

## A INFLUÊNCIA DE HERBICIDAS NA REINFESTAÇÃO DE PLANTAS DANINHAS: UMA ABORDAGEM BAYESIANA

Marcos Jardel Henriques<sup>1,2</sup>, Vinícius Basseto Félix<sup>1</sup>, Oilson Alberto Gonzatto Junior<sup>1</sup>, Felipe Schmidt<sup>3</sup>, Naiara Guerra<sup>4</sup>, Antonio Mendes de Oliveira Neto<sup>5</sup>

**Resumo:** Entre os fatores mais preocupantes na produção agrícola estão as plantas daninhas, com isso, este experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar cinco tratamentos herbicidas: Testemunha sem herbicida (T1), Flumioxazin a 60 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T2), amicarbazone a 280 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T3), clomazone a 750 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T4) e atrazine a 2500 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T5), na intenção de identificar quais trouxeram melhores resultados. O experimento foi conduzido na área experimental da Faculdade Integrado de Campo Mourão-PR, entre os meses de setembro e novembro de 2014. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e nove repetições. A atividade residual dos herbicidas foi monitorada por meio da contagem do número de plantas daninhas emergidas (*B. plantaginea*, *Euphorbia heterophylla* e *Richardia brasiliensis*) em seis amostras aleatórias e independentes de 0,25 m<sup>2</sup>. Os dados foram analisados por meio de um modelo linear generalizado bayesiano, baseado na distribuição de Poisson devido a natureza da variável resposta. Construiu-se intervalos de credibilidade para os valores esperados para cada tratamento e suas diferenças, podendo-se constatar que T3 obteve o melhor desempenho sendo este o herbicida que melhor controlou a reinfestação de plantas daninhas, T5 apresentou o segundo melhor resultado e o restante dos tratamentos não diferiram entre si, apresentando os piores resultados.

**Palavras-chave:** Modelo Linear Generalizado Bayesiano, Contagem, Flumioxazin, Amicarbazone, Clomazone, Atrazine.

**Abstract:** This experiment was conducted aiming to evaluate five herbicide treatments: no herbicide control (T1), flumioxazin to 60 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T2), amicarbazone to 280 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T3), clomazone 750 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T4) and atrazine at 2500 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T5). Using ANOVA Bayesian it was found that T3 had the best performance.

**Keywords:** Bayesian Generalized Linear Model, Count, Flumioxazin, Amicarbazone, Clomazone, Atrazine.

### 1 Introdução

Atualmente, mais de 40% da superfície continental do planeta é ocupada pela agricultura, que constitui a atividade central de grande parte da população mundial e está intimamente ligada ao equilíbrio ambiental que, por sua vez, se torna vulnerável à exploração excessiva e

---

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá

<sup>2</sup>e-mail: jardel\_matematica@hotmail.com

<sup>2</sup>Faculdade Integrado de Campo Mourão

<sup>3</sup>Universidade Federal de Santa Catarina

<sup>5</sup>Instituto Federal Catarinense

ao manejo inadequado. A agricultura encontra-se diante do desafio de aumentar a produção sem provocar sua exaustão, e isso pode ser feito com o aperfeiçoamento das terras agrícolas e a adoção de medidas apropriadas advindas da pesquisa científica (5).

No Brasil, são cultivados anualmente mais de 60 milhões de hectares, predominando as culturas da soja, milho, cana-de-açúcar, café e cereais de inverno (8). As atuais técnicas de cultivo fazem uso de variedades adaptadas às mais diferentes regiões, além da adubação equilibrada e também do controle de pragas, doenças e plantas daninhas. As plantas daninhas, por sua vez, fazem parte dos agroecossistemas e utilizam recursos do ambiente para o seu desenvolvimento, um eficiente sistema de manejo é necessário para evitar prejuízos devido a sua presença (10).

A presença de plantas daninhas constitui um dos maiores problemas para a agricultura, uma vez que as culturas devem ser instaladas em áreas livres de infestação e que durante seu desenvolvimento haja o controle das infestantes de forma a impedir que estas desenvolvam competição com as plantas cultivadas (1). Plantas daninhas e cultivares competem por nutrientes, água, luz, espaço e, além disso, algumas infestantes podem exsudar ao solo compostos desfavoráveis à lavoura (12).

