



## Controle de plantas daninhas em ferrovias utilizando produtos florestais





**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Florestas  
Ministério da Agricultura e Pecuária**

**DOCUMENTOS 389**

**Controle de plantas daninhas em ferrovias  
utilizando produtos florestais**

*Edson Alves de Lima  
Dionísio Luiz Pisa Gazziero  
Natália Saudade de Aguiar  
Washington Luiz Esteves Magalhães  
Rone Batista de Oliveira  
Juliana Monteiro Gonçalves dos Santos Silva*

**Embrapa Florestas**  
Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba  
Caixa Postal 319  
83411-000, Colombo, PR  
Fone: (41) 3675-5600  
www.embrapa.br/florestas  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da  
Embrapa Florestas

Presidente  
*Patrícia Póvoa de Mattos*

Vice-Presidente  
*José Elidney Pinto Júnior*

Secretária-executiva  
*Elisabete Marques Oaida*

Membros  
*Annete Bonnet*  
*Cristiane Aparecida Fioravante Reis*  
*Elenice Fritzsos*  
*Guilherme Schnell e Schühli*  
*Marilice Cordeiro Garrastazú*  
*Sandra Bos Mikich*  
*Susete do Rocio Chiarello Penteado*  
*Valderês Aparecida de Sousa*

Supervisão editorial e revisão de texto  
*José Elidney Pinto Júnior*

Normalização bibliográfica  
*Francisca Rasche (CRB-9/1204)*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Celso Alexandre de Oliveira Eduardo*

Foto capa  
*Edson Alves de Lima*

**1ª edição**  
Publicação digital (2023): PDF

#### **Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Florestas

---

Controle de plantas daninhas em ferrovias utilizando produtos florestais. [recurso eletrônico] / Edson Alves de Lima ... [et al.]. - Colombo : Embrapa Floresta, 2023. PDF (37 p.) : il. color. - (Documentos / Embrapa Florestas, e-ISSN 1980-3958 ; 389)

1. Herbicidas. 2. Eliminação de plantas indesejadas. 3. Produto florestal não lenhoso. 4. Extrato pirolenhoso. 5. Biorrefinaria. 6. Economia circular. 7. Ferrovia. I. Lima, Edson Alves de. II. Gazziero, Dionísio Luiz Pisa. III. Aguiar, Natália Saudade de. IV. Magalhães, Washington Luiz Esteves. V. Oliveira, Rone Batista de. VI. Silva, Juliana Monteiro Gonçalves dos Santos. VII. Série.

CDD (21. ed.) 632.954

---

*Francisca Rasche (CRB-9/1204)*

© Embrapa 2023

## Autores

### **Edson Alves de Lima**

Licenciado em Ciências Agrícolas, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

### **Dionísio Luiz Pisa Gazziero**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

### **Natália Saudade de Aguiar**

Engenheira florestal, doutoranda em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

### **Washington Luiz Esteves Magalhães**

Engenheiro químico, doutor em Materiais, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

### **Rone Batista de Oliveira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, PR

### **Juliana Monteiro Gonçalves dos Santos Silva**

Graduanda em Agronomia da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, PR



## Apresentação

Os processos termoquímicos da biomassa florestal são importantes na geração de energia e obtenção de químicos renováveis dentro dos conceitos de biorrefinaria e economia circular. Da pirólise/carbonização, por meio da condensação e purificação dos gases, obtém-se o extrato pirolenhoso que apresenta potencial para biocida, inclusive para o controle de plantas (herbicida). O uso do extrato pirolenhoso no controle de plantas daninhas vem sendo estudado pela Embrapa tanto em pré quanto em pós-emergência de plantas daninhas.

Em linhas férreas o controle químico das plantas daninhas é realizado pelos herbicidas “não agrícolas” (NA), quando autorizado. Além de linhas férreas, estes produtos são indicados para áreas de vegetação nativa, como em Unidades de Conservação (UC), em áreas de Reserva Legal (RL), em projetos de restauração, em aceiros de cercas, ferrovias, margens de rodovias, linhas de transmissão, subestações elétricas, pistas de aeroportos, oleodutos e gasodutos.

Este documento destaca o trabalho realizado pela Embrapa no uso de produtos de base florestal, para a melhoria do desempenho de herbicidas NA no controle de plantas daninhas de maior ocorrência em linhas férreas. Estes produtos melhoram as propriedades da calda tais como o aumento da viscosidade e a redução de pH, o que pode aumentar a deposição de produto no alvo bem como melhorar a eficiência do herbicida pela manutenção do pH baixo.

Este trabalho apresenta alinhamento às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, especialmente ao ODS 12, por estudar a eficiência de extrato pirolenhoso como inibidor da germinação de sementes de picão-preto, visando à gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais.

*Marcílio José Thomazini*

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Florestas





## Sumário

Introdução.....	11
Extrato pirolenhoso associado aos herbicidas pós-emergentes .....	11
Material e métodos .....	11
Resultados e discussão.....	15
Extrato pirolenhoso como herbicida pré-emergente.....	26
Material e métodos .....	26
Resultados e discussão.....	27
Extrato pirolenhoso como herbicida pré-emergente em parcela de campo.....	31
Material e métodos .....	31
Resultados e discussão.....	31
Uso da nanocelulose em pulverização.....	32
Material e métodos .....	32
Resultados e discussão.....	32
Aplicação eletrostática.....	33
Material e métodos .....	33
Resultados e discussão.....	34
Aplicação eletrostática.....	35
Material e métodos .....	35
Resultados e discussão.....	35
Considerações finais .....	35
Agradecimentos.....	36
Referências .....	36



## Introdução

A Embrapa tem desenvolvido pesquisas buscando novas aplicações para produtos de origem florestal, como o extrato pirolenhoso (EP), a nanocelulose e a carboximetilcelulose (CMC); a melhoria do desempenho de herbicidas pode ser uma destas aplicações. O EP é um coproduto da produção de carvão vegetal, apresenta caráter ácido e elevado poder tampão do pH da solução, enquanto a nanocelulose é obtida por processo físico onde as fibras são reduzidas para uma escala nanométrica (Magalhães et al., 2017), e poderia auxiliar na redução da deriva na aplicação de defensivos agrícolas. A CMC, por outro lado, é derivada de processo químico de quebra da celulose, e sua principal aplicação é como espessante alimentar e, também, pode diminuir a deriva da aplicação, por conta do aumento da viscosidade da calda. Assim, estudou-se a aplicação destes produtos de origem florestal na redução do pH da calda e na redução da deriva, visando melhorar a eficiência dos herbicidas.

Em ferrovias, a ocorrência de plantas daninhas causa sérios problemas, como: diminuição na capacidade de suporte, problemas de drenagem, dificuldades de manutenção, diminuição da sinalização e defeitos na linha, redução do atrito entre os rodapés e a linha, e aumento de risco com animais peçonhentos. Devido ao tráfego constante das locomotivas, a “janela” de aplicação de herbicida fica bastante restrita, levando estas plantas a um estágio avançado de desenvolvimento (fase reprodutiva) no momento de aplicação, dificultando o controle.

Outra limitação é a necessidade de uso dos herbicidas não agrícolas (NA), conforme preconizado pela legislação ambiental. Herbicidas NA são defensivos formulados especificamente para usos tais como nas margens de estradas, ferrovias, ambientes urbanos, dentre outros. Apesar de existirem várias formulações de herbicidas NA, a sua disponibilidade para comercialização é baixa. Dessa forma, os produtos de origem florestal, uma vez que melhorassem a eficiência na aplicação de herbicidas, poderiam reduzir a dosagem e a quantidade de herbicidas utilizadas. As empresas ferroviárias apresentam inúmeros problemas no manejo de plantas daninhas, nas suas áreas de domínio.

Esta pesquisa foi uma oportunidade de testar os produtos de origem florestal na realidade das plantas daninhas de ocorrência nas ferrovias, por meio da parceria entre a Embrapa Florestas e a Rumo Logística S.A., visando melhorar o desempenho de alguns herbicidas não agrícolas (NA).

## Extrato pirolenhoso associado aos herbicidas pós-emergentes

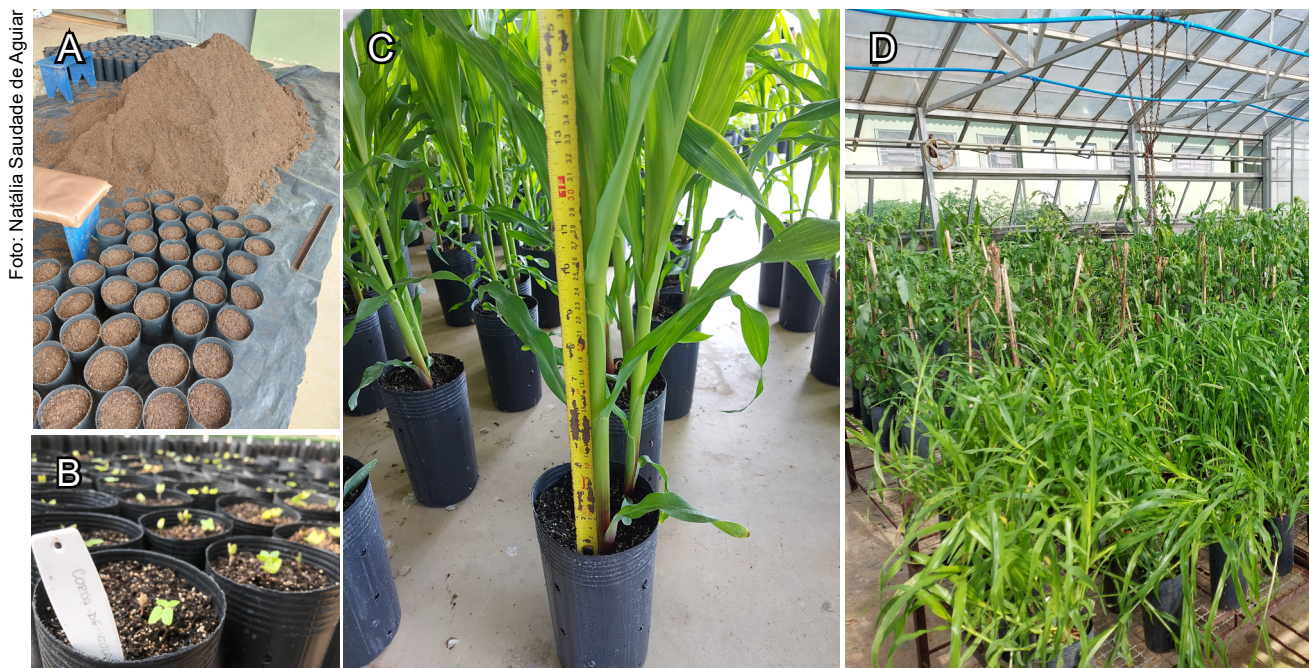
### Material e métodos

O objetivo deste experimento foi verificar se o EP associado aos herbicidas pós-emergentes poderia controlar ou suprimir espécies de plantas daninhas mais comumente encontradas nas faixas de domínio de ferrovias. As espécies de plantas daninhas testadas foram indicadas pela equipe técnica da Rumo Logística S.A. como sendo de grande ocorrência e de difícil controle. Neste trabalho, a soja e o milho foram considerados plantas daninhas porque as suas sementes caem dos vagões das locomotivas durante o transporte destes grãos, germinando nas margens das linhas férreas.

O experimento em casa de vegetação, localizado na área experimental da Embrapa Florestas, foi instalado em 14 de setembro 2021, utilizando sementes de 10 espécies: mamona (*Ricinus communis*), soja (*Glycine max* – Cultivar BRS 232), milho (*Zea mays* – Cultivar Pioneer 30F53), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), buva (*Conyza bonariensis*), capim-

-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), picão-preto (*Bidens pilosa*), capim-amargoso (*Digitaria insularis*), corda-de-viola (*Ipomoea purpurea*), capim-marmelada ou papuã (*Brachiaria plantaginea*) e capim-colonião (*Panicum maximum*).

Vasos de 1,7 L foram preenchidos (Figura 1A) com substrato Carolina Soil® composto por turfa, vermiculita e resíduo agroindustrial classe A, bem como incorporado 7 kg m<sup>-3</sup> de fertilizante de liberação controlada Basacote 6M 16-8-12 (NPK). Os vasos foram mantidos em estufa de vidro com abertura lateral e zenital, sem controle de temperatura e umidade relativa (Figura 1D). Foram aplicadas quatro irrigações diárias (9, 12, 14 e 17 horas) com duração de 15 minutos cada.



**Figura 1.** Detalhes das etapas: (A) Preparo do substrato e preenchimento dos vasos; (B) Plântulas logo após a emergência; (C) Plantas em intenso crescimento vegetativo, antes da aplicação dos tratamentos; (D) Visão geral da casa de vegetação.

