

A close-up photograph of a hand holding water, with droplets falling onto a small green seedling growing out of a mound of dark soil. The background is a warm, golden glow, suggesting sunlight. The image is divided into three horizontal sections: a top section with a hand, a middle green section with text, and a bottom section with soil and a seedling.

Carlos Antônio dos Santos  
Júlio César Ribeiro  
(Organizadores)

# Desafios e Sustentabilidade no Manejo de Plantas

 **Atena**  
Editora  
Ano 2019

Carlos Antônio dos Santos  
Júlio César Ribeiro  
(Organizadores)

# Desafios e Sustentabilidade no Manejo de Plantas

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Rafael Sandrini Filho  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
D441	Desafios e sustentabilidade no manejo de plantas [recurso eletrônico] / Organizadores Carlos Antônio dos Santos, Júlio César Ribeiro. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web 978-85-7247-408-5 DOI 10.22533/at.ed.085191806  1. Agricultura – Pesquisa – Brasil. 2. Desenvolvimento sustentável – Brasil. 3. Produção agrícola – Brasil. I. Santos, Carlos Antônio dos. II. Ribeiro, Júlio César.  CDD 634.92
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

O Brasil é um país com a produção agrícola consolidada em função dos grandes investimentos tecnológicos realizados, vasta extensão territorial agricultável, ampla biodiversidade, além de clima favorável ao cultivo de inúmeras espécies de importância econômica. Atualmente, com a agricultura brasileira cada vez mais tecnificada, tornou-se necessária a adoção de práticas que assegurem a manutenção dos bons índices produtivos registrados e que, ao mesmo tempo, promovam a sustentabilidade de toda a produção agrícola.

O cultivo agrícola está sujeito a influência de diversos fatores bióticos e/ou abióticos, e que se apresentam como desafios a serem superados nas lavouras de todo o país. Dentro desse contexto, vale destacar a ocorrência de “plantas daninhas” como um dos principais limitantes à produção. Estas plantas, caso não sejam manejadas corretamente, podem trazer inúmeros prejuízos aos produtores em função da competição por água, luz e nutrientes com as culturas de interesse, além de ocasionarem uma série de outras interações negativas.

A continuidade do êxito da produção agrícola brasileira deverá ser baseada, portanto, na capacidade de contornar esses obstáculos e nos investimentos em novas tecnologias e práticas visando aumento da eficiência, sustentabilidade e competitividade a nível mundial. Uma outra demanda em expansão é a exploração sustentável dos recursos disponíveis em nossa flora, e que podem ter importância em segmentos, como o farmacêutico. A exploração dessas espécies vegetais necessita de estudos que validem as suas potencialidades de uso.

Nesta obra “Desafios e Sustentabilidade no Manejo de Plantas” foram selecionados trabalhos que priorizaram essas temáticas e que foram capazes de agrupar, sintetizar e oferecer informações passíveis de utilização por pesquisadores e técnicos. Em uma primeira parte, são apresentados trabalhos que trazem informações e questionamentos sobre estresse em plantas pela aplicação de herbicidas, resistência de “plantas daninhas” a herbicidas, e fitorremediação. Posteriormente, são apresentados trabalhos pontuais que compilam informações e resultados de experiências sobre mistura em tanques, interações e efeito residual de herbicidas.

Na segunda parte da obra é mostrada a eficiência terapêutica de metabólitos secundários da espécie *Achyrocline satureioides*, por meio da compilação e análise de informações disponíveis em bases de dados eletrônicas e da legislação brasileira.

Agradecemos aos autores vinculados às duas grandes instituições brasileiras, UFRRJ e UFSC, pelo empenho ao compartilhar seus conhecimentos e resultados de muitos anos de dedicação e investimentos em pesquisa.

Carlos Antônio dos Santos  
Júlio César Ribeiro

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTRESSE EM PLANTAS PELA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS	
Junior Borella	
Ana Claudia Langaro	
Amanda dos Santos Souza	
Jéssica Ferreira Lourenço Leal	
Gledson Soares de Carvalho	
Ana Carolina Oliveira Chapeta	
Rayana da Rocha Sarmiento	
Camila Ferreira de Pinho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0851918061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>17</b>
RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS A HERBICIDAS	
Ana Claudia Langaro	
Gabriella Francisco Pereira Borges de Oliveira	
Jéssica Ferreira Lourenço Leal	
José Maurício Fajardo da Cunha	
Luana Jéssica da Silva Ferreira	
Juliana Lima Diniz	
Camila Ferreira de Pinho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0851918062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>30</b>
FITORREMEDIAÇÃO DE HERBICIDAS	
Amanda dos Santos Souza	
Gabriella Francisco Pereira Borges De Oliveira	
Ana Claudia Langaro	
Monara Abreu Mendes	
Jonathan Almeida Santos Simões	
Junior Borella	
Camila Ferreira De Pinho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0851918063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>42</b>
MISTURA EM TANQUE E INTERAÇÕES ENTRE HERBICIDAS	
Jéssica Ferreira Lourenço Leal	
Gabriella Francisco Pereira Borges de Oliveira	
Amanda Dos Santos Souza	
Marcelo Pereira Sampaio	
Eduardo Souza De Amorim	
Ana Claudia Langaro	
Camila Ferreira De Pinho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0851918064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>58</b>
EFEITO RESIDUAL DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES EM MILHO CULTIVADO EM SUCESSÃO A SOJA	
Gledson Soares de Carvalho	
Samia Rayara de Sousa Ribeiro	
Cristiano Viana André	
Felipe Sant'Ana Marinho	