O controle das infestantes torna-se mais eficaz quando se combina a integração de métodos, com o objetivo de promover maior segurança ao homem e reduzir impactos ambientais. Atualmente o manejo de plantas daninhas é realizado predominantemente com herbicidas e, às vezes, é o único método empregado, sendo em muitos casos, o mais prático e eficiente (3).

Um dos fatores mais importantes na produção agrícola é o controle de plantas daninhas. Neste contexto, o experimento aqui conduzido teve como objetivo avaliar cinco tratamentos herbicidas: Testemunha sem herbicida (T1), Flumioxazin a 60 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T2), amicarbazone a 280 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T3), clomazone a 750 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T4) e atrazine a 2500 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T5). A eficácia de cada um dos tratamentos foi avaliada a partir do monitoramento da atividade residual de cada um através da contagem do número de plantas daninhas emergidas.

## 2 Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Faculdade Integrado de Campo Mourão, PR, entre 17/09/2014 e 05/10/2014. O experimento localizava-se nas coordenadas de 23°59'27,95" S de latitude, 52°21'54,87" O de longitude e altitude média de 531 m. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (4), e o clima, baseado na classificação de Köppen, é denominado como Cfa (9).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e nove repetições, totalizando 45 unidades experimentais. Os tratamentos utilizados foram: Testemunha sem herbicida (T1), Flumioxazin a 60 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T2), amicarbazone a 280 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T3), clomazone a 750 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T4) e atrazine a 2500 g i.a. ha<sup>-1</sup> (T5).

As parcelas tinham a dimensão de 2 m × 6 m, totalizando uma área de 12 m<sup>2</sup>. Para fins de avaliação, foram desconsiderados 0,5 m de cada lateral da parcela, o que resultou em uma área útil de 5 m<sup>2</sup>.

No preparo da área que se encontrava em pousio foram efetuadas, no dia 17/09/2014, roçada mecanizada e posteriormente, após a rebrota das plantas daninhas, foi realizada a dessecação de manejo com o herbicida glyphosate na dose de 1440 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

A aplicação dos tratamentos foi realizada no dia 01/10/2014, utilizando-se um pulverizador costal com pressão constante, mantida por CO<sub>2</sub> comprimido, a 30 lpf.pol<sup>-2</sup>, acoplado a uma barra com quatro pontas de jato leque tipo AVI 110 02 ISO, com 0,5 m de espaçamento entre si, proporcionando um volume de aplicação equivalente a 200L ha<sup>-1</sup>.

A atividade residual dos herbicidas foi avaliada por meio da variável número total de plantas daninhas emergidas em 6 amostras aleatórias e independentes de 0,25 m<sup>2</sup> por parcela, aos 30 dias após a aplicação (DAA). Avaliou-se o total de plantas daninhas contadas por parcela (*B. plantaginea*, *Euphorbia heterophylla* e *Richardia brasiliensis*).

Fez-se a análise dos dados por meio de um modelo linear generalizado bayesiano, com a suposição de um modelo baseado na distribuição de Poisson, devido a natureza da variável resposta. Construiu-se intervalos para média e suas diferenças, a fim de checar a significância dos efeitos dos tratamentos.

Para a implementação computacional o *software* R, versão 0.98.944, foi utilizado com os pacotes BRugs e CODA. Para análise bayesiana foram feitas 10 000 iterações pelo processo MCMC, com um descarte de 1 000 valores iniciais. A convergência das cadeias foi verificada por meio do pacote CODA, pelo critério de (7) e de (6).

### 3 Resultados e Discussão

Se for desejado analisar a variabilidade do experimento e dos tratamentos individualmente, um modelo para a ANOVA pode ser expresso por

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}, \quad \text{com } i = 1, \dots, 5 \text{ e } j = 1, \dots, 9, \quad (1)$$

onde, nesse experimento

$Y_{ij}$  é a soma total das seis amostras obtidas pela contagem de plantas daninhas em uma área de 1 m<sup>2</sup>, sujeita a aplicação do  $i$ -ésimo tratamento na  $j$ -ésima repetição;

$\mu$  é o parâmetro que representa a média geral do experimento;

$\tau_i$  é o parâmetro que representa o efeito individual do  $i$ -ésimo tratamento aplicado;

$\varepsilon_{ij}$  é o parâmetro que representa o erro individual de cada soma quando sujeita ao  $i$ -ésimo tratamento na  $j$ -ésima repetição.