Devido às diferenças naturais na velocidade de germinação e de crescimento entre as espécies, estas foram separadas em dois grupos para a aplicação dos tratamentos. Para as espécies milho, soja, mamona e corda-de-viola, os tratamentos foram aplicados 42 dias após a semeadura, quando essas plantas apresentavam intenso crescimento vegetativo (Figura 1C). As plantas de milho se encontravam no estágio V5 (cinco folhas completamente desenvolvidas) e com altura média de 32,1 cm. As plantas de soja, no estágio V5, apresentavam altura média de 20,6 cm. A mamona apresentava altura média de 23,9 cm e seis folhas por planta. A corda-de-viola não foi mensurada devido ao seu hábito de crescimento volúvel. Para milho, soja e corda-de-viola foram utilizadas quatro repetições com duas plantas por vaso. Para a mamona foram três repetições por tratamento com uma planta por vaso.

Os 15 tratamentos aplicados estão descritos na Tabela 1. O EP utilizado foi proveniente da produção de carvão vegetal de *Eucalyptus*, fornecido pela empresa metalúrgica Rima Industrial S.A., obtido pela condensação e purificação da fumaça. O EP foi adicionado à calda na concentração de 1% e 10%. A água tipo 2, utilizada para o preparo da calda, possuía pH 7,0. Em concentração de 1%, o EP (diluição em água tipo 2) apresentava pH igual a 3,36 e em concentração de 10%, o pH do EP era 2,84. Quando adicionado ao Glyphosate (2% em água – pH 4,48), o pH reduziu para 4,20 (1% de EP) e 3,52 (10% de EP). O preparo de 500 mL de cada solução foi realizado no dia da aplicação dos tratamentos.

Os tratamentos T2 e T3 são normalmente utilizados pela Rumo Logística S.A., sendo considerados no presente trabalho como tratamentos padrão. Os herbicidas Dunn e Arsenal são registrados como não agrícolas (NA) e o Heat como agrícola. O Dunn® NA é um herbicida não seletivo, sistêmico e de ação pós-emergente. É indicado para o controle de plantas daninhas anuais e perenes, mono e dicotiledôneas em aceiros de cercas, margens de rodovias, ferrovias, faixas de rede sob alta tensão e oleodutos. O Arsenal® NA é um herbicida pré e pós-emergente de amplo espectro de controle de gramíneas anuais e perenes, plantas daninhas de folhas largas, ciperáceas e arbustos presentes em áreas não agrícolas. Além de controlar plantas já estabelecidas, evita a ocorrência de novas plantas em linhas de trens, margens de rodovias, oleodutos e subestações de energia. E o Heat® é um herbicida seletivo condicional de contato (de uso agrícola) para o controle de folhas largas, inclusive as infestantes de difícil controle, podendo ser utilizado também como dessecante de culturas, com o objetivo de antecipar e, ou homogeneizar a colheita conforme instruções de uso. Originalmente, foi registrado para a cana-de-açúcar e arroz, ou em pré-emergência.

**Tabela 1.** Tratamentos aplicados como herbicidas pós-emergentes com diferentes concentrações de extrato pirolenhoso (EP).

Tratamento	Nome comercial	g i.a/e.a ha <sup>-1</sup>	L/g pc ha <sup>-1</sup>	EP L ha <sup>-1</sup>
T1 - Testemunha	-	0	0	0
T2* - Glyphosate (6 L)	Dunn	-	6	0
T3* - Glyphosate (4 L) + Imazapyr (6 L)	Dunn + Arsenal	-	4 + 6	0
T4 - Glyphosate (1,5 L)	Dunn	720	1,5	0
T5 - Glyphosate (1,5 L) + EP 1%	Dunn	720	1,5	2
T6 - Glyphosate (1,5 L) + EP 10%	Dunn	720	1,5	20
T7 - Glyphosate (3 L)	Dunn	1440	3	0
T8 - Glyphosate (3 L) + EP 1%	Dunn	1440	3	2
T9 - Glyphosate (3 L) + EP 10%	Dunn	1440	3	20
T10 - Imazapyr (6 L)	Arsenal	1500	6	0
T11 - Imazapyr (6 L) + EP 1%	Arsenal	1500	6	2
T12 - Imazapyr (6 L) + EP 10%	Arsenal	1500	6	20
T13 - Saflufenacil (260 g)	Heat	180	260 g	0
T14 - Saflufenacil (260 g) + EP 1%	Heat	180	260 g	2
T15 - Saflufenacil (260 g) + EP 10%	Heat	180	260 g	20

Volume de calda 200 L ha<sup>-1</sup>. \*Tratamentos 2 e 3: adjuvante Fulltec Max – 1 mL/L.

Ordem de preparo: água pH 7,0, produto comercial, adjuvante ou extrato pirolenhoso (EP).

A aplicação dos tratamentos foi realizada com pulverizador costal da Jetbras®, bicos tipo leque, pressão de 2 bar, com vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação foi em local aberto, atentando-se à condição climática, buscando reduzir a deriva pelo vento. As plantas ficaram por dois dias em ambiente aberto e, posteriormente, foram acondicionadas na casa de vegetação. As plantas de cada tratamento foram distribuídas aleatoriamente no interior da casa de vegetação. As avaliações do efeito dos herbicidas foram realizadas dos sete aos 29 dias, a cada sete dias, utilizando uma escala de 0 a 100, onde 0 representa a ausência de sintomas visuais de fitotoxicidade e 100 representa a mortalidade da planta. Os resultados apresentados são referentes à última avaliação, aos 29 dias.

Aos 70 dias após a semeadura, os tratamentos foram aplicados nas plantas das espécies: buva, pé-de-galinha, trapoeraba, papuã, picão-preto e capim-amargoso. As plantas de buva se encontravam com altura média de 43,8 cm, capim-pé-de-galinha com 58,4 cm, trapoeraba com 41,5 cm, papuã com 37,6 cm, picão-preto com 61,6 cm e capim-amargoso com 31,2 cm. Para picão-preto e buva foram mantidas duas plantas por vaso. Foram mantidas todas as plantas germinadas das gramí-

neas e da trapoeraba, devido ao perfilhamento e dificuldade de separar cada planta. Para todas as espécies foram utilizadas quatro repetições por tratamento, exceto para buva, onde nos tratamentos 13, 14 e 15 foram utilizadas três repetições por tratamento e, para papuã, com uma repetição nesses mesmos tratamentos.

Foram realizadas quatro avaliações visuais a cada sete dias e, posteriormente, a avaliação final aos 63 dias. Ao final do experimento foi analisada a massa seca aérea das plantas ainda vivas, selecionando uma das plantas de cada repetição (buva e picão-preto) ou o conjunto de todas as plantas do vaso (demais espécies), devido à dificuldade de separação das plantas. A parte aérea coletada de cada planta foi seca em estufa de circulação de ar sob temperatura de 60 °C por, no mínimo, 72 horas e, posteriormente, pesada. Os dados da última avaliação visual de sintomas de fitotoxicidade e de massa seca foram verificados quanto à distribuição normal dos dados e a homogeneidade das variâncias. Aceitos estes pressupostos, seguiu-se com a ANOVA e teste de médias de Scott Knott ( $p < 0,05$ )

## Resultados e discussão

**Capim-amargoso:** As plantas foram resistente ao Glyphosate, mesmo na maior dose avaliada, 6 L (Figura 2). O Imazapyr foi muito eficiente, sozinho (T10), combinado com Glyphosate (T3) ou com EP (T11 e T12), controlando 100% dos indivíduos.

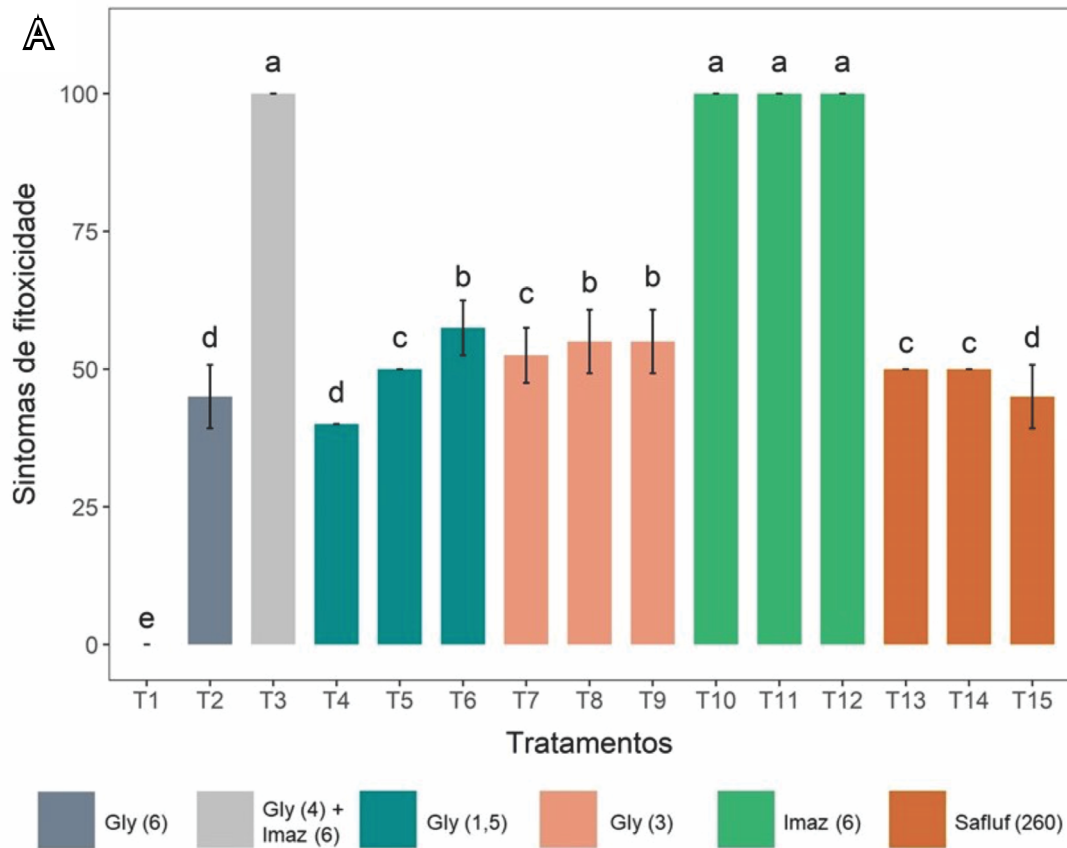
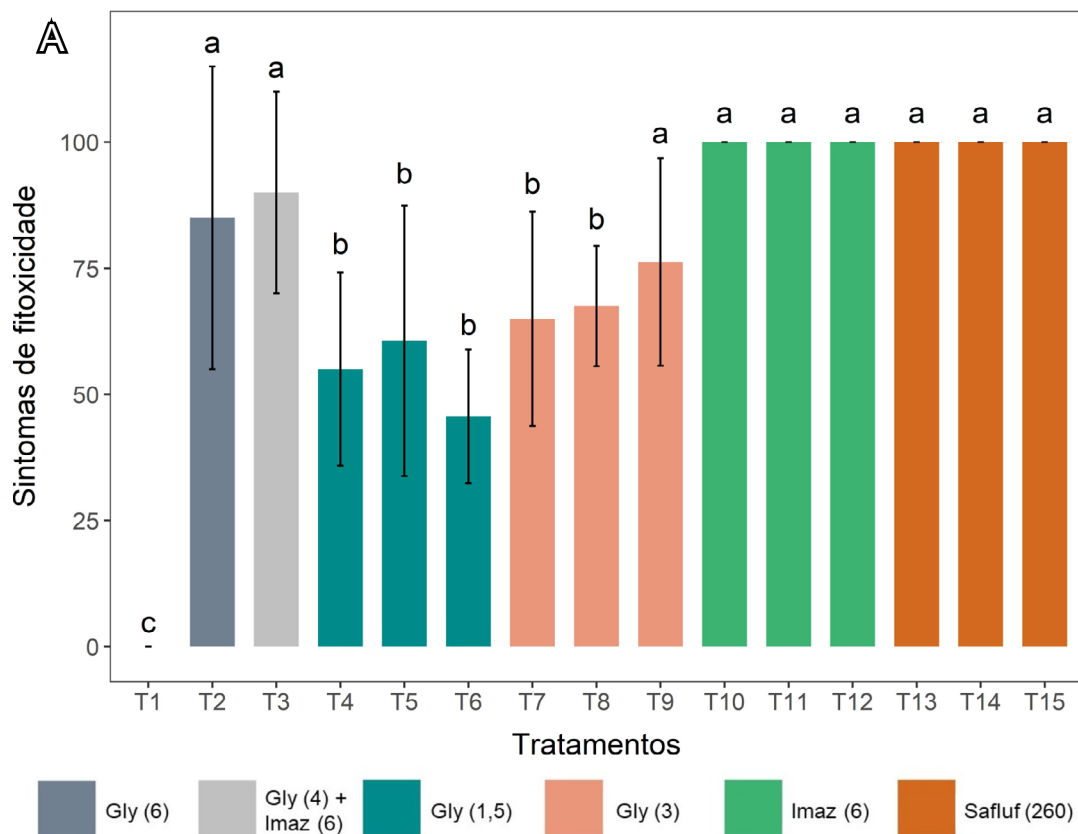


Foto: Natália Saudade de Aguiar

**Figura 2.** Sintomas de fitotoxicidade em capim-amargoso (*Digitaria insularis*) aos 63 dias após a aplicação dos tratamentos: (A) médias e desvios padrões, sendo que 100 representa a morte dos indivíduos; (B) tratamentos da esquerda para a direita: T1 – Testemunha (água); T2 - Glyphosate (6 L ha<sup>-1</sup>); T3 - Glyphosate (4 L ha<sup>-1</sup>) + Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T4 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>); T5 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T6 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T7 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>); T8 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T9 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T10 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T11 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T12 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T13 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>); T14 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T15 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 10%.

