

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

LAINA CECHINEL

ISOLAMENTO DE FUNGOS A PARTIR DE SOLO COM USO INTENSO DE
AGROQUÍMICOS, VISANDO A BIORREMEDIAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2019

LAINA CECHINEL

**ISOLAMENTO DE FUNGOS A PARTIR DE SOLO COM USO INTENSO DE
AGROQUÍMICOS, VISANDO A BIORREMDIAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Tecnólogo em Gestão Ambiental da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Cristhiane Rohde

Co-orientador: Márcia Antonia Bartolomeu
Agustini

MEDIANEIRA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

ISOLAMENTO DE FUNGOS A PARTIR DE SOLO COM USO INTENSO DE AGROQUÍMICOS, VISANDO A BIORREMEDIAÇÃO

por

LAINA CECHINEL

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 09 de julho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Cristhiane Rohde
Prof.(a) Orientador(a)

Carla Daniela Câmara
Membro titular

Giovana Clarice Poggere
Membro titular

- O termo de aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso –

Dedico este trabalho à minha mãe, por todo amor e luta dedicados a mim.

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus pela oportunidade da evolução e pelo auxílio a mim concedido em todos os momentos em que precisei.

Gratidão a esta Instituição, em todas as esferas, pela promoção da educação formal de qualidade.

Gratidão a minha orientadora, Prof. Dra. Cristhiane Rohde, que com dedicação me auxiliou na execução deste trabalho, sempre presente e solícita, me incentivando nos momentos mais difíceis.

Gratidão a Prof. Dra. Márcia A. B. Agustini, minha co-orientadora, pela gentileza prestada nos momentos em que precisei de assistência.

Gratidão aos membros titulares da minha banca – Carla D. Câmara e Giovana C. Poggere – pela disposição e pela contribuição dedicada à educação.

Gratidão a minha mãe, Neuza Januário, meu maior exemplo, por ter vencido uma sociedade que julga e por ter concedido a mim e minhas irmãs uma vida baseada na educação, humildade e amor. Este momento é seu.

Gratidão as minhas irmãs e sobrinhas – Daiani Cechinel, Jordana Cechinel, Maria Eduarda Scheffer e Theodora M. Malgarezzi – pela união na caminhada da vida. Este momento também é de vocês.

Gratidão ao meu namorado, Victor Hugo P. Zimmerman, meu ponto de apoio e amor, pelo auxílio nas noites em que cansados fomos ao laboratório para dar continuidade neste trabalho. Em um momento pessoal difícil, conseguimos nos manter firmes.

Gratidão a minha amiga, Micheli P. Rodrigues, que foi fundamental na execução deste trabalho, sempre disposta a auxiliar com carinho.

Gratidão ao Grupo PETAMB, meu grupo do coração, por compreenderem meus momentos de ausência e por todo crescimento resultante desta participação.

RESUMO

CECHINEL, Laina. **ISOLAMENTO DE FUNGOS A PARTIR DE SOLO COM USO INTENSO DE AGROQUÍMICOS, VISANDO A BIORREMEDIAÇÃO**. 2019.50 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2019.

Uma alternativa eficiente que vem sendo empregada na redução dos problemas causados pelos agroquímicos, no que diz respeito à recuperação de áreas degradadas, é a biorremediação, que se fundamenta no uso de organismos vivos com capacidade metabólica para transformar contaminantes orgânicos em substâncias menos nocivas. Assim, este estudo teve como objetivo isolar fungos a partir de solos com uso intenso de agroquímicos, visando a biorremediação de um inseticida. Foram coletadas amostras de solo em três propriedades rurais na cidade de São Miguel do Iguaçu, que cultivam principalmente soja, milho e trigo, com a adoção do controle químico de pragas. Em cada uma das três propriedades, o solo foi coletado em três pontos, cada um com uma área de 1,0 x 0,5 m, com 20 cm de profundidade. Para o isolamento dos fungos, as amostras de solo foram submetidas à técnica da diluição seriada e, posteriormente, inoculadas em meio de cultura e incubadas por cinco dias. A identificação foi feita com base nas características morfológicas, até o nível de gênero. Os fungos isolados foram testados quanto à sua habilidade de crescer em meio de cultura sem e com um inseticida do grupo dos piretroides (Fastac® 100). Foi avaliado diariamente o diâmetro da colônia, durante cinco dias. Foram coletados 15 isolados, identificados até o momento como pertencentes aos gêneros *Metarhizium*, *Syncephalis*, *Paecilomyces*, *Aspergillus*, *Penicillium* e *Rhizopus*. Todos os isolados se desenvolveram na presença do inseticida. Os isolados A1F1 (*Metarhizium*), A1F2 (não identificado), A2F1 (*Paecilomyces*) e A3F5 (*Aspergillus*) apresentaram o mesmo crescimento do meio sem e com inseticida, e o isolado A3F4 (*Penicillium*) destacou-se, tendo maior crescimento no meio com o inseticida, apresentando potencial como biorremediador do inseticida.