Mariana Araújo Alves Gomes de Souza  
Monique Macedo Alves  
Camila Ferreira de Pinho

**DOI 10.22533/at.ed.0851918065**

**CAPÍTULO 6 ..... 69**

EFICIÊNCIA TERAPÊUTICA DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE *Achyrocline satureioides*

Aline Nunes  
Caroline Schmitz  
Deise Munaro  
Marcelo Maraschin

**DOI 10.22533/at.ed.0851918066**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 79**

## EFEITO RESIDUAL DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES EM MILHO CULTIVADO EM SUCESSÃO A SOJA

### **Gledson Soares de Carvalho**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica – RJ

### **Samia Rayara de Sousa Ribeiro**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica – RJ

### **Cristiano Viana André**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica – RJ

### **Felipe Sant’Ana Marinho**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica – RJ

### **Mariana Araújo Alves Gomes de Souza**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica – RJ

### **Monique Macedo Alves**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica – RJ

### **Camila Ferreira de Pinho**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica – RJ

**RESUMO:** Herbicidas pré-emergentes são ferramentas importantes para o controle de plantas daninhas, pois apresentam efeito residual longo ampliando o período de controle dos alvos. No entanto, quando o período residual excede o ciclo da cultura, os herbicidas podem ocasionar toxicidade aos cultivos

em sucessão, fenômeno conhecido como *carryover*. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual dos herbicidas flumioxazim e metribuzim na cultura do milho cultivada em sucessão a soja. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em blocos casualizados, com quatro repetições. As doses utilizadas para cada herbicida foram 1/2D, D, D+1/2, 2D. A dose recomendada (D) foi 50 e 480 g ia ha<sup>-1</sup> para flumioxazim e metribuzim, respectivamente. Após a aplicação dos herbicidas, a soja foi cultivada por 120 dias e em seguida semeou-se milho. Foram avaliadas nas plantas de milho a massa seca de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) e fluorescência transiente da clorofila *a* aos 15 e 60 (DAE). Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Não se observou redução da MSPA e MSR em função do aumento da dose para ambos os herbicidas. Em relação a fluorescência transiente da clorofila *a*, verificou-se que os herbicidas não influenciaram negativamente nos índices de performance fotossintética  $PI_{ABS}$  e  $PI_{TOTAL}$ . Observou-se aumento no  $PI_{ABS}$  e  $PI_{TOTAL}$  de plantas de milho cultivadas em solo sob aplicação de metribuzim (15DAE) e flumioxazim (60DAE). Os herbicidas flumioxazim e metribuzim, quando aplicados em pré-emergência da cultura da soja, não resultam em injúrias no milho cultivado em sucessão.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*, pré-

emergência, *carryover*.

**ABSTRACT:** Pre-emergence herbicides are important tools for weed control, since they have a long residual effect extending the period of control of the targets. However, when the residual period exceeds the crop cycle, herbicides can cause crop toxicity in succession, a phenomenon known as carryover. The objective of this work was to evaluate the residual effect of the herbicides flumioxazim and metribuzim on corn crop grown in soybean succession. The experiment was conducted in a greenhouse, in randomized blocks, with four replications. The doses used for each herbicide were 1/2D, D, D+1/2, 2D. The recommended dose (D) was 50 and 480 g ai ha<sup>-1</sup> for flumioxazim and metribuzim, respectively. After application of the herbicides, the soybean was cultivated for 120 days and then corn was sown. The dry mass of aerial part (SDR) and root (RDM) and chlorophyll a transient fluorescence at 15 and 60 (DAE) were evaluated in maize plants. The data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). No reduction of SDM and RDM was observed as a function of dose increase for both herbicides. In relation to transient fluorescence of chlorophyll a, herbicides were found to have no negative influence on  $PI_{ABS}$  and  $PI_{TOTAL}$  photosynthetic performance indices. It was observed an increase in  $PI_{ABS}$  and  $PI_{TOTAL}$  of maize plants cultivated in soil under application of metribuzim (15DAE) and flumioxazim (60DAE). The herbicides flumioxazim and metribuzim, when applied in pre-emergence of the soybean crop, do not result in injuries to maize grown in succession.

