

Efeitos do herbicida indaziflam na germinação de duas espécies nativas (*Schinus terebinthifolia* Raddi e *Pterogyne nitens* Tul.)

Ana Paula Ponce¹; Felipe Dutra²; Verônica de Almeida³; Natália Mendes⁴; Bruno Santos Francisco⁵;
Emerson Viveiros⁶; Fátima Conceição Márquez Piña-Rodrigues⁷; José Mauro Santana da Silva⁸

¹. Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas, graduanda na Universidade Federal de São Carlos; *Campus* Sorocaba — SP. e-mail: anapps@estudante.ufscar.br

². Bacharel em Ciências Biológicas, Mestre em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis, Doutorando do Programa de Pós graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis, Universidade federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, SP. fb Dutra@estudante.ufscar.br

³. Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas, graduanda na Universidade Federal de São Carlos; *Campus* Sorocaba — SP. e-mail: veronica@estudante.ufscar.br

⁴. Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas, graduanda na Universidade Federal de São Carlos; *Campus* Sorocaba — SP. e-mail: natalia.m@estudante.ufscar.br

⁵. Licenciatura em Ciências Biológicas, Mestrado em Biociências, Doutorando do Programa de Pós graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis, Universidade federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, SP.

⁶. Mestre em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis, Engenheiro de Meio Ambiente, AES Brasil, Bauru-SP. emerson.viveiros@aes.com

⁷. Engenharia Florestal, Doutora em Ecologia, Professor Associado 3 da Universidade Federal de São Carlos, Brasil, Universidade Federal de São Carlos, *Campus* Sorocaba, SP. fpina@ufscar.br

⁸. Engenharia Florestal, Doutor em Irrigação e Drenagem, Professor Associado da Universidade Federal de São Carlos, Brasil, Universidade Federal de São Carlos, *Campus* Sorocaba, SP. fpina@ufscar.br

Resumo

O processo de restauração ecológica se utiliza de técnicas como aplicação de herbicidas para diminuir a matocompetição com as espécies florestais nas áreas de interesse. Os efeitos dessa aplicação são conhecidos em espécies de interesse alimentar e comercial, porém, as consequências do uso em espécies nativas ainda não são conhecidas, logo, o objetivo do nosso trabalho foi avaliar as respostas germinativas de *Pterogyne nitens* e *Schinus terebinthifolia* ao herbicida pré emergente indaziflam. Testamos o número de sementes germinadas em quatro concentrações do herbicida (187,5 ml.ha⁻¹; 150 ml.ha⁻¹; 112 ml.ha⁻¹; 75 ml.ha⁻¹). Verificamos sensibilidade da espécie *Schinus terebinthifolia*, porém os mesmos resultados não foram observados em *Pterogyne nitens*, portanto são necessários mais estudos com mais espécies nativas para melhor entendimento da ação do herbicida indaziflam no desenvolvimento germinativo.

Palavras-chave: Floresta Estacional, Restauração, Matocompetição.

Introdução

A recuperação de áreas degradadas visa a restituição das funcionalidades biológicas e do meio físico com as ações passivas ou ativas como o plantio de mudas, técnicas de nucleção e ou a semeadura direta de espécies nativas (dos SANTOS & da SILVA, 2017; EMBRAPA, 2017). Dentre seus desafios estão a falta de disponibilidade de sementes florestais nativas e suas mudas, ausência de conhecimento de manejo correto, e a dificuldade prática para lidar com espécies exóticas invasoras (PASSARETTI, 2018).

Para lidar com a alteração de desempenho no desenvolvimento das espécies nativas por matocompetição alguns processos de restauração se utilizam de três formas conhecidas para o manejo das gramíneas exóticas e invasoras, sendo eles, o mecânico com capina ou arranque, o cultural com o incremento de espécies competitivas, e a química, através da aplicação de herbicidas (FLORIDO, 2015).

Herbicidas pré-emergentes são comumente usados para reduzir a abundância de gramíneas exóticas invasoras (MANGOLD *et al.*, 2013), mas quando aplicado concomitantemente com a semeadura direta, pode impactar negativamente o estabelecimento de algumas espécies nativas (OWEN, SIEG, & GEHRING, 2011). No entanto, quando os efeitos do herbicida são limitados as espécies alvo, o herbicida pode melhorar o estabelecimento de plantas nativas, reduzindo a competição por recursos (SHELEY, CARPINELLI, & MORGHAN, 2007).

Na literatura existem estudos referentes a aplicação de herbicidas de amplo uso na restauração como glifosato, imazapic, imazapir, entre outros, porém poucos estudos quando se trata da aplicação e uso do herbicida indaziflam (FLORIDO, 2015). O Esplanade® possui como ingrediente ativo indaziflam que pertence ao grupo químico alquilazina, funcionando como um inibidor de biossíntese de celulose, com translocação através do xilema e floema, sendo então classificado como um herbicida sistêmico e (AMIM *et al.*, 2014; SEBASTIAN *et al.*, 2017). Sua aplicação é

recomendada para áreas de reflorestamento, apesar de não ser seletivo para controle de gramíneas exóticas que competem e dificultam a regeneração de espécies nativas (GUERRA, 2013; dos SANTOS & da SILVA, 2018).

