

Universidade De São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Seleção de espécies de *Streptomyces* spp. para o biocontrole de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) em soja

**Natália Gabriele Mafra Cataletta**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba  
2021

Natália Gabriele Mafra Cataletta  
Bacharel em Engenharia Agrônômica

Seleção de espécies de *Streptomyces* spp. para o biocontrole de capim-pé-de-galinha  
(*Eleusine indica*) em soja  
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:  
Prof. Dr. **SÉRGIO FLORENTINO PASCHOLATI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba  
2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA – SIBD/ESALQ/USP**

Cataletta, Natália Gabriele Mafra

Seleção de espécies de *Streptomyces* spp. para biocontrole de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) em soja / Natália Gabriele Mafra Cataletta.-  
- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - -  
Piracicaba, 2021.

79 p.

Dissertação (Mestrado) -- USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz."

1. Plantas daninhas 2. Herbicida biológico 3. Actinobactérias 4. Capim-pé-de-galinha I. Título

## DEDICATÓRIA

Primeiramente à Deus,

Por me ajudar e me fortalecer durante esta trajetória.

À minha mãe e meu avô,

Renata Cristina Mafra Cataletta e Rubens Mafra Cataletta

Pela ajuda e apoio incondicionais, por toda a luta e batalha para

que sua filha tivesse uma educação de qualidade e

por acreditarem nos meus sonhos.

À minha família,

Pelo grande apoio nesta longa caminhada.

Ao meu namorado,

Roberto Carlos Habermann

Pela compreensão, apoio e companheirismo em todos os momentos!

Muito obrigada a todos vocês, sozinha eu não conseguiria.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me protegido, cuidado e guiado meus caminhos. Agradeço também por ter me dado forças para prosseguir nesta jornada.

À minha mãe e meu avô, Renata Cristina Mafra Cataletta e Rubens Mafra Cataletta, por todo o apoio, compreensão e amor. Por sempre me incentivarem a correr atrás dos meus sonhos. Amo vocês!

À minha família, por todo apoio e auxílio durante todos esses anos. Por todas as idas e vindas em rodoviárias para me ajudar.

Agradeço imensamente ao Prof. Dr. Sérgio Florentino Pascholati, pelo exemplo de pessoa e profissional e por toda a dedicação, ajuda, conhecimento e ensinamentos repassados e compreensão para comigo e todos os seus orientados.

Ao meu namorado, Roberto Carlos Habermann, por todo o auxílio, compreensão e companheirismo dispensados a mim. E pelas longas noites me ajudando. Muito Obrigada!

Às minhas colegas de casa, Jéssy Anny Vilhena Senado e Letícia Teixeira, por todos os conselhos e momentos de descontração, principalmente durante a pandemia, quando estávamos todos muito assustados.

Aos colegas do laboratório de Fisiologia e Bioquímica Fitopatológica, Abel Torres, Dablieny Garcia, Daniel Grossi, Daniele Fontana, Lucas da Silva, Ruan Navarro, Sabrina Holz, Samuel de Paula, Sophia Philadelphi, Suzani Paz e Victor Hugo Moura de Souza, pelo excelente convívio e por todo o conhecimento repassado em nosso ambiente de trabalho, e em especial à Mariana Colli e Janaína Barreta, por me acolherem e pelos momentos de distração, vocês fizeram com que as coisas ficassem mais leves.

Aos colegas da pós-graduação pela amizade e trocas de experiências incríveis. Com certeza me tornaram uma pessoa melhor.

Aos funcionários do Departamento de Fitopatologia e Nematologia da ESALQ/USP por todo auxílio.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Mestrado.

A todos que passaram por minha vida e me ensinaram alguma coisa, sem vocês eu não estaria aqui hoje.

A todos que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho.

## EPÍGRAFE

*“Mesmo se eu soubesse que amanhã o mundo se  
partiria em pedaços, eu ainda plantaria a minha macieira”.*

*Martin Luther King Jr.*

## SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT .....	9
LISTA DE FIGURAS .....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. Objetivo geral.....	19
2.2. Objetivos específicos .....	19
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	21
3.1. A cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merr.].....	21
3.2. Origem e definições acerca de plantas daninhas.....	23
3.2.1. Características das plantas daninhas .....	24
3.3. Interações fisiológicas entre a cultura da soja e plantas daninhas.....	26
3.4. Capim-pé-de-galinha ( <i>Eleusine indica</i> ) .....	36
3.5. Métodos de controle de plantas daninhas.....	27
3.5.1. Controle mecânico .....	28
3.5.2. Controle cultural.....	29
3.5.3. Controle químico.....	30
3.5.4. Controle biológico.....	32
3.6. <i>Streptomyces</i> spp.....	36
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	41
4.1. Obtenção dos isolados de <i>Streptomyces</i> spp.....	41
4.2. Obtenção do inóculo dos isolados de <i>Streptomyces</i> spp.....	42
4.3. Teste de inibição de germinação <i>in vitro</i> de sementes de capim-pé-de-galinha .....	42
4.4. Efeito dos diferentes isolados de <i>Streptomyces</i> spp. sobre sementes de soja .....	43
4.5. Teste em casa de vegetação para o controle em pós-emergência de capim-pé-de-galinha.....	44
4.6. Análises.....	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
5.1. Obtenção dos isolados de <i>Streptomyces</i> spp.....	47
5.2. Obtenção do inóculo dos isolados de <i>Streptomyces</i> spp.....	48
5.3. Teste de inibição de germinação <i>in vitro</i> de sementes de capim-pé-de-galinha e soja.....	49

5.4. Teste de seletividade <i>in vitro</i> de sementes de soja aos diferentes isolados de <i>Streptomyces</i> spp. ....	53
5.5. Teste em casa de vegetação para controle em pós-emergência de capim-pé-de-galinha .....	56
6. CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS.....	65



## RESUMO

### Seleção de espécies de *Streptomyces* spp. para o biocontrole de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) em soja

O uso desenfreado de herbicidas químicos desencadeou, em todo o mundo, centenas de relatos de resistência em plantas daninhas. A ocorrência de uma espécie vegetal resistente em áreas agrícolas pode causar aumento no custo de produção e queda na produtividade. O objetivo deste trabalho foi selecionar, dentre os isolados de *Streptomyces* spp. disponíveis no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Fitopatológica – Esalq/USP, um possível agente de controle biológico para *Eleusine indica* na cultura da soja. Os experimentos foram conduzidos tanto *in vitro* quanto *in vivo*. Utilizou-se 8 tratamentos, sendo seis diferentes isolados de *Streptomyces* spp., e água destilada autoclavada e o herbicida glifosato como controles. Os ensaios *in vitro* foram conduzidos em placas de Petri forradas com duas folhas de papel de germinação umedecidas com uma alíquota de 5 mL de cada tratamento (suspensão de cada actinomiceto), utilizando-se 3 repetições por tratamento contendo 30 sementes cada. As placas foram incubadas por 10 dias em câmara tipo B.O.D e avaliadas diariamente quanto à germinação das sementes. Os resultados obtidos demonstraram que todos os isolados reduziram a germinação das sementes e se igualaram estatisticamente ao herbicida glifosato. Foram realizados também testes com sementes de soja para se avaliar o efeito direto dos diferentes isolados na cultura. As sementes foram inoculadas com as diferentes preparações e alocadas em rolos de papel de germinação umedecidos com água destilada autoclavada por 8 dias. Os resultados demonstraram que nenhum dos isolados interferiu na germinação e no desenvolvimento das plântulas de soja. Para os experimentos em casa de vegetação, mudas de *E. indica* com uma folha foram transplantadas para vasos contendo substrato comercial e quando apresentavam 2 folhas foram aspergidas até o ponto de escorrimento com cada uma das 8 preparações. Avaliou-se altura das plantas, biomassa fresca, teor de clorofila e massa seca. Os resultados reforçaram os encontrados nos testes *in vitro* e comprovaram que os diferentes isolados de *Streptomyces* spp. afetaram o desenvolvimento das plântulas tanto na altura, quanto em biomassa fresca, teor de clorofila e massa seca, novamente igualando-se ao controle com o herbicida glifosato. Dentre os isolados utilizados no presente estudo, apenas um, LFBF1901, já havia sido caracterizado molecularmente como *Streptomyces griseorubiginosus*. Conclui-se que os isolados de *Streptomyces* spp. exibem potencial para serem utilizados no biocontrole de *E. indica* na cultura da soja, tanto em pré como em pós-emergência, porém os mecanismos pelos quais esse controle ocorre permanecem ainda desconhecidos.

Palavras-chave: Plantas daninhas, Herbicida biológico, Actinobactérias, Capim-pé-de-galinha

## ABSTRACT

### **Selection of *Streptomyces* spp. species for biocontrol of goosegrass (*Eleusine indica*) in soybean**

Unrestricted use of chemical herbicides has generated hundreds of weed resistance reports worldwide. The occurrence of a resistant plant species in agricultural areas can cause an increase in production cost and a drop in productivity. In the present study, six *Streptomyces* spp. isolates, available at the Plant Pathology Physiology and Biochemical Laboratory – Esalq/USP, were tested as a possible *Eleusine indica* biological control agent in soybean crops. The experiments were carried out *in vitro* and *in vivo*. Eight treatments were used, being six different isolates of *Streptomyces* spp., with autoclaved distilled water and the herbicide glyphosate as controls. The *in vitro* tests were performed in Petri dishes covered with two sheets of germination paper moistened with an aliquot of 5 mL of each treatment, using 3 replicates per treatment containing 30 seeds each. The plates were incubated for 10 days in a B.O.D chamber and seed germination was evaluated daily. The results obtained showed that all isolates reduced seed germination and were statistically equal to the herbicide glyphosate. Tests were also carried out with soybean seeds to evaluate the effect of different isolates on the crop. The seeds were inoculated with the different preparations and placed on paper rolls for germination moistened with autoclaved distilled water for 8 days. The results showed that none of the isolates interfered with germination and development of the soybean seedlings. For the experiments in a greenhouse, *E. indica* seedlings containing one leaf were transplanted to pots containing commercial substrate and when they had 2 leaves, they were sprayed to the run off point with each of the 8 preparations. Plant height, fresh biomass, chlorophyll content and dry mass were evaluated. The results reinforced those found in the *in vitro* tests and showed that the different *Streptomyces* spp. affected seedling development both in height and in fresh biomass, chlorophyll content and dry mass, again in a similar way to the control with the herbicide glyphosate. Among the isolates, only one, the LFBF1901, had already been molecularly characterized as *Streptomyces griseorubiginosus*. It is concluded that all the *Streptomyces* spp. isolates used in this study have the potential to be used in the biocontrol of *E. indica* in soybean crops, both in pre- and post-emergence, but the mechanisms by which this control occurs remain unknown.

Keywords: Weeds, Biological herbicide, Actinobacteria, Goosegrass

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comparativo da área, produtividade e produção da soja de 2020/21 com a safra anterior.....	22
Figura 2. Custo total de produção de soja no estado do Mato Grosso do Sul para a safra 2020/21. ....	23
Figura 3. Lavoura de soja infestada por plantas daninhas. ....	36
Figura 4. Capim-pé-de-galinha ( <i>Eleusine indica</i> ).....	37
Figura 5. Eficácia de práticas de controle em reduzir as perdas causadas por fitopatógenos pragas e plantas daninhas. ....	28
Figura 6. Top 15 espécies de plantas daninhas com resistência múltipla por número de sítios de ação. ....	32
Figura 7. Colônias dos isolados de <i>Streptomyces</i> spp. com 12 dias em meio aveia-ágar.....	48
Figura 8. Frascos contendo os diferentes isolados de <i>Streptomyces</i> spp. em meio aveia líquido aos 12 dias de cultivo. ....	49
Figura 9. Placas de Petri contendo as sementes de <i>Eleusine indica</i> 10 dias após a semeadura na presença das diferentes preparações de <i>Streptomyces</i> .....	50
Figura 10. Germinação média das sementes de <i>Eleusine indica</i> frente aos diferentes tratamentos (dados correspondem aos da Tabela 5). ....	51
Figura 11. Germinação média das sementes de soja 8 dias após a incubação na presença das diferentes preparações de <i>Streptomyces</i> (dados correspondem a Tabela 6). ....	53
Figura 12. Sementes de soja germinadas em papel de germinação a 25° C 8 dias após a incubação na presença das preparações de <i>Streptomyces</i> . ....	55
Figura 13. A) Sementes de soja germinadas a 25°C 8 dias após a incubação. B) Detalhe de uma plântula de soja 8 dias após a incubação no tratamento T7 – Água destilada autoclavada. ....	55
Figura 14. Altura média das plântulas de <i>Eleusine indica</i> aos 15 dias após a aplicação dos diferentes tratamentos (dados correspondem a Tabela 7). ....	57
Figura 15. Representação gráfica do teor de clorofila encontrado nos diferentes tratamentos utilizados 15 dias após a aplicação (dados correspondem a Tabela 8).....	58
Figura 16. Comparação do desenvolvimento das plantas de <i>E indica</i> submetidas aos diferentes tratamentos. ....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Código dos isolados de <i>Streptomyces</i> spp. utilizados no presente estudo e suas respectivas origens.....	41
Tabela 2. Descrição dos tratamentos e doses utilizados no teste de inibição de germinação <i>in vitro</i> de sementes de <i>E. indica</i> .....	43
Tabela 3. Descrição dos tratamentos utilizados no teste de seletividade <i>in vitro</i> de sementes de soja aos diferentes isolados de <i>Streptomyces</i> spp. ....	44
Tabela 4. Tratamentos e doses utilizados nas parcelas experimentais no controle de <i>E. indica</i> em pós-emergência quando as plantas apresentavam de 2-3 folhas.....	45
Tabela 5. Germinação média dos experimentos realizados com as sementes de <i>Eleusine indica in vitro*</i> .....	49
Tabela 6. Germinação média dos experimentos realizados com as sementes de soja <i>in vitro*</i> .....	54
Tabela 7. Comparação da altura média das plantas entre os diferentes tratamentos* aos 15 dias após a aplicação.....	56
Tabela 8. Teor de clorofila presente nas plantas nos diferentes tratamentos aos 15DAA*.....	57
Tabela 9. Biomassa fresca média por tratamento 15 dias após a aplicação*.....	58
Tabela 10. Biomassa seca média de cada tratamento* aos 15 DAA**.....	59



## 1. INTRODUÇÃO

O conjunto de plantas que infestam áreas agrícolas, pecuárias e de outros setores do interesse humano, sendo conceituadas como daninhas, são vegetais com características pioneiras, ou seja, plantas que ocupam locais onde por qualquer motivo, a cobertura natural foi extinta e o solo tornou-se total ou parcialmente exposto. Cerca de 30.000 tipos de plantas daninhas são amplamente distribuídos no mundo, sendo 1800 espécies consideradas problemáticas para os agroecossistemas (PITELLI, 1987; LI et al., 2003).

A demanda global por alimentos tem aumentado rapidamente, assim como o impacto da expansão agrícola no meio ambiente. Estima-se que até o final do século a população mundial poderá chegar ao dobro do que é hoje. Essa crescente demanda por alimentos exigirá, cada vez mais, uma elevação na produtividade das culturas agrícolas. Um dos fatores limitantes para suprir essa necessidade é o fato de que as áreas cultiváveis já se encontram praticamente todas ocupadas, não tendo mais para onde expandir, e os agricultores buscam aumentar a produtividade de suas terras. O sucesso é excessivamente dependente do emprego de estimulantes de crescimento e de defensivos agrícolas, como os fungicidas, os inseticidas e, especialmente, os herbicidas, portanto um manejo sanitário mais eficiente pode ser decisivo para alcançar esse aumento de produtividade (TREMACOLDI & FILHO, 2006; GODFRAY et al., 2010; TILMAN et al., 2011; GUIEPEN; NETO; KÖPKE, 2018).

As plantas daninhas são as mais severas e difundidas causas de limitações aos sistemas de produção agrícola e causam danos em terras cultivadas e não cultivadas. Reduzem o rendimento das culturas, degradam a qualidade dos produtos, além de aumentar o custo de produção (RAO et al., 2018). O manejo de plantas daninhas é um dos principais desafios para a sustentabilidade agrícola. A interferência de plantas daninhas nas lavouras causa perdas agrícolas de cerca de 34% ao ano. A resistência das plantas daninhas aos herbicidas é uma grande ameaça para a agricultura, pois aumenta o custo do manejo, causa perdas de produtividade, além de dificultar o controle. Se as daninhas não forem controladas, as perdas de rendimento são estimadas em até 50% (OERKE, 2006; JASIENIUK et al., 2008; BAJWA et al., 2016; JESCHKE, 2016; VAN WYCHEN, 2016).

Para BAKER (1974), uma planta é daninha se, em qualquer área geográfica específica modificada pelo homem, crescer total ou predominantemente, sem ser a planta de interesse a ser cultivada. A presença de plantas daninhas é quase sempre uma indicação de um estágio de sucessão secundária. A tendência constante das áreas cultivadas de reverter a um sistema de

vegetação natural, leva implícito o princípio de que controlar plantas daninhas é uma tarefa inevitável para uma produção eficiente de alimentos (FERNANDEZ, 1982).

Perdas causadas por plantas daninhas na agricultura variam de acordo com a natureza, extensão e intensidade das espécies presentes no local. Além das perdas de rendimento e nutrientes, as daninhas também servem como hospedeiras alternativas para várias pragas e doenças e podem reduzir valor do produto final. Em terras não cultivadas, causam riscos à saúde e perda de biodiversidade (LI et al., 2003; SARDANA et al., 2017; RAO et al. 2018).

O controle de plantas daninhas com o uso de herbicidas é prática comum na agricultura mundial, porém essa prática agrícola tem gerado nos últimos anos insatisfações de ordem social, tanto pela poluição dos recursos naturais, quanto por contaminarem os alimentos da dieta dos animais em geral e comprometerem a saúde dos humanos e a vida silvestre. Discussões sobre o uso desses agroquímicos estão no topo da agenda de políticos e da indústria de alimentos (BÖCKER et al., 2019; TREMACOLDI & FILHO, 2006).

O uso inadequado e indiscriminado dos herbicidas sintéticos resultou em biótipos resistentes desses vegetais. Segundo ADEGAS et al. (2017), a resistência é definida como a habilidade herdada de uma planta daninha em sobreviver e reproduzir-se após a exposição a uma dose de herbicida normalmente letal (dose de bula) para a população natural. É de ocorrência natural, devido as plantas daninhas evoluírem e se adaptarem às mudanças do ambiente e ao uso das tecnologias agrícolas. Na prática, o surgimento da resistência ocorre pelo processo de seleção de biótipos resistentes, já existentes na população presente nas áreas de produção, em função de aplicações repetidas e continuadas de um mesmo herbicida ou de herbicidas com mesmo mecanismo de ação, durante determinado período de tempo.

Os biótipos resistentes selecionados se tornaram um dos maiores desafios nos sistemas agrícolas recentemente, sobretudo pelo fato de um número exponencial de novos casos de resistência terem sido reportados nas últimas décadas, nos mais diversos sistemas de produção, associados à alta dependência de herbicidas (JASIENIUK et al., 2008; MELO et al., 2015). Uma das principais consequências da resistência de plantas daninhas a herbicidas é o aumento dos custos de controle, assunto que normalmente não é abordado nas publicações científicas sobre o tema, mas é de grande importância para o setor produtivo (ADEGAS et al., 2017). Nesse contexto, a utilização de novas técnicas para o controle das plantas daninhas se faz necessária.

É evidente que, à medida que novos herbicidas são desenvolvidos, as plantas daninhas continuam a evoluir em resposta a qualquer pressão seletiva que lhes seja aplicada. O manejo sustentável de plantas daninhas é um dos principais desafios tanto para a agricultura orgânica quanto para a convencional, por esse motivo, o desenvolvimento contínuo de novos métodos de

controle é essencial para a manutenção contínua dos rendimentos agrícolas, e para o futuro é preciso considerar novas ferramentas, além daquelas já existentes (HARDING & RAIZADA, 2015; CORDEAU et al., 2016).

O controle de plantas daninhas baseado em métodos biológicos é realizado há mais de 200 anos, principalmente pelo uso de inimigos naturais como animais herbívoros e microrganismos patogênicos (TREMACOLDI & FILHO, 2006). Visando uma agricultura sustentável, a busca por novos meios de controlar pragas infestantes de culturas agrícolas se faz necessária, onde os bioherbicidas representam um novo caminho em busca da sustentabilidade, pois apresentam uma forma ecológica de enfrentar os problemas que os produtores precisam resolver nas lavouras diariamente (REICHERT JÚNIOR, 2017).

Os herbicidas microbianos, por definição, começaram a ser estudados em meados do século passado e foram desenvolvidos rapidamente com o avanço da ciência na área de toxinas microbianas. Nos últimos dez anos, toxinas isoladas de microrganismos patogênicos a plantas mostraram atividade herbicida potencial. Muitos especialistas sugerem que essas toxinas sejam desenvolvidas como um novo tipo de bioherbicida, funcionando como uma alternativa para os sintéticos. (CHARUDATTAN, 1988; TREMACOLDI & FILHO, 2006).

De forma ampla, os bioherbicidas são definidos como produtos utilizados no controle de plantas daninhas derivados de organismos vivos, incluindo quaisquer produtos naturais que eles produzam durante seu crescimento, que suprimem as populações de plantas daninhas (BAILEY et al., 2010, GLARE et al., 2012, KIEWNICK, 2007). A estratégia inundativa ou de bioherbicida preconiza a utilização de microrganismo de forma maciça sobre a população da planta daninha, para gerar rápido e alto nível de doença, com consequente morte ou supressão da espécie hospedeira (CHARUDATTAN, 1991).

Para ASH (2010) é importante considerar a diversidade genética dos hospedeiros, pois em vários casos os patógenos de plantas são muito específicos, muitas vezes esses microrganismos apresentam a *formae specialis* que restringem o uso a apenas uma espécie de planta. Outro problema enfrentado é o custo, tanto no processo como no registro, pois os bioherbicidas devem ser competitivos com os herbicidas sintéticos, em preço, eficácia, praticidade e na tecnologia de aplicação.

GUIEPEN et al. (2018) afirmam que o plantio direto em agricultura orgânica, no momento, não é realizado em escala significativa principalmente por causa da dificuldade no controle de plantas daninhas. Portanto, a necessidade de desenvolvimento e registro de herbicidas naturais para agricultura orgânica é muito importante para países tropicais como o Brasil. De fato, o interesse por “herbicidas alternativos” no Brasil é bastante grande.



Graças a atenção que vem sendo dada atualmente aos efeitos negativos dos herbicidas sintéticos e a pressão por parte da população por alimentos que sejam produzidos de maneira consciente e agredindo o mínimo possível o meio ambiente, pesquisas buscando maneiras alternativas para o controle de plantas daninhas também multiplicaram. Dentre essas possibilidades, os actinomicetos, microrganismos unicelulares encontrados principalmente no solo, são um grupo importante que produzem muitos compostos ativos extracelulares, como anisomicina, bialafos, herbicidina A e B. O uso de metabólitos secundários microbianos como um potencial herbicida natural atua como modelo para agroquímicos bio-rationais e ecologicamente corretos, que foram destacados por uma abordagem holística no manejo integrado de plantas daninhas (STEVENS, 1991; MALLIK, 2001).