**KEYWORDS:** *Zea mays*, pre-emergence, *carryover*

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa um papel importante na agricultura mundial, sendo um dos maiores produtores de grãos. De acordo com o último levantamento realizado pela CONAB (2019), a previsão de produção de grãos para a safra 2018/2019 está em torno de 237,3 milhões de toneladas. Entre as culturas graníferas, a soja e o milho possuem grande parcela na produção brasileira, sendo o sistema soja-milho o mais representativo.

Neste sistema de produção, é comum que ocorram problemas que afetam as culturas de interesse econômico, entre estes, a presença de plantas daninhas. Estas são todas as espécies que ocorrem em momentos e locais indesejados (VENCILL, 2012), competindo com as culturas de interesse por recursos naturais como água, luz e nutrientes, podendo causar prejuízos econômicos (OERKE, 2006; MATZRAFI et al., 2014).

Há diferentes métodos para o controle de plantas daninhas, sendo o controle químico o mais utilizado para minimizar os efeitos da competição destas espécies com as culturas, sendo este um método eficaz e prático (NORSWORTHY, 2012; FOLONI et al., 2016).

Na cultura da soja, o manejo de dessecação é baseado na utilização de herbicidas pós-emergentes não seletivos, como glifosato, por exemplo. Associado a estes, podem ser empregados herbicidas pré-emergentes, pois estes garantem o controle do fluxo de emergência das plantas daninhas por um determinado período de tempo devido suas características de residualidade, garantindo que a cultura germine e desenvolva-se livre da competição com plantas daninhas (OLIVEIRA, 2001; INOUE et al., 2011a; INOUE et al., 2012).

Quando comparado aos herbicidas posicionados em pós-emergência, pode-se afirmar que herbicidas pré-emergentes, também conhecidos por possuírem longo efeito residual, necessitam de maiores cuidados ao serem aplicados, tendo em vista que sua dinâmica é dependente de vários fatores edafoclimáticos (INOUE et al., 2011b; MANCUSO et al., 2011; SCHERER, 2017). O efeito residual é uma ótima ferramenta para o controle do banco de sementes do solo, exercendo o controle por semanas ou até mesmo meses. No entanto, como consequência, pode resultar toxicidade na cultura subsequente, sendo este efeito denominado “*carryover*” (OLIVEIRA JR, 2011). Este fenômeno irá depender das características físico-químicas da molécula do herbicida usado, dos fatores edafoclimáticos, e da espécie vegetal que será plantada subsequentemente (MANCUSO et al., 2011).

Os herbicidas metribuzim e flumioxazim são exemplos de herbicidas pré-emergentes recomendados para a cultura da soja. O metribuzim é um herbicida do grupo químico das triazinonas, que tem como mecanismo de ação a inibição do fotossistema II (PSII), impedindo a transferência de elétrons do sítio Q<sub>b</sub> da proteína D1 na cadeia transportadora de elétrons, promovendo uma série de reações que culminam na morte da planta (OLIVEIRA & BRIGHENTI, 2011; TROPALDI et al., 2015). O metribuzim possui um tempo de meia vida que pode variar 30 a 60 dias (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011; SILVA JUNIOR et al., 2015), podendo alcançar sua meia vida em 90 dias, dependendo da condição climática (WEBSTER, 1974; SAVAGE, 1977). Já o flumioxazin pertence ao grupo das N-fenilftalimidas, o qual atua na inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), ocasionando acúmulo de protoporfirina IX, promovendo a formação de espécies reativas de oxigênio que atuam na destruição de membranas celulares causando necrose dos tecidos foliares (DUKE et al., 1994; MATSUMOTO, 2002). O flumioxazin, apresenta um tempo de meia vida de 10 a 25 dias (FERRELL et al., 2005; DAN et al., 2011). Dependendo das condições edafoclimáticas, o herbicida pode alcançar períodos superiores a 35 dias (WILCUT, 2001; ALISTER, 2008).

Trabalhos realizados mostram que o herbicida flumioxazin não afetou as culturas subsequentes, como no caso do milho (DAN et al., 2011). Cornelius (2017), observou redução de aproximadamente 10 e 2% na biomassa de culturas de cobertura como o trigo e o azevém, respectivamente, após a aplicação de flumioxazin na cultura da soja. Para o herbicida metribuzim, houve redução de 13 e 4% nas mesmas culturas. No entanto, estudos que verificam o efeito desses herbicidas na cultura do milho

são escassos. Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito residual dos herbicidas flumioxazim e metribuzim na cultura do milho em sucessão a soja.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação em áreas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em Seropédica/RJ, em esquema de sucessão de culturas, durante o período de setembro de 2016 a março de 2017. O delineamento experimental foi de casualização por bloco, com quatro repetições. As doses utilizadas para cada herbicida foram 1/2D, D, D+1/2, 2D, sendo a dose recomendada (D) 50 e 480 g ia ha<sup>-1</sup> para flumioxazim e metribuzim respectivamente, além do tratamento controle (sem aplicação dos herbicidas). As unidades experimentais foram constituídas por vasos de polietileno de 5 L, preenchidos com solo peneirado, previamente analisado.