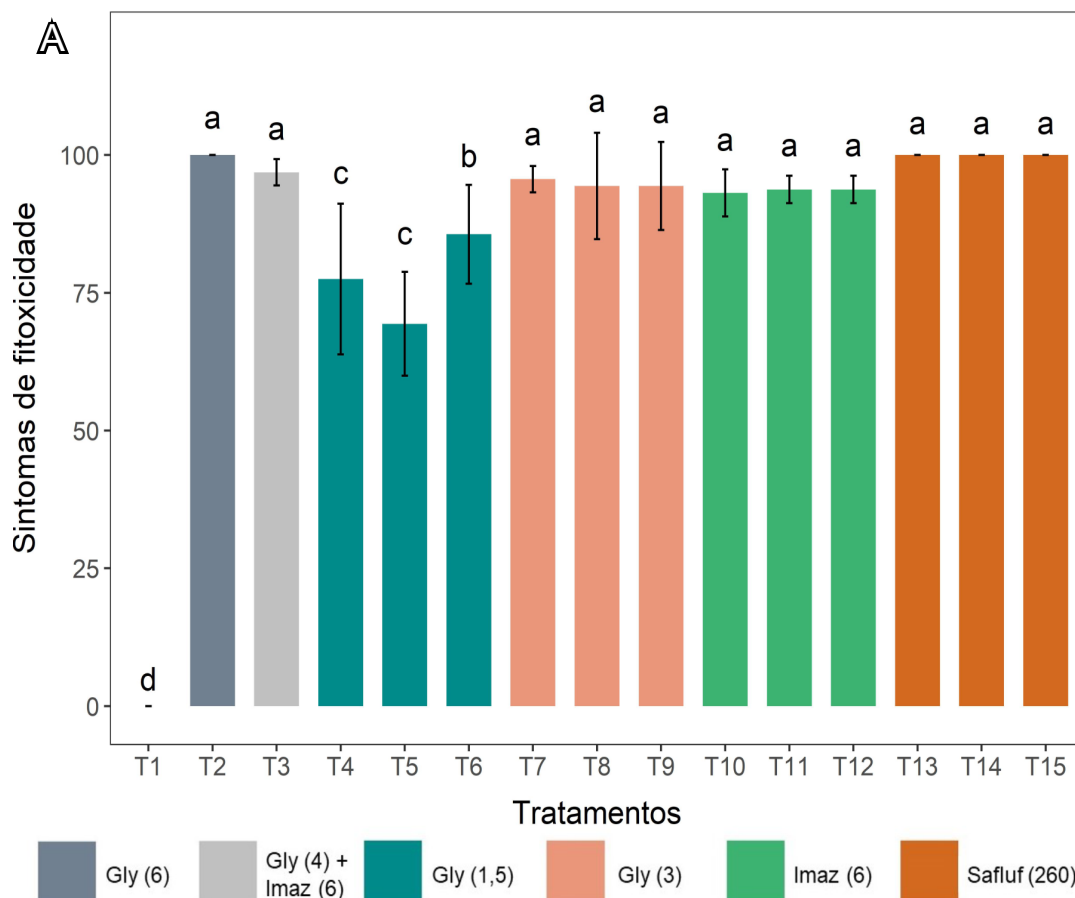
**Buva:** A população pode ser considerada como mista, com indivíduos resistentes e não resistentes ao Glyphosate. O Glyphosate, nas doses mais baixas (1,5 L e 3 L), não apresentou um controle satisfatório, apesar de Glyphosate 3 L + 20 L de EP (T9) ter provocado maior fitotoxicidade (Figura 3). A maior dose de Glyphosate, 6 L (T2), foi eficiente, apesar de ainda haver indivíduos sobreviventes. Nos tratamentos com Imazapyr e Saflufenacil (T10 – T15), ocorreu o controle total dos indivíduos (100% de mortalidade).



**Figura 3.** Sintomas de fitotoxicidade em buva (*Conyza bonariensis*) aos 63 dias após a aplicação dos tratamentos: (A) médias e desvios padrões, sendo que 100 representa a morte dos indivíduos; (B) da esquerda para a direita: T1 – Testemunha (água); T2 - Glyphosate (6 L ha<sup>-1</sup>); T3 - Glyphosate (4 L ha<sup>-1</sup>) + Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T4 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>); T5 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T6 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T7 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>); T8 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T9 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T10 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T11 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T12 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T13 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>); T14 - Saflufenacil (260g ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T15 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 10%.



**Corda-de-viola:** Doses de Glyphosate  $\geq 3$  L foram eficientes no controle desta espécie, assim como Saflufenacil (100% de mortalidade) e Imazapyr (Figura 4).



**Figura 4.** Sintomas de fitotoxicidade em corda-de-viola (*Ipomoea purpurea*) aos 29 dias após a aplicação dos tratamentos: (A) médias e desvios padrões, sendo que 100 representa a morte dos indivíduos; (B) visão geral dos tratamentos. Tratamentos: T1 – Testemunha (água); T2 - Glyphosate (6 L ha<sup>-1</sup>); T3 - Glyphosate (4 L ha<sup>-1</sup>) + Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T4 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>); T5 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T6 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T7 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>); T8 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T9 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T10 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T11 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T12 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T13 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>); T14 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T15 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 10%.

**Mamona:** Assim como ocorrido para a corda-de-viola, Glyphosate 1,5 L não foi eficiente no controle da mamona (Figura 5). Doses de Glyphosate  $\geq 3$  L mostraram bons resultados, assim como os tratamentos com Imazapyr. O Saflufenacil apresenta grande desvio padrão e resultados não padronizados pelo fato de ter provocado efeitos de fitotoxicidade acentuados logo após a aplicação do produto, mas não ter causado a morte da maioria das plantas. Ao longo do tempo, grande parte das plantas rebrotaram (Figura 5B e C), sendo que, aparentemente, o EP pode ter inclusive favorecido este processo de “recuperação”.

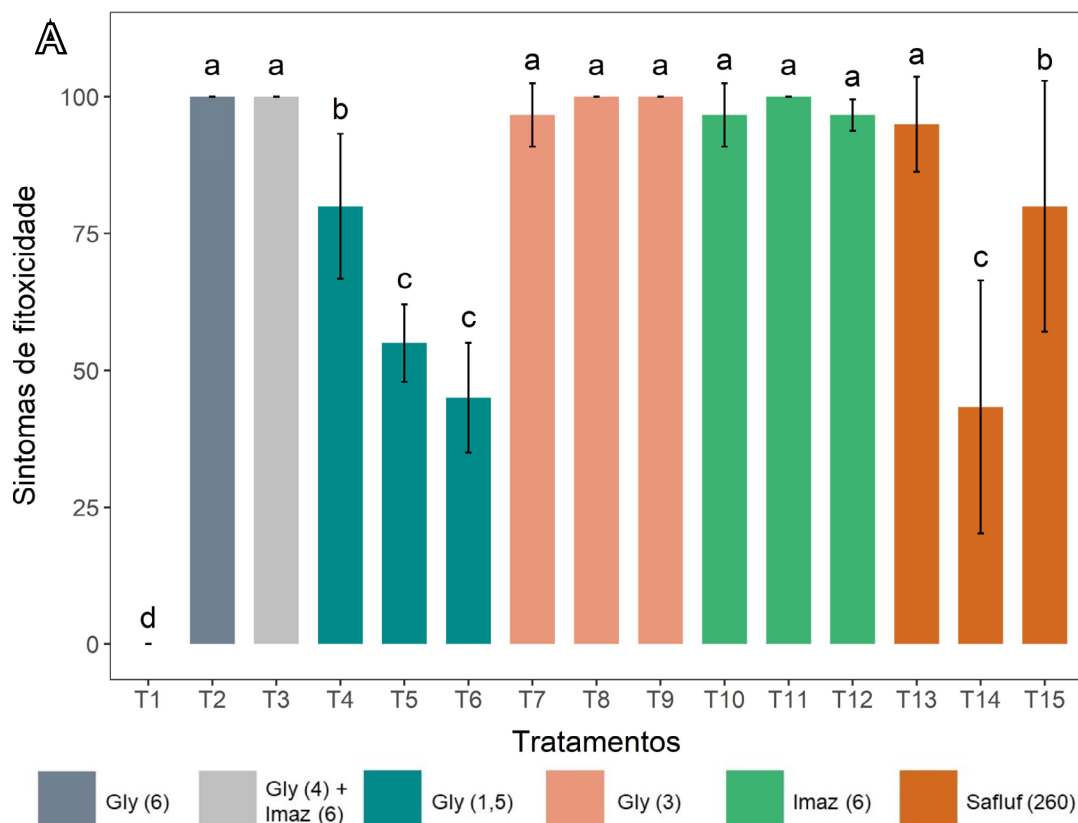
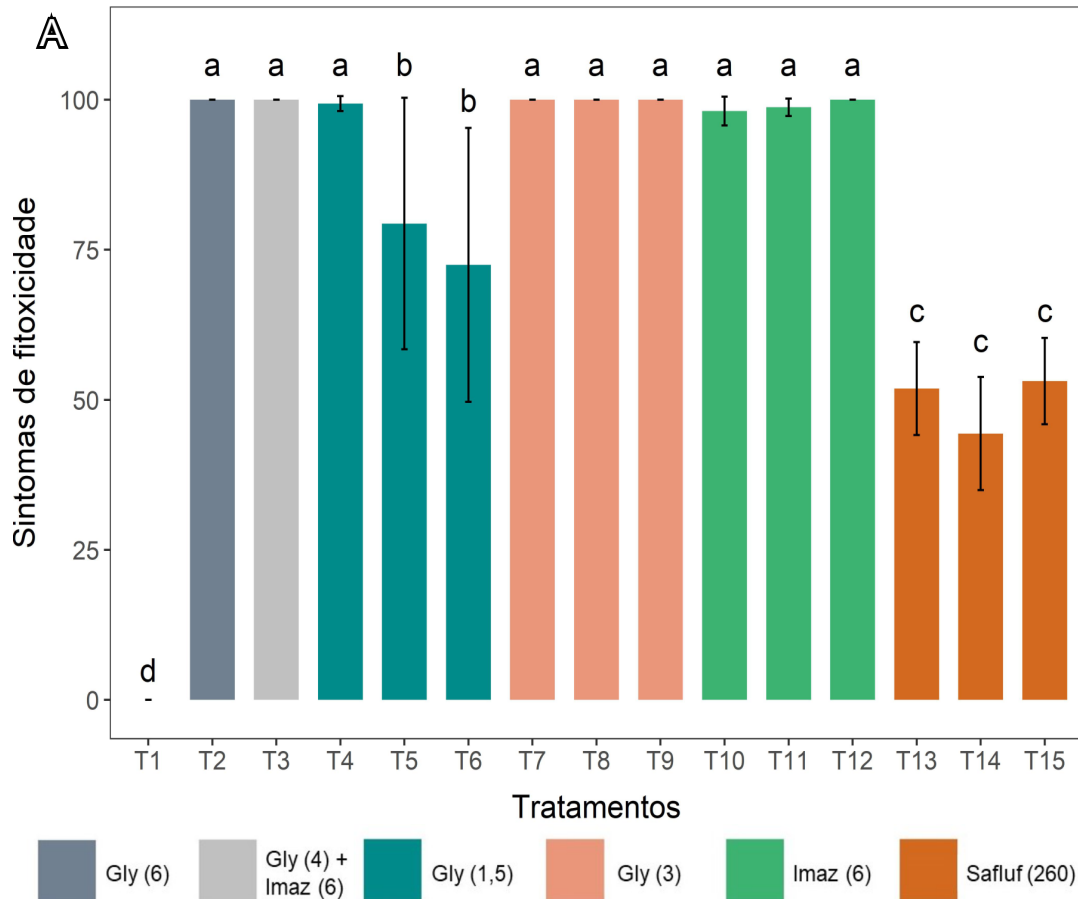