PRMA (2014) e CORDEAU et al. (2016) mencionam o bioherbicida MBI-005, também conhecido como Opportune®, descoberto e desenvolvido pela Marrone Bio Innovations Inc. Esse produto é fabricado a partir de um composto natural produzido por *Streptomyces acidiscabies* Lambert & Loria (1989) para o controle de gramíneas anuais, plantas daninhas de folha larga e junça em gramados, e pode ser utilizado também para controle de daninhas em plantas ornamentais e culturas como trigo, milho e arroz. O ingrediente ativo contém propágulos de *S. acidiscabies* mortos, não viáveis, da estirpe RL-110 e meio de fermentação. Durante o processo de fermentação, *S. acidiscabies* produz uma fitotoxina, conhecida como taxtomina A, que é a base para o modo de ação do ingrediente ativo. Acredita-se que a taxtomina A produz efeitos fitotóxicos através de alterações no transporte de íons de cálcio e sódio nas células, além de inibir a biossíntese de celulose. A toxicidade nas plantas é semelhante aos efeitos causados por conhecidos inibidores da biossíntese de celulose, como o dichlobenil e o isoxaben.

Ainda de acordo com a PRMA (2014) o composto natural, taxtomina A, é conhecido como uma fitotoxina de ação rápida que causa necrose e impede a biossíntese e divisão celular quando presente em níveis muito baixos (isto é, partes por milhão). O produto não é tóxico para organismos não-alvo como pássaros, peixes e abelhas, e pode ser usado comercialmente na agricultura, viveiros, campos de golfe e gramados residenciais. As vantagens do MBI-005 são as atividades de amplo espectro como pré-emergentes, matando as plantas daninhas à medida que germinam, bem como a atividade seletiva com aplicações pós-emergentes em gramados e lavouras.

Por fim, ARAÚJO et al. (2008) afirmam que a agricultura sustentável requer a utilização de estratégias que permitam o aumento da produção de alimentos sem o prejuízo do meio ambiente e da saúde do planeta. Finalmente o homem começa a se conscientizar de que apenas lucros não serão suficientes para a garantia de existência de uma vida melhor, e, por isso, cada vez

mais buscará alternativas menos agressivas ao ambiente. Tais alternativas deverão assegurar o bem-estar da coletividade em condições de biossegurança não só para o homem, mas para o ecossistema como um todo, sem renunciar à qualidade e segurança do produto gerado.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

Selecionar, dentre os isolados de *Streptomyces* spp. disponíveis na coleção do Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Fitopatológica da Esalq/USP, possíveis agentes de controle biológico para o capim-pé-de-galinha [*Eleusine indica* (L.) Gaertn] e seletividade na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merr.], objetivando a redução do uso de herbicidas químicos.

### 2.2. Objetivos específicos

- Selecionar espécies de *Streptomyces* spp. para uso no controle biológico de capim-pé-de-galinha;
- Avaliar o efeito dos isolados de *Streptomyces* spp. *in vitro* na germinação de sementes de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e soja (*Glycine max*);
- Avaliar a seletividade dos isolados de *Streptomyces* spp. na cultura da soja;
- Avaliar o efeito *in vivo* dos isolados de *Streptomyces* spp. no desenvolvimento do capim-pé-de-galinha em casa de vegetação.



### 3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

#### 3.1. A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merr.]

A soja (*Glycine max*) além de ser o principal produto do agronegócio brasileiro, é também a principal cultura oleaginosa anual produzida e consumida no mundo. Pertencente à família Fabaceae, é originária da Ásia, onde surgiu como uma planta rasteira, muito diferente da soja comercial que cultivamos hoje.

Sua evolução iniciou-se, aparentemente, a partir de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem, cujo produto foi domesticado e melhorado por cientistas da antiga China (DALL'AGNOL & GAZZONI, 2019). O ciclo da planta de soja cultivada hoje no Brasil gira em torno de 90 a 150 dias, dependendo da região e das características agronômicas da cultivar utilizada. A germinação e a emergência são marcadas pela emissão a partir da semente, de um par de cotilédones seguidos por um par de folhas unifoliadas. Após, inicia-se a emissão das folhas verdadeiras, os trifólios. Em seguida, o estágio reprodutivo, que compreende desde o período de início do florescimento até a maturação plena é iniciado (SINGH et al. 2007; SEDIYAMA et al. 2015).

DALL'AGNOL & GAZZONI (2019) afirmam que o primeiro registro de cultivo comercial de soja no Brasil data de 1941, no Município de Santa Rosa, RS. O grande salto ocorreu nos anos em torno de 1970, com crescimentos espetaculares de área (1,3 milhão de hectares em 1970 vs. 8,26 milhões de hectares em 1979) e produção (1,51 milhão de toneladas em 1970 vs. 10,24 milhões de toneladas em 1979), quando a soja se consolidou como a principal lavoura do país.

Desde a sua introdução no Brasil, tem sido conduzida com alto nível tecnológico em todas as suas operações, e pode ser considerada como a cultura agrícola mais estudada no território nacional, visto os inúmeros títulos envolvendo as mais diferentes interações com a cultura, que variam desde o desenvolvimento genético de sementes até a melhoria das colheitadeiras, passando pelo manejo de plantas infestantes, quesito este de suma importância, uma vez que, atinge diretamente o custo de produção e a produtividade em si (CORREIA & REZENDE, 2002; ARAÚJO, 2003).

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de soja, com uma produção recorde de 135,9 milhões de toneladas na safra 2020/21, deixando os Estados Unidos da América em segundo lugar pelo terceiro ano consecutivo. A área plantada de soja nesse período atingiu 38,5 milhões de hectares, o que representa um crescimento de 4,2% quando comparada com a safra

anterior, a produtividade também apresentou um aumento de 4,4% quando comparada com a safra de 2019/20 (CONAB, 2021) (Figura 1).

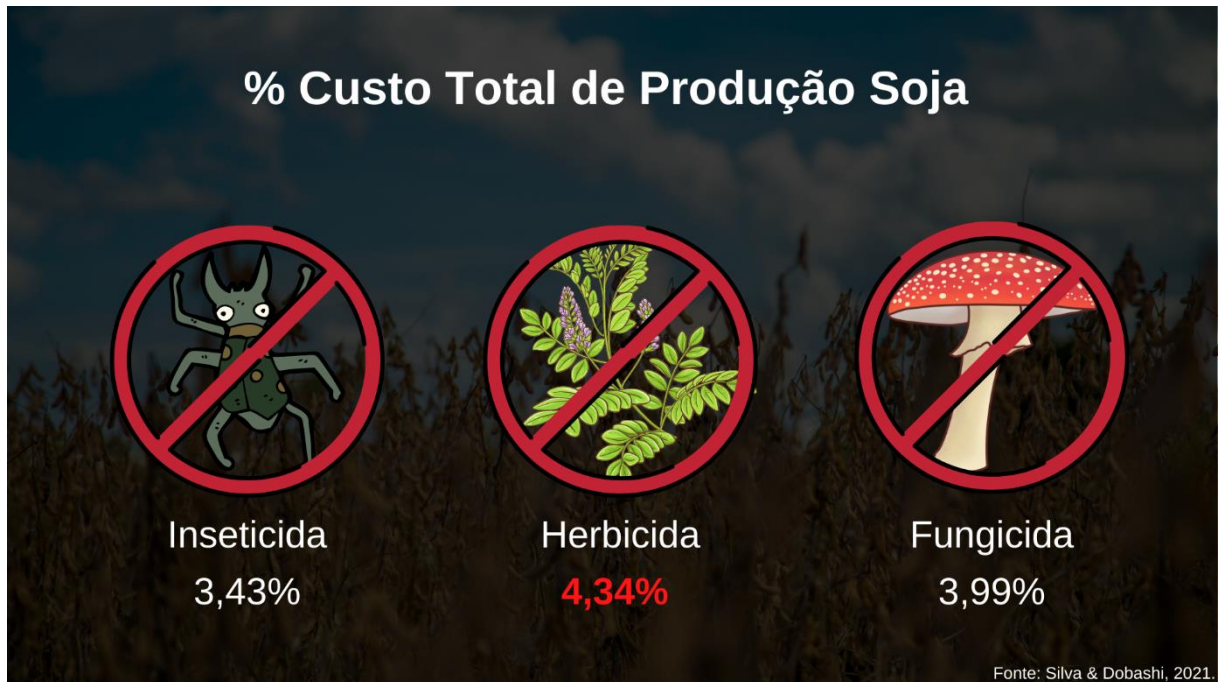


**Figura 1.** Comparativo da área, produtividade e produção da soja de 2020/21 com a safra anterior. Fonte: CONAB, 2021.

Segundo a CONAB (2021), o aumento da área foi incentivado principalmente pela alta dos preços internacionais, aliado ao dólar em alta desde 2020, mas também impulsionaram este aumento de área na safra 2020/21 a expectativa do crescimento da demanda interna e exportadora para 2021.

Se forem levadas em consideração as últimas cinco safras, o Brasil obteve um aumento de 15% na área plantada e de cerca de 40% na produção. Esse crescimento dos últimos cinco anos advém do aumento da demanda pelos grãos de soja no país, em vista da qualidade ofertada e de um regime cambial atrativo.

Em uma análise do custo de produção da safra 2020/21 de soja realizada no Mato Grosso do Sul pela APROSOJA/MS, SILVA & DOBASHI (2021) constataram que o custo variável corresponde a 68,41% do total, e que os insumos são os fatores que mais colaboraram para a formação desse custo, representando 55,07% do custo variável e 37,68% do custo total. Ao observarmos o custo dos defensivos na Figura 2, os herbicidas foram os que representaram a maior porcentagem, com 4,34%.



**Figura 2.** Custo total de produção de soja no estado do Mato Grosso do Sul para a safra 2020/21. Fonte: Silva & Dobashi, 2021 (adaptado pela autora).

Entre os fatores limitantes da cultura, podemos destacar a presença de plantas daninhas como sendo o principal fator de redução da produção econômica. Além disto, temos a problemática da elevação do custo de produção com os gastos atribuídos ao controle da infestação. A presença de plantas daninhas na cultura causa problemas que se refletem em perdas na qualidade do produto, no rendimento e até mesmo na inviabilização da colheita. Vários métodos de controle estão disponíveis, porém o controle químico continua sendo o preferido pelos agricultores. A necessidade de controle das plantas daninhas tem feito da cultura da soja um dos maiores segmentos da indústria de herbicidas (CORREIA & REZENDE, 2002; ARAÚJO, 2003; GAZZIERO et al., 2019).

### 3.2. Origem e definições acerca de plantas daninhas

Os termos “plantas invasoras”, “plantas daninhas” e “ervas daninhas” têm sido empregados indistintamente na literatura brasileira (BRIGHENTHI & OLIVEIRA, 2011). Plantas daninhas são comumente definidas como toda e qualquer planta que germine em lugares indesejados. Uma planta é daninha se, em qualquer área geográfica específica modificada pelo homem, crescer total ou predominantemente, sem ser a planta de interesse a ser cultivada (BAKER, 1974).



Segundo BRIGHENTHI & OLIVEIRA (2011), o termo “erva daninha”, bastante utilizado, deveria ser evitado como termo geral, uma vez que implica em considerá-las como plantas herbáceas, o que não é totalmente verdadeiro já que algumas são arbustivas e até arbóreas.

Devido à sua importância na agricultura e horticultura, as plantas daninhas foram objeto de muitas pesquisas, amplamente direcionadas à descoberta de métodos para sua eliminação (BAKER, 1974).

As plantas daninhas esgotam recursos limitados, essenciais para o crescimento das culturas, e a interferência persistente dessas não apenas causa grandes perdas de rendimento, mas aumenta os custos de produção e reduz a qualidade da produção (SARDANA et al., 2017).

Relatos sobre plantas indesejáveis existem desde a antiguidade, quando o homem deixou de ser nômade. Na realidade, as plantas daninhas surgiram quando o homem iniciou suas atividades agrícolas, separando as benéficas (plantas cultivadas) das maléficas (plantas daninhas) (BRIGHENTHI & OLIVEIRA, 2011).

As plantas daninhas, geralmente causam impactos negativos em algumas atividades humanas, tanto na área agrícola, como na florestal, pecuária, ornamental, náutica, produção de energia, etc. (BRUN, 2016).

### **3.2.1. Características das plantas daninhas**

Dentre os fatores limitantes do manejo de plantas daninhas, a carência de conhecimentos sobre as características de cada espécie talvez seja o mais crítico, pois, segundo BHOWMIK (1997), esses são considerados essenciais para o desenvolvimento de sistemas de manejo viáveis sob os pontos de vista econômicos e ambientais.

Essas espécies desenvolveram, ao longo do tempo, características que proporcionam a sobrevivência em ambientes sujeitos aos mais variados tipos e intensidades de limitações ao crescimento e ao desenvolvimento (BRIGHENTHI & OLIVEIRA, 2011). Pode-se citar, entre esses aspectos, fluxos de germinação, variados mecanismos de reprodução, competição entre cultura e daninhas:

- As plantas daninhas possuem maior habilidade que as plantas cultivadas no recrutamento de recursos do ambiente como nutrientes, luz, água e CO<sub>2</sub> (BRIGHENTHI & OLIVEIRA, 2011). A competição entre cultura-daninhas é influenciada por três fatores principais: tempo de emergência das plantas daninhas, densidade e espécie das plantas daninhas (SARDANA et al., 2017). A intensidade e a duração da competição entre cultura e daninhas determina a magnitude das perdas na produção (SWANTON et al., 2015).

- A germinação das sementes é regulada pela interação de seu estado fisiológico e das condições de ambiente, sendo que cada espécie vegetal exige um conjunto de requisitos específicos (MONDO, et al., 2010). Se a germinação das plantas daninhas fosse concentrada em um mesmo período, o controle seria facilitado. Porém, isto geralmente não acontece (BRIGHENTI & OLIVEIRA, 2011), devido aos mecanismos de dormência desenvolvidos por esses vegetais. A dormência das sementes é considerada como a falha de uma semente viável intacta de completar a germinação em condições favoráveis (BEWLEY, 1997). Já para MATOS et al. (2010) a dormência é um processo que distribui a germinação no tempo como resultado da estratégia evolutiva das espécies para garantir que algumas encontrem condições favoráveis.

Conforme VÁZQUEZ-YANES & OROZCO-SEGOVIA (1993), em alguns casos, o atraso na germinação pode ser devido à impermeabilidade do tegumento à água e oxigênio (dormência exógena). Alternativamente, pode ser atribuído a existência da dormência endógena devido, entre outros fatores, à imaturidade do embrião ou a um desequilíbrio de hormônios.

- As plantas daninhas podem ser agrupadas em comuns e verdadeiras; as comuns são aquelas que não possuem habilidade de sobreviver em condições adversas, como as plantas espontâneas de milho que infestam a cultura da soja. As plantas daninhas verdadeiras apresentam características que permitem fixá-las como infestantes, como capacidade de crescer em condições adversas, alta rusticidade, habilidade de produzir grande quantidade de sementes viáveis com grande facilidade de dispersão e dormência e germinação desuniforme, facilitando a perpetuação da espécie (BRIGHENTI & OLIVEIRA, 2011; SILVA et al., 2014).

- Além de verdadeiras ou comuns, as plantas daninhas podem ser classificadas também como anuais ou perenes. BHOWMIK (1997) afirma que as espécies anuais se reproduzem por sementes e espalham-se através da dispersão. A reprodução vegetativa é uma característica comum de plantas daninhas perenes. Existem numerosos exemplos de plantas daninhas que se propagam vegetativamente em uma ou mais maneiras (BHOWMIK, 1997), como por exemplo bulbos, tubérculos, rizomas, estolões e caules. Plantas como a tiririca (*Cyperus rotundus* L.), além da reprodução seminífera (sementes), apresentam reprodução vegetativa por meio dos rizomas, tubérculos e bulbos basais (BRIGHENTI & OLIVEIRA, 2011).

As principais famílias de plantas daninhas são: Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae, Polygonaceae, Amaranthaceae, Brassicaceae, Fabaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Chenopodiaceae, Malvaceae e Solanaceae (HOLM et al., 1977); essas famílias juntas representam em torno de 70% das plantas daninhas existentes no Brasil.

### 3.3. Interações fisiológicas entre a cultura da soja e plantas daninhas

Em ecossistemas agrícolas, cultura e plantas daninhas estão presentes na mesma área. Como ambas possuem demandas por água, luz, nutrientes, e na maioria das vezes esses recursos de crescimento estão disponíveis em quantidade insuficiente, estabelece-se a competição (FERREIRA et al., 2009). Quando plantas de soja estão sob competição, o seu comportamento é dependente da densidade da cultura e da planta daninha, da espécie infestante, do período de convivência e das condições ambientais (PITELLI, 1985; RIZZARDI et al., 2004; FERREIRA et al., 2015).

As plantas daninhas podem competir com a cultura da soja durante todo o ciclo, causando perdas de produtividade que variam de 29% a 90%, portanto, o correto manejo das plantas daninhas na plantação de soja é de extrema importância para se alcançar maior produtividade por área plantada (BLANCO, 1972).

As diferenças no potencial competitivo entre espécies normalmente estão relacionadas às características fisiológicas destas (SINCLAIR et al., 1975). SILVA et al. (2009) afirmam que culturas em competição tendem a incrementar sua altura buscando maximizar a captação de radiação e sombrear as plantas daninhas, porém em contrapartida, ocorre redução no acúmulo de biomassa e de área foliar. Todo estresse causado às plantas tende a refletir em alterações morfofisiológicas, afetando diretamente a sua produtividade (LAMEGO et al., 2005). A soja, apesar de menos eficiente na extração de água do solo do que algumas plantas daninhas (PROCÓPIO et al., 2004a), apresenta maior eficiência no uso da radiação que outras (SANTOS et al., 2003). Contudo, as plantas daninhas apresentam grande capacidade competitiva em campo, por conta da maior densidade populacional e da melhor utilização de outros recursos como água e nutrientes (PROCÓPIO et al., 2004b, 2004c; FERREIRA et al., 2011).

A atividade fotossintética da soja pode sofrer alterações indiretas pela competição com plantas daninhas, exemplo da competição por água que leva a uma deficiência hídrica, em que a cultura reduz as perdas de água pelo fechamento dos estômatos, reduzindo o influxo de CO<sub>2</sub> e a fotossíntese pela deficiência desse substrato. Em alguns casos, a luz é limitante direto da fotossíntese pela menor luminosidade ocasionada pelo sombreamento (DA MATTA et al., 2001; MESSINGER et al., 2006; FERREIRA et al., 2015).

FERREIRA et al. (2015) afirmam que a avaliação da agressividade de espécies de plantas daninhas através de variáveis fisiológicas pode ser útil no estabelecimento de estratégias de controle alternativas à aplicação de herbicidas, porém a grande maioria dos pesquisadores que estudam a competição entre plantas voltaram sua atenção para os efeitos da interferência de plantas daninhas na produtividade e acúmulo de biomassa das plantas cultivadas, deixando de

lado as causas relacionadas às aptidões fisiológicas específicas de cada planta. Desta forma destacam-se os trabalhos de PROCÓPIO et al. (2004a, 2004b), CONCENÇO et al. (2007; 2008) e GALON et al. (2011), como sendo alguns dos poucos que levaram em conta e avaliaram o efeito da competição entre cultura e plantas daninhas nas características fisiológicas destas.

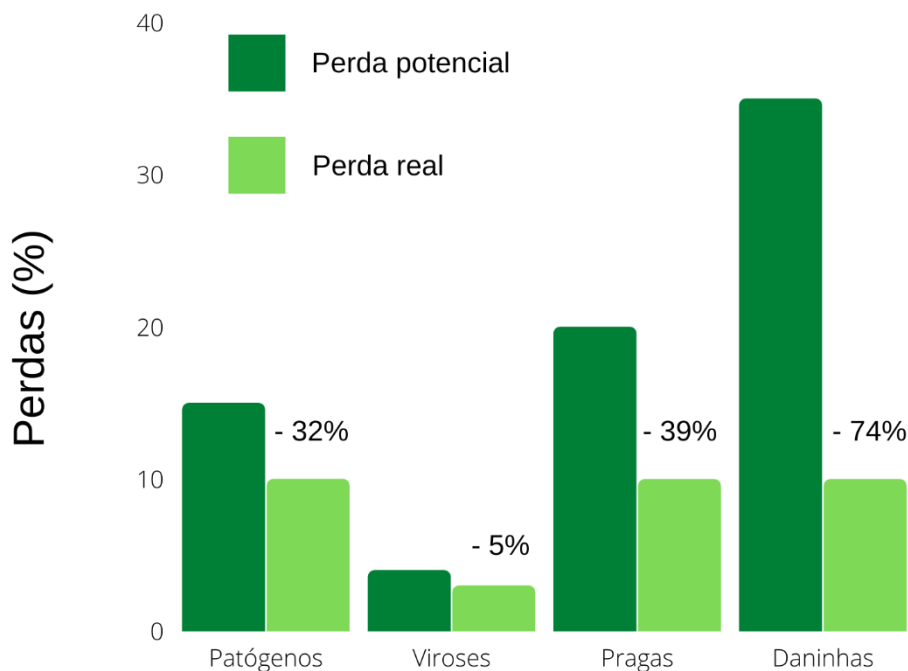
Nos estudos de PROCÓPIO et al. (2004b) fica evidente que a alta eficiência no uso da água é característica presente em plantas voltadas à sobrevivência e perpetuação, que sobrevivem em ambientes limitados em recursos naturais, como a grande parte das plantas daninhas. Ainda nos estudos de PROCÓPIO et al. (2004b) constatou-se que o índice de área foliar é uma das características que podem indicar a capacidade das plantas em competir por luz, e percebeu-se que a cultura da soja apresentou maior potencial de competição por esse recurso do que as plantas daninhas.

### **3.4. Métodos de controle de plantas daninhas**

O manejo eficaz de plantas daninhas é um elemento chave na produção agrícola, essencial para atingir altas produções e assim atender as crescentes demandas alimentares (SARDANA et al., 2017). O controle das plantas daninhas consiste em suprimir seu crescimento ou reduzir o número de plantas daninhas por áreas, até níveis aceitáveis para convivência entre espécies envolvidas, sem prejuízos para as mesmas (VARGAS et al., 2007).

Várias são as práticas possíveis de serem utilizadas para o manejo dessas plantas, sendo separadas e classificadas em: controle mecânico, controle cultural, controle químico e controle biológico. A escolha do método de controle deverá levar em consideração o tipo de exploração agrícola, as espécies daninhas presentes na área, o relevo, a disponibilidade de mão de obra e equipamentos locais, além de aspectos ambientais e econômicos (SILVA et al., 2018).

A Figura 3 demonstra a eficácia das práticas de controle em reduzir as perdas causadas por fitopatógenos, pragas e plantas daninhas em diferentes culturas. Evidencia-se que as daninhas são as mais problemáticas, causando grandes perdas caso nenhum método de controle seja utilizado, em compensação, há uma redução de 74% nas perdas se empregado algum tipo de controle.



**Figura 3.** Eficácia de práticas de controle em reduzir as perdas causadas por fitopatógenos, pragas e plantas daninhas. Fonte: Oerke, 2006.

### 3.4.1. Controle mecânico

Por volta do fim da década de quarenta, o homem ainda tentava controlar plantas invasoras unicamente através de métodos mecânicos. Os métodos mais antigos e comumente utilizados para o controle de daninhas são o arranquio e a capina manual, surgindo após a roçada e o cultivo mecanizado. Mesmo após a introdução dos herbicidas no mercado, o uso de enxada ainda é comum, principalmente em pequenas propriedades (SCHROEDER, 1992; SILVA et al., 2018).