A semeadura da soja Sistema Cultivance® BRS 397 cv, linhagem BRZ11-6426 cv, de ciclo de aproximadamente 120 dias, foi realizada em todos os vasos e logo após, foi realizada a aplicação dos herbicidas (sistema plante-aplique). A aplicação dos herbicidas foi realizada com um pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, constituído por uma barra de 2m, contendo quatro pontas de pulverização tipo Teejet Turbo Jet 110.02 proporcionando a aplicação de 150 L ha<sup>-1</sup> de calda herbicida, observando as especificidades de bula de cada produto utilizado.

Aos 120 dias após a aplicação dos herbicidas a soja foi coletada e a cultura do milho foi semeada. Aos 15 e 60 dias após a emergência (DAE) foi realizada a análise da fluorescência transiente da clorofila *a* aos. Esta análise foi medida adaptando-se ao escuro as folhas jovens totalmente expandidas, com o auxílio de cliques foliares, durante 20 minutos para que o sistema fotossintético fosse completamente oxidado. Após esse período, utilizando-se um fluorômetro portátil HandyPEA (Hanstech, King's Lynn - Norfolk, Reino Unido), a emissão de fluorescência foi induzida em uma área de 4mm de diâmetro da folha pela exposição da amostra a um pulso de luz saturante numa intensidade de 3.000µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>(STRASSER & GOVINDJEE, 1992; VIANA, 2013). A partir da curva de emissão de fluorescência transiente obtida, os dados foram utilizados para o cálculo dos parâmetros estabelecidos pelo Teste JIP (Tabela 1) através do software Biolyzer, que conduz a uma quantificação da arquitetura e comportamento do sistema fotossintético (TSIMILLI-MICHAEL & STRASSER, 2008).

PARÂMETROS DE FLUORESCÊNCIA CALCULADOS A PARTIR DOS DADOS PRIMÁRIOS OBTIDOS	
$F_v = F_M - F_0$	Fluorescência variável
$F_v/F_M$	Rendimento quântico máximo do PSII
$V_t$	Fluorescência variável relativa em um tempo "t"
$V_j$	Fluorescência variável relativa em relação ao nível J
$V_i$	Fluorescência variável relativa em relação ao nível I

$M_0 = 4(F_{300\mu s} - F_0)/(F_M - F_0)$	Declive inicial aproximado (em $ms^{-1}$ ) da fluorescência transiente $V = f(t)$
$S_s = V_j/M_0$	Área total normalizada complementar correspondente apenas a fase O-J (reflete um único volume de eventos de redução de $Q_A^-$ )
$S_m = (Area)/(F_M - F_0)$	Área total normalizada complementar acima da curva OJIP (reflete múltiplos eventos de redução de $Q_A^-$ )
$N = S_m/S_s$	Número total de elétrons transferidos para a cadeia de transporte de elétrons entre o tempo de 0 e t (necessário para atingir $F_M$ )
<b>ATIVIDADE ESPECÍFICA POR CENTRO DE REAÇÃO (RC)</b>	
$ABS/RC = M_0 (1/V_j) (1/jP_0)$	Medida do tamanho aparente do sistema antena ou o fluxo de absorção por RC
$TR_0/RC = M_0 (1/V_j)$	Máxima taxa pela qual um éxciton é capturado pelo RC resultando em uma redução da plastoquinona ( $Q_A^-$ )
$ET_0/RC = M_0 (1/V_j) \Psi_0$	Re-oxidação da $Q_A^-$ via transporte de elétrons em um RC ativo
$DI_0/RC = (ABS/RC) - (TR_0/RC)$	Razão de dissipação total de energia de excitação não capturada do total de RC, sendo a dissipação neste caso à perda de energia na forma de calor
$RE_0/RC$	Redução do acceptor final de elétrons no lado do acceptor de elétrons do PSI por RC
<b>RENDIMENTOS ENERGÉTICOS OU TAXAS DE FLUXO</b>	
$\Phi P_0 = TR_0/ABS = F_v/F_M$	Rendimento quântico máximo fotoquímico
$\Phi_{E0} = ET_0/ABS$	Rendimento quântico de transporte de elétrons de $Q_A^-$ para o intersistema de aceptores de elétrons
$\Phi_{D0} = 1 - jP_0 = (F_0/F_M)$	Rendimento quântico para dissipação de energia
$\Phi_{R0} = RE_0/ABS$	Rendimento quântico de transporte de elétrons de $Q_A^-$ para o acceptor final de elétrons do PSI
<b>EFICIÊNCIAS</b>	
$\Psi E_0 = ET_0/TR_0$	Eficiência com que um éxciton capturado no RC pode mover um elétron de $Q_A^-$ para o intersistema de aceptores de elétrons
$\rho_0 = RE_0/TR_0$	Eficiência com que um éxciton capturado no RC pode mover um elétron dentro da cadeia de transporte de elétrons de $Q_A^-$ para os aceptores finais de elétrons do PSI
$\delta R_0 = RE_0/ET_0$	Eficiência com que um elétron pode mover o intersistema de aceptores de elétrons reduzidos no intersistema para o acceptor final de elétrons do PSI
<b>ÍNDICES DE DESEMPENHO</b>	
$PI_{ABS} = \frac{RC}{ABS} B \left( \frac{\Phi_{R0}}{10S\Phi_{R0}} \right) OSi \left( \frac{\Psi_0}{10\Psi_0} \right)$ $= \frac{RC}{ABS} B \frac{TR_0}{DI_0}$ $\times \frac{ET_0}{1TSET_0}$	Índice de desempenho fotossintético (conservação de energia a partir do éxciton para a redução dos aceptores de elétrons do intersistema)
$PI_{total} = PI_{ABS} BS \frac{\delta_0}{1B\delta_0}$	Índice de desempenho fotossintético total (conservação de energia a partir de éxciton para a redução de aceptores finais do PSI)