Foto: Natália Saudade de Aguiar



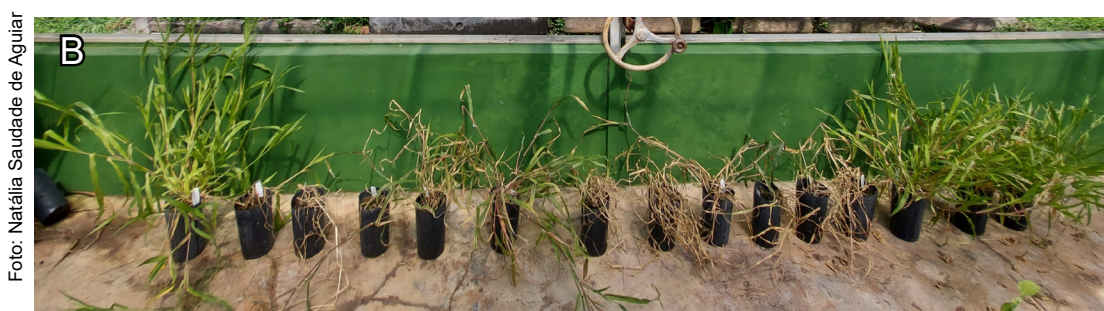
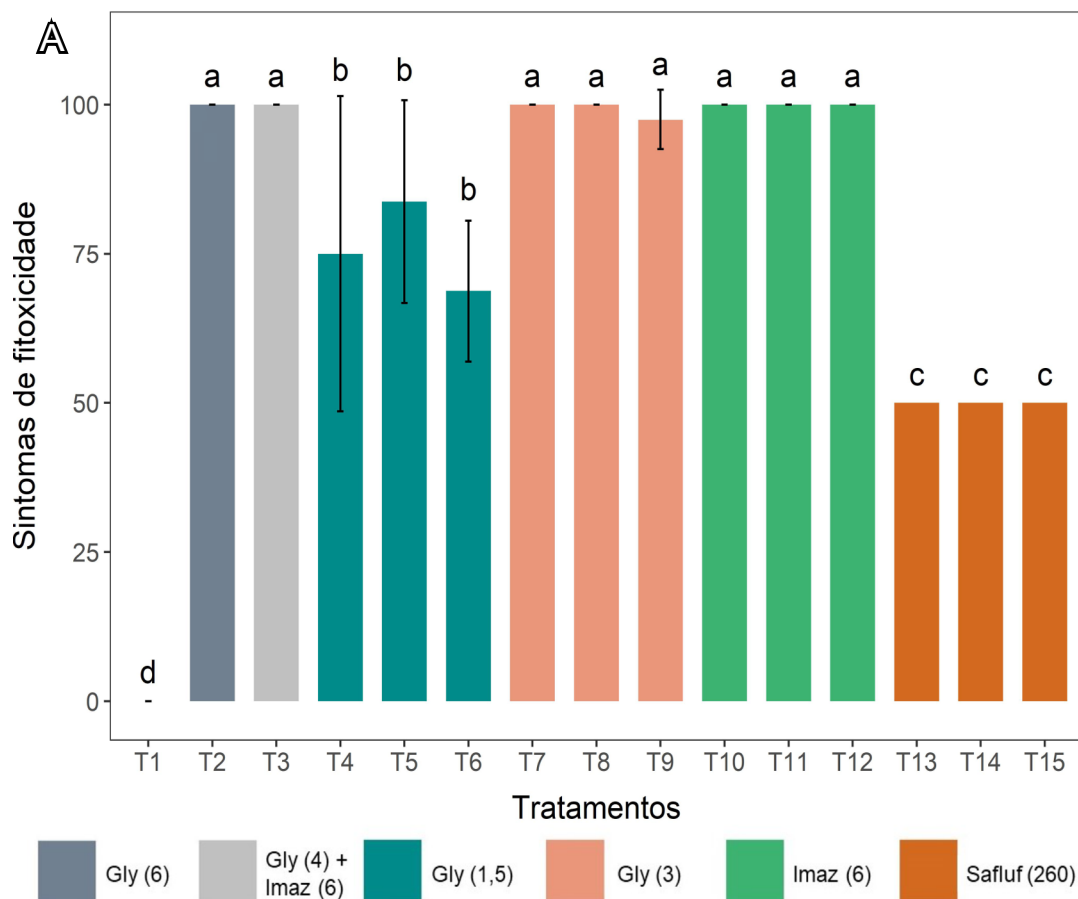
**Figura 5.** Sintomas de fitotoxicidade em mamona (*Ricinus communis*) aos 29 dias após a aplicação dos tratamentos: (A) médias e desvios padrões, sendo que 100 representa a morte dos indivíduos; (B) visão lateral e (C) superior da rebrota e lançamento de novas folhas em plantas de mamona após 15 dias da aplicação de Saflufenacil, da esquerda para a direita: T13, T14 e T15. Tratamentos: T1 – Testemunha (água); T2 - Glyphosate (6 L ha<sup>-1</sup>); T3 - Glyphosate (4 L ha<sup>-1</sup>) + Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T4 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>); T5 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T6 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T7 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>); T8 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T9 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T10 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T11 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T12 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T13 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>); T14 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T15 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 10%.

**Milho:** O Glyphosate na dose de 1,5 L obteve um bom resultado quando aplicado puro (Figura 6). A adição de EP reduziu os sintomas de fitotoxicidade. Doses de Glyphosate  $\geq 3$  L mostraram bons resultados, assim como os tratamentos com Imazapyr. O Saflufenacil não mostrou resultado satisfatório para esta espécie, efeito já esperado, visto que o produto não é recomendado para gramíneas.



**Figura 6.** Sintomas de fitotoxicidade em milho (*Zea mays* – Cultivar Pioneer 30F53) aos 29 dias após a aplicação dos tratamentos: (A) médias e desvios padrões, sendo que 100 representa a morte dos indivíduos; (B) visão geral dos tratamentos. Tratamentos: T1 – Testemunha (água); T2 - Glyphosate (6 L ha<sup>-1</sup>); T3 - Glyphosate (4 L ha<sup>-1</sup>) + Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T4 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>); T5 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T6 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T7 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>); T8 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T9 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T10 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T11 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T12 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T13 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>); T14 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T15 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 10%.

**Capim-marmelada ou papuã:** Esta espécie apresentou resultado muito semelhante ao milho, sendo que doses de Glyphosate  $\geq 3$  L mostraram bons resultados, assim como os tratamentos com Imazapyr (Figura 7). Da mesma forma, por ser uma gramínea, o papuã não foi controlado adequadamente pelo Saflufenacil.



**Figura 7.** Sintomas de fitotoxicidade em capim-marmelada ou papuã (*Brachiaria plantaginea*) aos 63 dias após a aplicação dos tratamentos: (A) médias e desvios padrões, sendo que 100 representa a morte dos indivíduos; (B) da esquerda para a direita: T1 – Testemunha (água); T2 - Glyphosate (6 L ha<sup>-1</sup>); T3 - Glyphosate (4 L ha<sup>-1</sup>) + Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T4 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>); T5 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T6 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T7 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>); T8 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T9 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T10 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T11 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T12 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T13 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>); T14 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T15 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 10%.

**Capim-pé-de-galinha:** Os tratamentos mais eficientes no controle do capim-pé-de-galinha foram o T3 (Gly (4 L) + Imaz (6 L)) e o T12 (Imaz (6 L) + EP 20 L) (Figura 8). O T12 foi mais eficiente que os tratamentos T10 e T11, diferindo significativamente com um possível efeito adicional pela adição do EP. Apesar disso, nenhum tratamento obteve controle total (100%) para esta espécie.

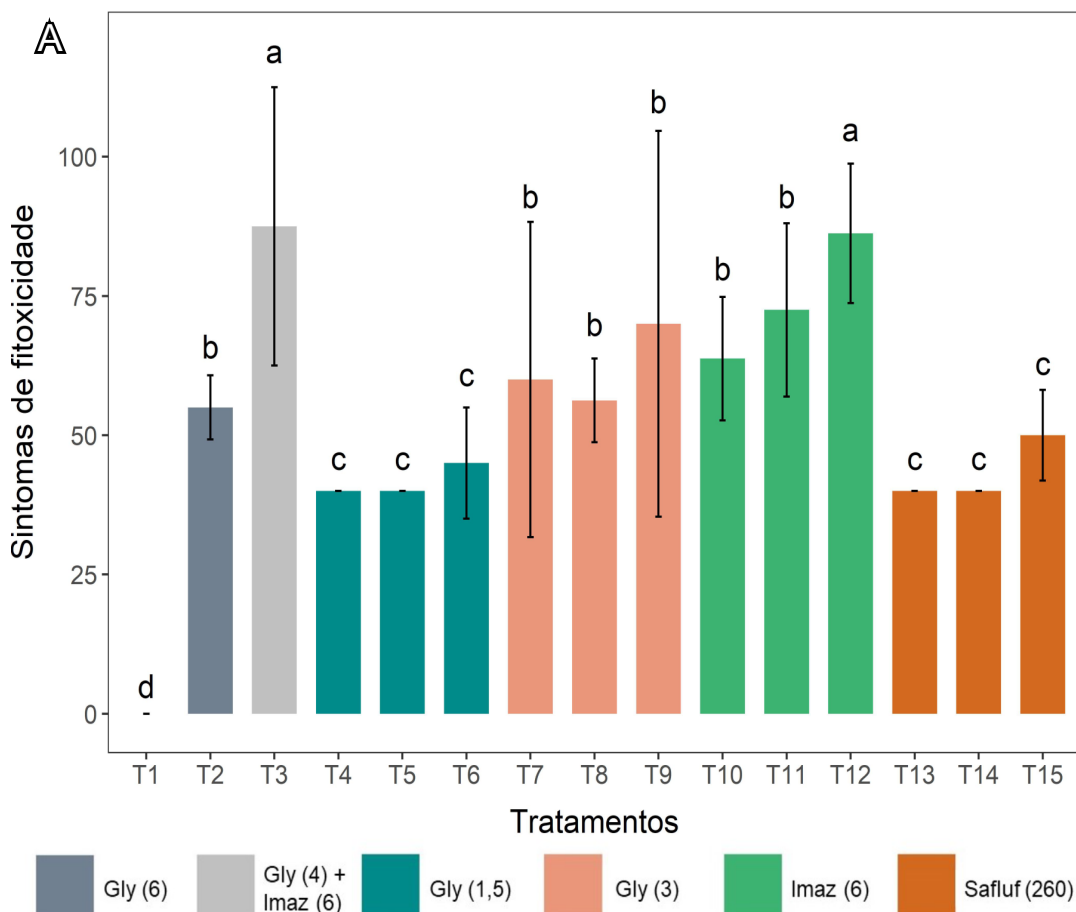
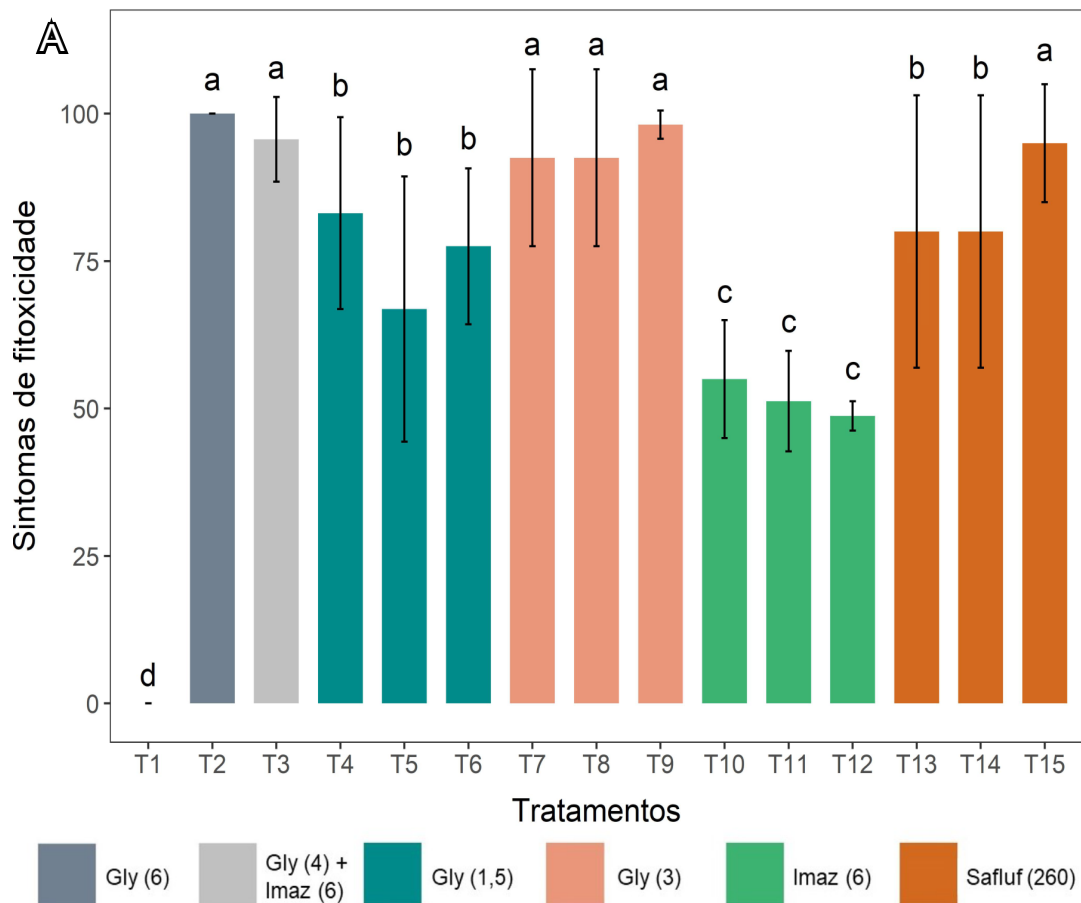