De acordo com PITELLI (1985), são vários os implementos de cultivo que podem ser utilizados, como: cultivadores de disco, lâminas, grades, etc., dependendo do ciclo de vida da cultura e das plantas daninhas (anual, bienal ou perene), profundidade e distribuição do sistema radicular, idade e magnitude da infestação, tipo de solo e topografia e condições climáticas.

SILVA et al. (2018) citam que, o arranquio manual de plantas daninhas é o mais antigo de todos os métodos, por não demandar nenhuma ferramenta. É bastante conveniente e eficiente para áreas localizadas, como gramados de jardins, pequenos canteiros de produção orgânica ou até em áreas públicas urbanas. Já a capina manual implica o uso de implementos como enxadas, enxadões, sachos ou similares. Apresenta rendimento operacional superior ao do arranquio

manual, com custo inicial superior por conta da aquisição dos implementos, mas em contraponto seu rendimento permite a adoção em pequenas áreas, em escala superior ao arranquio manual. Essas duas formas de controle mecânico ganharam muita importância em áreas urbanas, pois, de acordo com a Lei 6.288/02, aprovada pela Câmara dos Deputados em 2009, é proibido o uso de qualquer tipo de agrotóxico em áreas públicas urbanas.

A roçada manual ou mecânica é uma excelente opção para culturas com espaçamentos maiores, como pomares e cafezais, principalmente em terrenos declivosos, onde o controle da erosão é fundamental (SILVA et al., 2007a).

O cultivo mecanizado pode ser feito com implementos tracionados por animais e tratores. A opção de tração por animais é mais barata e se adapta melhor a espaçamentos reduzidos e ambientes declivosos (SILVA et al., 2018).

Apesar de bastante útil nestes casos mencionados, o controle mecânico acaba se tornando trabalhoso e oneroso em áreas maiores, o que inviabiliza sua adoção. A remoção manual de plantas daninhas, embora eficaz, está se tornando difícil devido à escassez de mão-de-obra, aumento de custos e dependência das condições climáticas (apresenta baixa eficiência quando realizado em condições de solo molhado). É incompleta e impraticável devido à regeneração de daninhas perenes com muitas descargas, além de ser ineficiente no controle de plantas que se reproduzem por partes vegetativas (ANTRALINA et al., 2015; SILVA et al., 2018).

### **3.4.2. Controle cultural**

O controle cultural consiste em usar qualquer condição ambiental que promova o crescimento da cultura de interesse, suprimindo as daninhas.

Esse método de controle engloba a adoção de práticas comuns, como a rotação de culturas, variação de espaçamento e população de plantas e cobertura verde, dentre outras, direcionadas à supressão das plantas daninhas (SILVA et al., 2007b). Estas práticas auxiliam ainda na redução do banco de sementes do solo, diminuindo os níveis de infestação da lavoura nos anos subsequentes (SILVA et al., 2018).

Técnicas como a rotação cultural e plantio direto possuem influência negativa na germinação de plantas daninhas, além de proporcionar proteção ao solo e aumentar a sua fertilidade, através da biomassa acumulada (MASILIONYTE et al., 2017).

A escolha de cultivares, com características que potencializem a supressão de plantas daninhas é um método de controle cultural, como cultivares de rápido crescimento que sobream

rapidamente a superfície do solo, sistema radicular intenso, entre outras características (MASON et al., 2007).

A manutenção das populações de plantas desejadas através de espaçamento reduzido, plantio em fileiras mais estreitas, pode aumentar a capacidade de uma cultura competir com as plantas indesejadas (SARDANA et al. 2017).

SILVA et al. (2018) apontam as seguintes práticas para a supressão de plantas daninhas em todos os ambientes de produção agropecuária: Rotação de culturas – proporcionando a diversificação do ambiente; Integração Lavoura-Pecuária – Quando viável, é um dos sistemas mais eficientes na supressão de plantas daninhas, por causa da grande variação no manejo nos diferentes sistemas utilizados na área; Consórcios de cultivos – O principal sistema de consórcio no Centro-Oeste do Brasil é milho + braquiária na safrinha. Após a colheita do milho, a braquiária cresce e protege o solo, reduzindo o acesso das plantas daninhas à luz, até o cultivo subsequente; Época de plantio e arranjo espacial de plantas – a cultura deve ser plantada na época recomendada pelo zoneamento agrícola da região, pois será quando ela germinará mais rapidamente, fechando o dossel e suprimindo o crescimento das plantas daninhas. O arranjo das plantas – resultante do espaçamento entrelinhas e densidade de plantas – fará com que o dossel da cultura feche rapidamente; Cobertura do solo na entressafra – altamente eficiente em suprimir diversas espécies daninhas, incluindo a buva e o capim-amargoso (o solo nunca deve ficar sem cobertura).

### **3.4.3. Controle químico**

A utilização dos herbicidas como ferramenta para o controle químico das plantas daninhas tem sido frequente pelos agricultores no mundo todo, em razão da praticidade, economia e eficiência, quando comparado a outros métodos. A tendência é que o uso desses compostos aumente, uma vez que essa tecnologia, que era quase exclusivamente utilizada por grandes e médios produtores, hoje é adotada também pelos pequenos (SILVA et al., 2007b; KARAM et al., 2018).

Após a fase histórica em que o controle era feito manualmente ou com auxílio de ferramentas, surgem, no início do século XX, os primeiros relatos da utilização de substâncias químicas para o manejo de plantas daninhas. O primeiro marco relevante ao controle químico moderno ocorreu em 1941 com a síntese do ácido 2-4-diclofenoxiacético, o 2-4-D (POKORNY, 1941; BRIGHENTHI & OLIVEIRA, 2011.)

O uso intensivo de herbicidas, associado à ausência de outros métodos de controle, tem resultado na contaminação de ambientes e seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a esses (MELO et al., 2015; ADEGAS et al., 2017; SILVA et al., 2018). ADEGAS et al. (2017) definem a resistência como a habilidade herdada de uma planta daninha em sobreviver e reproduzir-se após a exposição a uma dose de herbicida normalmente letal (dose de bula) para a população natural. É de ocorrência natural, devido as plantas daninhas evoluírem e se adaptarem às mudanças do ambiente e ao uso das tecnologias agrícolas. Na prática, o surgimento da resistência ocorre pelo processo de seleção de biótipos resistentes, já existentes na população presente nas áreas de produção, em função de aplicações repetidas e continuadas de um mesmo herbicida ou de herbicidas com mesmo mecanismo de ação, durante determinado período.

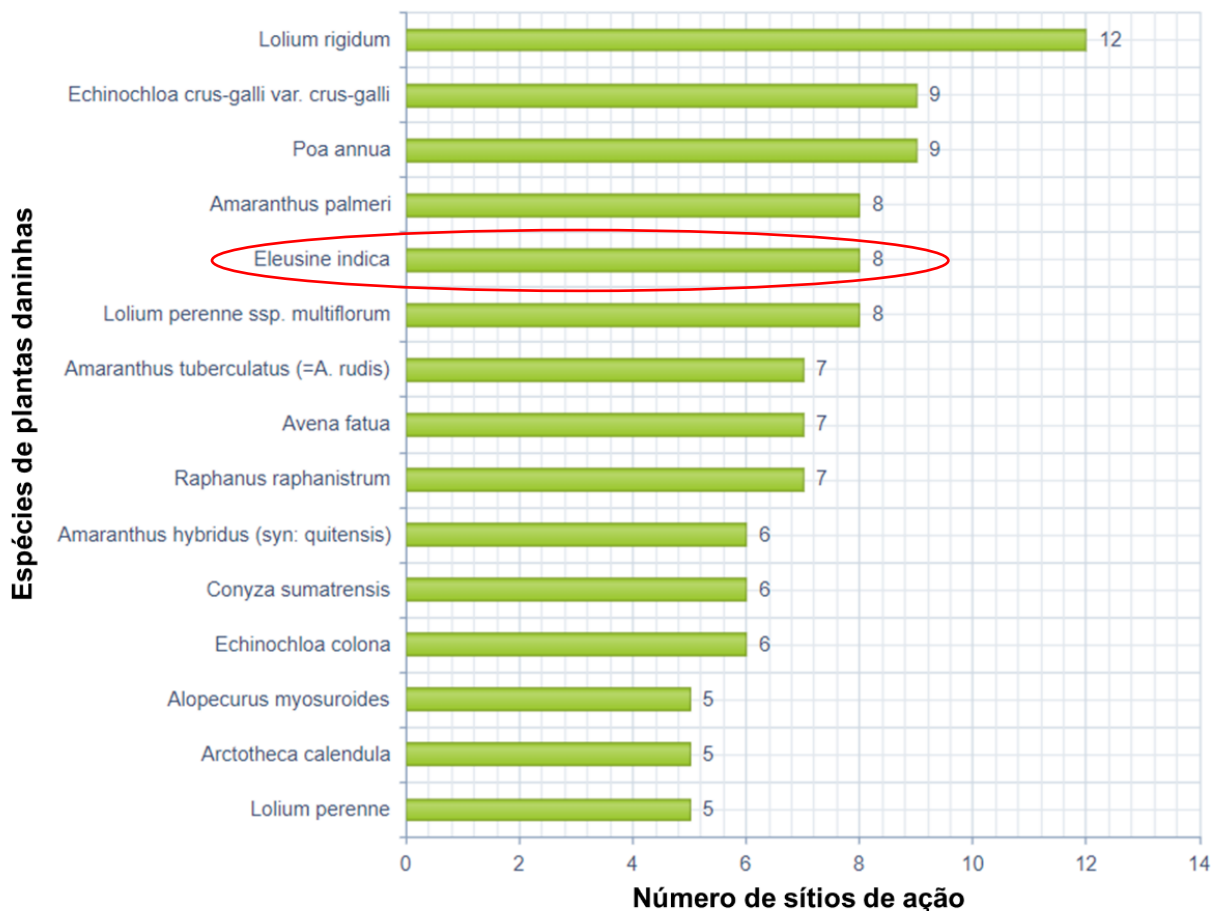
Os biótipos resistentes selecionados se tornaram um dos maiores desafios nos sistemas agrícolas recentemente, sobretudo pelo fato de um número exponencial de novos casos de resistência terem sido reportados nas últimas décadas, nos mais diversos sistemas de produção, associados à alta dependência de herbicidas (MELO et al., 2015; JASIENIUK et al., 2008). Uma das principais consequências da resistência de plantas daninhas a herbicidas é o aumento dos custos de controle, que normalmente não é abordado nas publicações científicas sobre o tema, mas é de grande importância para o setor produtivo (ADEGAS et al., 2017).

A resistência simples ou resistência a apenas um mecanismo ação e a um único herbicida, foi a primeira a ser identificada. Os primeiros casos de seleção da resistência para plantas daninhas foram identificados em *Daucus carota* L. e *Commelina diffusa* Burm.f. para o 2-4D (KARAM et al., 2018).

Mundialmente, há relatos de que 495 biótipos já apresentam resistência simples a um único mecanismo de ação. Atualmente, vários casos de resistência cruzada e múltipla têm sido reportados. GAZZIERO et al. (2000), em estudo realizado no Brasil, demonstram a resistência cruzada de *Brachiaria plantaginea* (L.) Hitchc. a diferentes herbicidas inibidores da ACCase. CHIAPINOTTO et al. (2017) apresentam resultados comprovando também a resistência cruzada de *Cyperus iria* a herbicidas inibidores da enzima ALS dos grupos químicos das imidazolinonas, sulfonilureas, triazolopyrimidinas e pyrimidinyl(thio)benzoatos. DILIPKUMAR et al. (2018), na Malásia, comprovaram a existência de resistência cruzada em arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) para os herbicidas imazapyr e imazapic. A grande problemática da resistência múltipla é que pode eliminar, para o produtor rural, vários grupos de herbicidas para manejo da espécie em questão (KARAM et al., 2018).



Como observa-se na Figura 4, já existem biótipos de plantas daninhas com resistência a doze sítios de ação e populações de *Eleusine indica* resistentes a oito sítios de ação, o que demonstra como a resistência é um problema longe de ser resolvido.



**Figura 4.** Top 15 espécies de plantas daninhas com resistência múltipla por número de sítios de ação. Fonte: Heap, 2021.

#### 3.4.4. Controle biológico

O controle biológico de plantas daninhas com a utilização de patógenos de plantas tem sido uma alternativa pesquisada em várias partes do mundo. Os primeiros indícios de trabalhos buscando o controle biológico de plantas daninhas surgiram por volta de 1836. Esse campo de estudo tem focado cada vez mais em bactérias e fungos para o controle de plantas invasoras nas últimas cinco décadas (CHARUDATTAN, 2000; MELLO et al., 2001; LI et al., 2003).

O controle biológico clássico de plantas daninhas que utiliza inimigos naturais estimulou o interesse como uma solução ambientalmente responsável e econômica para o controle de daninhas (RAO et al., 2018). Na Austrália larvas do inseto *Cactoblastis cactorum* Berg foram

utilizadas para controlar cactos (*Opuntia spp.*) e no Havaí, o cambara-de-espinho (*Lantana camara* L.) foi controlado pelos insetos *Agromisa lantanae* e *Crociosema lantanae* (SILVA et al., 2007b).

Por outro lado, o controle biológico inundativo (também chamado de estratégia bioherbicida) refere-se à aplicação de esporos de fungos ou suspensões bacterianas em concentrações que normalmente não ocorrem na natureza, com a intenção de destruir uma espécie de praga dentro de uma área específica. A estratégia de controle biológico inundativo é mais relevante para a necessidades da agricultura e do controle de plantas daninhas, uma vez que geralmente pode ser implementada através da aplicação de inóculo como aspersões líquidas ou grânulos sólidos de maneira semelhante aos herbicidas convencionais (CADWELL et al., 2012; HARDING & RAIZADA, 2015).

Segundo CORDEAU et al. (2016), o manejo sustentável de plantas daninhas é especialmente importante, porque sistemas ideais de cultivo devem permitir que os agricultores sejam economicamente sustentáveis, diminuir o impacto ambiental da agricultura e responder às questões sociais e pressões do público sobre segurança e proteção alimentar. Para BARRETO et al. (2000), a utilização de agentes biológicos para o controle de plantas daninhas é uma imagem-espelho dos esforços para controlar doenças de plantas. As mesmas ferramentas usadas para controlar as doenças das plantas podem ser usadas para causar doenças em plantas daninhas. É preciso apenas examinar o número de casos bem-sucedidos e seu custo-benefício para chegar à conclusão de que o biocontrole é uma das melhores opções, especialmente para as plantas daninhas que afetam vastas áreas de terras naturais e águas que são gerenciados com fundos públicos.

BARRETO et al., 2000 definem bioherbicida como um patógeno de plantas usado como agente de controle de daninhas através de inundações e repetições da aplicação de seu inóculo. Outros autores como BAILEY et al., 2010 e GLARE, et al. 2012 acrescentam que qualquer produto natural produzido pelo microrganismo que iniba o desenvolvimento da planta daninha é considerado um bioherbicida. A estratégia inundativa ou de bioherbicida preconiza a utilização de microrganismo de forma maciça sobre a população da planta daninha, para gerar rápido e alto nível de doença, com consequente morte ou supressão da espécie hospedeira (CHARUDATTAN, 1991).

Os actinomicetos, microrganismos unicelulares encontrados principalmente no solo, são um grupo importante de microrganismos que produzem muitos compostos ativos extracelulares, como anisomicina, bialafos, herbicidina A e B. O uso de metabólitos secundários microbianos como um potencial herbicida natural atua como modelo para agroquímicos bio-rationais e

ecologicamente corretos, que foram destacados por uma abordagem holística no manejo integrado de plantas daninhas (STEVENS, 1991; MALLIK, 2001).

Entre as actinobactérias, os estreptomicetos compreendem um grupo de bactérias filamentosas gram-positivas, saprofitas, que colonizam o solo e, em decorrência da grande diversidade metabólica e da facilidade de dispersão dos esporos, essas bactérias desempenham um papel importante nos diferentes ecossistemas especialmente no solo, na rizosfera e no tecido vegetal. Dentre as actinobactérias ocorrem também algumas espécies de *Streptomyces* como *Streptomyces scabies* Lambert & Loria, *S. acidiscabies* e *Streptomyces turgidiscabies* Miyajima et al. 1998, que são patogênicas para alguns vegetais, causando escabiose ou sarna em batata, beterraba, cenoura e rabanete. A primeira fitotoxina microbiana usada para o controle de ervas daninhas foi a anisomicina, que é produzida por *S. toyoensis* (KIESER et al., 2000; ARAÚJO et al., 2008).

A atividade bioherbicida dos microrganismos está relacionada com a compatibilidade entre planta e microrganismo (REICHERT JÚNIOR, 2017). De acordo com CORDEAU et al (2016), os diferentes fatores de virulência estão diretamente envolvidos nesse processo de infecção. Primeiramente, os meios de entrada do microrganismo e dos compostos fitotóxicos poderiam ser através de enzimas que degradam a parede celular facilitando assim a penetração desses compostos. Enzimas como celulasas e lipases degradariam as paredes celulares e membranas lipídicas, sendo o principal meio de entrada no interior da planta.

Pode-se resumidamente afirmar que para uma toxina ser utilizada com sucesso no controle biológico de plantas daninhas, a mesma deve apresentar as seguintes características: que seja fitotóxica à planta daninha, seletiva à cultura agrícola, solúvel em água para facilitar a pulverização, facilidade de aplicação, causar baixo impacto ambiental, não contaminar os alimentos e o aplicador (TREMACOLDI & SOUZA FILHO, 2006).

Para ASH (2010) é importante considerar a diversidade genética dos hospedeiros, pois em vários casos os patógenos de plantas são muito específicos, muitas vezes esses microrganismos apresentam a *formae specialis* que restringem o uso a apenas uma espécie de planta. Outro problema enfrentado é o custo, tanto no processo como no registro, pois os bioherbicidas devem ser competitivos com os herbicidas sintéticos, em preço, eficácia, praticidade e na tecnologia de aplicação.

Produtos naturais como os metabólitos secundários de actinobactérias, especialmente *Streptomyces*, vêm se destacando como uma importante fonte de bioherbicidas por produzirem inúmeros compostos extracelulares bioativos, cujas características são: alta atividade biológica, grande diversidade de estrutura química e fácil degradação no meio ambiente, sendo essas características fundamentais para o desenvolvimento da agricultura sustentável (LI et al., 2003).

REICHERT JÚNIOR (2017) salienta que, normalmente, a eliminação de uma única espécie daninha em uma comunidade infestante pode somente abrir espaço para desenvolvimento das demais espécies. Porém, se a espécie daninha eliminada for de difícil controle como a buva (*Conyza* spp.) ou o capim-amargoso (*Digitaria insularis* L.), por exemplo, sua supressão da lavoura torna-se altamente significativa e positiva.

PRMA (2014) e CORDEAU et al. (2016) mencionam o bioherbicida MBI-005, também conhecido como Opportune®, descoberto e desenvolvido pela Marrone Bio Innovations Inc. Esse produto é fabricado a partir de um composto natural produzido por *Streptomyces acidiscabies* cepa RL-110 para controle de gramíneas anuais, plantas daninhas de folha larga e junça em gramados, e pode ser utilizado também para controle de daninhas em plantas ornamentais e culturas como trigo, milho e arroz. O ingrediente ativo contém *S. acidiscabies* mortas, não viáveis e meio de fermentação. Durante o processo de fermentação, *S. acidiscabies* produz uma fitotoxina, conhecida como taxtomina A, que é a base para o modo de ação do ingrediente ativo. Acredita-se que a taxtomina A produz efeitos fitotóxicos através de alterações no transporte de íons de cálcio e sódio nas células, além de inibir a biossíntese de celulose. A toxicidade nas plantas é semelhante aos efeitos causados por inibidores conhecidos da biossíntese de celulose, como o dichlobenil e o isoxaben.

Ainda de acordo com a PRMA (2014), o composto natural, taxtomina A, é conhecido como uma fitotoxina de ação rápida que causa necrose e impede a biossíntese e divisão celular quando presente em níveis muito baixos (isto é, partes por milhão). O produto não é tóxico para organismos não-alvo como pássaros, peixes e abelhas, e pode ser usado comercialmente na agricultura, viveiros, campos de golfe e gramados residenciais. As vantagens do MBI-005 são as atividades de amplo espectro como pré-emergentes, matando as plantas daninhas à medida que germinam, bem como a atividade seletiva com aplicações pós-emergentes em gramados e lavouras.

Estudos mostraram que algumas fitotoxinas podem ativar mecanismos de defesa e induzir resistência em plantas, como o ácido oxálico produzido por *Sclerotinia sclerotiorum* L. e a coronatina produzida por (*Pseudomonas syringae* Van Hall 1902) (DOUBRAVA et al. 1988; TOAL 1999; FLIEGMANN et al. 2003). Pesquisas feitas com a taxtomina A demonstraram que além do efeito herbicida, esta foi capaz de induzir resistência em sorgo (GARCIA et al. 2008) contra *C. sublineolum* Henn., 1913 (local e sistêmica) e PAULA (2019) demonstrou que a taxtomina A, parcialmente purificada, combinada com a inoculação de *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. 1914, aumentou a atividade de guaiacol peroxidase e o acúmulo de fenóis ligados possivelmente associados a indução de resistência.

Por fim, ARAÚJO et al. (2008) afirmam que a agricultura sustentável requer a utilização de estratégias que permitam o aumento da produção de alimentos sem o prejuízo do meio ambiente e da saúde do planeta. Finalmente, o homem começa a se conscientizar de que apenas lucros não serão suficientes para a garantia de existência de uma vida melhor, e, por isso, cada vez mais buscará alternativas menos agressivas ao ambiente. Tais alternativas deverão assegurar o bem-estar da coletividade em condições de biossegurança não só para o homem, mas para o ecossistema como um todo, sem renunciar à qualidade e segurança do produto gerado.

### 3.5. Capim-pé-de-galinha [*Eleusine indica* (L.) Gaertn.]

Estudos já relataram que a produção de soja é reduzida em 58 a 85%, dependendo da severidade das espécies de plantas daninhas e de suas infestações. HAZRA et al. (2011) encontraram uma redução significativa no rendimento da soja como resultado do aumento da densidade de plantas daninhas anuais, conforme é possível observar na Figura 5.

Embora a retenção da palhada na superfície em plantio direto suprima a emergência de plantas daninhas em certa medida, a palhada também restringe o controle manual ou mecânico destas (MHLANGA et al., 2016). Há relatos, por parte de produtores e técnicos, da ocorrência de falhas de controle do capim pé-de-galinha (*E. indica*) pelo glifosato, em lavouras de soja RR (NOHATTO, 2010).



**Figura 5.** Lavoura de soja infestada por plantas daninhas. Fonte: [www.portalsyngenta.com.br](http://www.portalsyngenta.com.br)

A hipótese de resistência da espécie ao glifosato é reforçada pelo fato de que, atualmente, o controle de plantas daninhas na soja RR tem sido feito por meio de duas a três aplicações de glifosato, por ciclo da cultura (VARGAS et al., 2007). O uso repetido do herbicida

caracteriza uma situação de alta pressão de seleção, o que pode favorecer o desenvolvimento de biótipos resistentes preexistentes na população (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2003; VILA-AIUB et al., 2008).