Tabela 1. Principais parâmetros do Teste JIP (Adaptado de TSIMILLI-MICHAEL & STRASSER *et al.*, 2008).

Após 60 dias da emergência das plantas de milho foi realizada a coleta para a realização das análises das variáveis biométricas de massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR). Para este procedimento, as amostras foram separadas e colocadas em sacos de papel, sendo submetidas a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até alcançar massa constante, quando foram

imediatamente pesadas em balança analítica.

Todos os dados gerados nos experimentos foram submetidos à análise da variância ( $p \leq 0,05$ ) e sendo significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se incremento na massa seca de raiz das plantas de milho em função do aumento da dose, quando cultivadas em solo com aplicação prévia de flumioxazin (Tabela 2). Já para o herbicida metribuzim, não houve diferença significativa entre todos os tratamentos (doses) avaliados. Esse aumento no acúmulo de massa em função das subdoses é denominado hormese. Estímulos em culturas são verificados em características de crescimento, como acúmulo de biomassa, altura, comprimento e área foliar (SILVA et al., 2009; WAGNER et al., 2003; SILVA et al., 2012). Em casos como esse, a presença do herbicida no solo pode levar a planta a ativar seu sistema de defesa e acelerar seu metabolismo como forma de mitigar o efeito causado pelo herbicida. Esse aumento no metabolismo vegetal pode ser responsável pelo maior crescimento e desenvolvimento das plantas, resultando em maior estatura e acúmulo de massa seca (Cedergreen et al., 2007; Calabrese & Blain, 2009).

Massa seca de raiz (MSR)		
Dose (g ia ha <sup>-1</sup> )	Herbicidas	
	Flumioxazin	Metribuzim
0	0,84b*	0,84a
½ D	2,90a	0,70a
D	2,82a	0,98a
D + ½	2,70a	0,78a
2D	1,97ab	1,03a
CV(%)	22,32	

Tabela 2. Massa seca da raiz (MSR) do milho cultivado em solo tratado em pré-emergência com os herbicidas flumioxazin e metribuzim nas doses ½ D, D, D + ½ e 2D, além do tratamento controle (sem aplicação de herbicida), 120 dias após a aplicação. Seropédica/RJ – 2017.

\*Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si na coluna a 5% de probabilidade pelo teste Tukey ( $n=4$ ).

Comportamento semelhante foi observado quando avaliada a massa seca da parte aérea. Plantas de milho cultivadas em solo com aplicação prévia de flumioxazin apresentaram maior acúmulo de biomassa com o aumento da dose (Tabela 3). Esse resultado também pode estar relacionado ao efeito de hormese. Cabe-se ressaltar que o milho foi cultivado 120 dias após a aplicação dos herbicidas e dessa forma acredita-se que apenas parte da quantidade inicial aplicada estava disponível no solo, podendo ser considerada equivalente a subdoses do produto. Quando avaliada a resposta na

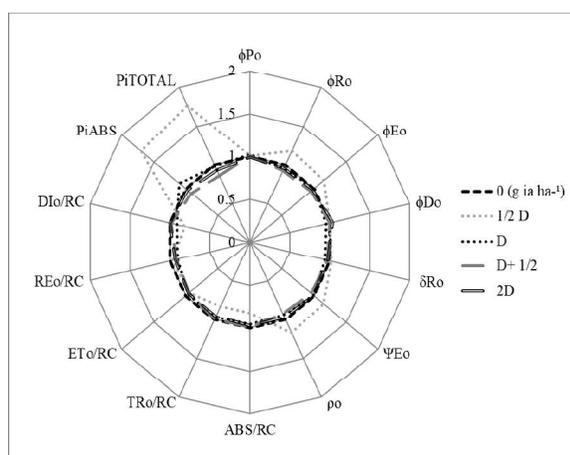
massa seca da parte aérea das plantas ao herbicida metribuzim, não se observou diferença em relação a testemunha sem aplicação.

