P1	P2	P3
Eficiência de controle	11,2	Porcentagem	80,2	94,5	85,6
Velocidade de ação	3,0	Hora	40	28	27
Modo de ação do inseticida	15,2	Binária, [0] ou [1]	0	0	0
Custo do inseticida empregado + modo de aplicação	10,6	R\$/ha	28,4	24,6	20,4
Período residual de controle	8,4	Dia	14	10	14
Seletividade para polinizadores	12,4	Porcentagem	25	42	38
Seletividade para inimigos naturais	12,4	Porcentagem	20	38	30
Intervalo de segurança	2,7	Dia	21	14	14
Classe toxicológica	10,6	Classe - I, II, III, IV	3	1	2
Período de reentrada	1,2	Hora	24	24	24
Classe de periculosidade ambiental	12,3	Classe - I, II, III, IV	2	2	2
Índice de Hierarquização de Inseticida (IHI)			0,93	0,78	0,87

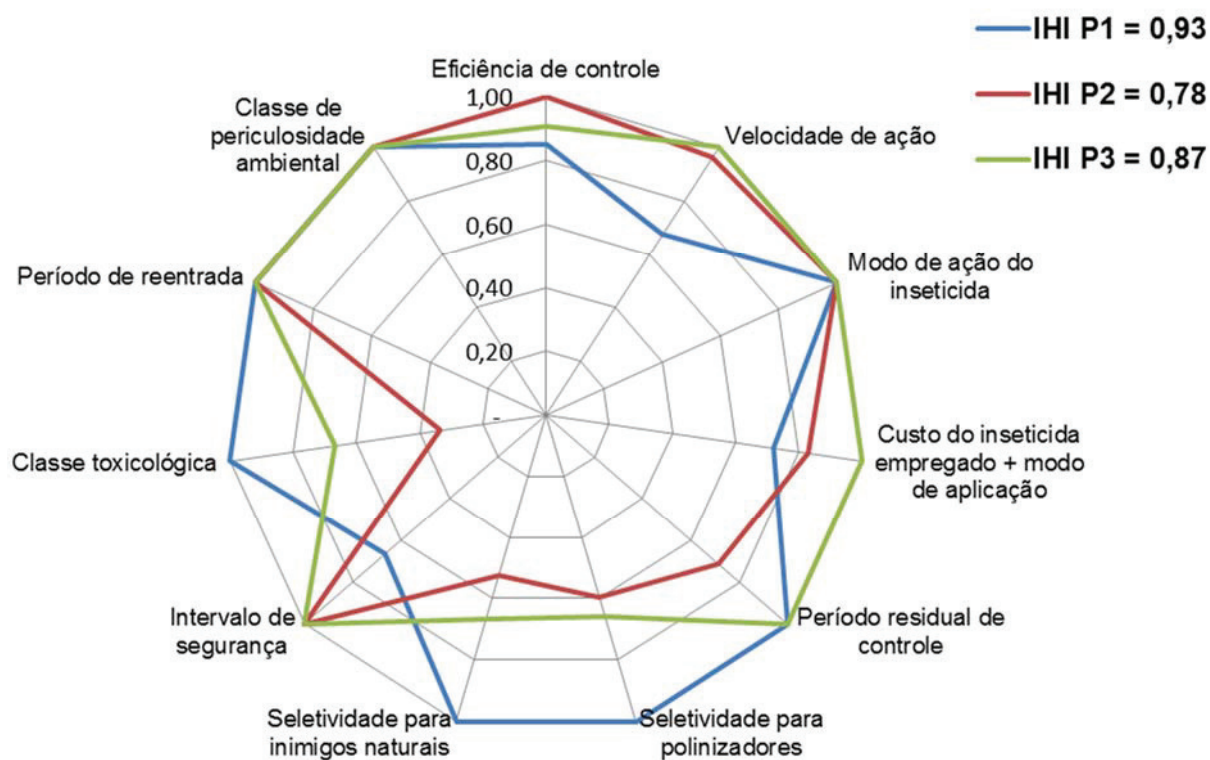


Figura 1. Posicionamento de valores do Índice de Hierarquização de Inseticida (IHI) geral e por critério de três inseticidas fictícios (P1, P2 e P3) para aplicação na cultura da canola para controle da traça-das-crucíferas.