Foto: Natália Saudade de Aguiar

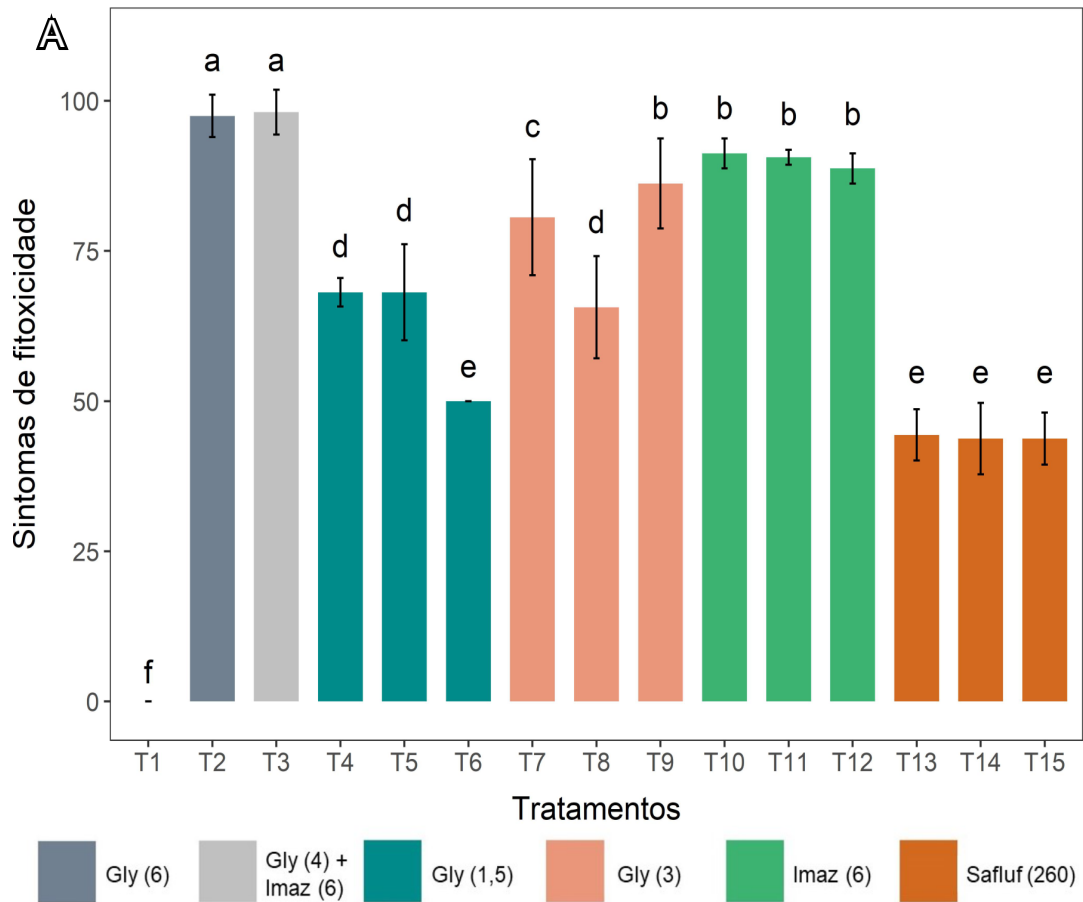
**Figura 8.** Sintomas de fitotoxicidade em capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos 63 dias após a aplicação dos tratamentos: (A) médias e desvios padrões, sendo que 100 representa a morte dos indivíduos; (B) da esquerda para a direita: T1 – Testemunha (água); T2 - Glyphosate (6 L ha<sup>-1</sup>); T3 - Glyphosate (4 L ha<sup>-1</sup>) + Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T4 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>); T5 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T6 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T7 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>); T8 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T9 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T10 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T11 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T12 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T13 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>); T14 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T15 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 10%.

**Picão-preto:** Doses de Glyphosate  $\geq 3$  L mostraram bons resultados, assim como o Saflufenacil + EP 20 L, demonstrando um possível incremento da fitotoxicidade deste produto com a adição do EP (Figura 9). O Imazapyr sozinho ou combinado com EP não foi eficiente no controle desta espécie.



**Figura 9.** Sintomas de fitotoxicidade em picão-preto (*Bidens pilosa*) aos 63 dias após a aplicação dos tratamentos: (A) médias e desvios padrões, sendo que 100 representa a morte dos indivíduos; (B) da esquerda para a direita: T1 – Testemunha (água); T2 - Glyphosate (6 L ha<sup>-1</sup>); T3 - Glyphosate (4 L ha<sup>-1</sup>) + Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T4 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>); T5 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T6 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T7 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>); T8 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T9 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T10 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T11 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T12 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T13 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>); T14 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T15 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 10%. T1 – Testemunha (água); T2 - Glyphosate (6 L ha<sup>-1</sup>); T3 - Glyphosate (4 L ha<sup>-1</sup>) + Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T4 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>); T5 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T6 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T7 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>); T8 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T9 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T10 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T11 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T12 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T13 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>); T14 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T15 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 10%.

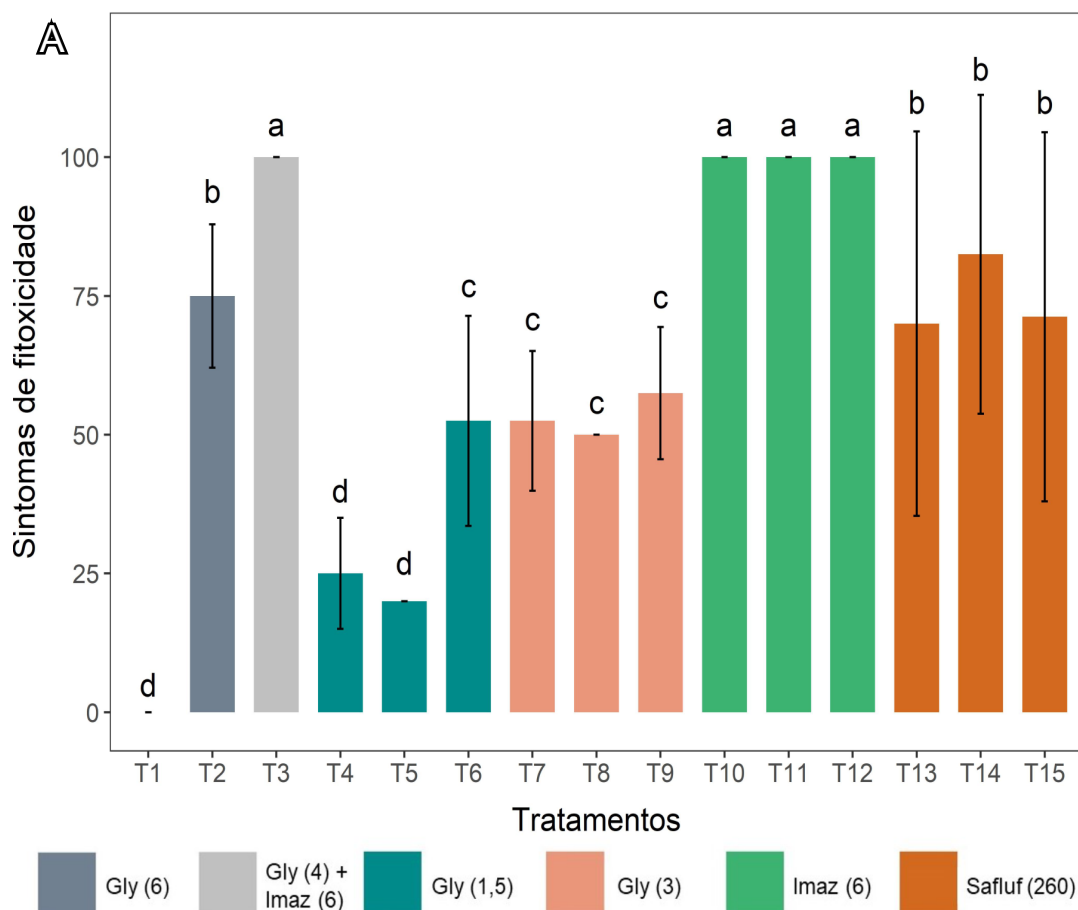
**Soja:** A maior eficiência de controle foi obtida com tratamentos convencionais da Rumo Logística S.A., T2 e T3 (Figura 10). O T9 (Glyphosate (3 L) + 20 L de EP) obteve resultados superiores ao T7 e T8, demonstrando melhoria da eficiência com adição de EP 10%.



**Figura 10.** Sintomas de fitotoxicidade em soja (*Glycine max* – Cultivar BRS 232) aos 29 dias após a aplicação dos tratamentos: (A) médias e desvios padrões, sendo que 100 representa a morte dos indivíduos; (B) visão geral dos tratamentos. Tratamentos: T1 – Testemunha (água); T2 - Glyphosate (6 L ha<sup>-1</sup>); T3 - Glyphosate (4 L ha<sup>-1</sup>) + Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T4 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>); T5 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T6 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T7 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>); T8 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T9 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T10 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T11 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T12 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T13 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>); T14 - Saflufenacil (260g ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T15 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 10%.

Foto: Natália Seudade de Aguiar

**Trapoeiraba:** Esta espécie apresentou resistência ao Glyphosate, mesmo na maior dose avaliada, 6L (Figura 11). O T6 (Glyphosate 1,5 + 10% EP) apresentou resultado semelhante aos tratamentos com 3 L de Glyphosate (T7, T8, T9), demonstrando que o EP provocou um aumento do efeito fitotóxico em baixa dosagem de Glyphosate. Os tratamentos mais eficientes foram aqueles com Imazapyr, apresentando 100% de controle no T3, T10, T11 e T12.