Por hipótese,  $\varepsilon_{ij}$  são variáveis aleatórias  $N(0, \sigma^2)$  independentes e identicamente distribuídas. Entretanto, como (2) ressaltam em seu trabalho, o método de máxima verossimilhança fornece um estimador inconsistente para a variabilidade quando o número de tratamentos é fixado enquanto o número de repetições aumenta.

Nesse contexto, a fim de evitar esse problema, é interessante que se considere um modelo hierárquico bayesiano (HB). Assumindo que a soma total de plantas daninhas emergentes após a aplicação do  $i$ -ésimo tratamento é uma variável aleatória de Poisson, pode-se propor o seguinte modelo

$$Y_{ij} \sim \text{Poisson}(\mu_i), \quad \text{tal que } \mu_i = \mu_0 + \tau_i,$$

onde

$Y_{ij}$  é a soma total das seis amostras obtidas pela contagem de plantas daninhas, sujeita a aplicação do  $i$ -ésimo tratamento na  $j$ -ésima repetição;

$\mu_0$  é o parâmetro que representa a média geral do experimento;

$\tau_i$  é o parâmetro que representa o efeito individual do  $i$ -ésimo tratamento aplicado;

Além disso, as *prioris* não informativas para  $\mu_0$  e  $\tau_i$  foram dadas por  $\mu_0 \sim \text{Gamma}(10^{-3}, 10^{-3})$  e  $\tau_i \sim N(0, 10^{-6})$ .

Os resultados obtidos para o modelo de Poisson podem ser vistos na Tabela 1 e como as estimativas para os parâmetros estão suficientemente distantes do zero pode-se afirmar que tais parâmetros devem permanecer no modelo (11). Além disso, para todos os parâmetros, os intervalos com 95% de credibilidade não contêm o valor zero, portanto os parâmetros foram considerados estatisticamente representativos.

Neste estudo foram realizadas comparações múltiplas entre as distribuições *a posteriori* dos valores esperados para os parâmetros  $\mu_i$ . As diferenças entre as médias cujos intervalos com

Tabela 1: Estimativas pontuais e intervalos de credibilidade para os efeitos dos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 e valores esperados para o número de plantas daninhas reinfestantes 30 dias após a aplicação dos tratamentos.

| Parâmetro | Estimativa | Desvio Padrão | IC(•; 95%)       | Mediana |
|-----------|------------|---------------|------------------|---------|
| $\tau_1$  | 278,00     | 49,99         | (210,20; 408,90) | 265,80  |
| $\tau_2$  | 288,70     | 50,12         | (220,50; 420,10) | 277,00  |
| $\tau_3$  | 190,00     | 50,08         | (122,00; 321,40) | 177,80  |
| $\tau_4$  | 292,70     | 50,14         | (224,30; 424,10) | 280,40  |
| $\tau_5$  | 243,90     | 50,13         | (176,20; 375,30) | 231,60  |
| $\mu_1$   | 393,60     | 6,61          | (380,50; 406,60) | 393,70  |
| $\mu_2$   | 404,40     | 6,77          | (391,10; 417,70) | 404,30  |
| $\mu_3$   | 305,60     | 5,75          | (294,50; 317,00) | 305,60  |
| $\mu_4$   | 408,30     | 6,74          | (395,10; 421,60) | 408,30  |
| $\mu_5$   | 359,50     | 6,28          | (347,50; 372,00) | 359,50  |
| $\mu_0$   | 115,60     | 49,69         | (-15,48; 183,50) | 129,00  |

Tabela 2: Diferença entre os números esperados de plantas daninhas reinfestantes 30 dias após a aplicação dos tratamentos T1, T2, T3 T4 e T5..