O capim-pé-de-galinha, mostrado na Figura 6, é uma espécie de planta daninha pertencente à família Poaceae, autógama, de ciclo anual, cespitosa, fortemente enraizada, sendo capaz de formar touceiras, possui ciclo fotossintético C4 e reprodução apenas via sementes. Essa planta se adapta bem a solos pobres em nutrientes e alta luminosidade estimula o seu crescimento. É capaz de reduzir severamente o crescimento e o rendimento de várias culturas, incluindo milho, soja, algodão, sorgo, amendoim e fumo. É uma planta tropical/subtropical considerada importante em mais de 50 culturas no mundo, sendo uma das principais infestantes de solos compactados em semeadura direta (LEE & NGIM, 2000; KISSMANN, 2007).



**Figura 6.** Capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*). Imagem: Rodrigo Martinelli.

Essa espécie ocorre tipicamente em áreas de solo bem drenado, que são denominadas terras altas. Essas áreas são menos propícias a alagamentos, seja por excesso de chuvas ou irrigação artificial, pois além de possuírem boa drenagem dentro do perfil do solo, também se caracterizam pela maior declividade do relevo (STRECK et al., 2008). Entretanto, o capim pé de galinha vem sendo relatado em locais de menor altitude geográfica e, também suscetíveis ao

encharcamento, com formação de lâmina d'água sobre a superfície do solo (RAO et al., 2007; ISMAIL et al, 2012).

A taxa de germinação das sementes é inferior a 10% quando colocadas sob temperaturas constantes entre 20 e 35 °C, enquanto se eleva para 99% em condições de flutuação térmica (VIDAL et al., 2006).

Como o capim-pé-de-galinha possui fotossíntese do tipo C4, a elevada luminosidade estimula o desenvolvimento e favorece hábito de crescimento do tipo prostrado, ao passo que o sombreamento origina indivíduos com hábito ereto e de baixo porte (KISSMANN & GROTH, 1992). As espécies do gênero *Eleusine* são diploides ( $x=9$ ), autógamas e produzem elevada quantidade de sementes, que são disseminadas pelo vento (KISSMANN & GROTH, 1992).

De acordo com HEAP (2021), no mundo foram detectados biótipos de ELEIN resistentes aos herbicidas com os seguintes mecanismos de ação (em ordem cronológica de detecção): inibidores de mitose (1973), inibidores de ALS (1989), inibidores de ACCase (1990), inibidores do fotossistema I (1990), inibidores de EPSPS (1997), inibidores do fotossistema II (2003). Em 2009, na Malásia, foi encontrado um biótipo com múltipla resistência a quatro sítios de ação, sendo estes inibidores da ACCase, inibidores do fotossistema I, inibidores da EPSPS e inibidores da GS. Vale ressaltar que essa espécie possui o biótipo com o único caso conhecido de gene recessivo conferindo resistência aos herbicidas inibidores de mitose (MORRISSETTE et al., 2004).

No Brasil, atualmente existem biótipos com resistência múltipla em dois sítios de ação: inibidores da acetil CoA carboxilase (A/1) e inibidores da enolpiruvil chiquimato fosfato sintase (G/9) (HEAP, 2021). De acordo TAKANO (2017) com a resistência ao glifosato acontece através de uma mutação no sítio de ação do herbicida.

### **3.6. *Streptomyces* spp.**

Os actinomicetos, microrganismos unicelulares encontrados principalmente no solo, são um grupo importante de microrganismos que produzem muitos compostos ativos extracelulares, como anisomicina, bialafos, herbicidina A e B. O uso de metabólitos secundários microbianos como um potencial herbicida natural atua como modelo para agroquímicos bio-rationais e ecologicamente corretos, que foram destacados por uma abordagem holística no manejo integrado de plantas daninhas (STEVENS, 1991; MALLIK, 2001).

Taxonomicamente, o gênero *Streptomyces* pertence à família Streptomycetaceae, ordem Actinomycetales, classe Actinobacteria. Atualmente esse gênero está composto por 980 espécies identificadas (EUZÉBY, 2021). Entre as actinobactérias, os estreptomicetos compreendem um grupo de bactérias filamentosas gram-positivas, saprofitas, que colonizam o solo e, em decorrência da grande diversidade metabólica e da facilidade de dispersão dos esporos, essas bactérias desempenham um papel importante nos diferentes ecossistemas especialmente no solo, na rizosfera e no tecido vegetal. Dentre as actinobactérias ocorrem também algumas espécies de *Streptomyces* como *Streptomyces scabies*, *S. acidiscabies* e *S. turgidiscabies*, que são patogênicas para alguns vegetais, causando escabiose ou sarna em batata, beterraba, cenoura e rabanete (ARAÚJO et al., 2008).

Essas bactérias são formadoras de micélio semelhante aos dos fungos, com longas cadeias de conídios e possuem formação de esporos. A rede de filamentos secreta enzimas catabólicas que degradam o substrato orgânico quebrando-o em nutrientes assimiláveis que promovem o crescimento da colônia. A falta de nutrientes e outros fatores ambientais ativam o desenvolvimento de hifas aéreas, que se fragmentam formando uma cadeia de esporos. Os esporos são resistentes e podem ser disseminados através da água ou por animais presentes no solo. Esses esporos germinam independentemente de nutrientes e formam micélios ramificados, completando o ciclo de vida da bactéria (LORIA; KERS; JOSHI, 2006). A cadeia de esporos de *Streptomyces* pode apresentar diferentes formatos e os esporos, podem apresentar diferentes colorações, sendo importantes características taxonômicas das espécies (SHIRLING & GOTTLIEB, 1966).

De acordo com LORIA, KERS & JOSHI (2006), os estreptomicetos possuem distribuição mundial comparados a outros micro-organismos encontrados na natureza e têm enorme importância na formação da matéria orgânica, pois produzem enzimas hidrolíticas responsáveis por degradar polímeros derivados de animais e plantas, facilitando o ciclo do carbono.

As espécies desse gênero são conhecidas pela produção de metabólitos secundários biologicamente ativos de interesse biotecnológico, como antibióticos, antifúngicos, agentes antitumorais e bioherbicidas. Além disso, algumas espécies podem ser utilizadas como controle biológico por meio de inibição de crescimento de fungos e bactérias fitopatogênicas (LIU; ANDERSON; KINKEL, 1995; HILTUNEN; VALKUNEN, 2011; SILVA et al., 2013; CAMPARONI, 2015; EVANGELISTA-MARTINEZ, 2014; WANNER et al., 2015). A primeira fitotoxina microbiana usada para o controle de ervas daninhas foi a anisomicina, que é produzida por *S. toyocaensis* (ARAÚJO et al., 2008).



Diversos isolados de *Streptomyces* patogênicos para plantas são conhecidos, e destes já foram isolados cerca de 20 metabólitos fitotóxicos, fungicidas ou algicidas (BIGNELL et al, 2010). Precisamos garantir que as cepas usadas na agricultura não apresentem características fitotóxicas quando liberadas nas culturas; no entanto, poderíamos tirar proveito de tais características para desenvolver bioherbicidas. A fosfotricina, um inibidor da glutamina sintetase produzido por *Streptomyces* spp., tem sido utilizado desde os anos 90 como herbicida, principalmente no processo de seleção de plantas transgênicas (SCHWARTZ et al., 2004; WEIGEL & GLAZEBROOK, 2006).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos no laboratório de Fisiologia e Bioquímica Fitopatológica da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo – Esalq/USP, “Campus Luiz de Queiroz”, no município de Piracicaba, São Paulo. A planta daninha de interesse foi o capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e a soja (*Glycine max*) foi a cultura agrícola de importância econômica escolhida.

Para melhor organização e entendimento, o trabalho foi dividido em quatro etapas, sendo estas: obtenção dos isolados de *Streptomyces*; preparo do inóculo; teste de germinação *in vitro* das sementes de capim-pé-de-galinha e soja utilizando-se os diferentes isolados de *Streptomyces* spp.; teste de biocontrole de capim-pé-de-galinha em casa de vegetação utilizando-se os diferentes isolados de *Streptomyces* spp.

##### 4.1. Obtenção dos isolados de *Streptomyces* spp.

Os isolados de *Streptomyces* spp., utilizados no presente estudo, foram oriundos da coleção do Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Fitopatológica da Universidade de São Paulo Campus “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP localizado em Piracicaba – SP. Esses isolados foram obtidos de tubérculos de batata cedidos pela Associação Brasileira da Batata (ABBA), os quais apresentavam sintomas da doença Sarna Comum. A Tabela 1 apresenta uma lista com os isolados empregados nos experimentos, bem como sua origem.

**Tabela 1.** Código dos isolados de *Streptomyces* spp. utilizados no presente estudo e suas respectivas origens.

Isolado de <i>Streptomyces</i> spp. (código)	País/estado	Procedência	Cultivar
LFBF1901	Brasil, BA		Orquestra
LFBF1903	Brasil, BA		Orquestra
LFBF1906	Brasil, BA		Orquestra
LFBF1909	Brasil, BA		Orquestra
LFBF1913	Brasil, BA		Orquestra
LFBF1926	Brasil, BA		Orquestra

#### 4.2. Obtenção do inóculo dos isolados de *Streptomyces* spp.

O inóculo bacteriano foi obtido após cultivo em meio aveia-ágar e meio aveia líquido. O meio aveia-ágar foi preparado conforme descrito a seguir: 30 gramas de farelo de aveia por litro de água destilada foram colocados em agitação e cocção por 20 minutos em um agitador magnético com aquecimento modelo MS-H-S e, posteriormente, com o auxílio de peneira e gaze, o meio foi filtrado e adicionou-se 15 g/L de ágar bacteriológico. Após, o pH do meio foi verificado em pHmetro de bancada e, se necessário, este foi ajustado para 7,0 com a utilização de NaOH 1 M. O meio foi então autoclavado a 121°C e 1 atm por 20 minutos. Para preparação do meio aveia líquido, utilizou-se a mesma metodologia, exceto pela adição do ágar.

Para o cultivo em meio sólido, os isolados foram repicados diretamente da coleção preservada em glicerol para placas de Petri e incubados em câmara de crescimento a 27° C no escuro por 10-12 dias.

Por sua vez, para o repique em meio líquido, 3 discos de meio contendo as bactérias, previamente crescidas em aveia-ágar, foram adicionados em frascos Erlenmeyer de 250 ml contendo 100 ml de meio aveia líquido e os frascos foram então incubados com a agitação regulada a 225 rpm, por 12 dias no escuro a 28 °C.

#### 4.3. Teste de inibição de germinação *in vitro* de sementes de capim-pé-de-galinha

Para se verificar o efeito sobre a germinação, sementes adquiridas da empresa Cosmos Agrícola Produção e Serviços Rurais Ltda., foram alocadas em placas de Petri de 9 cm de diâmetro forradas com duas folhas de papel de germinação umedecido com uma alíquota de 5 ml de cada tratamento. Os tratamentos consistiram no inóculo dos seis diferentes isolados de *Streptomyces* spp. previamente crescidos em meio aveia líquido, água destilada autoclavada como controle negativo e como controle positivo o produto comercial Roundup Original da Monsanto, na concentração de 16,7ml/L, como indicado na Tabela 2. Na superfície de cada uma dessas placas foram alocadas 30 sementes de *E. indica*.

O Roundup Original Monsanto é um herbicida não seletivo de ação sistêmica, formulado em concentrado solúvel. É considerado pouco tóxico de acordo com a classificação toxicológica (IV – pouco tóxico) e perigoso ao meio ambiente de acordo com a classificação do potencial de periculosidade ambiental (III – produto perigoso ao meio ambiente). De acordo com a bula, para o capim pé-de-galinha na cultura da soja deve-se utilizar 960 g de ingrediente ativo por hectare (AGROFIT, 2021).

As placas foram então acondicionadas em câmara de crescimento do tipo B.O.D., regulada para proporcionar temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas luz, condições estas escolhidas após vasta pesquisa na literatura. A germinação das sementes foi monitorada diariamente, por um período determinado, a partir da instalação do experimento até seu término. O critério adotado para a avaliação do teste da germinação de *E. indica* foi considerar germinadas todas as sementes nas quais foram observados radícula e/ou coleóptilo.

Para o teste de germinação, o inóculo foi retirado diretamente do Erlenmeyer de cultivo, utilizando-se uma alíquota de 5 ml por tratamento. Cada placa de Petri com 30 sementes consistiu em uma repetição, sendo três repetições por tratamento. No total foram 8 tratamentos e 90 sementes distribuídas uniformemente entre as placas de cada tratamento.

**Tabela 2.** Descrição dos tratamentos e doses utilizados no teste de inibição de germinação *in vitro* de sementes de *E. indica*.

Tratamento	Dose
T1 - Suspensão de células de LFBF1901	5 ml
T2 - Suspensão de células de LFBF1903	5 ml
T3 - Suspensão de células de LFBF1906	5 ml
T4 - Suspensão de células de LFBF1909	5 ml
T5 - Suspensão de células de LFBF1913	5 ml
T6 - Suspensão de células de LFBF1926	5 ml
T7 - Água destilada autoclavada	5 ml
T8- Herbicida Glifosato	5 ml

#### 4.4. Seletividade da cultura da soja aos diferentes isolados de *Streptomyces* spp.

Os testes para seletividade foram conduzidos com o intuito de se verificar a viabilidade do uso dos diferentes isolados de *Streptomyces* spp. em lavouras de soja, visando o manejo da daninha capim-pé-de-galinha, sem que ocorram prejuízos à cultura de interesse.

Os testes de germinação foram conduzidos com a utilização de duzentas sementes, seguindo a metodologia sugerida pelas Regras de Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009).

Para o ensaio *in vitro* foram utilizadas 3 folhas de papel de germinação, devidamente umedecidas com água deionizada, na proporção em ml de 2,5 vezes o peso das folhas de papel. Como tratamento utilizou-se o inóculo de cada um dos tratamentos citados na Tabela 3 na concentração de 1,5% do peso das sementes de cada tratamento. A homogeneização do tratamento foi realizada utilizando-se sacos plásticos em agitação manual por 30 segundos. As sementes de cada tratamento foram separadas em 8 rolos contendo 25 sementes cada e incubadas em câmara de germinação a 25°C. As avaliações foram realizadas aos 5 e 8 dias após a inoculação,

anotando-se a quantidade de sementes germinadas, anormais e não-germinadas. Considerou-se germinadas todas as sementes nas quais foram observados radícula e cotilédones desenvolvidos. Para fins de contabilização, sementes anormais foram consideradas como germinadas.

**Tabela 3.** Descrição dos tratamentos utilizados no teste *de seletividade in vitro* de sementes de soja aos diferentes isolados de *Streptomyces* spp.

<b>Tratamento</b>	<b>Dose</b>
<b>T1</b> - Suspensão de células de LFBF1901	1.5% do peso das sementes
<b>T2</b> - Suspensão de células de LFBF1903	1.5% do peso das sementes
<b>T3</b> - Suspensão de células de LFBF1906	1.5% do peso das sementes
<b>T4</b> - Suspensão de células de LFBF1909	1.5% do peso das sementes
<b>T5</b> - Suspensão de células de LFBF1913	1.5% do peso das sementes
<b>T6</b> - Suspensão de células de LFBF1926	1.5% do peso das sementes
<b>T7</b> - Água destilada autoclavada	1.5% do peso das sementes
<b>T8</b> - Herbicida Glifosato	1.5% do peso das sementes

#### **4.5. Teste em casa de vegetação para verificar a interferência no desenvolvimento vegetativo em pós-emergência de capim-pé-de-galinha**

Para os testes em casa de vegetação, plantas daninhas assintomáticas, obtidas a partir de sementes, foram semeadas em placas de Petri de 15 cm de diâmetro contendo duas folhas de papel de germinação umedecido com água destilada autoclavada. Este procedimento foi necessário, pois as sementes germinavam de forma irregular no substrato, impedindo a realização do experimento. Quando as plântulas germinaram e apresentavam uma folha, foram então transplantadas para vasos contendo substrato comercial Basaplant® e mantidas sobre bancada em casa de vegetação. Quando estas já apresentavam de 2-3 folhas foram tratadas com 10 ml do filtrado dos diferentes isolados de *Streptomyces* spp., obtido a partir da filtração da suspensão de células com gaze, água destilada que novamente foi utilizada como controle negativo ou o herbicida glifosato que foi utilizado como controle positivo, conforme descrito na Tabela 4. Os tratamentos foram pulverizados nas plantas assintomáticas com aspersor manual até o ponto de escoamento superficial (*run-off*) sobre as folhas.

**Tabela 4.** Tratamentos e doses utilizados nas parcelas experimentais no controle de *E. indica* em pós-emergência quando as plantas apresentavam de 2-3 folhas.

<b>Tratamento</b>	<b>Dose</b>
<b>T1</b> - Filtrado de LFBF1901	10 ml
<b>T2</b> - Filtrado de LFBF1903	10 ml
<b>T3</b> - Filtrado de LFBF1906	10 ml
<b>T4</b> - Filtrado de LFBF1909	10 ml
<b>T5</b> - Filtrado de LFBF1913	10 ml
<b>T6</b> - Filtrado de LFBF1926	10 ml
<b>T7</b> - Água destilada autoclavada	10 ml
<b>T8</b> - Herbicida glifosato	10 ml

As parcelas experimentais foram mantidas em casa de vegetação, sendo monitoradas diariamente. Após 15 dias foram avaliadas a altura (cm), biomassa fresca (g), biomassa seca (g) e teor de clorofila (unidade SPAD) das plantas utilizando-se o equipamento SPAD-502 (Konica Minolta). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 3 repetições por tratamento, totalizando 24 unidades experimentais.

Aos 15 dias após a aplicação dos tratamentos nas mudas, determinou-se também o teor de clorofila. As medições foram realizadas entre as 7 e 9 h, utilizando o medidor portátil de clorofila SPAD-502. Foram realizadas três medições do índice SPAD por folha, na região central do limbo foliar de cada planta da parcela útil. Utilizou-se a média dessas medições para representar cada tratamento. A altura foi medida com uma régua (desconsiderando-se as raízes), após as plantas foram então pesadas em balança analítica, após pesadas as 3 repetições, obteve-se a massa fresca média por tratamento. As plântulas foram então acondicionadas em sacos de papéis em estufa de circulação forçada de ar a 58°C. Posteriormente, essas plantas foram novamente pesadas para então obter-se a biomassa seca média por tratamento.

#### **4.6. Análises**

Para a avaliação do teste da germinação de *E. indica* foram consideradas germinadas as sementes nas quais foi possível observar radícula e coleótilo. Já para a avaliação do teste de germinação de *G. max*, foram consideradas germinadas, as sementes que apresentaram radícula e cotilédones, incluindo as sementes anormais. Em casa de vegetação, variáveis de crescimento como altura das plantas, biomassa fresca e seca e teor de clorofila nas folhas foram avaliadas. Os dados foram submetidos à análise de variância, e havendo significância as médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de significância. No caso de as variâncias do conjunto de

dados não serem consideradas normais, nem mesmo através de transformação, utilizou-se do teste não-paramétrico Kruskal-Wallis e o teste post-hoc de Dunn, a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico R®.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

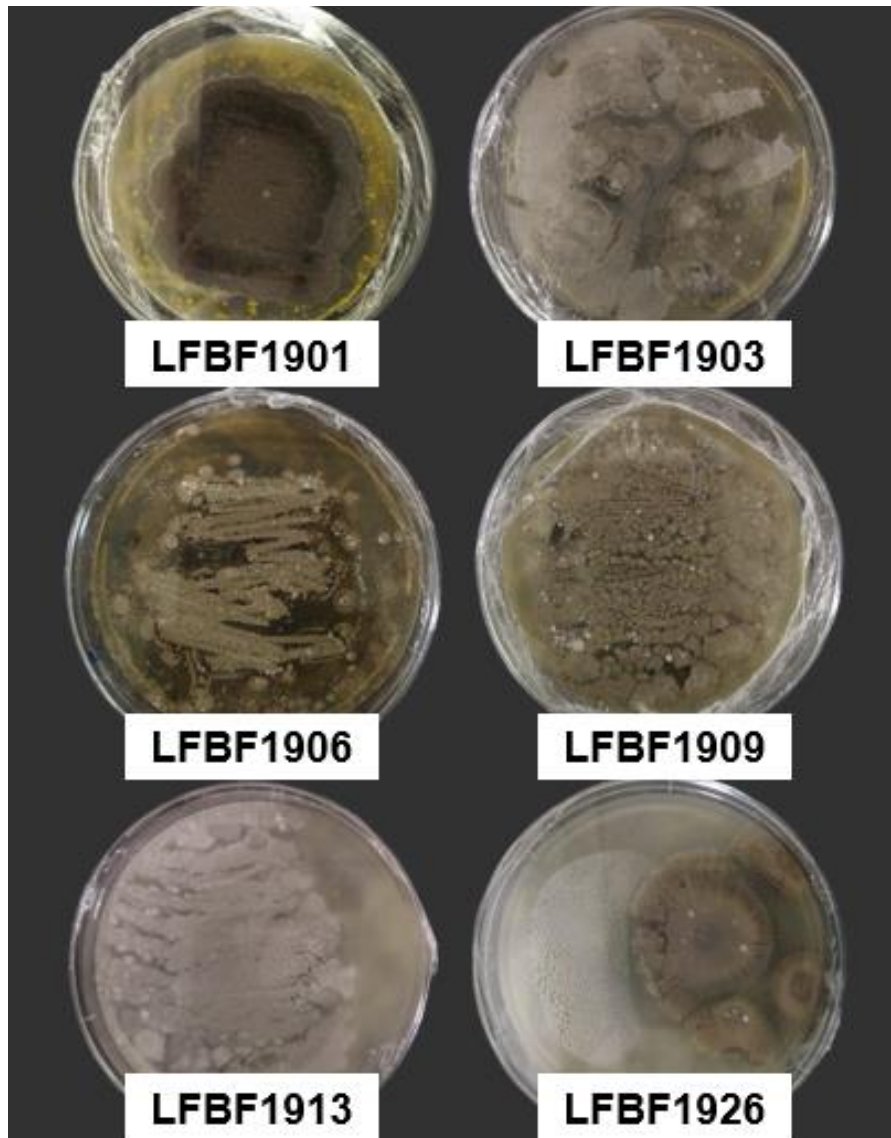
### 5.1. Obtenção dos isolados de *Streptomyces* spp.

Os isolados de *Streptomyces* spp. foram repicados da coleção bacteriológica do laboratório de Fisiologia e Bioquímica Fitopatológica e cultivados em meio aveia-ágar.

Na Figura 7 é possível observar a aparência dos seis isolados utilizados neste trabalho. De acordo com PAZ (2020), o isolado LFBF1901 foi submetido à análise molecular, sendo classificado como *Streptomyces griseorubiginosus* (Ryabova & Preobrazhenskaya, 1957) Pridham et al. 1958. Este isolado apresenta micélio de coloração cinza em meio aveia-ágar e produz pigmentos de cor amarela. Os outros isolados foram classificados apenas com base na morfologia e coloração e metodologia de isolamento específica para actinomicetos (PAZ, 2020).