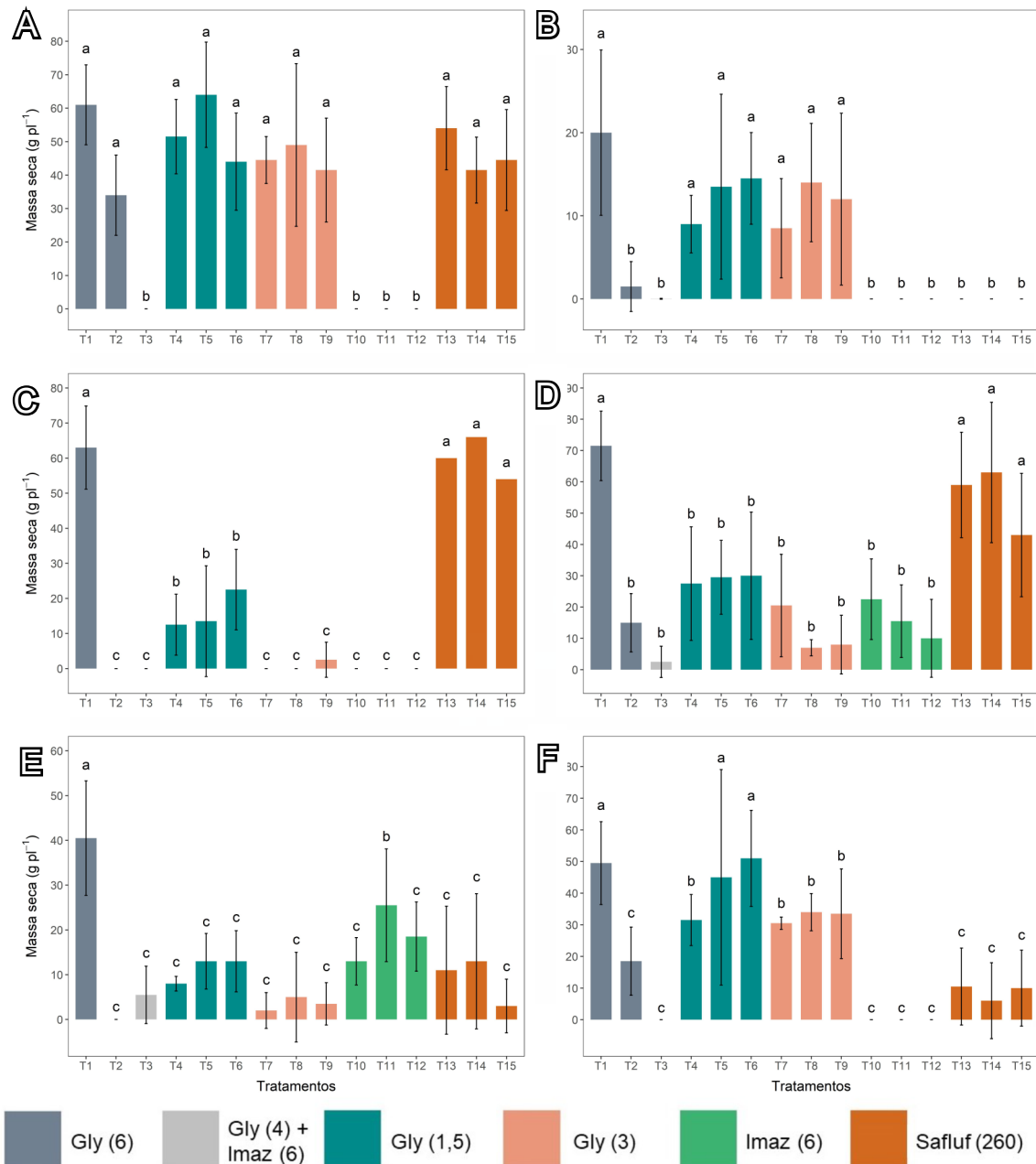


**Figura 11.** Sintomas de fitotoxicidade em trapoeiraba (*Commelina benghalensis*) aos 63 dias após a aplicação dos tratamentos: (A) médias e desvios padrões, sendo que 100 representa a morte dos indivíduos; (B) da esquerda para a direita: T1 – Testemunha (água); T2 - Glyphosate (6 L ha<sup>-1</sup>); T3 - Glyphosate (4 L ha<sup>-1</sup>) + Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T4 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>); T5 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T6 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T7 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>); T8 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T9 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T10 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T11 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T12 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T13 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>); T14 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T15 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 10%.

Os dados de massa seca estão apresentados na Figura 12, lembrando que somente foram avaliadas as espécies: capim-amargoso, buva, papuã, capim-pé de-galinha, picão-preto e trapoeiraba. Quando as plantas estavam mortas, atribuiu-se massa 0. Para capim-amargoso, somente diferiram da testemunha (T1) os tratamentos em que todas as plantas estavam mortas: T3, T10, T11 e T12. Assim como ocorrido para buva, diferiram da testemunha aqueles tratamentos com mortalidade



total e o T2. Para papuã e capim-pé-de-galinha, todos os tratamentos com Glyfosate e Imazapyr (T2 – T12) apresentaram menor massa seca que a testemunha. Para estas mesmas espécies, o Saflufenacil não diferiu da testemunha, demonstrando a ineficiência do produto nestas espécies. O picão-preto apresentou maior média na testemunha (T1), enquanto todos os demais tratamentos aplicados reduziram a massa seca. Para trapoeraba, as reduções mais drásticas de massa ocorreram nos tratamentos com Glyfosate 6 L (T2), Imazapyr (T3, T10 - T12) e Saflufenacil (T13 - T15), demonstrando que estes tratamentos foram mais eficientes, como discutido anteriormente.



**Figura 12.** Massa seca aérea aos 63 dias após a aplicação dos tratamentos, para as espécies: (A) capim-amargoso (*Digitaria insularis*), (B) buva (*Conyza bonariensis*), (C) capim-marmelada ou papuã (*Brachiaria plantaginea*), (D) capim-pé de-galinha (*Eleusine indica*), (E) picão-preto (*Bidens pilosa*) e (F) trapoeraba (*Commelina benghalensis*). Tratamentos: T1 – Testemunha (água); T2 - Glyphosate (6 L ha<sup>-1</sup>); T3 - Glyphosate (4 L ha<sup>-1</sup>) + Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T4 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>); T5 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T6 - Glyphosate (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T7 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>); T8 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T9 - Glyphosate (3 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T10 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>); T11 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T12 - Imazapyr (6 L ha<sup>-1</sup>) + EP 10%; T13 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>); T14 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 1%; T15 - Saflufenacil (260 g ha<sup>-1</sup>) + EP 10%.

O coeficiente da correlação de Pearson entre as variáveis massa seca e notas de sintomas de fitotoxicidade da última avaliação foi igual a  $-0.77$  ( $p < 2,2 \cdot 10^{-16}$ ). Assim, conclui-se que existe correlação negativa e forte, ou seja, os tratamentos que obtiveram maior nota nos sintomas de fitotoxicidade apresentaram menor massa seca aérea. Essa correlação também comprova a eficiência do método de avaliação visual adotado.

Em resumo:

- O Glyphosate ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ) foi eficiente no controle de: papuã, picão-preto, milho, mamona e corda-de-viola.
- O Imazapyr ( $6 \text{ L ha}^{-1}$ , puro ou em combinação com EP) foi eficiente no controle de: trapoeraba, papuã, milho, mamona, corda-de-viola, buva e capim-amargoso.
- O Saflufenacil controlou a corda-de-viola e a buva.
- Para soja e capim-pé-de-galinha, o controle efetivo ocorreu com a mistura de Glyphosate ( $4 \text{ L ha}^{-1}$ ) + Imazapyr ( $6 \text{ L ha}^{-1}$ ).
- Para trapoeraba, capim-pé-de-galinha e capim-amargoso, a combinação de Glyphosate + Imazapyr foi mais eficiente que  $6 \text{ L ha}^{-1}$  de Glyphosate; para as demais espécies, os dois tratamentos não diferiram entre si.

Pode-se observar grande variação na resposta das espécies frente aos produtos avaliados. Os efeitos podem ser diferentes por conta de fatores genéticos, como tolerância ou resistência de alguns indivíduos. Como as empresas ferroviárias precisam, em geral, controlar diferentes espécies em diferentes locais, estas podem aplicar os resultados obtidos de acordo com as espécies de maior incidência em cada região de atuação. De forma geral, o uso do Glyphosate,  $3 \text{ L ha}^{-1}$  não diferiu de  $6 \text{ L ha}^{-1}$ , para a maioria das espécies (exceto soja e trapoeraba). Assim, doses de Glyphosate maiores que  $3 \text{ L ha}^{-1}$  não são necessárias. A mistura Glyphosate (4) + Imaz (6) controlou adequadamente todas as espécies, de forma geral, com resultados satisfatórios. Como Glyphosate  $3 \text{ L ha}^{-1}$  apresentou bons resultados, é recomendada que a dosagem padrão seja ajustada para Glyphosate (3) + Imaz (6).

A adição de 20 L de EP (10% de concentração na calda) nas misturas apresentou resultados potenciais para algumas espécies, comparando com a mesma dosagem do produto comercial sem EP, como em trapoeraba (Glyphosate 1,5 L + EP 20 L), buva e soja (Glyphosate 3 L + EP 20 L), pé-de-galinha (Imaz 6 + EP 20 L) e picão-preto (Saflufenacil + EP 20 L). Entretanto, não foram observados efeitos muito significativos do EP como pós-emergente, possivelmente devido ao porte das plantas, bem desenvolvidas no momento da aplicação dos tratamentos para simular as condições encontradas nas ferrovias. Estudos futuros podem ser realizados avaliando dosagens maiores de EP na calda, uma vez que, neste estudo preliminar, foram avaliadas baixas concentrações (1% e 10%).

## Extrato pirolenhoso como herbicida pré-emergente

### Material e métodos

O extrato pirolenhoso apresenta potencial ação pré-emergente (Zeferino et al., 2018). O experimento de avaliação do EP como herbicida pré-emergente foi instalado no Laboratório de Sementes Florestais da Embrapa Florestas. Para isso, foram utilizados recipientes do tipo gerbox e papel mata-borrão como substrato para germinação. O volume de calda de cada tratamento foi calculado

pela área do gerbox (11 cm x 11 cm), com dose de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>. Assim, o volume de calda foi 242 µL por gerbox, sendo cada tratamento composto por EP e/ou Imazapyr, como consta na Tabela 2. Para cada gerbox, duas folhas de papel foram embebidas em 13 mL de volume total (água ultrapura + calda).

**Tabela 2.** Descrição dos tratamentos avaliados como inibidores da germinação de sementes das espécies: picão-preto (*Bidens pilosa*), capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e corda-de-viola (*Ipomoea purpurea*).

Tratamentos	g i.a/e.a ha <sup>-1</sup>	L pc ha <sup>-1</sup>	EP L ha <sup>-1</sup>	PC (µL/gerbox)	EP (µL/gerbox)
T1 - Testemunha (água)	-	-	0 L	-	-
T2 - EP 10%	-	-	20 L	-	24,2
T3 - EP 100%	-	-	200 L	-	242
T4 - Imazapyr (5 L)	1.250	5 L	0 L	6,05	0
T5 - Imazapyr (5 L) + EP 1%	1.250	5 L	2 L	6,05	2,42
T6 - Imazapyr (5 L) + EP 10%	1.250	5 L	20 L	6,05	24,2

\*EP: extrato pirolenhoso.

Estes mesmos tratamentos foram testados nas três espécies de plantas daninhas: picão-preto (*Bidens pilosa*), capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e corda-de-viola (*Ipomoea purpurea*). Os experimentos foram instalados em câmaras de germinação tipo B.O.D., e as condições de germinação foram adaptadas a partir das Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009), e estão descritas a seguir:

**Picão-preto:** 8 h de luz e 16 h de escuro sob temperatura constante de 25 °C. Primeira leitura de germinação aos sete dias e leitura final aos nove dias.

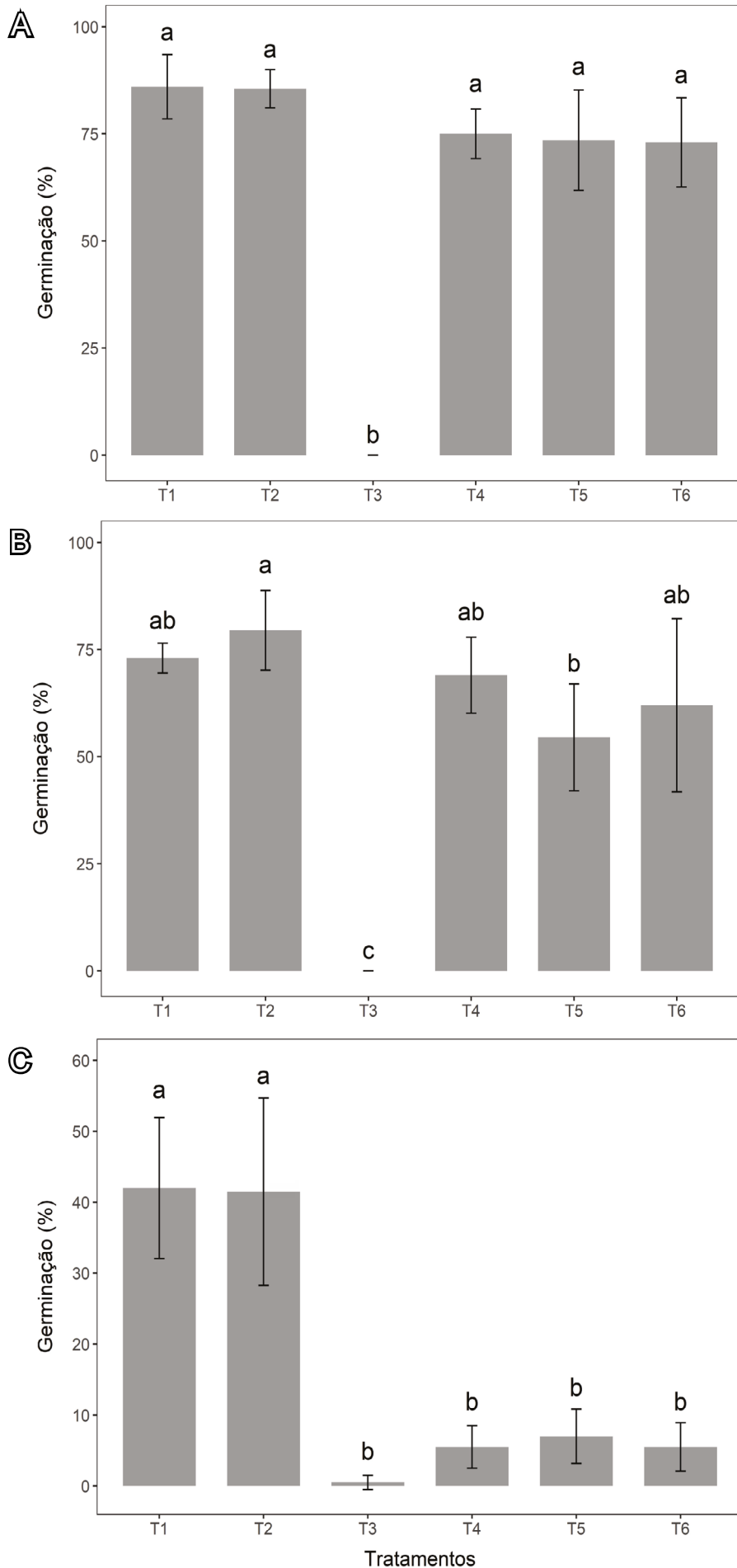
**Capim-amargoso:** sob temperatura de 15 °C no escuro, por 16 h e 35 °C com luz, por 8 h. Instalação em 09 de fevereiro de 22, primeira leitura de germinação aos sete dias e leitura final aos 14 dias.