Massa seca de parte aérea (MSPA)		
Dose (g ia ha <sup>-1</sup> )	Herbicidas	
	Flumioxazin	Metribuzim
0	2,44b*	2,44a
½ D	3,99ab	2,28a
D	3,14b	2,07a
D + ½	5,35a	2,13a
2D	4,31ab	3,32a
CV(%)	31,99	

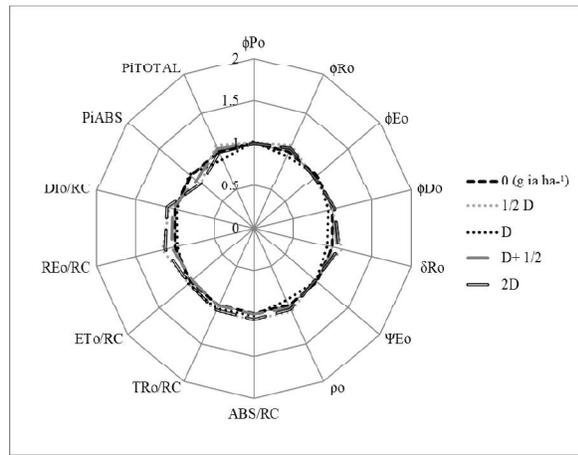
Tabela 3. Massa seca de parte aérea (MSPA) do milho cultivado em solo tratado em pré-emergência com os herbicidas flumioxazin e metribuzim nas doses ½ D, D, D + ½ e 2D, além do tratamento controle (sem aplicação de herbicida), 120 dias após a aplicação. Seropédica/RJ – 2017.

Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si na coluna a 5% de probabilidade pelo teste Tukey ( $n=4$ ).

Com relação aos dados referentes a fluorescência transiente da clorofila *a*, verificou-se que ambos os herbicidas não influenciaram negativamente nos índices de performance fotossintética  $PI_{ABS}$  e  $PI_{TOTAL}$  (Figura 1). Aos 15 DAE, não foram observadas divergências entre os parâmetros fotossintéticos das plantas de milho. Aos 60 DAE, nota-se aumento acima de 50% nos parâmetros de  $PI_{ABS}$  e  $PI_{TOTAL}$ . Este comportamento provavelmente é uma resposta da planta frente ao estresse causado pelo efeito residual do herbicida, porém não foi prejudicial ao milho tendo em vista aos valores mencionados nas tabelas 1 e 2 referentes a massa seca de raiz e de parte aérea. O aumento da performance fotossintética observada nas figuras 1B também pode estar associada ao fenômeno de hormese o qual é observado nas tabelas 2 e 3, como já discutido anteriormente, tendo como resposta o aumento de massa seca de raiz e de parte aérea.



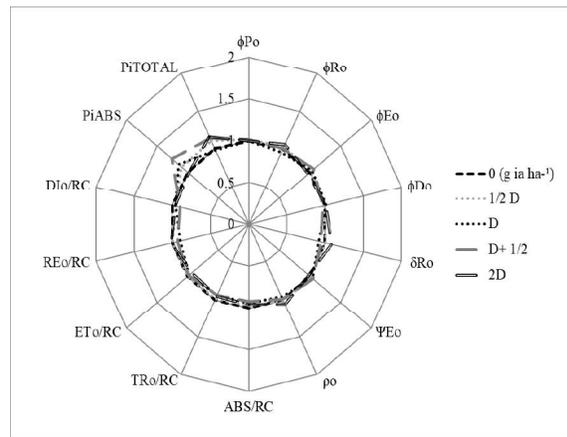
(A)



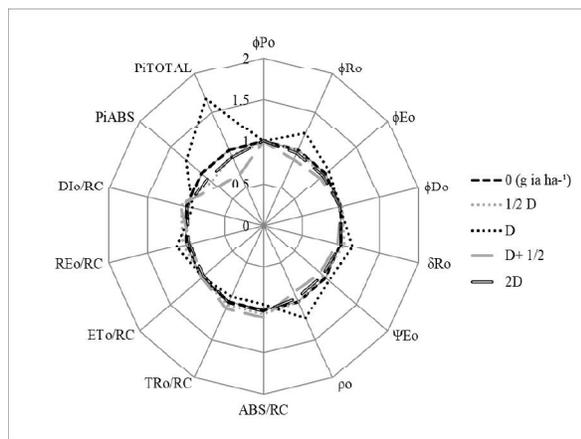
(B)

Figura 1. Fluorescência da clorofila *a* em folhas de plantas de milho sob diferentes doses de herbicidas e DAE. A-Flumioxazim 15DAE; B-Flumioxazim 60DAE.