O isolado LFBF1903 possui micélio de coloração branca/amarronzada e produz pigmentos de cor marrom. O isolado LFBF1906 possui micélio de coloração marrom, também produzindo pigmentos na cor marrom. Por sua vez, o isolado LFBF1909 possui micélio na cor cinza e não produz pigmentos, enquanto que o isolado LFBF1913 igualmente ao anterior, possui micélio de coloração cinza e também não produz pigmentos. Por fim, o isolado LFBF1926 também possui micélio na coloração cinza e não produz pigmentos.

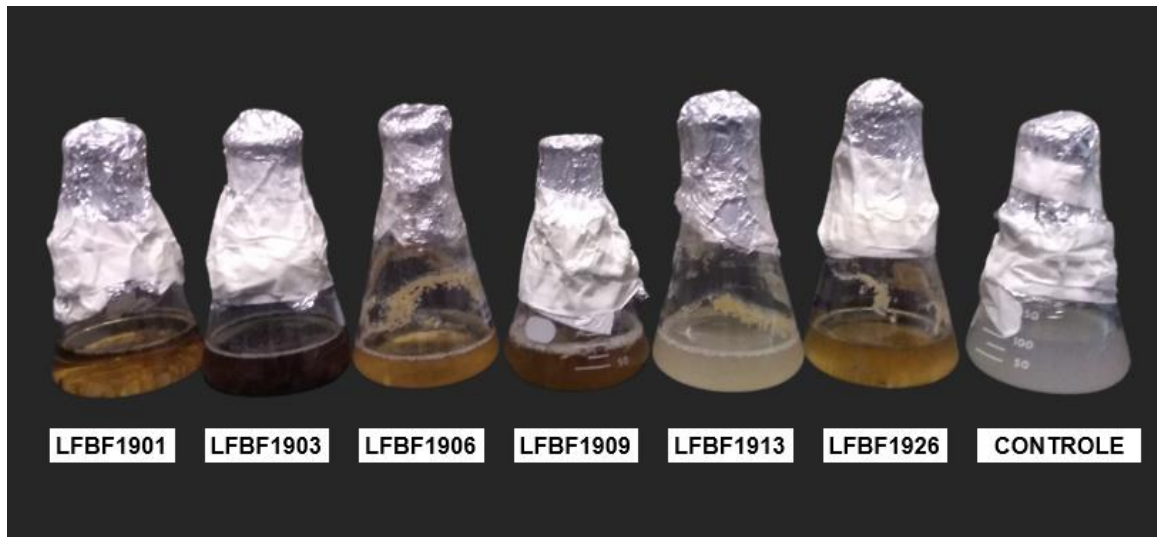




**Figura 7.** Colônias dos isolados de *Streptomyces* spp. com 12 dias em meio aveia-ágar.

## **5.2. Obtenção do inóculo dos isolados de *Streptomyces* spp.**

Os frascos Erlenmeyer de 250 ml contendo 100 ml de meio aveia líquido e os discos dos diferentes isolados de *Streptomyces* spp. foram incubados à uma agitação constante regulada em 225 rpm 28°C por 12 dias no escuro. Na Figura 8 observa-se os frascos contendo os diferentes isolados e um frasco contendo apenas o meio aveia líquido que serviu como controle.



**Figura 8.** Frascos contendo os diferentes isolados de *Streptomyces* spp. em meio aveia líquido aos 12 dias de cultivo.

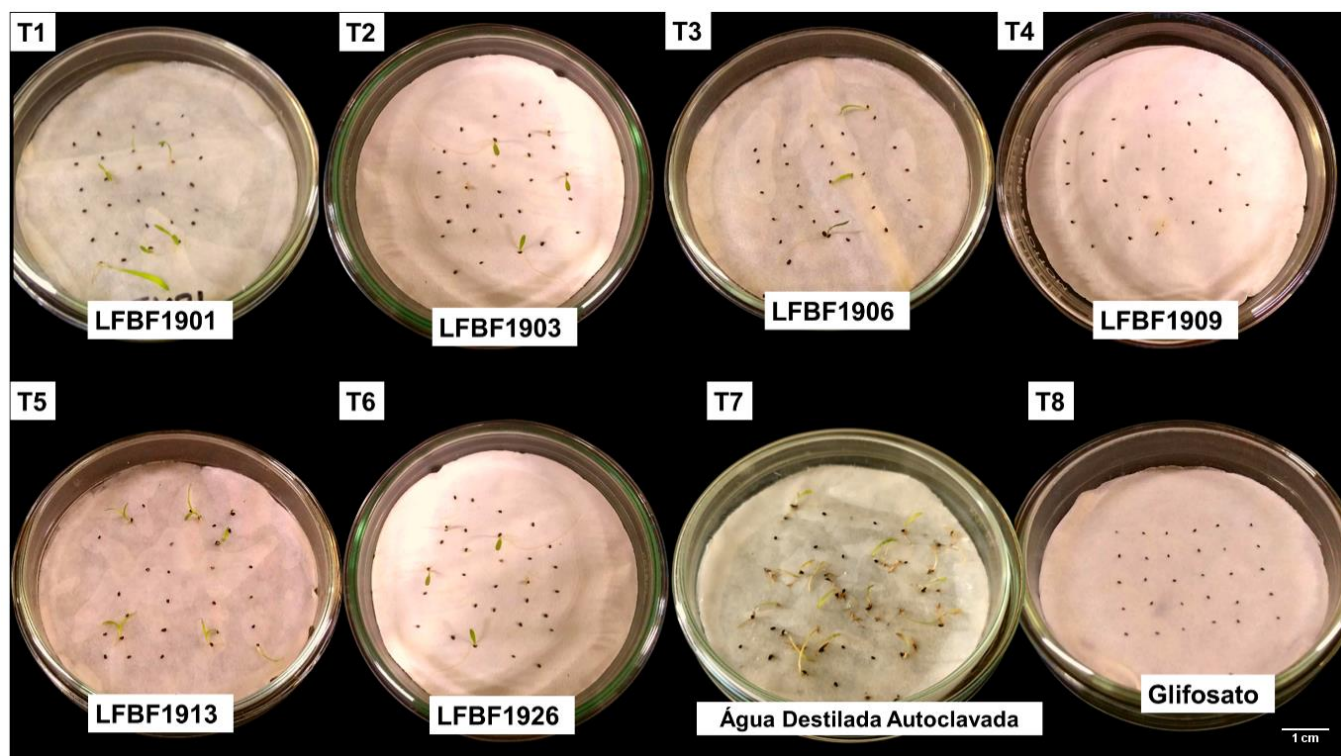
### 5.3. Teste de inibição de germinação *in vitro* de sementes de capim-pé-de-galinha

Monitorou-se a germinação das sementes desde o dia 0 até que está se tornasse uniforme, o que ocorreu aos 10 dias após a semeadura. Realizou-se quatro repetições do teste de germinação *in vitro* da planta daninha e a média destes resultados é apresentada a seguir (Tabela 5).

**Tabela 5.** Germinação média das sementes de *Eleusine indica* *in vitro* na presença de preparações (suspensão de células) de *Streptomyces*\*.

Tratamento	Porcentagem de germinação (%)
T1 - Isolado LFBF1901	6.11 b
T2 - Isolado LFBF1903	2.22 bc
T3 - Isolado LFBF1906	3.06 bc
T4 - Isolado LFBF1909	2.50 bc
T5 - Isolado LFBF1913	5.58 b
T6 - Isolado LFBF1926	5.00 bc
T7 - Água destilada autoclavada	27.78 a
T8 - Herbicida Glifosato	0.00 c

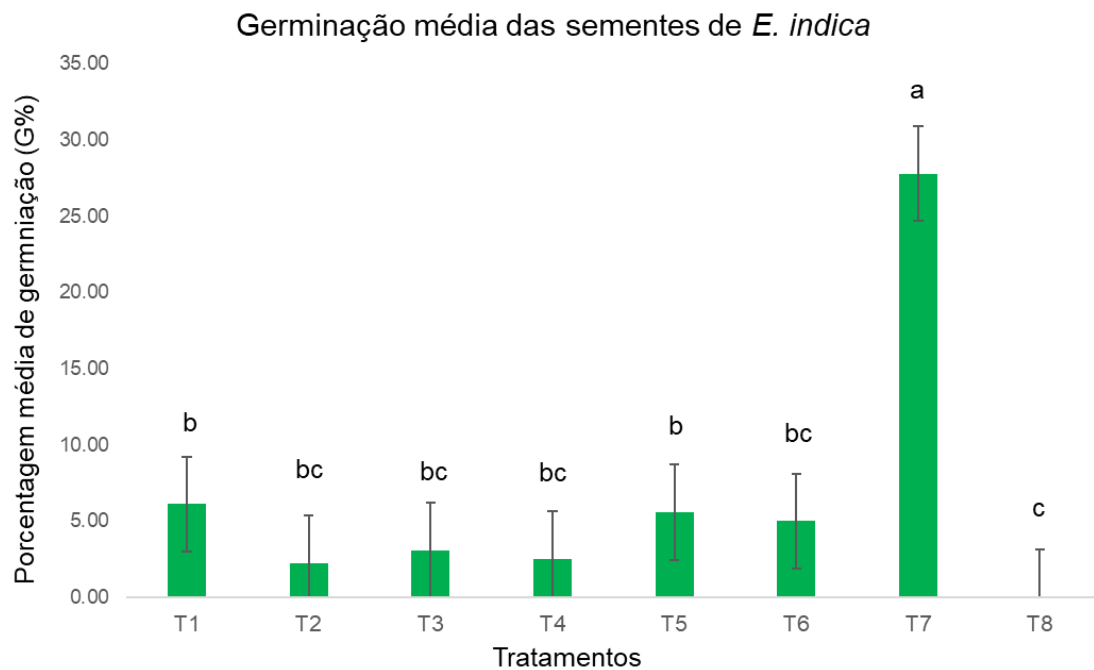
\*Médias referentes a 4 experimentos *in vitro*. Cada tratamento foi composto por 3 repetições contendo 30 sementes cada, totalizando 90 sementes por tratamento. Análise estatística: teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis e post-hoc Dunn ( $p \leq 0,05$ ).



**Figura 9.** Placas de Petri contendo as sementes de *Eleusine indica* 10 dias após a semeadura na presença das diferentes preparações de *Streptomyces*.

Como é possível observar na Tabela 5 e Figura 9 acima, apesar das sementes germinarem em quase todos os tratamentos, exceto no T8 onde foi utilizado o herbicida glifosato, as placas que foram umedecidas com água destilada autoclavada diferiram estatisticamente de todos os outros tratamentos. Isso demonstra a capacidade de *Streptomyces* spp. em reduzir a germinação e o desenvolvimento de *E. indica* nestas condições.

A porcentagem de germinação das sementes no tratamento T7 (controle com água destilada autoclavada) foi de 27,78%. Esse valor relativamente baixo é explicado por VIDAL et al. (2006) que constataram que a taxa de germinação dessa espécie tem menores índices quando em temperaturas constantes entre 20 e 35 °C, como foi o caso das sementes alocadas em câmara de germinação do tipo B.O.D. Ainda segundo estes autores, este índice se eleva para 99% quando estas são submetidas a flutuações térmicas. Porém é importante destacar que mesmo a germinação nas placas onde foi utilizado o controle com água destilada autoclavada ter sido um valor relativamente baixo, ainda foi no mínimo 5 vezes maior do que o tratamento 1 (T1), o qual teve a segunda maior porcentagem de germinação com 6,11%, demonstrando a capacidade dos isolados para serem utilizados no controle biológico em pré-emergência desta planta.



**Figura 10.** Germinação média das sementes de *Eleusine indica* frente aos diferentes tratamentos (dados correspondem aos da Tabela 5).

A interferência na germinação da planta daninha que os seis isolados expressaram pode estar relacionada a produção de fitotoxinas por estes microrganismos (YAMADA, 1972; ARAÚJO et al, 2008) ou pela sua capacidade de causar um desequilíbrio na microbiota das sementes (CHEN et al., 2016; CHEN et al., 2020). YAMADA (1972), utilizou pela primeira vez uma fitotoxina microbiana no controle de plantas daninhas, a anisomicina, produzida por *Streptomyces toyocaensis*, que exibiu excelente atividade de controle contra as plantas daninhas *Echinochloa crusgalli* L. e *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. Logo após a anisomicina, bialafos e fosfotricina (PPT) foram os bioherbicidas de grande sucesso no controle de plantas daninhas, os quais são produzidos respectivamente por *Streptomyces hygroscopicuse* (Jensen 1931) Yüntsen et al. 1956 e *S. viridochromogenes* TU494. Estudos posteriores mostraram que a fosfotricina (PPT) é um potente inibidor de plantas daninhas mono e dicotiledôneas, além de ser rapidamente degradada no solo com uma vida média de 2 a 3 dias (ARAÚJO et al, 2008). Fitotoxinas são compostos secundários de baixa massa molecular produzidos por fitopatógenos com a capacidade de afetar o metabolismo da célula do hospedeiro e/ou sua estrutura, podendo causar sua morte. De acordo com PASCHOLATI & DALIO (2018) estes compostos podem interferir também em passos metabólicos essenciais a planta e/ou desencadear os mecanismos de defesa da mesma. Sabe-se que diferentes espécies de *Streptomyces* spp. são capazes de produzir fitotoxinas, como as concanamicinas e a taxtomina A (GARCIA, 2008). As fitotoxinas bacterianas são compostos de

classificação química variada, sendo que todas são não seletivas, sendo ativas a diversas famílias botânicas (JENNINGS et al., 1998).

Quanto a alterações na microbiota, CHEN et al. (2020) verificaram que *Streptomyces pactum* Bhuyan et al. 1962 foi capaz de causar um desequilíbrio na microbiota da planta daninha parasita de raízes *Phelipanche aegyptiaca* Pers.

Os resultados obtidos neste estudo estão em concordância com os encontrados por DHANASEKARAN et al. (2010), onde foram testados diferentes isolados de *Streptomyces* spp. em culturas agrícolas e plantas daninhas, sendo que os autores constataram que enquanto nas culturas praticamente não houve inibição do crescimento, nas daninhas a inibição de germinação e crescimento chegou a 40% em *Echinochilora crusgalli*. Também concordam com os resultados alcançados por DHARSINI et al. (2017), onde uma cepa de *Streptomyces* spp., nomeada DDBH019, inibiu a germinação e crescimento de três diferentes espécies de plantas daninhas, se mostrando um potencial agente de biocontrole.

Os resultados também são compatíveis com os encontrados por CHEN et al (2016), que constataram que *Streptomyces pactum* inibiu a germinação de *Orobancha cumana* Wallr., planta daninha parasita de raízes na cultura do girassol. CHEN et al. (2020) demonstraram ainda que *Streptomyces pactum*, denominada Act12, foi capaz de suprimir a germinação de *Phelipanche aegyptiaca* e o alongamento do tubo germinativo. Além disso, a cepa Act12 reduziu a biomassa, emergência e o crescimento de *P. aegyptiaca*, enquanto promoveu o crescimento e aumento da produtividade do tomateiro. Uma das hipóteses para esses resultados é que a cepa de *S. pactum* causa um desequilíbrio na microbiota da rizosfera da daninha e ao mesmo tempo atua também na rizosfera do tomateiro, aumentando sua resistência e capacidade de competição em relação à daninha.

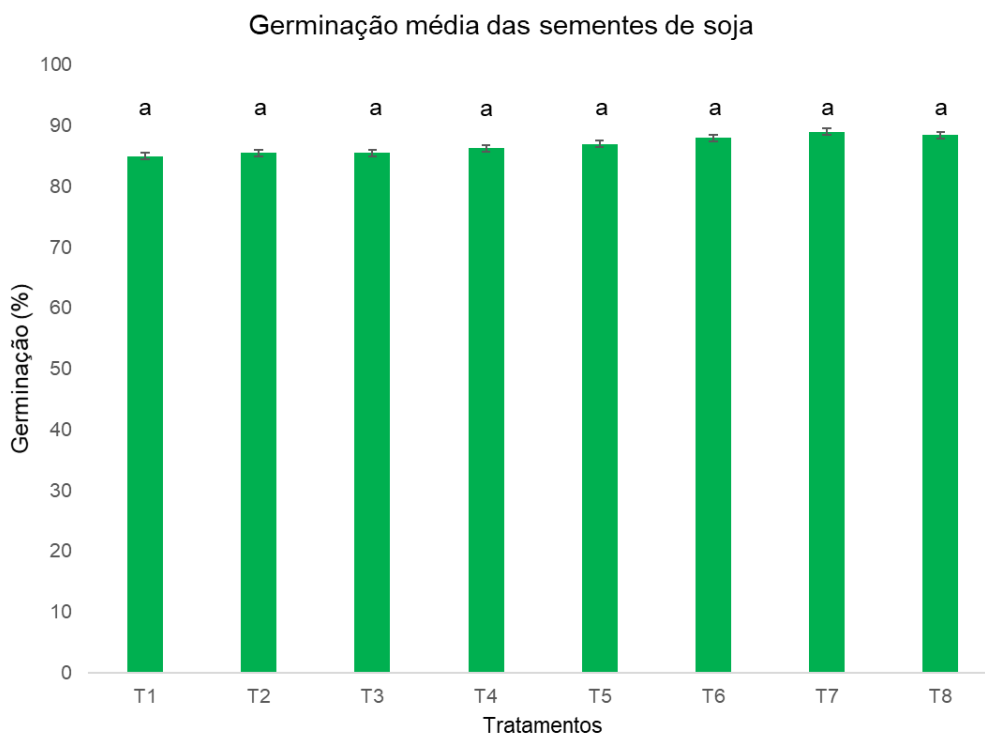
Os actinomicetos são responsáveis por uma proporção substancial da biomassa microbiana do solo e desempenham um papel importante no ecossistema da rizosfera, e também são agentes de controle eficazes para patógenos vegetais transmitidos pelo solo devido à produção de antibióticos (BARAKATE et al., 2002; CHEN et al., 2016).

Sabe-se que os microrganismos do solo e as plantas podem influenciar uns aos outros, e a rizosfera é o principal local de interação. Os microrganismos rizosféricos afetam diretamente a saúde das plantas e os processos biológicos na rizosfera, incluindo a germinação e o estabelecimento de plantas daninhas. Além disso, a microbiota rizosférica de plantas saudáveis e parasitadas geralmente difere. Por exemplo, o número de actinobactérias e bactérias na rizosfera de plantas hospedeiras parasitadas por *Phelipanche* spp. foi relatado como sendo reduzido em comparação com plantas controle saudáveis (CHEN et al., 2013; HRISTEVA et al., 2013; WU et al., 2014).

Como demonstrado na Tabela 5, a porcentagem de germinação de sementes nas placas onde foram utilizados os diferentes isolados de *Streptomyces* spp. foi estatisticamente semelhante à das placas contendo o herbicida glifosato, comprovando que estes isolados possuem potencial para serem utilizados no controle em pré-emergência de capim-pé-de-galinha. É importante destacar, que em testes realizados com os diferentes isolados autoclavados, os resultados obtidos não diferiram estatisticamente dos demonstrados acima.

#### 5.4. Teste de seletividade *in vitro* de sementes de soja aos diferentes isolados de *Streptomyces* spp.

De acordo com a análise da variância, todos os tratamentos foram considerados estatisticamente iguais, portanto, os isolados de *Streptomyces* spp. não interferem na germinação de sementes de soja (Figura 11; Tabela 6). Esses resultados corroboram com os obtidos por CHEN et al. (2020) que demonstraram que uma cepa de *Streptomyces pactum*, além de inibir a germinação da planta daninha, promoveu o crescimento e a produtividade da cultura do tomateiro.



**Figura 11.** Germinação média das sementes de soja 8 dias após a incubação na presença das diferentes preparações de *Streptomyces* (dados correspondem a Tabela 6).

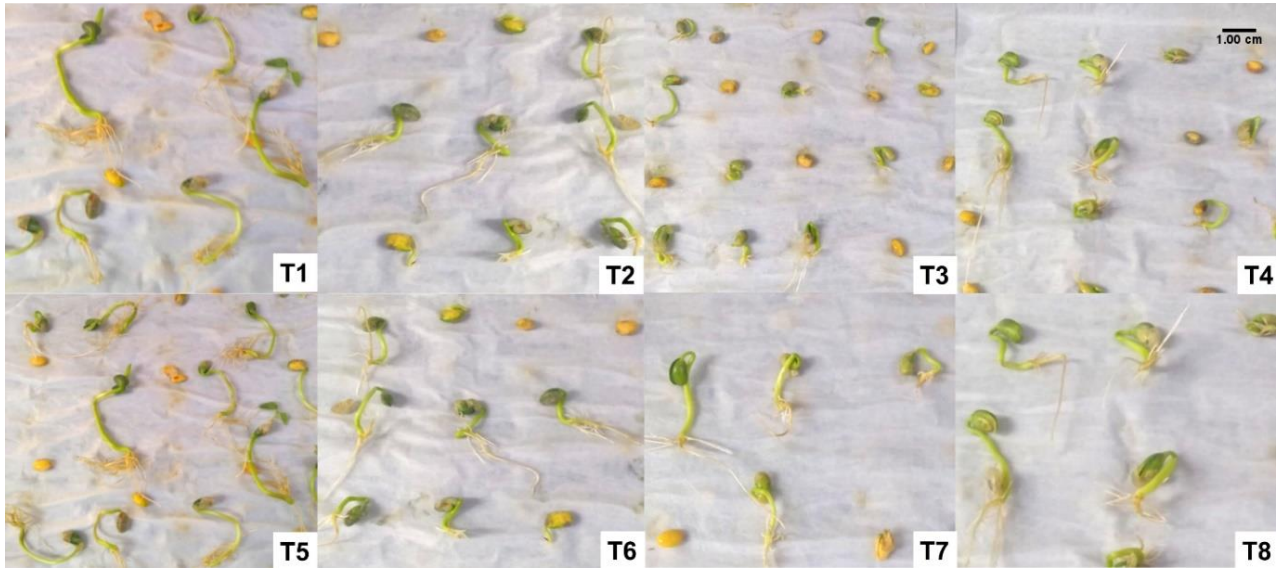
Uma das hipóteses de como diferentes espécies de *Streptomyces* spp. podem auxiliar no crescimento de plantas foi respondida por COSTA et al. (2020), que realizaram a sequência completa do genoma de uma cepa de *Streptomyces* que é capaz de promover o crescimento de diversas culturas através da produção de fitohormônios. Mais estudos com a cultura da soja, tanto *in vitro* quanto em casa de vegetação, são necessários para poder observar se há uma promoção de crescimento por parte dos microrganismos utilizados neste trabalho.