**Corda-de-viola:** sob temperatura constante de 20 °C, com 8 h de luz. Instalação em 10 de fevereiro de 22, primeira leitura de germinação aos seis dias e leitura final aos 14 dias.

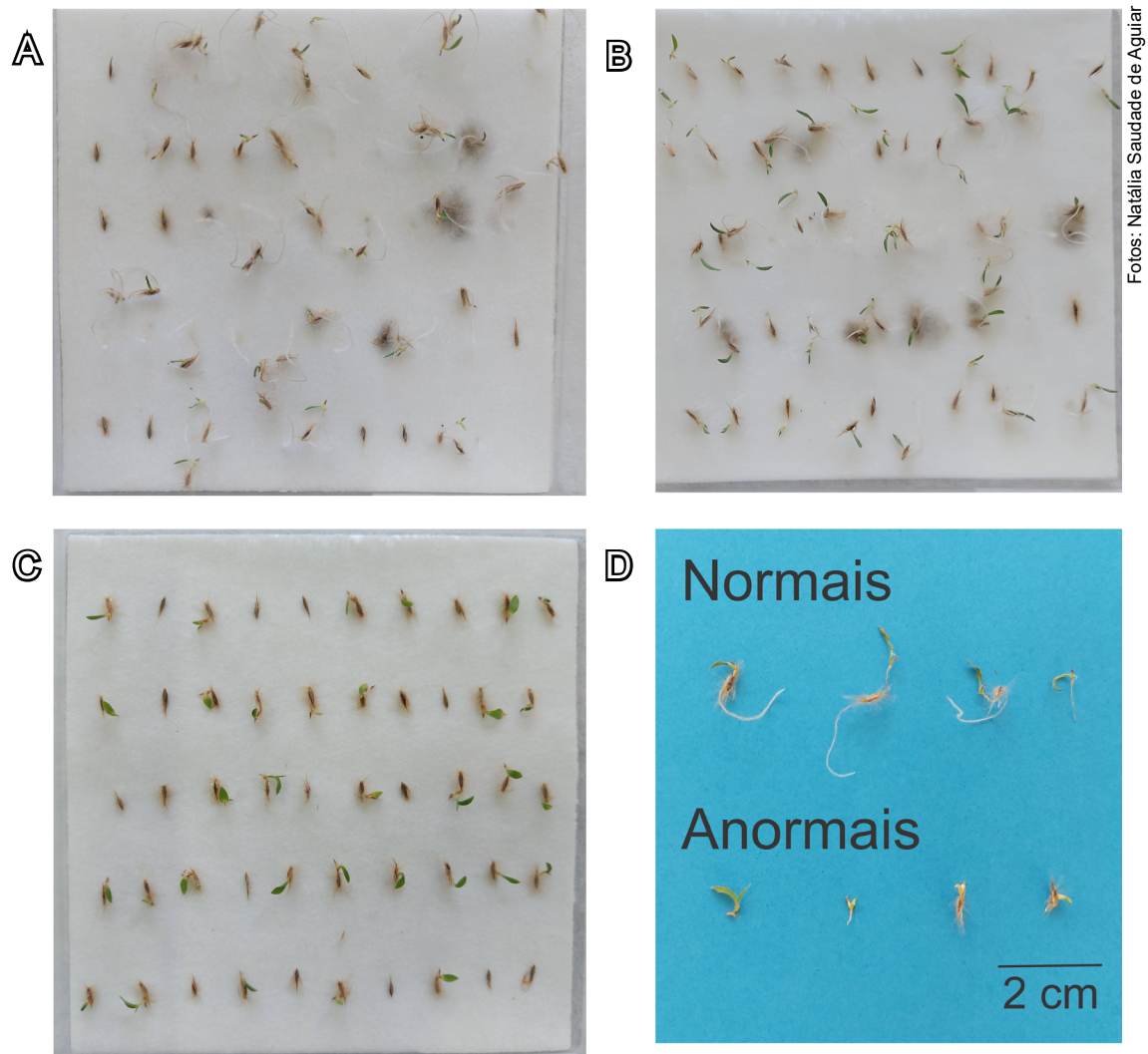
O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições de 50 sementes para cada espécie. Os dados coletados nas avaliações foram verificados quanto à distribuição normal e homogeneidade das variâncias. Aceitos estes pressupostos, seguiu-se com a análise de variância (ANOVA) e o teste de médias de Scott Knott ( $p < 0,05$ ).

## Resultados e discussão

Os resultados deste experimento estão apresentados na Figura 13. As sementes de picão-preto e capim-amargoso se mostraram pouco sensíveis à dose de Imazapyr aplicada, apresentando taxas de germinação próximas à testemunha (T1). O EP na concentração de 10% (T2) também não diferiu da testemunha. Por outro lado, o EP (100%) inibiu completamente a germinação das sementes das duas espécies. No capim-amargoso, as sementes tratadas com EP na concentração de 100% emitiram a plúmula, mas não a radícula, sendo consideradas como plântulas anormais, e não como germinadas (Figura 14). No picão-preto, com EP 100%, nenhuma semente germinou no período avaliado (Figura 15).

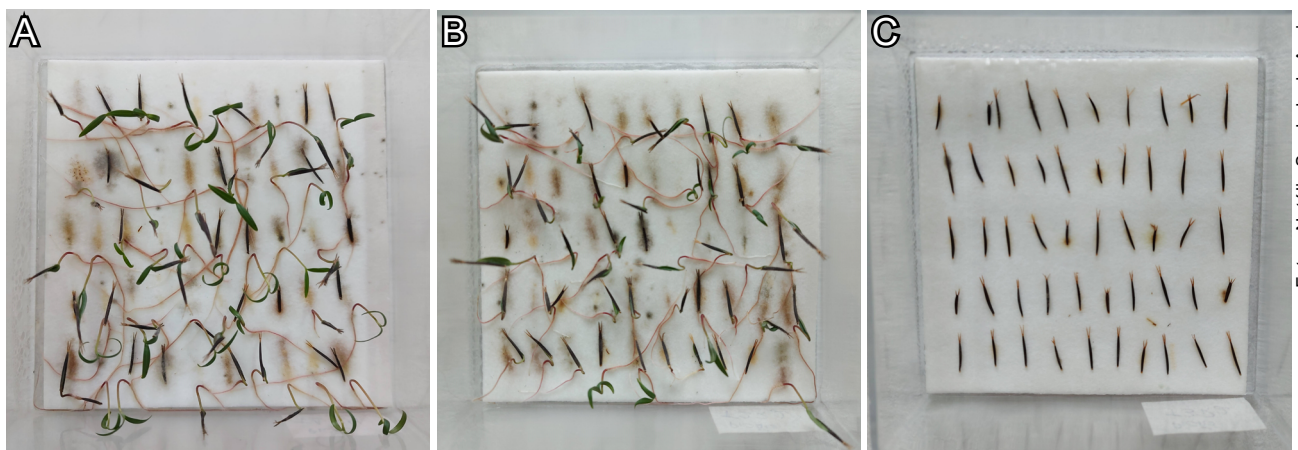


**Figura 13.** Porcentagens de germinação de sementes de: (A) picão-preto (*Bidens pilosa*), (B) capim-amargoso (*Digitaria insularis*), e (C) corda-de-viola (*Ipomoea purpurea*) submetidas a seis tratamentos pré-emergentes (combinações de extrato pirolenhoso (EP) e Imazapyr: T1 – testemunha (água), T2 – EP 10%, T3 – EP 100%, T4 – Imazapyr 5 L ha<sup>-1</sup>, T5 – Imazapyr 5 L ha<sup>-1</sup> + EP 1% e T6 – Imazapyr 5 L ha<sup>-1</sup> + EP 10%).



Fotos: Natália Saudade de Aguiar

**Figura 14.** Germinação de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) aos 14 dias: a) T1 – testemunha (água); b) T2 – extrato pirolenhoso 10%; c) T3 – extrato pirolenhoso 100%; d) plântulas normais e anormais, sem radícula, no tratamento T3.



Fotos: Natália Saudade de Aguiar

**Figura 15.** Germinação de picão-preto (*Bidens pilosa*) aos 7 dias: (A) T1 - testemunha (água); (B) T2 – extrato pirolenhoso 10%; (C) T3 – extrato pirolenhoso 100%.

Para a corda-de-viola, os tratamentos T1 e T2 não diferiram entre si, ou seja, 10% de EP não foram eficientes para inibir a germinação das sementes. O EP em concentração 100% (T3), no entanto, apresentou um ótimo controle (0,25% de germinação), não diferindo também dos tratamentos com Imazapyr (T4, T5 e T6). Além disso, as sementes que germinaram nestes tratamentos apresentaram baixo vigor quando comparadas aos tratamentos T1 e T2 (Figura 16). Assim, as sementes dessa espécie se mostraram susceptíveis ao Imazapyr na dose aplicada.



**Figura 16.** Plântulas de corda-de-viola (*Ipomoea purpurea*) separadas em seus respectivos tratamentos pré-emergentes (combinações de extrato pirolenhoso (EP) e Imazapyr: T1 – testemunha (água); T2 – EP 10%; T3 – EP 100%; T4 – Imazapyr 5 L ha<sup>-1</sup>; T5 – Imazapyr 5 L ha<sup>-1</sup> + EP 1%; T6 – Imazapyr 5 L ha<sup>-1</sup> + EP 10%).

Conclui-se que o tratamento mais eficiente para inibir a germinação das sementes das três espécies foi o EP na concentração de 100%, simulando uma aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>. O EP na concentração de 10% não inibiu a germinação, assim como o EP em baixas concentrações (1% e 10%) associado ao Imazapyr também não melhorou a eficiência do produto. O Imazapyr não foi efetivo para o controle total da germinação das espécies avaliadas, entretanto, foi utilizada a dose de 5 L ha<sup>-1</sup>, metade da recomendada; assim, este resultado não indica a ineficiência do produto como herbicida pré-emergente.

## Extrato pirolenhoso como herbicida pré-emergente em parcela de campo

### Material e métodos

Em dezembro de 2021, parcelas de 10 m<sup>2</sup> foram instaladas na área experimental da Embrapa Florestas, para observação da eficiência do Imazapyr combinado com EP como pré-emergente, em condição de campo (Tabela 3). Pelo tamanho limitado da área, não foi utilizado um delineamento estatístico com repetições dos tratamentos, somente sendo instalada uma parcela por tratamento para observação. Toda a área foi limpa mecanicamente e se encontrava sem a presença de plantas infestantes no momento da aplicação dos tratamentos.

**Tabela 3.** Tratamentos aplicados como herbicidas pré-emergentes no campo com diferentes concentrações de extrato pirolenhoso (EP).

Tratamentos	g i.a/e.a ha <sup>-1</sup>	L pc ha <sup>-1</sup>	EP L ha <sup>-1</sup>
T1 - Testemunha (água)	-	-	-
T2 - EP 1%	-	-	2
T3 - EP 10%	-	-	20
T4 - EP 100%	-	-	200
T5 - Imazapyr (5 L)	1.250	5	0
T6 - Imazapyr (5 L) + EP 10%	1.250	5	20
T7 - Imazapyr (7 L)	1.750	7	0
T8 - Imazapyr (7 L) + EP 10%	1.750	7	20
T9 - Imazapyr (9 L)	2.250	9	0
T10 - Imazapyr (9 L) + EP 10%	2.250	9	20
T11 - Imazapyr (10 L)	2.500	10	0
T12 - Imazapyr (10 L) + EP 10%	2.500	10	20

### Resultados e discussão

Observou-se que as parcelas dos tratamentos T4, T9 e T10 apresentaram bom controle das plantas daninhas (Figura 17), mais de 100 dias depois da aplicação dos tratamentos. Assim, o EP, quando aplicado em altas concentrações, pode ser utilizado como herbicida pré-emergente, como também demonstrado no experimento em laboratório.