Em nosso estudo verificamos os efeitos do herbicida indaziflam (Esplanade®) na germinação e desenvolvimento inicial de duas espécies florestais utilizadas na restauração ecológica por semeadura direta.

Material e Métodos

Os testes de germinação foram conduzidos conforme as “Instruções para análise de sementes de espécies florestais” (BRASIL, 2013). As sementes de *Pterogyne nitens* Tul. passaram pelo processo de escarificação para quebra de dormência, já as sementes de *Schinus terebinthifolia* Raddi, não necessitam de superação de dormência. Foram utilizados cinco tratamentos com dez repetições de dez sementes por repetição, totalizando 500 sementes por espécie.

Testamos quatro concentrações do herbicida indaziflam a partir da dose comercial sugerida pelo fornecedor (150 ml.ha⁻¹), ou seja, o tratamento T1 aplicamos nas sementes 25% acima da dose recomendada (187,5 ml.ha⁻¹), no tratamento T2 aplicamos a quantidade recomendada pela bula do produto (150 ml.ha⁻¹), no tratamento (T3) aplicamos 25% a menos do que a quantidade recomendada (112 ml.ha⁻¹), no tratamento 4 (T4) utilizamos 50% a menos que a quantidade sugerida na bula (75 ml.ha⁻¹) e o tratamento 5 (T5) não foi utilizado o herbicida. Distribuímos as sementes em gerbox sob duas camadas de papel filtro umedecidas com oito ml da diluição por tratamento e posteriormente posicionadas nos germinadores à 25 °C.

Durante o experimento realizamos a contagem das sementes germinadas e calculamos as médias, o desvio padrão e a taxa de germinação por tratamento. Os dados referentes ao número de sementes germinadas foram avaliados quanto à normalidade, usando o teste de Shapiro-Wilk, e homocedasticidade através dos testes de Levene após isso utilizamos o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis acompanhado do pós-teste de Dunn's. Todas as análises foram realizadas usando o programa R (R Core Team, 2021).

Resultados e Discussão

A espécie *Schinus teribinthifolia* se mostrou sensível ao herbicida indaziflam, sendo que a melhor média de germinação foram para os tratamentos T3 e T5 (Tabela 1). Observamos diferença ($X^2 = 10,38$ $p = 0,03443$) na germinação entre os tratamentos com herbicida e sem herbicida, exceto pelo T3, que não diferiu do T5 (Figura 1).

A espécie *Pterogyne nitens* ao final dos 17 dias de experimento apresentou altas taxas de germinação de sementes (>70%) em todos os tratamentos apresentados (T1, T2, T3, T4, T5). Os maiores valores obtidos de germinação foram atribuídos ao tratamento T2 com 89% de germinação seguido pelo tratamento T1 com 86%. Em nosso estudo a espécie *P. nitens* não se mostrou sensível ao herbicida indaziflam, não tendo diferença entre os tratamentos avaliados ($X^2 = 4,88$ $p = 0,3049$).

Tabela 1. Média e desvio padrão do número de sementes germinadas para cada dosagem do herbicida indaziflam.

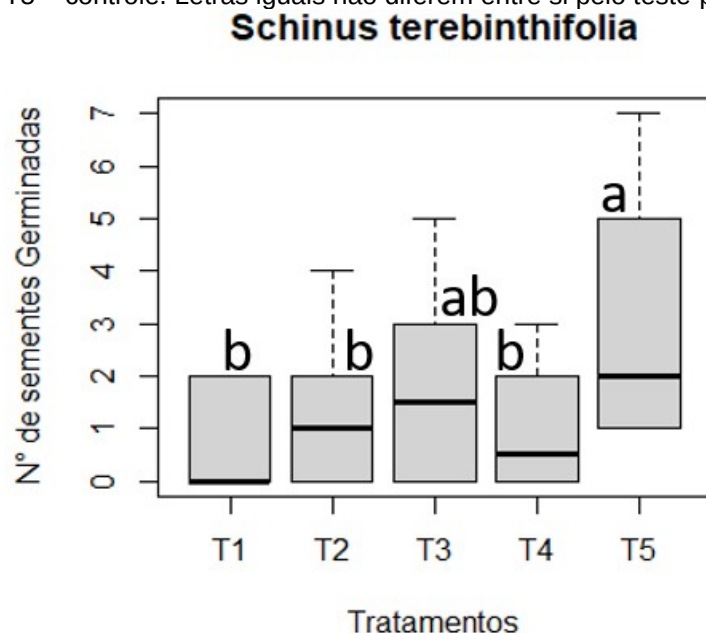
Tratamentos	<i>Schinus terebinthifolia</i>	<i>Pterogeny nitens</i>
T1	0,7±0,9	8,6±0,9
T2	1,3±1,3	8,1±1,3
T3	1,7±1,5	7,8±1,4
T4	0,9±1,0	7,4±1,5
T5	3,1±2,1	7,8±1,2

T1 – 25% acima da dose recomendada; T2 – dose recomendada pela bula do produto; T3 - 25% a baixo da dose recomendada; T4 - 50% a baixo da dose recomendada; T5 – controle. Letras iguais não diferem entre si pelo teste post-hoc de Dunn's.