**Tabela 6.** Germinação média das sementes de soja *in vitro*\*.

<b>Tratamento</b>	<b>Porcentagem de germinação (G%)</b>
<b>T1</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1901	85.0 a
<b>T2</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1903	85.5 a
<b>T3</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1906	85.5 a
<b>T4</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1909	86.3 a
<b>T5</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1913	87.0 a
<b>T6</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1926	88.0 a
<b>T7</b> - Água destilada autoclavada	89.0 a
<b>T8</b> - Herbicida Glifosato	88.5 a

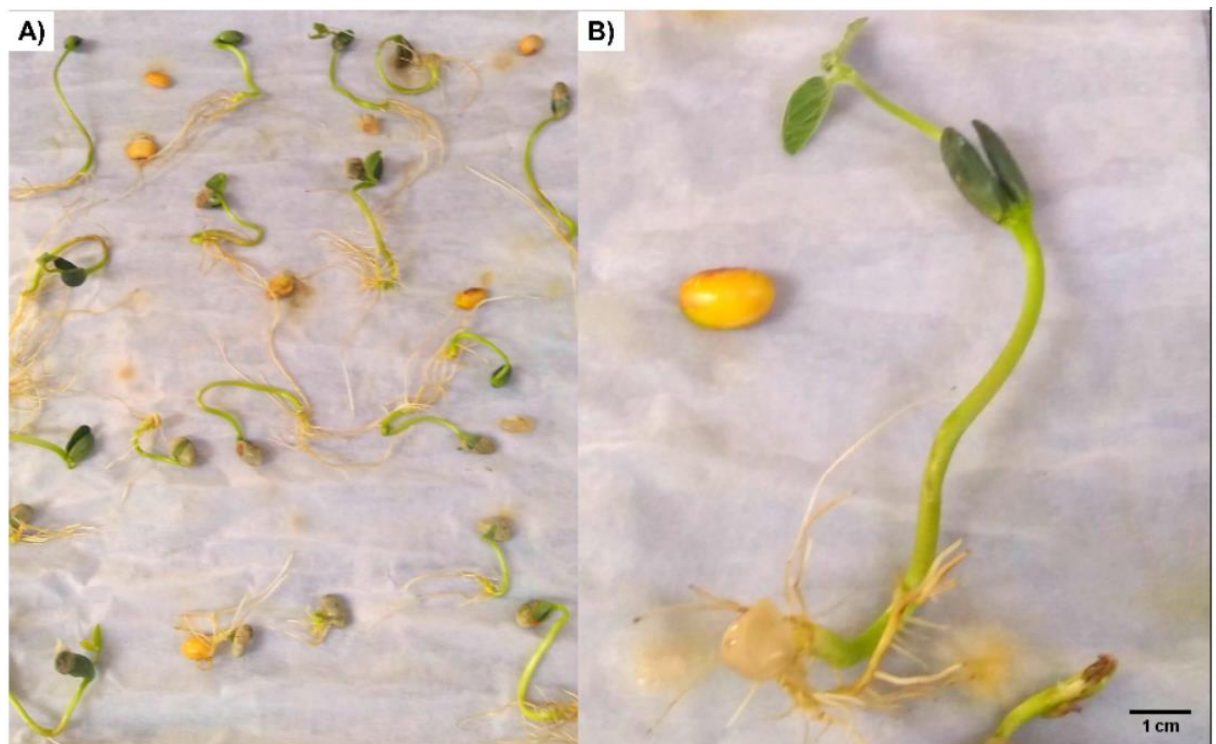
\*Cada tratamento foi composto por 8 repetições contendo 25 sementes. Análise estatística: ANOVA e teste de tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A cultivar de soja utilizada para o teste foi a TMG 7062 IPRO, que é tolerante ao herbicida glifosato devido à sua capacidade de produzir altos níveis da enzima 5-enolpiruvoilshiquimato 3-fosfato sintase (EPSP), uma enzima responsável pela produção de aminoácidos essenciais para o crescimento da planta (TMG, 2020). Possivelmente, por essa maior produção enzimática, não houve efeito danoso na semente, e sim, uma melhor germinação. A tolerância ao glifosato é um benefício extremamente importante porque essa característica garante a saúde da lavoura de soja e permite o crescimento das plantas, mesmo com a aplicação de herbicidas (TMG, 2020). Sementes anormais, que não desenvolveram completamente a radícula e/ou cotilédones, também foram contabilizadas como germinadas.



**Figura 12.** Sementes de soja germinadas em papel de germinação a 25° C 8 dias após a incubação na presença das preparações de *Streptomyces*.

Na Figura 13 em A) observa-se as sementes de soja germinadas após 8 dias no tratamento controle com água destilada autoclavada e em 13 B) os detalhes de uma plântula de soja após 8 dias também no tratamento controle com água destilada autoclavada.



**Figura 13.** A) Sementes de soja germinadas a 25°C 8 dias após a incubação. B) Detalhe de uma plântula de soja 8 dias após a incubação no tratamento T7 – Água destilada autoclavada.



Novamente faz-se necessário destacar que em testes realizados com os diferentes isolados autoclavados, os resultados obtidos não diferiram estatisticamente dos demonstrados acima.

### 5.5. Teste em casa de vegetação para controle em pós-emergência de capim-pé-de-galinha

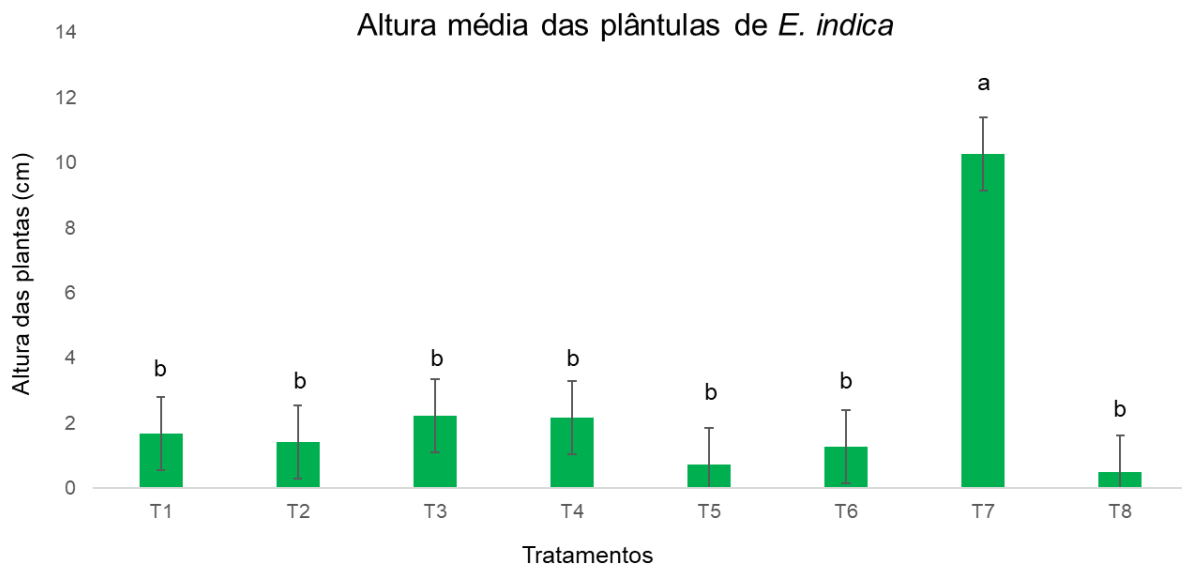
Os resultados obtidos no teste em casa de vegetação estão expressos a seguir. Constatou-se que os isolados de *Streptomyces* spp. afetaram o desenvolvimento das plântulas de *Eleusine indica* (Tabela 7). As plântulas nas quais foi utilizado o tratamento controle com água destilada autoclavada (T7) apresentaram crescimento vegetativo estatisticamente superior ao observado nas demais. Nas plantas onde utilizou-se o tratamento com o herbicida glifosato (T8) todas secaram, demonstrando que todos os biótipos neste experimento eram suscetíveis ao herbicida glifosato, como já se era esperado.

Importante destacar que enquanto as plantas tratadas com o controle com água destilada chegaram a uma altura média de 10,27 cm aos 15 dias após a aplicação dos tratamentos, as plantas inoculadas com os diferentes isolados de *Streptomyces* spp. chegaram no máximo a 2,23 cm (T6), sendo essa altura quase 5 vezes menor do que a observada para as plantas onde utilizou-se a água destilada autoclavada.

**Tabela 7.** Comparação da altura média das plantas entre os diferentes tratamentos\* aos 15 dias após a aplicação.

Tratamento	Altura das plantas (cm)
T1 - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1901	1,67 b
T2 - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1903	1,43 b
T3 - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1906	2,23 b
T4 - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1909	2,17 b
T5 - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1913	0,73 b
T6 - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1926	1,27 b
T7 - Água destilada autoclavada	10,27 a
T8 - Herbicida Glifosato	0,5 b

\*Cada tratamento foi composto por 3 repetições contendo 1 planta por vaso. Análise estatística: Análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).



**Figura 14.** Altura média das plântulas de *Eleusine indica* aos 15 dias após a aplicação dos tratamentos (dados correspondem a Tabela 7).

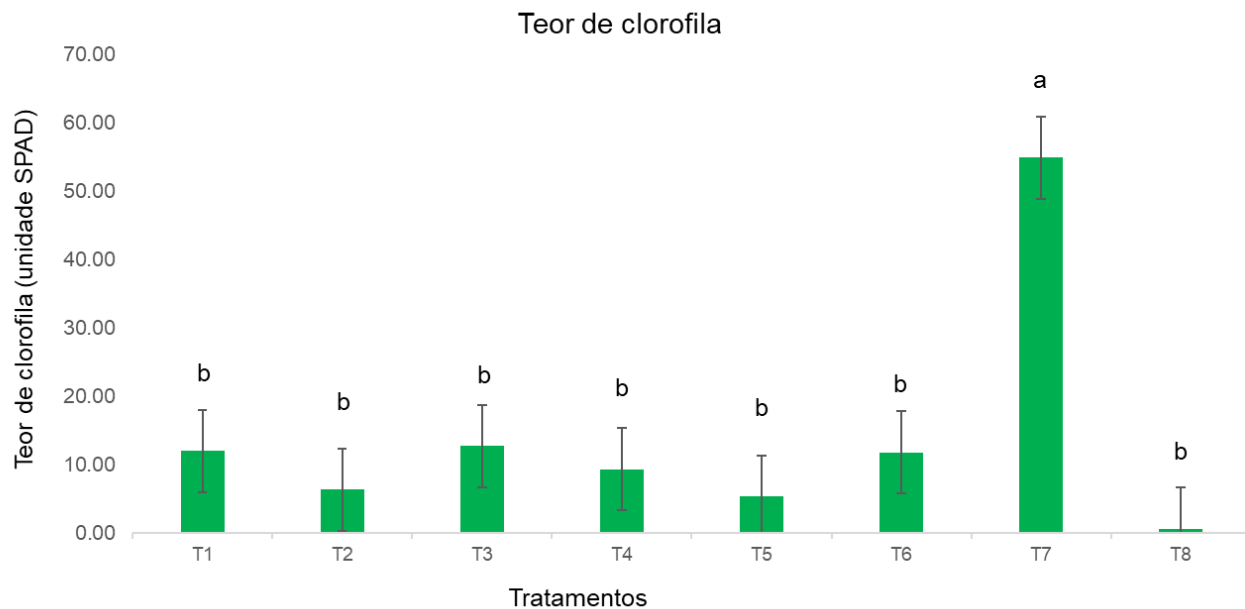
Observando-se os dados expostos abaixo sobre o teor de clorofila presente nas plântulas (Tabela 8), nota-se que os diferentes isolados e o herbicida glifosato afetaram a fotossíntese destas, processo esse que é essencial para a vida vegetal.

**Tabela 8.** Teor de clorofila nas plantas nos diferentes tratamentos\* aos 15DAA\*\*.

Tratamento	Teor de Clorofila (unidade SPAD)
T1 - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1901	12.00 b
T2 - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1903	6.37 b
T3 - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1906	12.70 b
T4 - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1909	9.33 b
T5 - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1913	5.36 b
T6 - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1926	11.77 b
T7 - Água destilada autoclavada	54.87 a
T8 - Herbicida Glifosato	0.63 b

\*Cada tratamento é composto por 3 repetições contendo 1 planta por vaso. Análise estatística: teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis e post-hoc Dunn ( $p \leq 0,05$ ).

\*\* Dias após a aplicação.



**Figura 15.** Representação gráfica do teor de clorofila encontrado nos diferentes tratamentos utilizados 15 dias após a aplicação dos tratamentos (dados correspondem a Tabela 8).

Após a medição do índice SPAD, as plantas foram retiradas dos vasos e levadas ao laboratório de Fisiologia e Bioquímica Fitopatológica para pesagem da biomassa fresca. Após a pesagem, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar a 58°C. Posteriormente, essas plantas foram novamente pesadas para então obter-se a biomassa seca.

Além da altura e teor de clorofila, também houve diferença estatisticamente significativa para a biomassa fresca e a massa seca entre os tratamentos (Tabelas 9 e 10). Enquanto a massa fresca média das plantas tratadas com água destilada autoclavada foi de 1,283 g, a das plantas inoculadas com os diferentes isolados de *Streptomyces* spp. foi de no máximo 0,092 g (T1), novamente inferior ao controle com água destilada (Tabela 9). As plantas onde foi utilizado o herbicida glifosato secaram antes mesmo da avaliação, não sendo possível mensurar a biomassa fresca.

**Tabela 9.** Biomassa fresca média das plântulas de *E. indica* por tratamento 15 dias após a aplicação\*.

<b>Tratamento</b>	<b>Biomassa fresca (g)</b>
<b>T1</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1901	0,092 b
<b>T2</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1903	0,026 b
<b>T3</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1906	0,021 b
<b>T4</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1909	0,060 b
<b>T5</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1913	0,006 b
<b>T6</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1926	0,013 b

<b>T7</b> - Água destilada autoclavada	1,283 a
<b>T8</b> - Herbicida Glifosato	0,0 b

\*Cada tratamento é composto por 3 repetições contendo 1 planta por vaso. Análise estatística: teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis e post-hoc Dunn ( $p \leq 0,05$ ).

Para a massa seca (Tabela 10), o mesmo padrão repetiu-se, tendo as plantas que foram tratadas com água destilada autoclavada pesado 0,498g enquanto que as inoculadas com os diferentes isolados da actinobactéria pesaram no máximo 0,031g.

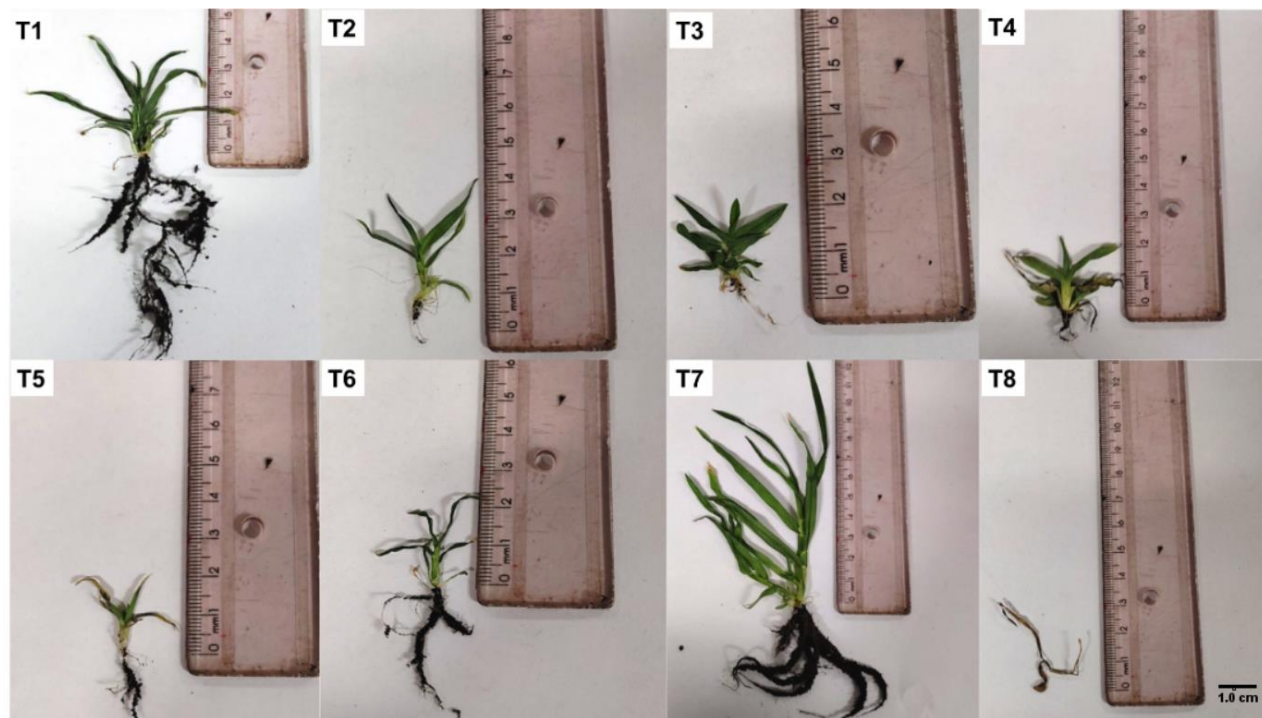
**Tabela 10.** Massa seca média das plântulas de *E. indica* de cada tratamento\* aos 15 DAA\*\*.

<b>Tratamento</b>	<b>Massa seca (g)</b>
<b>T1</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1901	0,031 b
<b>T2</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1903	0,004 b
<b>T3</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1906	0,008 b
<b>T4</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1909	0,025 b
<b>T5</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1913	0,003 b
<b>T6</b> - Isolado de <i>Streptomyces</i> LFBF1926	0,007 b
<b>T7</b> - Água destilada autoclavada	0.498 a
<b>T8</b> - Herbicida Glifosato	0,0 b

\*Cada tratamento foi composto por 3 repetições contendo 1 planta por vaso. Análise estatística: teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis e post-hoc Dunn ( $p \leq 0,05$ ).

\*\*Dias após a aplicação.

Na Figura 16 fica evidente a diferença de desenvolvimento entre as plantas, tanto na altura, quanto no tamanho da raiz. A planta tratada com água destilada autoclavada apresenta raízes maiores e mais desenvolvidas do que as das demais plantas. Dentre os outros tratamentos, apenas a planta inoculada com o isolado LFBF1901 (T1) apresentou raízes um pouco mais desenvolvidas, e como mencionado anteriormente, a planta tratada com o herbicida glifosato (T8) secou antes da avaliação, se desintegrando e sobrando apenas um pedaço de folha ressecado.



**Figura 16.** Comparação do desenvolvimento das plantas de *E indica* submetidas aos diferentes tratamentos. Foto tirada 25 dias após o plantio.

Novamente, os resultados obtidos nos experimentos citados anteriormente coincidem com os encontrados por DHANASEKARAN et al. (2010), onde foram testados diferentes isolados de *Streptomyces* spp. em culturas agrícolas e plantas daninhas. Também coincidem com os resultados observados por DHARSINI et al. (2017), onde uma cepa de *Streptomyces* spp., nomeada DDBH019, inibiu a germinação e o crescimento de três diferentes espécies de plantas daninhas, se mostrando um potencial agente de biocontrole. Além disso, também coincidem com os resultados demonstrados por CHEN et al. (2016) e CHEN et al. (2020) onde uma cepa de *Streptomyces pactum* afetou o desenvolvimento de *Orobanche cumana* e *Phelipanche aegyptiaca* em casa de vegetação e no campo. Novamente, as possíveis explicações para a diminuição do crescimento dessas plantas em pós-emergência apontam para a produção de metabólitos secundários e alterações na microbiota da rizosfera.

As espécies do gênero *Streptomyces* são conhecidas pela produção de metabólitos secundários biologicamente ativos de interesse biotecnológico, como antibióticos, antifúngicos, agentes antitumorais e bioherbicidas. Além disso, algumas espécies podem ser utilizadas como controle biológico por meio de inibição de crescimento de fungos e bactérias fitopatogênicas (LIU; ANDERSON; KINKEL, 1995; HILTUNEN; VALKUNEN, 2011; SILVA et al., 2013; CAMPARONI, 2015; EVANGELISTA-MARTINEZ, 2014; WANNER et al., 2015).

A primeira fitotoxina microbiana usada para o controle de ervas daninhas foi a anisomicina, que é produzida por *S. toyocaensis* (ARAÚJO et al., 2008). Diversos isolados de *Streptomyces* patogênicos para plantas são conhecidos, e destes já foram isolados cerca de 20 metabólitos fitotóxicos, fungicidas ou algicidas (BIGNELL et al., 2010). Por exemplo, a fosfotricina, um inibidor da glutamina sintetase produzido por *Streptomyces* spp., tem sido utilizado desde os anos 90 como herbicida, principalmente no processo de seleção de plantas transgênicas (SCHWARTZ et al., 2004; WEIGEL & GLAZEBROOK, 2006).

Pensando no uso de microrganismos fitopatogênicos e seus metabólitos como possíveis agentes de controle biológico, tanto de doenças e pragas como de plantas daninhas, se faz necessário garantir que as cepas utilizadas em campos de cultivo não apresentem características fitotóxicas quando liberadas nas culturas; no entanto, poderíamos tirar proveito de tais características para desenvolver bioherbicidas, desde que não afetem a cultura agrícola de interesse.



## 6. CONCLUSÕES

Os seis diferentes isolados de *Streptomyces* spp. utilizados neste trabalho demonstraram capacidade de reduzir a germinação de sementes de capim-pé-de-galinha *in vitro* em diferentes níveis. Os isolados LFBF1903, LFBF1906, LFBF1909 e LFBF1926 foram os que apresentaram maior porcentagem de inibição. Sendo o LFBF1903 o que obteve a menor porcentagem de germinação de plântulas da planta daninha.

Os isolados de *Streptomyces* spp. também foram capazes de afetar o desenvolvimento das plantas de capim-pé-de-galinha em casa de vegetação em pós-emergência. Esses microrganismos diminuíram a altura, biomassa fresca, teor de clorofila e massa seca das plântulas.

Por fim, os isolados de *Streptomyces* spp. não afetaram a germinação das sementes de soja, igualando-se ao controle com água destilada autoclavada, demonstrando a seletividade da cultura da soja e confirmando sua possível utilização nesta cultura.

Todos os resultados obtidos neste estudo demonstram o potencial de como os diferentes isolados de *Streptomyces* spp. podem ser utilizados tanto para controle de plantas de *E. indica* em pré-emergência como em pós-emergência, sem causar nenhum dano a cultura da soja.





## REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L.; KARAM, D.; SILVA, A. F.; AGOSTINETTO, D. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 11 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 132).
- AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\_cons/principal\_agrofit\_cons>. Acesso em: 01 de outubro de 2021.
- AHN, B., PAULITZ, T., JABAJI-HARE, S., WATSON, A. Enhancement of *Colletotrichum occodes* virulence by inhibitors of plant defense mechanisms. **Biocontrol Sci. Technol.** v. 15, p. 299–308, 2005.
- ALI, Y. M.; EL-DIN KHEDR, I. S. Estimation of water losses through evapotranspiration of aquatic weeds in the Nile River (Case study: *Rosetta Branch*). **Water Science**, v. 32, n. 2, p. 259–275, 3 out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wsj.2018.08.002>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.
- ALMEIDA, T. C. **Formulação de um herbicida biológico produzido a partir da fermentação submersa em biorreator**. 2014. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria –RS, 2014.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 5. ed. Ouro Fino - MG: Agronômica Ceres Ltda., 2018. 573 p. v. 1. ISBN 978-85-318-0056-6.
- ANTRALINA, M. et al. Effect of Difference Weed Control Methods to Yield of Lowland Rice in the SOBARI. **Procedia Food Science**, v. 3, p. 323–329, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.035>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.
- ARAÚJO, R. T. de. **Manejo de Plantas Infestantes na Cultura da Soja (*Glycine max* L. Merr.) em Sucessão à Aveia-Preta (*Avena strigosa* Schreb.) em Sistemas de Plantio Direto na Região de Campinas - SP**. Orientador: Robert Deuber. 2003. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas, SP, 2003.
- ARAÚJO, J. M. de; CALAZANS, G. M. T.; MELO, I. S. de. Importância de actinobactérias para a agricultura. In: FIGUEIREDO, M. do V. B.; BURITTY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. de R. e S. (Ed.). **Microorganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008. p.277-296.
- ASH, G. J. The science, art and business of successful bioherbicides. **Biological Control**, v. 52, n. 3, p. 230–240, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.08.007>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.
- BAILEY, K. L.; BOYETCHKO, S. M.; LANGLE, T. Social and economic drivers shaping the future of biological control: A Canadian perspective on the factor affecting the development and use of microbial biopesticides. **Biological Control**, v. 52, n. 3, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.003>. Acesso em: 01 de outubro de 2021.
- BAILEY, K.L., PITT, W.M., LEGGETT, F., SHEEDY, C., DERBY, J. Determining the infection process of *Phoma macrostoma* that leads to bioherbicidal activity on broadleaved weeds. **Biol. Control** 59, 268–276, 2011.
- BAILEY, K.L. **The bioherbicide approach to weed control using plant pathogens, integrated pest management: current concepts and ecological perspective**. In: Abrol, Dharam P. (Eds.), Elsevier (Academic Press), p. 245–266, 2014.