**Figura 17.** Níveis de infestação das parcelas de campo com espécies de plantas daninhas 100 dias após a aplicação em pré-emergência: (A) T1 - Testemunha (água), (B) T4 – EP 100%, (C) T9 - Imazapyr 9 L ha<sup>-1</sup> e (D) T10 - Imazapyr 9 L ha<sup>-1</sup> + EP 10%.

## Uso da nanocelulose em pulverização

### Material e métodos

O uso de nanocelulose em pulverização para o controle de plantas daninhas foi testado no Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação e Máquinas Agrícolas (Nitec) da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) considerado como referência em termos de estrutura de pesquisa em tecnologia de aplicação. Iniciou-se o teste com suspensão com 3% de nanocelulose em base seca (Figura 18A).

### Resultados e discussão

A consistência do gel (alta viscosidade) não permitiu a passagem pela tubulação vindo a causar entupimento dos filtros do bico pulverizador. Assim, foram realizadas diluições sucessivas até 0,3% p/p, entretanto, mesmo com a diluição ocorreu a deposição da nanocelulose e entupimento do filtro do pulverizador (Figura 18C), não sendo possível a realização do teste.





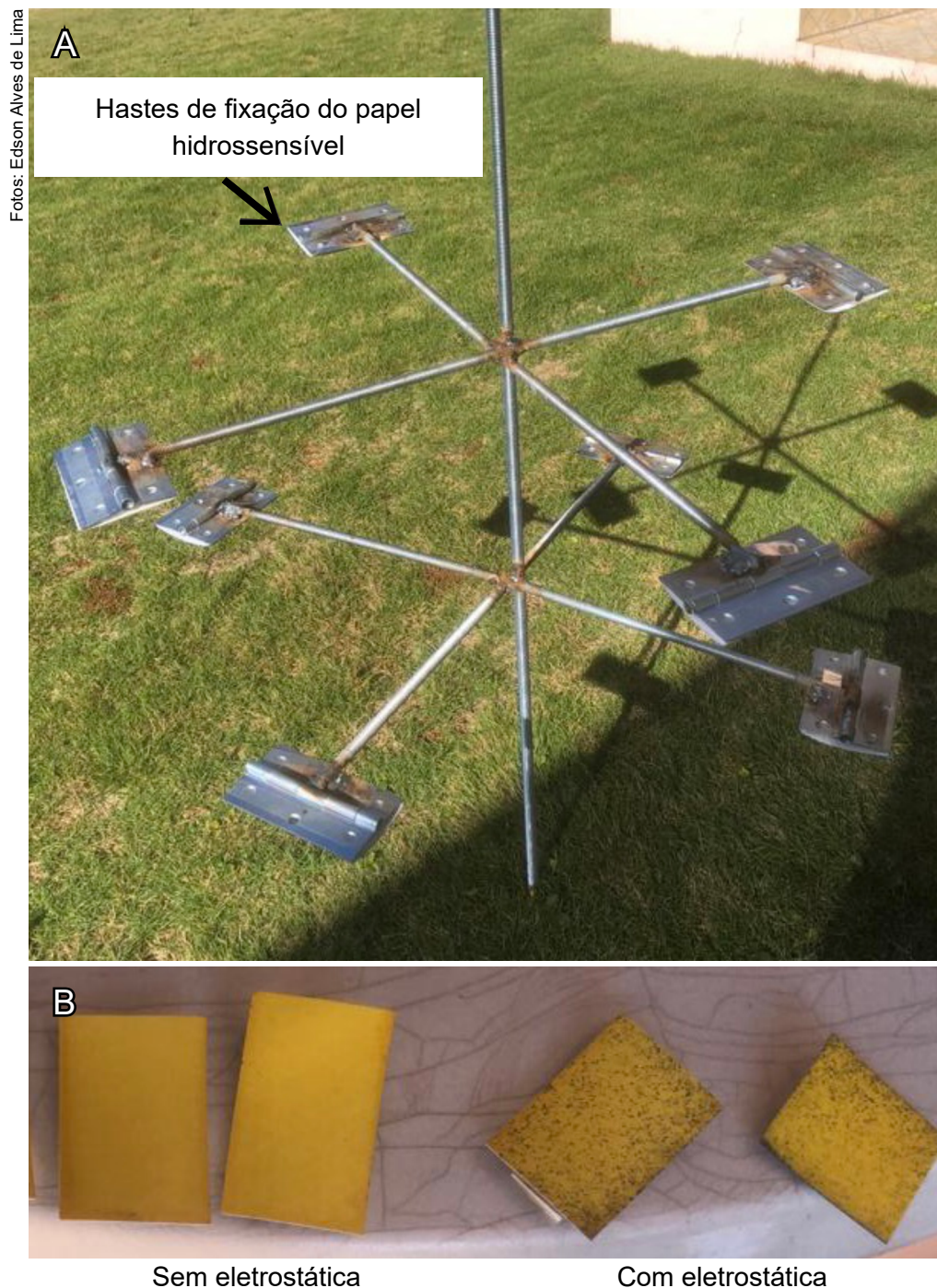
Fotos: Edson Alves de Lima

**Figura 18.** Nanocelulose em pulverização para controle de plantas daninhas: (A) diluição da nanocelulose; (B) pulverizador de bancada; (C) filtro de bico do pulverizador com nanocelulose retida; (D) aparato (lâmpada de luz branca e câmera de alta resolução e velocidade) para realizar o espectro de gotas. Teste realizado no Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação e Máquinas Agrícolas da Universidade Estadual do Norte do Paraná.

## Aplicação eletrostática

### Material e métodos

O objetivo desta atividade foi realizar uma prova de conceito sobre o funcionamento da pulverização eletrostática. Esse tipo de pulverização consiste em carregar eletricamente as gotas finas e muito finas de modo que sejam atraídas pela planta (alvo), movidas pela força eletrostática. Com isso a deposição destas gotas aumenta na planta, principalmente na face inferior da folha. Foi desenvolvida uma estrutura metálica para simular uma planta, com função de aterramento (Figura 19A). Na face basal de cada “folha” foi afixado papel hidrossensível para verificar a deposição de gotas finas e muito finas.



**Figura 19.** Aplicação eletrostática: (A) Aparato metálico com suporte para papel hidrossensível, simulando uma planta, com função de aterramento atraindo a gota e (B) papéis hidrossensíveis após o teste, com baixa deposição - aplicação sem eletrostática, e com alta deposição - aplicação com eletrostática.

## Resultados e discussão

Nota-se que, com o acionamento da aplicação com tecnologia eletrostática, ocorre grande deposição de gotas finas no papel hidrossensível, mesmo contra o sentido da gravidade (Figura 19B). Na prática, isso significa que houve deposição de gotas finas que iriam em direção do solo, devido à gravidade. A deposição destas gotas finas na parte inferior das folhas incorre em menor deriva e maior aproveitamento da calda.

## CMC com espessantes para redução de deriva

### Material e métodos

Durante a pulverização, as gotas finas e muito finas estão sujeitas à mudança de direção em função da baixa energia cinética, não atingindo o alvo, fenômeno chamado de deriva. O aumento da viscosidade da calda com adjuvante espessante aumenta o tamanho da gota e sua energia cinética, melhorando a deposição do herbicida no alvo, a planta. A CMC, normalmente apresentada na forma sódica, como carboximetilcelulose de sódio, é um polímero aniônico derivado da celulose, muito solúvel em água, também usada como espessante, estabilizante e emulsificante. Por ser amplamente utilizada na indústria alimentícia, apresenta boa disponibilidade no mercado. Para comparar com a CMC, utilizou-se a goma guar, que é obtida das sementes de *Cyamopsis tetragonoloba* ou *Cyamopsis psoraloides*, leguminosas nativas da Índia. Ela é bastante utilizada na indústria de alimentos, seja como espessante, estabilizante ou emulsificante e é de fácil aquisição.

Assim, dois espessantes potenciais foram avaliados com objetivo de aumentar a viscosidade da calda: CMC e goma guar. Neste trabalho, foi determinada a viscosidade de soluções com níveis crescentes de goma guar (até 2%) e CMC (máximo de 0,7%, limitada pelo equipamento) em viscosímetro tipo Ford.

### Resultados e discussão

Observou-se que, quando utilizada a goma guar, não houve alteração significativa da viscosidade, atingindo somente  $4,7 \text{ mPa s}^{-1}$ , com 2% de concentração (Figura 20A). Quando utilizada a CMC, a viscosidade aumentou de forma linear crescente (com alto coeficiente de determinação,  $r^2$ ), até  $53 \text{ mPa s}^{-1}$  com 0,7% (Figura 20B), não sendo mais possível a leitura a partir desta concentração por conta do equipamento. Dessa forma, observa-se o grande potencial espessante da CMC, e recomenda-se mais estudos deste produto com a finalidade de redução da deriva em aplicações agrícolas.

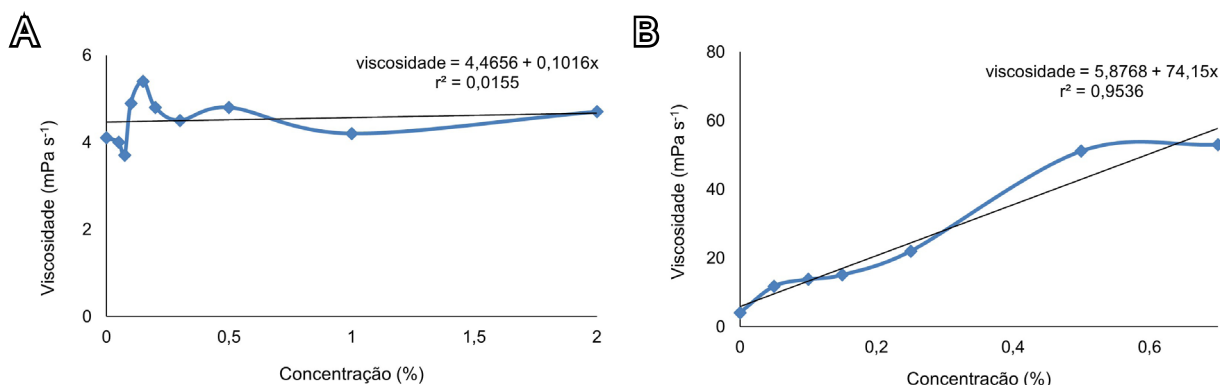


Figura 20. Viscosidade em diferentes concentrações de goma guar (a) e CMC (b).

### Considerações finais

Este trabalho confirma a dificuldade que representa o controle de plantas daninhas em linhas férreas. Em primeiro lugar, pela “concorrência” pelo espaço físico dos trilhos, pois a aplicação de herbicida é realizada com “vagão-tanque”, o que limita muito o tempo disponível para aplicação, ou seja, só pode ser aplicado herbicida quando não tem vagão de transporte na linha. Devido a esta

limitação, as plantas daninhas acabam passando do ponto ótimo de controle químico, o que reduz a eficiência dos herbicidas.

Apesar do EP ter melhorado o controle em algumas espécies, não foi o suficiente para reduzir a dose com a segurança necessária para o controle efetivo nas espécies testadas. Pela sua capacidade tamponante e de redução de pH da solução, o EP poderia ser interessante em condições de água com elevada concentração de carbonatos. Para a finalidade do trabalho, em linhas férreas, não haveria uma grande aplicação. Entretanto, o EP mostrou resultados muito promissores como herbicida pré-emergente; recomendam-se mais trabalhos no campo, analisando a sua eficiência em áreas agrícolas, por exemplo.

Os testes para redução de deriva foram provas de conceito e não foram aplicados em experimentos de campo. Nestas provas de conceito tanto a aplicação eletrostática quanto o uso da CMC mostraram grande potencial para reduzir a deriva e recomenda-se o aprofundamento dos estudos nestes temas.

## Agradecimentos

À Rumo Logística S.A. pelo apoio financeiro, técnico e de estrutura, ao engenheiro florestal Jonathan Salo Tavares Gusso, à engenheira-agrônoma Mariana Addison Pavei pela colaboração, à Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) pela disponibilização da infraestrutura de laboratório e de tecnologia de aplicação e à Embrapa pela disponibilização de infraestrutura de campo, laboratório e de pessoal.

## Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_sementes.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf). Acesso em: 22 nov. 2023.

MAGALHÃES, W. L. E.; CLARO, F. C.; MATTOS, M.; LENGOWSKI, E. C. **Produção de nanofibrilas de celulose por desfibrilação mecânica em moinho coloidal**. Colombo: Embrapa Florestas, 2017. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 404). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164853/1/CT-404-1440-final.pdf>.

ZEFERINO, I.; LIMA, E. A. de; VIEIRA, E. S. N. **Uso do extrato pirolenhoso como adjuvante de herbicida**. Colombo: Embrapa Florestas, 2018. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 429). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/191243/1/CT-429-1660-final2.pdf>.

**Embrapa**

---

**Florestas**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA E  
PECUÁRIA



CGPE 018390