Na restauração, o uso de herbicida indaziflam se já se mostrou eficaz para o controle de capins exóticos, controlando sua propagação em >85 %. É também sugerido que a germinação de espécies nativas ocorra pelo menos 1 ano após a aplicação de herbicida indaziflam, dado o potencial de afetar os estágios germinativos, assim como observado em *Schinus teribinthifolia*. Porém, novas

técnicas em desenvolvimento indicam que o uso de cilindros de carvão ativado envolvendo a semente possam permitir a aplicação de herbicida de forma simultânea à semeadura (CLENET et al., 2019; TERRY et al., 2021).

Figura 1. Boxplot do número de sementes germinadas de *Schinus terebinthifolia* em cada tratamento com o herbicida indaziflam. T1 – 25% acima da dose recomendada; T2 – dose recomendada pela bula do produto; T3 – 25% a baixo da dose recomendada; T4 – 50% a baixo da dose recomendada; T5 – controle. Letras iguais não diferem entre si pelo teste post-hoc de Dunn's ($p < 0,05$).



Conclusões

O herbicida indaziflam afetou significativamente o número de sementes germinadas de *Schinus terebinthifolia* na maioria dos tratamentos (T1, T2 e T4), podendo ser considerado uma espécie sensível a este herbicida, por outro lado, a espécie *Pterogyne nitens* não sofreu redução significativa no número de sementes germinadas.

Não recomendamos o uso de indaziflam concomitante a semeadura de *S. teribinthifolia*, no entanto, não haveria restrições para *P. nitens*, já que esta espécie não foi sensível ao herbicida.

Sugerimos novos estudos com mais espécies nativas para melhor entendimento da ação do herbicida indaziflam no desenvolvimento germinativo.

Agradecimentos/Apoio

Gostaria de agradecer o doutorando Felipe Dutra pela orientação, aos professores doutores Fátima Piña-Rodrigues e José Mauro da Silva e a todos os meus colegas do LASEM (Laboratório de Sementes e Mudas Florestais) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba.

Referências Bibliográficas

AMIM, et al. Controle de plantas daninhas pelo indaziflam em solos com diferentes características físico-químicas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 4, p. 791-800, 2014.

Dos SANTOS, T. A. & da SILVA, F.F. Plantas daninhas situadas em áreas de reflorestamento no Brasil: uma revisão de literatura. **Diversidade e Gestão**, v. 2, n. 1, p 2-16, 2018.

CLENET, et al. Native seeds incorporated into activated carbon pods applied concurrently with indaziflam: a new strategy for restoring annual-invaded communities? **Restoration Ecology**, v.27, n.4, p. 738 - 744, 2019.

EMBRAPA. Controle de plantas daninhas em restauração florestal. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1064645/controle-de-plantas-daninhas-em-restauracao-florestal>. Acesso em: 25 de mai. 2022.

GUERRA, N. *et al.* Aminocyclopyrachlor e indaziflam: Seletividade, controle e comportamento no ambiente. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n.3, p. 285-295, 2013.

GUERRA, N. *et al.* Sensibility of plants species to herbicides aminocyclopyrachlor and indaziflam. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 609-617, 2014.

MANGOLD, J., PARKINSON, H., DUNCAN, C., RICE, P., DAVIS, E., & MENALLED, F. Controle de bromo felpudo (*Bromus tectorum*) com imazapic em pastagens de Montana. **Ciência e Manejo de Plantas Invasivas**, v. 6, n. 4, p. 554 – 558, 2013. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-13-00016.1>

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Instruções para análise de sementes de espécies florestais. Brasília, 2013.

OWEN, S., SIEG, C., & GEHRING, C. Reabilitação de matagais invadidos por bromo felpudo (*Bromus tectorum*) usando imazapic e semeando com arbustos nativos. **Ciência e Manejo de Plantas Invasivas**, v. 4, n. 2, p. 223 – 233, 2011. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-10-00054.1>

PASSARETTI, R. **Semeadura direta de espécies arbóreas nativas de cerrado: diferenças entre espécies e efeitos da matocompetição**. 2018. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônômicas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

SEBASTIAN, *et al.* Indaziflam: a new cellulose-biosynthesis-inhibiting herbicide provides long-term control of invasive winter annual grasses. **Pest Management Science**, v. 73, n. 10, p. 2149-2162, 2017.

SHELEY, R., CARPINELLI, M., & MORGHAN, K. Efeitos do imazapic na vegetação alvo e não alvo durante a revegetação. **Tecnologia de Ervas Daninhas**, v. 21, n. 4, p.1071 – 1081, 2007. <https://doi.org/10.1614/WT-06-131.1>

TERRY, *et al.* Herbicide effects on the establishment of a native bunchgrass in annual grass invaded areas: Indaziflam versus imazapic. **Ecological Solutions and Evidence**, v. 2, n.1, 2021.