- BAIO, F. H. R.; PIRES, L. F.; TOMQUELSKI, G. Mapeamento de picão preto resistente aos herbicidas inibidores da ALS na região Sul Mato-Grossense. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, p. 59–64, 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13453>>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.
- BAJWA AA, SADIA S, ALI HH, JABRAN K, PEERZADA AM, CHAUHAN BS. Biology and management of two important *Conyza* weeds: a global review. **Environmental Science and Pollution Research**. v. 23, p. 24694–24710, 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11356-016-7794-7.pdf>>. Acesso em: 29 de dezembro de 2019.
- BAKER, H. G. The evolution of weeds. **Annual Reviews of Ecology and Systematics**. v. 5, p. 1-24, 1974. Disponível em: <<https://doi.org/10.1146/annurev.es.05.110174.000245>>. Acesso em: 01 de setembro de 2019.
- BARAKATE, M., OUHDOUCH, Y., OUFDOU, K., BEAULIEU, C. Characterization of rhizospheric soil streptomycetes from Moroccan habitats and their antimicrobial activities. **World J Microb. Biot.**, v. 18, p. 49–54, 2002.
- BARRETO, R. W.; EVANS, H. C. Fungal pathogens of *Euphorbia heterophylla* and *E. hirta* in Brazil and their potential as weed biocontrol agents. **Mycopathologia**, v. 141, p. 21-36, 1998. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1006899831867>>. Acesso em: 11 de outubro de 2019.
- BARRETO, R.; CHARUDATTAN, R.; POMELLA, A.; HANADA, R. Biological control of neotropical aquatic weeds with fungi. **Crop Protection**, v. 19, n. 8–10, p. 697–703, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00093-4](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00093-4)>. Acesso em: 24 de outubro de 2019.
- BARROS, D. C. M.; FONSECA, I. C. F.; BALBI-PENÑA, M. I.; PASCHOLATI, S. F.; PETIL, D. C. Biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum* and white mold of soybean using saprobic fungi from semi-arid areas of Northeastern Brazil. **Summa Phytopathologia**. v. 41, n. 4, p. 251-255, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/2086>>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.
- BARTON, J. How good are we at predicting the field host-range of fungal pathogens used for classical biological control of weeds? **Biological Control**. v.31, p.99–112, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.04.008>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- BECKIE, H. J.; ASHWORTH, M. B.; FLOWER, K. C. Herbicide resistance management: recent developments and trends. **Plants**, v. 8, n. 6, p. 161, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2223-7747/8/6/161>>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.
- BEWLEY, J. D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, v. 9, n. 7, p. 1055–1066, 1997. Disponível em: <<https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055>>. Acesso em: 22 de setembro de 2019.
- BHOWMIK, P. Weed biology: importance to weed management. **Weed Science Society of America**, v. 45, n. 3, p. 349–356, 1997. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/4046030>>. Acesso em: 22 de setembro de 2019.
- BIGNELL, D.R. et al. Thaxtomin A production and virulence are controlled by several *bld* gene global regulators in *Streptomyces scabies*. **Mol. Plant Microbe Interact**. v. 27, p. 875–885, 2014.
- BLANCO, H.G. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle de plantas daninhas. **O Biológico**, São Paulo, v.38, n.10, p.343-350, 1972.
- BOARI, A.; VURRO, M. Evaluation of *Fusarium* spp. and other fungi as biological control agents of broomrape (*Orobancha ramosa*). **Biological Control**, v. 30, n. 2, p. 212–219, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2003.12.003>>. Acesso em: 22 de setembro de 2019.

- BORGES NETO, C. R.; GORGATI, C. Q.; PITELLI, R. A. Influência do fotoperíodo e da temperatura na intensidade de doença causada por *Fusarium graminearum* em *Egeria densa* e *E. najas*. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 449–456, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/1237>>. Acesso em: 22 de setembro de 2019.
- BOYETCHKO, S.M.; ROSSKOPF, E.N.; CAESAR, A.J.; CHARUDATTAN, R. Biological weed control with pathogens: search for candidates to applications. **Applied Mycology and Biotechnology**, v.2, n.2, p.239-274, 2002. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1874-5334\(02\)80013-2](https://doi.org/10.1016/S1874-5334(02)80013-2)>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.
- BÖCKER, T. G.; FINGER, R. A Meta-analysis on the elasticity of demand for pesticides. **Journal of Agricultural Economics**, v. 68, n. 2, p. 518–533, jun. 2017. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/1477-9552.12198>>. Acesso em: 22 de setembro de 2019.
- BÖCKER, T.; MÖHRING, N.; FINGER, R. Herbicide free agriculture? A bio-economic modelling application to Swiss wheat production. **Agricultural Systems**, v. 173, p. 378–392, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.03.001>>. Acesso em: 22 de setembro de 2019.
- BRIGHENTHI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. Biologia de Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA JR, R.; CONTANTIN, J; INQUE, M. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 22. ed. Curitiba, PR: Ompax, 2011. p. 1-36. Disponível em: <<http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>>. Acesso em: 30 de agosto de 2019.
- BRUN, T.; RABUSKE, J. E.; TODERO, I.; ALMEIDA, T. C.; JUNIOR J. J. D.; ARIOTTI, G.; CONFORTIN, T.; ARNEMANN, J. A.; KUHN, R. C.; GUEDES, J. V. C.; MAZUTTI, M. A. Production of bioherbicide by *Phoma sp.* in a stirred-tank bioreactor. **3 Biotech**, v. 6, n. 2, p. 230-239, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s13205-016-0557-9>>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.
- BRUNES, A. P. et al. Fungos fitopatogênicos para biocontrole de *Sagittaria montevidensis* e seletividade para a cultura do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 886–894, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015001000004>>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.
- CAMPARONI, R. **Caracterização da diversidade genética de linhagens de *Streptomyces scabiei* e avaliação do potencial antagonístico de micro-organismos no controle da sarna da batata. Dissertação (Mestrado)**. Instituto Biológico, São Paulo, 2015. 65p.
- CARDWELL, C. J.; HYNES, R. K.; BOYETCHKO, S. M.; KORBER, D. R. Colonization and bioherbicidal activity on green foxtail by *Pseudomonas fluorescens* BRG100 in a pesto formulation. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 58, n. 1, p. 1-9, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1139/w11-109>>. Acesso em: 5 de novembro de 2019.
- CHARUDATTAN, R. Inundative control of weeds with indigenous fungal plant pathogens. In: **Fungi in biological control systems**. BURGE, M. N., Manchester University Press, 1988. p. 86-110. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/313599355>>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.
- CHARUDATTAN, R. Assessment of efficacy of mycoherbicide candidates. **Biological Control of Weeds**, v. 6, p. 456-464, 1989. Disponível em: <[http://bugwoodcloud.org/ibiocontrol/proceedings/pdf/7\\_455-464.pdf](http://bugwoodcloud.org/ibiocontrol/proceedings/pdf/7_455-464.pdf)>. Acesso em: 18 de setembro de 2019.
- CHARUDATTAN R. The Mycoherbicide Approach with Plant Pathogens. In: **Microbial Control of Weeds**. D. O TeBeest (ed). Springer, Boston, MA, 1991. p. 24-57. Disponível em: <<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-9680-6>>. Acesso em: 17 de outubro de 2019.

- CHARUDATTAN, R.; DINOOR, A. Biological control of weeds using plant pathogens: Accomplishments and limitations. **Crop Protection**, v. 19, n. 8–10, p. 691–695, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00092-2](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00092-2)>. Acesso em: 08 de setembro de 2019.
- CHEN, J.; GUO, T. W.; TAN, X. L.; ZHU, W. B.; WEI, X. L.; WANG, D. S.; XUE, Q. H. Comparison of microecological characterization in rhizosphere soil between healthy and diseased plants in continuous cropping potato fields. **Acta Agron. Sin.**, v. 39, p. 2055-2064, 2013.
- CHEN, J.; XUE, Q. H.; MCERLEAN, C. P. S.; ZHI, J. H.; MA, Y. Q.; JIA, X. T.; ZHANG, M.; SIM, X. X. Biocontrol potential of the antagonistic microorganism *Streptomyces enissocaesilis* against *Orobanche cumana*. **BioControl**, v. 61, p. 781-791, 2016.
- CHEN, J.; XUE, Q.; MA, Y.; CHEN, L.; TAN, X. *Streptomyces pactum* may control *Phelipanche aegyptiaca* in tomato. **Applied Soil Ecology**, v. 146, 2020.
- CHIAPINOTTO, D.M.; SCHAEGLER, C. E.; FERNANDES, J. P. S.; ANDRES, A.; LAMEGO, F. P. Cross-resistance of rice flatsedge to ALS-inhibiting herbicides. **Planta daninha**, v. 35, e017166827, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582017350100068>>. Acesso em: 30 de dezembro de 2019.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.21, p.507-515, 2003. Disponível em: <10.1590/S0100-83582003000300020>. Acesso em: 12 de março de 2020.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Grãos, Safra 2020/21**. Nono levantamento, junho de 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/grao>>. Acesso em: 15 de junho de 2021.
- CONSTANTIN, J. Métodos de Manejo. In: OLIVEIRA JR, R.; CONSTANTIN, J.; INQUE, M. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 22. ed. Curitiba, PR: Ompipax, 2011. p. 67-78. Disponível em: <<http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>>. Acesso em: 30 de agosto de 2019.
- CORDEAU, S.; TRIOLET, M.; WAYMAN, S.; STEINBERG, C.; GUILLEMIN, J. P. Bioherbicides: dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. **Crop Protection**, v. 87, p. 44–49, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.016>>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.
- CORREIA, N.M.; REZENDE, P.M. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja**. Lavras: UFLA, 2002. 55p. (Boletim agropecuário, 51)
- COSTA, J. S. D.; HOSKISSON, P. A.; PATERLINI, P.; ROMERO, C. M.; ALVAREZ, A. Whole genome sequence of the multi-resistant plant growth-promoting bacteria *Streptomyces* sp. Z38 with potential application in agroindustry and bio-nanotechnology. **Genomics**, v. 112, p. 4684-4689, 2020.
- DALL’AGNOL, A.; GAZZONI, D. C. Origem e Evolução. In: Oliveira, A. B.; Leite, R. M. V. B. C.; Balbinot Junior, A. A.; Seixas, C. D. S.; Kern, H. S. **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 17-24.
- DANKOV, K., BUSHEVA, M., STEFANOV, D., APOSTOLOVA, E.L. Relationship between the degree of carotenoid depletion and function of the photosynthetic apparatus. **J. Photochem. Photobiol. B**, v. 96, p. 49–56, 2009.
- DE SOUZA, A.; BALDONI, D.; LIMA, J.; PORTO, V.; MARCUZ, C., FERRAZ, R.; KUHN, R.; JACQUES, R.; GUEDES, J.; MAZUTTI, M. A. Bioherbicide production by *Diaporthe* sp. isolated from the Brazilian Pampa biome. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 4, n. 4, p. 575–578, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2015.09.005>>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.

- DHANASEKARAN, D.; THAJUDDIN, N.; PANNERSELVAM, A. Herbicidal agents from actinomycetes against selected crop plants and weeds. **Nat. Prod. Res.**, v.24, p. 521-52, 2010.
- DHARSINI, P. P.; DHANASEKARAN, D.; GOPINATH, P. M.; RAMANATHAN, K.; SHANTI, V.; CHANDRALEKA, S.; BISWAS, B. Spectroscopic identification and molecular modeling of diethyl-7-hydroxytrideca-2,5,8,11-tetraenedioate: an herbicidal compound from *Streptomyces* sp. **Arab. J. Sci. Eng.**, v. 42, p. 2217-2227, 2017.
- DILIPKUMAR, M.; BURGOS, N. R.; CHUAH, T. S.; ISMAIL, S. Cross-resistance to imazapic and imazapyr in a weedy rice (*Oryza sativa*) biotype found in Malaysia. **Planta Daninha**, v. 36, p. 1-10, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582018360100058>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- DIRZO, R.; RAVEN, P. H. Global State of Biodiversity and Loss. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, n. 1, p. 137-167, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105532>>. Acesso em: 28 de agosto de 2019.
- DOUBRAVA, N.S.; DEAN R.A.; KUC, J. Induction of systemic resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum lagenarium* in cucumber by oxalate and extracts from spinach and rhubarb leaves. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.33, p. 69-79, 1988. Disponível em: <[10.1016/0885-5765\(88\)90044-6](https://doi.org/10.1016/0885-5765(88)90044-6)>. Acesso em: 20 de março de 2020.
- DUKE, S. O. Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? **Pest Management Science**, v. 68, n. 4, p. 505-512, 2012. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/ps.2333>>. Acesso em: 25 de agosto de 2019.
- EVANGELISTA-MARTINEZ, Z. Isolation and characterization of soil *Streptomyces* species as potential biological control agents against fungal plant pathogens. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 30, n. 5, p. 1639-1647, 2014.
- EVANS, H. C. Life-cycle of *Puccinia abrupta* var. *partheniicola*, a potential biological control agent of *Parthenium hysterophorus*. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 88, n. 1, p. 105-111, 1987. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536\(87\)80191-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536(87)80191-2)>. Acesso em: 27 de agosto de 2019.
- EUZÉBY, J. P. **LPSN (List of prokaryotic names with standing in nomenclature)**, 1997. Disponível em: <<https://lpsn.dsmz.de/>>. Acesso: 23 de maio de 2021.
- FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; FRANÇA, A. C.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, F. A.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, A. A. Efeitos de períodos de competição nas características morfológicas de grãos de soja. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 3, n. 2, p. 53-60, 2009.
- FERREIRA, E. A.; ASPIAZÚ, I.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; REIS, L. A. C. Características fisiológicas da soja em relação a espécies de plantas daninhas. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 1, p. 39-47, 2011.
- FERNÁNDEZ, O. A. Manejo Integrado de Malezas. **Planta Daninha**, v. 2, p. 69-79, 1982. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581982000200010>>. Acesso em: 05 de setembro de 2019.
- FLIEGMANN, J.; SCHÜLER, G.; BOLAND, W.; EBEL, J.; MITHÖFER, A. The role of octadecanoids and functional mimics in soybean defense responses. **Biological Chemistry**, v. 384, 437-446, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1515/BC.2003.049>>. Acesso em: 20 de março de 2020.
- GARCIA, E.O.; PASCHOLATI, S. F.; CASELA, C. R.; FIALHO, M. B. Fitotoxina taxtomina A (*Streptomyces* spp): efeito *in vitro* e indução de resistência em plantas de sorgo contra *Colletotrichum sublineolum*. In: 41 Congresso Brasileiro de Fitopatologia. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, p. 191, 2008.

- GAZZIERO, D.; BRIGHENTI, A.; MACIEL, C.; CHRISTOFOLLETTI, P.; ADEGAS, F.; VOLL, E. Resistência de amendoim-bravo aos herbicidas inibidores da enzima ALS. **Planta Daninha**, v. 16, n. 2, p. 117–125, 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581998000200005>>. Acesso em: 30 de agosto de 2019.
- GAZZIERO, D. L. P.; CHRISTOFOLLETTI, P.; BRIGHENTI, A.; PRETE, C.; VOLL, E. Resistência da planta daninha capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) aos herbicidas inibidores da enzima ACCase na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 169–180, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582000000100017>>. Acesso em: 30 de agosto de 2019.
- GAZZIERO, D. L. P.; BALBINOT JUNIOR, A. A., ADEGAS, F. S., CONTE, O. Manejo de Plantas Daninhas. *In*: Oliveira, A. B.; Leite, R. M. V. B. C.; Balbinot Junior, A. A.; Seixas, C. D. S.; Kern, H. S. **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 139-156.
- GLARE, T.; CARADUS, J.; GELERNTER, W.; JACKSON, T.; KEYHANI, N.; KOHL, J.; MARRONE, P.; MORIN, L.; STEWART, A. Have biopesticides come of age? **Trends in Biotechnology**, v. 30, n. 5, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2012.01.003>>. Acesso em: 01 de outubro de 2021.
- GEMELLI, A.; OLIVEIRA JUNIOR, R.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.; JUMES, T.; GHENO, E.; RIOS, F.; FRANCHINI, L. Estratégias para o controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate na cultura milho safrinha. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 162, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.7824/rbh.v12i2.201>>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.
- GUIEPEN, M.; NETO, F. S.; KÖPKE, U. Herbicidas Naturais com Potencial para Uso em Agricultura Orgânica. *In*: **Controle de Plantas Daninhas: Métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia**. OLIVEIRA, M. F. DE; BRIGHENTI, A. M. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 82–107. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1103281/controle-de-plantas-daninhas-metodos-fisico-mecanico-cultural-biologico-e-alelopatia>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- GODFRAY, H. C. J.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S.; TOULMIN, C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 812–818, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.1185383>>. Acesso em: 01 de setembro de 2019.
- GONZALEZ, C. B.; MORAES, I. D. O. Buscando um bioherbicida contra *Cyperus* sp (tiririca). **Holos Environment**, v. 1, n. 1, p. 18, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14295/holos.v1i1.1640>>. Acesso em: 27 de agosto de 2019.
- GREEN, J. M.; OWEN, M. D. K. Herbicide-resistant crops: utilities and limitations for herbicide-resistant weed management. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 11, p. 5819–5829, 2011. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf101286h>>. Acesso em: 27 de agosto de 2019.
- HAMILTON, N. R. S. Replacement and additive designs for plant competition studies. **Journal of Applied Ecology**, v. 31, n. 4, p. 599–603, 1994. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2404150>>. Acesso em: 02 de setembro de 2019.
- HARDING, D. P.; RAIZADA, M. N. Controlling weeds with fungi, bacteria and viruses: a review. **Frontiers in Planta Science**. v. 6, p. 659-672, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00659>>. Acesso em: 5 de novembro de 2019.

- HARKER, K. N.; O'DONOVAN, J.; TURKINGTON, K.; BLACKSHAW, R.; JONHSON, E.; KUTCHER, H.; CLAYTON, G. Weed Interference Impacts and Yield Recovery after Four Years of Variable Crop Inputs in No-Till Barley and Canola. **Weed Technology**, v. 27, n. 2, p. 281–290, 2013. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/43702048>>. Acesso em: 05 de setembro de 2019.
- HAWKINS, D. E.; SLIFE, F. W.; SWANSON, E. R. Analysis of Herbicide Use in Various Crop Sequences. **Illinois Agricultural Economics**, v. 17, n. 1, p. 8–13, 1977. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/1348918>>. Acesso em: 05 de setembro de 2019.
- HAZRA, D., DAS, T.K., YADURAJU, N.T. Interference and economic threshold of horse purslane (*Trianthema portulacastrum*) in soybean cultivation in northern India. **Weed Biology Management**, v. 11, p. 72–82, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2011.00408.x>>. Acesso em: 12 de março de 2020.
- HEAP, I. **International survey of resistant weeds**. 2021. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/in.asp>>. Acesso em: 15/05/2021.
- HILTUNEN, L.; VALKONEN, J. P. T. Alternative methods for control of potato common scab. **MTT Agrifood Research Finland**. PTDW Hamar Norway 16-18, 2011.
- HOAGLAND, R.E., BOYETTE, C.D., WEAVER, M.A., ABBAS, H.K. Bioherbicides: research and risks. **Toxin Rev.**, v. 26, p. 313–342, 2007.
- HOAGLAND, R.E., TEASTER, N.D., BOYETTE, C.D. Bioherbicidal effects of *Myrothecium verrucaria* on glyphosate resistant and-susceptible Palmer amaranth biotypes. **Allelopath. J.**, v. 31, n. 2, p. 367–376, 2013.
- HOLM, L.G.; PLUCKNETT, D.L.; PANCHO, J.V.; HERBERGER, J.P. **The world's worst weeds**. University Press, 1977. 609 p.
- HRISTEVA, T.; DEKALSKA, T.; DENEV, L. Structural and functional biodiversity of microbial communities in the rhizosphere of plants infected with broomrapes (Orobanchaceae). **Biotechnol. Biotec. Eq.**, v. 27, p. 4082-4086, 2013.
- HUBBARD, M., HYNES, R.K., BAILEY, K.L. Impact of macrociclins, produced by *Phoma macrostoma*, on carotenoid profiles of plants. **Biol. Control**, v. 89, p. 11–22, 2015.
- ISMAIL, A. M.; JOHNSON, D. E.; ELLA, E. S.; VERGARA, G. V.; BALTAZAR, A. M. Adaptation to flooding during emergence and seedling growth in rice and weeds, and implications for crop establishment. **AoB plants: part of a special issue Entitled “flooding stress”**, 2012. doi: 10.1093/AOBPLA/PLS019
- INOVE, M. H.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas. In: OLIVEIRA JR, R.; CONTANTIN, J; INQUE, M. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 22. ed. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. p. 193-214. Disponível em: <<http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>>. Acesso em: 30 de agosto de 2019.
- JASIENIUK, M.; AHMAD, R.; SHERWOOD, A.; FIRESTONE, J.; PEREZ-JONES, A.; LANINI, W.; MALLORY-SMITH, C.; STEDNICK, Z. Glyphosate-Resistant Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*) in California: Distribution, Response to Glyphosate, and Molecular Evidence for an Altered Target Enzyme. **Weed Science**, v. 56, n. 4, p. 496–502, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1614/WS-08-020.1>>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.
- JENNINGS, D. B.; EHRENSHAFT, M.; PHARR, D. M.; WILLIAMSON, J. D. Roles for mannitol and manitol dehydrogenase in active oxygen mediated plant defense. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 95, p. 15129-15133, 1998.