| Diferenças entre as médias | IC( $\Delta_\mu$ ; 95%) |
|----------------------------|-------------------------|
| $(\mu_1 - \mu_2)$          | ( -29,42; 7,88)         |
| * $(\mu_1 - \mu_3)$        | ( 70,66; 105,40)        |
| $(\mu_1 - \mu_4)$          | ( -32,80; 3,62)         |
| * $(\mu_1 - \mu_5)$        | ( 16,05; 51,91)         |
| * $(\mu_2 - \mu_3)$        | ( 81,35; 116,10)        |
| $(\mu_2 - \mu_4)$          | ( -22,66; 15,00)        |
| * $(\mu_2 - \mu_5)$        | ( 26,14; 62,65)         |
| * $(\mu_3 - \mu_4)$        | (-119,80; -85,23)       |
| * $(\mu_3 - \mu_5)$        | ( -70,89; -37,13)       |
| * $(\mu_4 - \mu_5)$        | ( 30,80; 67,01)         |

95% de credibilidade não continham o valor zero evidenciaram a diferença estatística entre os tratamentos realizados. Na Tabela 2 é possível visualizar os resultados obtidos para cada possível diferença.

Observando-se a Tabela 3 constatou-se que T3 obteve o melhor desempenho sendo este o herbicida que melhor controlou a reinfestação de plantas daninhas, T5 apresentou o segundo melhor resultado e o restante dos tratamentos não diferiram entre si, apresentando os piores resultados.

Tabela 3: Relevância dos resultados médios das distribuições *a posteriori* para o número esperado de plantas daninhas reinfestantes 30 dias após a aplicação dos tratamentos T1, T2, T3 T4 e T5.

| Média            |   |
|------------------|---|
| $\mu_3 = 305,60$ | a |
| $\mu_5 = 359,50$ | b |
| $\mu_1 = 393,60$ | c |
| $\mu_2 = 404,40$ | c |
| $\mu_4 = 408,30$ | c |

\* Com base nas distribuições *a posteriori*, médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente.

## 4 Conclusão

Quanto ao número de plantas daninhas que surgiram na reinfestação 30 dias após a aplicação dos tratamentos pode-se concluir que o tratamento T3 obteve o melhor desempenho sendo este o herbicida que melhor controlou a reinfestação de plantas daninhas, T5 apresentou o segundo melhor resultado e o restante dos tratamentos não diferiram entre si, apresentando os piores resultados.

## Referências

- [1] ALMEIDA, F. S. *Controle de plantas daninhas em plantio direto*. IAPAR, 34, Londrina (circular 67), 1991.
- [2] DATTA, G. S.; GHOSH, M. *Hierarchical Bayes estimators of the error variance in one-way ANOVA models*. Journal of statistical planning and inference **3**(45), 399-411, 1995.
- [3] DEUBER, R. *Ciência das Plantas daninhas: Fundamentos*. Funep (1) 431, Jaboticabal, 1992.
- [4] Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, Embrapa, 4<sup>a</sup> edição, 2015.
- [5] Agenda 21 - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Subsecretaria de Edições, Senado Federal, Brasília, 3<sup>a</sup> edição, 2015.
- [6] GEWEKE, J. *Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to calculating posterior moments*. Bayesian Statistics, Clarendon Press, Oxford, 169-193, 1992.
- [7] HEIDELBERGER, P.; WELCH, P. *Simulation run length control in the presence of an initial transient*. Operations Research, (31) 1109-1144, 1983.
- [8] AGRIANUAL 2015. Anuário da Agricultura Brasileira, FNP Instituto, São Paulo, 2015.
- [9] RITA NETO, A. S. *Análise da Conjuntura Agropecuária Safra 2010/11: Agrometeorologia*. IAPAR, 2010.
- [10] SKORA NETO, F.; PASSINI, T.; RODRIGUES, B. N. *Sistema de Plantio Direto com Qualidade*. IAPAR, Londrina, 143-155, 2006.
- [11] NTZOUFRAS, I. *Bayesian Modeling Using WinBUGS*. John Wiley & Sons, Inc, New Jersey, 2009.
- [12] PRIMAVESI A. *Manejo Ecológico do Solo: Agricultura em Regiões Tropicais*. Nobel, 536, 2002.