Quando cultivadas em solo com aplicação prévia de metribuzim (figura 2), aos 15 DAE, as plantas mostraram aumento no parâmetro  $PI_{TOTAL}$ , ou seja, possivelmente houve resposta da planta em relação ao efeito residual do herbicida. Porém, aos 60 DAE, observou-se que as plantas reduziram sua atividade fotossintética em aproximadamente 50%, obtendo um comportamento do aparato fotossintético semelhante a testemunha, corroborando com os dados obtidos de massa seca de raiz e de parte aérea.



(A)



(B)

Figura 2. Fluorescência da clorofila *a* em folhas de plantas de milho sob diferentes doses de herbicidas e DAE. A- Metribuzim 15DAE; B-Metribuzim 60 DAE.

#### 4 | CONCLUSÃO

Os herbicidas flumioxazim e metribuzim, quando aplicados em pré-emergência da cultura da soja, não resultam em injúrias no milho cultivado em sucessão 120 dias após a aplicação dos herbicidas. Desta forma, nas condições deste ensaio, os mesmos podem ser recomendados como alternativa de manejo para o sistema de rotação soja-milho.

#### REFERÊNCIAS

Alister, C.; Rojas, S.; Gómez, P.; Kogan, M. **Dissipation and movement of flumioxazin in soil at four field sites in Chile**. Pest Management Science: formerly Pesticide Science, v. 64, n. 5, p. 579-583, 2008.

CALABRESE, E. J.; BLAIN, R. B. **Hormesis and plant biology**. Environmental Pollution, v. 157, n. 1, p. 42-48, 2009.

CEDERGREEN, N.; STREIBIG, J. C.; KUDSK, P.; MATHIASSEN, S. K.; DUKE, S. O. **The occurrence of hormesis in plants and algae**. Dose Response, v. 5, n. 2, p. 150-162, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, Safra 2018/19 - Quarto levantamento, Brasília. p.1-126, 2019.

CORNELIUS, C. D.; BRADLEY, K. W. **Carryover of common corn and soybean herbicides to various cover crop species**. Weed Technology, v. 31, n. 1, p. 21-31, 2017.

Dan, H. A.; Dan, L. G. M.; Barroso, A. L. L.; Procópio, S. O.; Oliveira JR., R. S.; Assis, R. L.; SILVA, A. G.; Feldkircher, C. **Atividade residual de herbicidas pré-emergentes aplicados na cultura da soja sobre o milheto cultivado em sucessão**. Planta Daninha, v. 29, n. 2, p. 437-445, 2011.

DUKE, S. O.; NANDIHALLI, U. B.; LEE, H. J.; DUKE, M. V. **Protoporphyrinogen oxidase as the optimal herbicide site in the porphyrin pathway**. In: ACS symposium series (USA). 1994.

FERRELL, J. A.; VENCILL, W. K.; XIA, K.; GREY, T. L. **Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin.** Pest Management Science, v. 61, n. 1, p. 40-46, 2005.

FOLONI, L. L. **O Herbicida 2,4D I uma visão geral.** Ribeirão Preto: Labcom Total, 2016, 252 p.

INOUE, M. H.; MENDES, K. F.; SANTANA, C. T. C.; POSSAMAI, A. C. S. **Atividade residual de herbicidas pré-emergentes aplicados em solos contrastantes.** Revista Brasileira de Herbicidas, v. 10, n. 3, p. 232-242, 2011a.

INOUE, M. H.; SANTANA, C. T. C.; OLIVEIRA JR., R. S.; POSSAMAI, A. C. S.; SANTANA, D. C.; ARRUDA, R. A. D.; DALLACORT, R.; SZTOLTZ, C. L. **Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes solos.** Planta Daninha, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2011b.

INOUE, M. H.; TSCHOPE, M. C.; MENDES, K. F.; MATOS, A. K. A.; GOULART, B. F.; BEN, R. **Seleção de bioindicadores para herbicidas residuais aplicados em pré-emergência.** Revista de Ciências Agro-Ambientais, v. 10, n. 2, p. 173-182, 2012.

MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. **Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”).** Revista Brasileira de Herbicidas, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.

MATSUMOTO, Hiroshi. **Inhibitors of protoporphyrinogen oxidase: a brief update. In: Herbicide classes in development.** Springer, Berlin, Heidelberg, p. 151-161, 2002.

MATZRAFI, M.; GADRI, Y.; FRENKEL, E.; RUBIN, B.; PELEG, Z. **Evolution of herbicide resistance mechanisms in grass weeds.** Plant Science, v. 229, p. 43-52, 2014.