- JESCHKE P. Progress of modern agricultural chemistry and future prospects. **Pest Management Science**, v. 72, p. 433-55, 2016. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ps.4190>>. Acesso em: 29 de dezembro de 2019.
- JIANG, S.J., QIANG, S., ZHU, Y.Z., DONG, Y.F. Isolation and phytotoxicity of a metabolite from *Curvularia eragrostidis* and characterization of its modes of action. **Ann. Appl. Biol.**, v. 152, p. 103–111, 2008.
- KANG, H.-C.; PARK, Y.-H.; GO, S.-J. Growth inhibition of a phytopathogenic fungus, *Colletotrichum* species by acetic acid. **Microbiological Research**, v. 158, n. 4, p. 321–326, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1078/0944-5013-00211>>. Acesso em: 15 de agosto de 2019.
- KARAM, D.; SILVA, A. F.; GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; VARGAS, L. Situação Atual da Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas nos Sistemas Agrícolas. **Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: livro de palestras**, p. 902-926, 2018. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/182687/1/Livro-de-palestras.pdf>>. Acesso em: 18 de setembro de 2019.
- KIESER, T.; BIBB, M. J.; BUTTNER, M.; CHATER, K. F. & HOPWOOD, D. Growth and preservation of *Streptomyces*. **Practical Streptomyces Genetics**, p. 43-62, 2000.
- KIEWNICK, S. Practicalities of developing and registering microbial biological control agents. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 2, n. 13, 2007.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: Basf Brasileira, 1992. p. 91-195.
- KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. 3.ed. São Paulo: BASF, 2007.
- KRENCHINSKI, F. H.; ALBRECHT, L. P.; CESCO, V. J. S.; RODRIGUES, D. M.; CORDEIRO, J. Levantamento Florístico e Fitossociológico de Plantas Daninhas: Uma Revisão dos Métodos Encontrados. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 217–228, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.17765/2176-9168.2015v8n1p217-228>>. Acesso em: 02 de setembro de 2019.
- LABORDE, M. C. F.; BOTELHO, D. M. S.; RODRÍGUEZ, G. A. A.; DE RESENDE, M. L. V.; DE QUEIROZ, M. V.; BATISTA, A. D.; CARDOSO, P. G.; PASCHOLATI, S. F.; GUSMÃO, L. F. P.; MARTINS, S. J.; DE MEDEIROS, F. H. V. *Phialomyces macrosporus* reduces *Cercospora coffeicola* survival on symptomatic coffee leaves. **Coffe Science**. v. 14, n.1, 1-11, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.25186/cs.v14i1.1448>>. Acesso em: 05 de novembro de 2019.
- LADYGIN, V.G. Pigment composition and photosynthetic activity of pea chlorophyll mutants. **Biol. Bull.**, v. 30, p. 370–376, 2003.
- LAMEGO, F. P.; FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; VIDAL, R. A. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582005000300003>.
- LEE, L.J.; NGIM, J. A first report of glyphosate-resistant goosegrass (*Echinochloa indica* (L.) Gaertn) in Malaysia. **Pest Management Science**, v.56, n.1, p.36-339, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1526-4998\(200004\)56:4<336::AID-PS123>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1526-4998(200004)56:4<336::AID-PS123>3.0.CO;2-8)>. Acesso em: 15 de março de 2020.
- LI, Y.; SUN, Z.; ZHUANG, X.; XU, L.; CHEN, S.; LI, M. Research progress on microbial herbicides. **Crop Protection**, v. 22, n. 2, p. 247–252, 2003. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(02\)00189-8](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00189-8)>. Acesso em: 02 de setembro de 2019.

- LIU, D.; ANDERSON, N. A.; KINKEL, L. L. Biological control of potato scab in the field with antagonistic *Streptomyces scabies*. **Phytopathology**, v. 85, p. 827-831, 1995.
- LORIA, R.; KERS, J.; JOSHI, M. Evolution of plant pathogenicity in *Streptomyces*. **Annual Review of Phytopathology**, v. 44, p. 469-487, 2006.
- LUCON, C. M. M.; GUZZO, S. D.; de JESUS, C. O.; PASCHOLATI, S. F.; GOES, A. de. Postharvest harpin or *Bacillus thuringiensis* treatments suppress citrus black spot in 'Valencia' oranges. **Crop Protection**, v. 29, n. 7, p. 766-772, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.02.018>>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.
- MALLIK, M. B. A. Selective isolation and screening of soil microorganisms for metabolites with herbicidal potential. **Journal of Crop Protection**, v.4. p. 219-236, 2001. Disponível em: <[https://doi.org/10.1300/J144v04n02\\_07](https://doi.org/10.1300/J144v04n02_07)>. Acesso em: 15 de março de 2020.
- MASILIONYTE, L.; MAIKSTENIENE, S.; KRIAUCIUNIENE, Z.; JABLONSKYTE-RASCE, D.; ZOU, L.; SARAUSKIS, E. Effect of cover crops in smothering weeds and volunteer plants in alternative farming systems. **Crop Protection**, v. 91, p. 74–81, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.09.016>>. Acesso em: 06 de setembro de 2019.
- MASON, H. E., A. NAVABI, B. L. FRICK, J. T. O'DONOVAN, AND D. M. SPANER. The Weed-Competitive Ability of Canada Western Red Spring Wheat Cultivars Grown under Organic Management. **Crop Science**, v. 47, n. 3, p. 1167–1176, 2007. Disponível em: <10.2135/cropsci2006.09.0566>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.
- MATOS, J.; RAMOS, K.; MARTINS, R.; OLIVEIRA, D. Estudo das técnicas de superação da dormência das sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (vell.) Morong. **Heringeriana**, v. 4, n. 1, p. 60–64, 2010. Disponível em: <<http://revistas.jardimbotanico.ibict.br/index.php/heringeriana/article/view/57>>. Acesso em: 08 de setembro de 2019.
- MEDEIROS, F. H. V; DA SILVA, J. C. P; PASCHOLATI, S. F. Controle Biológico de Doenças de Plantas. *In*: Amorim, L., Rezende, J.A.M. & Bergamin Filho, A. (ed.). **Manual de fitopatologia**. v. 1. Princípios e conceitos. 5ed. Ouro Fino, Agronômica Ceres Ltda, 2018, p.261-274.
- MELLO, S.; RIBEIRO, Z.; SOUSA, G.; TIGANO, M.; NACHTIGAL, G.; FONTES, E. Padrões isoenzimáticos e morfologia de isolados de *Alternaria spp.* patogênicos a *Senna obtusifolia*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 667–669, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582001000300017>>. Acesso em: 04 de setembro de 2019.
- MELO, M.; SILVA, D.; ROSA, L.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETTI, J. Herança genética da resistência de capim-amargoso ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 4, p. 296, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.7824/rbh.v14i4.443>>. Acesso em: 16 de setembro de 2019.
- MESSINGER, S. M.; BUCKLEY, T. N.; MOTT, K. A. Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO<sub>2</sub>. **Plant Physiology**, v. 140, n. 2, p. 771-778, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1104/pp.105.073676>>. PMID:16407445>.
- MHLANGA, B., CHEESMAN, S., CHAUHAN, B.S., THIERFELDER, C. Weed emergence as affected by maize (*Zea mays* L.)-cover crop rotations in contrasting arable soils of Zimbabwe under conservation agriculture. **Crop Protection**, v. 81, p. 47–56, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.12.007>>. Acesso em: 12 de março de 2020.

- MONDO, V.; CARVALHO, S.; DIAS, A.; FILHO, J. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 131–137, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000100015>>. Acesso em: 17 de setembro de 2019.
- MORRISSETTE, N. S. et al. Dinitroanilines bind alphas-tubulin to disrupt microtubules. **Molec. Biol. Cell.**, v. 15, n. 4, p. 1960-1968, 2004.
- MOTLAGH, M.R.S. Evaluation of *Alternaria alternata* causing leaf spot of barnyardgrass grown in rice fields. **Afr. J. Microbiol. Res.**, v. 6, n. 21, p. 4481–4488, 2012.
- NACHTIGAL, G.F. **Controle biológico de plantas invasoras exóticas do Brasil por meio de fitopatógenos: princípios e estratégias de aplicação em ecossistemas agrícolas e naturais**. Embrapa, 2009.
- NICHOLSON, R. L.; HAMMERSCHMIDT, R. Phenolic compounds and their role in disease resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v. 30, p. 369–389, 1992. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/54df/871442baf203a560cbf8777e5449bc95dab3.pdf>>. Acesso em: 14 de setembro de 2019.
- NOHATTO, M.A. **Resposta de *Euphorbia heterophylla* proveniente de lavouras de soja Roundup Ready do Rio Grande do Sul ao herbicida glyphosate**. 2010. 76p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- NOSRATTI, I.; SABETI, P.; CHAGHAMIRZAEI, G.; HEIDARI, H. Weed problems, challenges, and opportunities in Iran. **Crop Protection**, p. 104371, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.007>>. Acesso em: 22 de agosto de 2019.
- OERKE, E. C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**. v. 144, p. 31-43, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>>. Acesso em: 31 de agosto de 2019.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Introdução ao Controle Químico. In: OLIVEIRA JR, R.; CONTANTIN, J; INQUE, M. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 22. ed. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. p. 125-140. Disponível em: <<http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>>. Acesso em: 30 de agosto de 2019.
- OMURA, S.; IWAI, Y.; TAKAHASHI, Y.; SADAKANE, N.; NAKAGAWA, A. Herbinycin, a new antibiotic produced by a strain of *Streptomyces*. **The Journal of Antibiotics**, p. 255-264, 1979.
- OWEN, M. D. K.; ZELAYA, I. A. Herbicide-resistant crops and weed resistance to herbicides. **Pest Management Science**, v. 61, n. 3, p. 301–311, 2005. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/ps.1015>>. Acesso em: 21 de agosto de 2019.
- PANNACCI, E.; TEI, F. Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soybean. **Crop Protection**, v. 64, p. 51–59, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.06.001>>. Acesso em: 03 de setembro de 2019.
- PASCHOLATI, S. F. & DALIO, R. J. D. Fisiologia do parasitismo: Como os patógenos atacam as plantas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2018. p. 390-423.
- PAULA, S. de. **Taxotomina parcialmente purificada e preparações de *Streptomyces scabies* na indução de resistência em soja à *Phakopsora pachyrhizi***. 2019. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências: Área de concentração Fitopatologia). Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/D.11.2019.tde-22072019-115643>>. Acesso em: 21 de março de 2020.

- PAZ, S. da. *Streptomyces* spp. como potencial agente bio-herbicida contra *Spermacoce verticillata*, *Eleusine indica* e *Lolium multiflorum*. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.
- PETTER, F.; PROCÓPIO, S.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BARROSO, A.; PACHECO, L. Manejo de herbicidas na cultura da soja Roundup Ready®. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 557–566, set. 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000300015>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- PIRES, L. F.; ARAUJO-JUNIOR, C. F.; AULER, A. C.; DIAS, N. M. P.; DIAS JUNIOR, M. S.; ALCÂNTARA, E. N. de. Soil physico-hydrical properties changes induced by weed control methods in coffee plantation. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 246, p. 261–268, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.008>>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.
- PITELLI, R. A. Competição e Controle das Plantas Daninhas em Áreas Agrícolas. **Série Técnica IPEF**, v. 4, n. 12, p. 1–24, 1987. Disponível em: <[http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/8%20-%20Leitura%20interferencia%20das%20plantas%20daninhas%202\\_0.pdf](http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/8%20-%20Leitura%20interferencia%20das%20plantas%20daninhas%202_0.pdf)>. Acesso em: 15 de agosto de 2019.
- PMRA - Health Canada's Pest Management Regulatory Agency. **Registration Decision RD2014-14, *Streptomyces acidiscabies* strain RL-110T and Thaxtomin A**, 2014. Disponível em: <<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/consumer-product-safety/reports-publications/pesticides-pest-management/decisions-updates/registration-decision/2014/streptomyces-acidiscabies-strain-110t-thaxtomin-rd2014-14.html>>. Acesso em: 25 de março de 2020.
- POKORNY, R. New Compounds. Some Chlorophenoxyacetic Acids. **Journal of the American Chemical Society**, v. 63, n. 6, p. 1768–1768, 1941. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ja01851a601>>. Acesso em: 15 de agosto de 2019.
- PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; DONAGEMMA, G. K.; MENDONÇA, E. S. Ponto de murcha permanente de soja, feijão e plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 35-41, 2004a. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000100005>.
- PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; MARTINEZ, C. A.; WERLANG, R. C. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 211-216, 2004b.
- PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; PIRES, F. R.; SILVA, A. A.; MENDONÇA, E. S. Absorção e utilização do nitrogênio pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 365-374, 2004c. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000300006>.
- QIAN, Y.; CAI, S.; HOU, Y. N.; MAO, P. P.; WANG, H. Z.; WU, J. B. First report of leaf blight disease of *Curcuma wenyujin* caused by *Trichoderma koningiopsis* in China. **Journal of Plant Pathology**. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4454/JPP.V95I4.022>> Acesso em: 20 de novembro de 2019.
- RADHAKRISHNAN, R.; ALQARAWI, A. A.; ABD-ALLAH, E. F. Bioherbicides: Current knowledge on weed control mechanism. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 158, p. 131–138, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.018>>.
- RAO, A. N.; JOHNSON, D. E.; SIVAPRASAD, B.; LADHA, J. K.; MORTIMER, A. M. Weed management in direct-seeded rice. **Advances in Agronomy**, v. 93, p. 153-255, 2007.
- RAO, A. N.; SINGH, R. G.; MAHAJAN, G.; WANI, S. P. Weed research issues, challenges, and opportunities in India. **Crop Protection**, p. 104451, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.02.003>>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.

- REICHERT JÚNIOR, F. W. **Controle de plantas daninhas e seletividade a culturas pela aplicação de isolados fúngicos**. 2017. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) Universidade Federal Da Fronteira Sul, Erechim-RS, 2017. Disponível em: <<https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1555/1/REICHERT%20J%C3%9ANIOR.PDF>>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.
- REICHERT JÚNIOR, F. W.; SCARIOT, M. A.; FORTE, C. T.; PANDOLFI, L.; MARA DIL, J.; WEIRICH, S.; CAREZIA, C.; MULINARI, J.; MAZUTTI, M. A.; FONGARO, G.; LEANDROGALON, L.; TREICHEL, H.; MOSSI, A. J. New perspectives for weeds control using autochthonous fungi with selective bioherbicide potential. **Heliyon**, v. 5, n. 5, p. 01676, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01676>>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.
- RIBBING, O.L.; WILLIAMS, M.M. Potential of *Phomopsis amaranthicola* and *Microsphaeropsis amaranthi*, as bioherbicides for several weedy *Amaranthus* species. **Crop Protection**. v.25, p.39-46, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.03.021>>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.
- RIZZARDI, M. A.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D. Resistência de plantas aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Planta Daninha**. v. 20, n. 1, p. 149-158, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582002000100019>>. Acesso em: 27 de outubro de 2019.
- SANTOS, J. B.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; COSTA, L. C. Captação e aproveitamento da radiação solar pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **Bragantia**, v. 62, n. 1, p. 147-153, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052003000100018>>. Acesso em: 15 de outubro de 2019.
- SARDANA, V.; MAHAJAN, G.; JABRAN, K.; CHAUHAN, B. Role of competition in managing weeds: An introduction to the special issue. **Crop Protection**, v. 95, p. 1–7, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.09.011>>. Acesso em: 01 de outubro de 2019.
- SCHROEDER, D. Biological control of weeds: a review of principles and trends. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, s/n, p.191-212, 1992. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/105587>>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.
- SCHWARTZ, D. et al. Biosynthetic gene cluster of the herbicide phosphinothricin tripeptide from *Streptomyces viridochromogenes* Tü494. **Appl. Environ. Microbiol.** v.70, p.7093–7102, 2004.
- SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. 1 ed. Editora UFV, Viçosa, 2015.
- SHAW, W. C. Weed Science: Revolution in Agricultural Technology. **Weed Science Society of America**, v. 12, n. 3, p. 153–162, 1964. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/4040718>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- SHIRLING, E. B.; GOTTLIEB, D. Methods for characterization of *Streptomyces* species. **Int. J. Syst. Bacteriol.** v. 16, p. 313-340, 1966.
- SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Biologia e controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Universidade Federal de Viçosa, 2007a. 367p.
- SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, J.B. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa/MG: UFV, 2007b, cap.2, p.63-81.

- SILVA, A. F.; CONCENÇO, G.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A.; GALON, L.; COELHO, A. T. C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 75-84, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000100011>>. Acesso em: 05 de novembro de 2019.
- SILVA, L. J.; TAKETANI, R. G.; MELO, I. S.; GOODFELLOW, M.; ZUCCHI, T. D. *Streptomyces araujoniae* sp. nov.: an actinomycete isolated from a potato tubercle. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 103, p. 1235-1244, 2013.
- SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, A.C.; SANTOS, J.B; D'ANTONINO, L. Biologia de Plantas Daninhas. In: ZAMBOLIM, et al. **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**, Viçosa-MG, 2014, p 59-90.
- SILVA, A. F. et al. Métodos de controle de plantas daninhas. In: **Controle de Plantas Daninhas: Métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia**. OLIVEIRA, M. F. DE; BRIGHENTI, A. M. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 11–33. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1103281/controle-de-plantas-daninhas-metodos-fisico-mecanico-cultural-biologico-e-alelopatia>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- SILVA, R. F. F.; DOBASHI, A. F. **Análise do custo de produção da safra 2020/21 de soja no Mato Grosso do Sul**. APROSOJA/MS. 2021.
- SIMONI, F. De; PITELLI, R. L. C. M.; PITELLI, R. A. Efeito da incorporação no solo de sementes de fedegoso (*Senna obtusifolia*) colonizadas por *Alternaria cassiae* no controle desta planta infestante. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 4, p. 367–372, set. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052006000400008>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- SINCLAIR, T. R.; BINGHAM, G. E.; LEMON, E. R.; ALLEN, L. H. Water use efficiency of field-grown maize during moisture stress. **Plant Physiology**, v. 56, n. 2, p. 245-249, 1975. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1104/pp.56.2.245>>. PMID:16659280. Acesso em: 15 de outubro de 2019.
- SINGH, N. R. L.; CHUNG, G. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). In: Singh RJ (ed) **Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement: oilseed crops**. 1 ed.CRC Press, Boca Raton, 2007. p. 13-49.
- STEVENS, W. K. What Really Threatens the Environment? **The New York Times**, 1991, p. C4. Disponível em:<<https://www.nytimes.com/1991/01/29/science/what-really-threatens-the-environment.html>>. Acesso em: 15 de março de 2020.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, ed. 2, 222 p., 2008.
- SWANTON, C. J.; NKOA, R.; BLACKSHAW, R. E. Experimental Methods for Crop–Weed Competition Studies. **Weed Science**, v. 63, n. SP1, p. 2–11, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00062.1>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- TAKANO, H. K. **Capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) resistente ao glyphosate no Brasil**. 2017. 106 p. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2017.
- TIGANO, M. S.; ALJANABI, S.; MELLO, S. C. M. de. Genetic variability of brazilian *Alternaria spp.* isolates as revealed by RAPD analysis. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 34, n. 2, p. 117–119, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822003000200005>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

- TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, n. 50, p. 20260–4, 2011. Disponível em: <<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1116437108>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- TESSMANN, D.J. Controle biológico: aplicações na área de ciência das plantas daninhas. *In*: OLIVEIRA JR, R.; CONTANTIN, J.; INQUE, M. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 22. ed. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. p. 79-94. Disponível em: <<http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>>. Acesso em: 30 de agosto de 2019.
- TMG. **Intacta RR2 PRO**. Disponível em: <<http://www.intactarr2pro.com.br/intacta-rr2-pro/>>. Acesso em: 07 de julho de 2021.
- TOAL, J. Induction of systemic resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* by oxalic acid in oilseed rape. **Plant Pathology**, v. 48, p. 759-767, 1999. Disponível em: <<https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1999.00404.x>>. Acesso em: 20 de março de 2020.
- TREMACOLDI, C.R.; SOUZA FILHO, A.P. da S. **Fitopatógenos: possibilidades de uso no controle de plantas daninhas**. Embrapa Amazônia Oriental: Belém, 2006, 22p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/903058/1/Doc274.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- VAN WYCHEN L. WSSA calculates billions in potential economic losses from uncontrolled weeds. **Weed Science Society of America**. 2016. Disponível em: <<http://wssa.net/wp-content/uploads/WSSA>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- VARGAS, L.; BIANCHI, M.A.; RIZZARDI, M.A.; AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T. Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região Sul do Brasil. **Planta Daninha**, v.25, p.573-578, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000300017>>. Acesso em: 12 de março de 2020.
- VARGAS L, ADEGAS F, GAZZIERO D, KARAM D, AGOSTINETTO D, SILVA W. T. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil. Histórico, distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. *In*: Meschede DK, Gazziero DLP. **A era glyphosate: agricultura, meio ambiente e homem**. Londrina: Midiograf II, 2016. p.219-39.
- VAZQUEZ-YANES, C., AND A. OROZCO-SEGOVIA. Patterns of Seed Longevity and Germination in the Tropical Rainforest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, vol. 24, p. 69–87, 1993. Disponível em: <[www.jstor.org/stable/2097173](http://www.jstor.org/stable/2097173)>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.
- VIDAL, R.A.; PORTES, E.S.; LAMEJO, F.P.; TREZZI, M.M. Resistência de Eleusine indica aos inibidores de ACCase. **Planta Daninha**. Viçosa-MG, v. 24, n. 1, p. 163-171, 2006.
- VILA-AIUB, M.M.; VIDAL, R.A.; BALBI, M.C.; GUNDEL, P.E.; TRUCCO, F.; GHERSA, C.M. Glyphosate-resistant weeds of South American cropping systems: an overview. **Pest Management Science**, v.64, p.366-371, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ps.1488>>. Acesso em: 12 de março de 2020.
- WALKER, C. R. Control of Certain Aquatic Weeds in Missouri Farm Ponds. **Weed Science Society of America**, v. 7, n. 3, p. 310–316, 1959. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/4040339>>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.
- WANNER, L. A.; KIRK, W. W. *Streptomyces* – from basic microbiology to role as a plant pathogen. **American Journal of Potato Research**, v. 92, n. 2, p. 236-242, 2015.

- WATSON, A.K., 1991. The classical approach with plant pathogens. *In: Microbial Control of Weeds*. TeBeest (ed), Springer, Boston, MA, p. 3–23. Disponível em: <<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-9680-6>>. Acesso em: 17 de outubro de 2019.
- WEIGEL, D. & GLAZEBROOK, J. Glufosinate ammonium selection of transformed Arabidopsis. **Cold Spring Harb. Protoc.** 2006.pdb.prot4670. 2006.
- WU, L. K.; LIN, X. M.; LIN, W. X. Advances and perspective in research on plant-soil-microbe interactions mediated by root exudates. **Chinese J Plant Ecol.**, v. 38, p. 298-310, 2014.
- YAMADA, O.; KAISE, Y.; FUTATSUYA, F.; ISHIDA, S.; ITO, K.; YAMOTO, H.; MUNAKATA, K. Studies on plant growth regulating activities of anisomycin and toyocamycin. **Agric. Biol. Chem.** 36, p. 2013-2015, 1972.
- YOU, J.; ZHANG, J.; WU, M.; YANG, L.; CHEN, W.; LI, G.; Multiple criteria based screening of *Trichoderma* isolates for biological control of *Botrytis cinerea* on tomato. **Biological Control**, v.101, p. 31- 38, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.06.006>>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.
- YU, T.; ZHANG, H.; LI, X.; ZHENG, X. Biocontrol of *Botrytis cinerea* in apple fruit by *Cryptococcus laurentii* and indole-3-acetic acid. **Biological Control**, v. 46, n. 2, p. 171–177, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.04.008>>. Acesso em: 25 de outubro de 2019.
- ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeitos de métodos e épocas de controle das plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 143–150, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582000000100014>>. Acesso em: 15 de outubro de 2019.