NORSWORTHY, J. K.; WARD, S. M.; SHAW, D. R.; LLEWELLYN, R. S.; NICHOLS, R. L.; WEBSTER, T. M.; BRADLEY, K. W.; FRISVOLD, G.; POWLES, S. B.; BURGOS, N. R.; WITT, W. W.; BARRETT, M. **Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations.** Weed Science, v. 60, n. SP1, p. 31-62, 2012.

OERKE, E.-C. **Crop losses to pests.** The Journal of Agricultural Science, v. 144, n. 1, p. 31-43, 2006.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. **Comportamento dos herbicidas no ambiente.** Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE), 2011.

OLIVEIRA, R. S.; KOSKINEN, W. C.; FERREIRA, F. A. **Sorption and leaching potential of herbicides on Brazilian soils.** Weed Research, v. 41, n. 2, p. 97-110, 2001.

OLIVEIRA JUNIOR, R.S. de; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo.** Guaíba: Agropecuária, 2001.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas.** 6.ed. Londrina: IAPAR, 2011, 697p.

SAVAGE, K. E. **Metribuzin persistence in soil.** Weed Science, v. 25, n. 1, p. 55-59, 1977.

SILVA, M. A.; ARAGÃO, N. C.; BARBOSA, M. A.; JERONIMO, E. M.; CARLIN, S. D. **Efeito hormótico de glyphosate no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar.** Bragantia, v. 68, n. 4, p. 973-978, 2009.

SILVA, J. C.; ARF, O.; GERLACH, G. A. X.; KURYIAMA, C. S.; RODRIGUES, R. A. F. **Efeito hormese de glyphosate em feijoeiro.** Pesquisa Agropecuária Tropical, p. 295-302, 2012.

SILVA JÚNIOR, Antonio Carlos da; QUEIROZ, Juliana Roberta Gobi; MARTINS, Dagoberto.

Quantidade de chuva e lixiviação do herbicida metribuzin através de planta bioindicadora. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 42, n. 3, p. 592-597, 2015.

SCHERER, M. B.; SPATT, L. L.; PEDROLLO, N. T.; ALMEIDA, T. C.; SANCHOTENE, D. M.; DORNELLES, S. H. B. **Herbicidas pré-emergentes para manejo de milho voluntário RR<sup>®</sup> na cultura da soja**. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2017.

STRASSER, R. J.; GOVINDJEE. **The Fo and the O-J-I-P fluorescence rise in higher plants and algae**. In: Argyroudi-Akoyunoglou, J.H. (Ed.), *Regulation of Chloroplast Biogenesis*, p. 423–426, Plenum Press, New York, 1992.

TROPALDI, L; VELINI, E.D.; CARBONARI, C.A.; ARALDI, R.; CORNIANI, N.; GIROTTO, M.; SILVA, I.P.F. **Deteção da tolerância de diferentes espécies de capim-colchão a herbicidas inibidores do fotossistema II utilizando a técnica da fluorescência**. *Ciência Rural*, v.45, n.5, p. 767-773, 2015.

TSIMILLI-MICHAEL, M.; STRASSER, R.J. **In Vivo Assessment of Stress Impact on Plants' Vitality: Applications in Detecting and Evaluating the Beneficial Role of Mycorrhization on Host Plants**. In: Varma, A. (ed) *Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*, 2008, Springer, p.679-703.

VENCILL, W. K.; NICHOLS, R. L.; WEBSTER, T. M.; SOTERES, J. K.; MALLORY-SMITH, C.; BURGOS, N. R.; JOHNSON, W. G.; MCCLELLAND, M. R. **Herbicide resistance: toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops**. *Weed Science*, v. 60, n. SP1, p. 2-30, 2012.

VIANA, D. G.; NASCIMENTO, A. F.; BELO, A. F.; PIRES, F. R.; FALQUETOS, A. R.; BONOMO, R.; TENIS, L. H. O.; ORTELANO, B. P.; TREVISAN, E. **Intensidade máxima de fluorescência e parâmetros O-J-I-P do café conilon em função de corretivos de solo e déficit hídrico**. VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2013.

WAGNER, R.; KOGAN, M.; PARADA, A. M. **Phytotoxic activity of root absorbed glyphosate in corn seedlings (*Zea mays* L.)**. *Weed Biology Management*, v. 3, n. 4, p. 228-232, 2003.

WEBSTER, G. R. B. **Non-biological degradation of Sencor in soil**. In: *Proceedings of the annual meeting-Agricultural Pesticide Society*. 1974.

WILCUT, J. W.; ASKEW, S. D.; BAILEY, W. A.; SPEARS, J. F.; ISLEIB, T. G. **Virginia market-type peanut (*Arachis hypogaea*) cultivar tolerance and yield response to flumioxazin preemergence**. *Weed technology*, v. 15, n. 1, p. 137-140, 2001.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-408-5