Palavras-chave: Agrotóxicos. Inseticida. Biodegradação.

ABSTRACT

CECHINEL, Laina. **ISOLATION OF FUNGI FROM SOIL WITH INTENSIVE USE OF AGROCHEMICALS, AIMING BIORREMDIATION**. 2019. 50 f. Conclusion Paper of Technology Course in Environmental Management - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2019.

An effective alternative is to reduce the risk areas of agrochemicals, which is not used for the recovery of degraded areas, is a bioremediation, which is fundamental for the use of living substances with the metabolism of organic contaminants in less harmful structures. Thus, this study aimed to isolate fungi from soils with the intensive use of agrochemicals, aiming at a bioremediation of an insecticide. Soil samples from three properties in the city of São Miguel do Iguaçu were studied, which cultivate soybean, corn and wheat, with the help of chemical pest control. In each of the three properties, the soil was collected in three points, each with an area of 1.0 × 0.5 m, with a depth of 20 cm. For the isolation of the fungi, as soil samples were submitted to the technique of dilution and later, inoculated in culture medium and incubated for five days. The identification was made based on the morphological characteristics, up to the gender level. Fungi were tested for their ability to grow in culture medium without the pyrethroid insecticide (Fastac® 100). And the colony diary for five days. Fifteen points were collected, associated to the moment as belonging to the genera *Metarhizium*, *Syncephalis*, *Paecilomyces*, *Aspergillus*, *Penicillium* and *Rhizopus*. All processes developed in the presence of the insecticide. A3F4 (*Penicillium*), the highest growth without the medium with the insecticide, showed the highest growth of the insecticidal and insecticidal medium, A1F1 (*Metarhizium*), A1F2 (unidentified), A2F1 (*Paecilomyces*) and A3F5 (*Aspergillus*) as an insecticide bioremediate.

Keywords: Pesticides. Insecticide. Biodegradation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localização do município de São Miguel do Iguaçu. FONTE: Raphael Lorenzeto de Abreu (2006).23
- Figura 2. Pontos amostrais de coleta do solo para isolamento de fungos. FONTE: Adaptado de EMBRAPA (2006).25
- Figura 3. Detalhe da profundidade (20 cm) nos pontos amostrais de coleta do solo para isolamento de fungos. FONTE: O autor (2019).26
- Figura 4. Balde para homogeneização das amostras de solo dos três pontos de coleta para isolamento de fungos. FONTE: O autor (2019).26
- Figura 5. Saco de papel contendo amostra de solo, coletados em propriedades agrícolas para isolamento de fungos. FONTE: O autor (2019).27
- Figura 6. Esquema de diluição e inoculação das amostras. FONTE: Adaptado de Clark (1965).28
- Figura 7. Placas com colônias fúngicas isoladas de solos com uso intenso de agroquímicos, em três propriedades agrícolas, no município de São Miguel do Iguaçu, Paraná.32
- Figura 8. Gêneros identificados a partir de solos com uso intenso de agroquímicos, em três propriedades agrícolas, no município de São Miguel do Iguaçu, Paraná. FONTE: O autor (2019).32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classificação Toxicológica dos agroquímicos de acordo com a Lei nº 7.802/1989.....	17
Quadro 2. Classificação do Potencial de Periculosidade Ambiental para agroquímicos de acordo com a Lei nº 7.802/1989.....	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação de fungos isolados de solos com uso intenso de agroquímicos, em três propriedades agrícolas, no município de São Miguel do Iguazu, Paraná.31

Tabela 2. Taxa de crescimento relativa e crescimento vegetativo médio (\pm desvio padrão) de fungos cultivados em meio de cultura sem e com inseticida Fastac® 100.34

Tabela 3. Análise da velocidade de crescimento micelial para tratamento testemunha e tratamento acrescido de inseticida.....35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 GERAL.....	14
2.2 ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 AGRICULTURA INTENSIVA E USO DE AGROQUÍMICOS.....	15
3.2 INSETICIDAS	16
3.3 PROBLEMAS DA CONTAMINAÇÃO DO SOLO COM AGROQUÍMICOS	18
3.4 BIORREMEDIAÇÃO	19
3.4.1 Bases Biológicas Para a Biorremediação	19
3.4.2 Local de Ocorrência do Processo de Biorremediação	20
3.4.3 Técnicas de Biorremediação.....	20
3.4.4 Uso de Fungos Como Biorremediadores	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 LOCAL DE ESTUDO	23
4.1.1 Área 1	24
4.1.2 Área 2	24
4.1.3 Área 3	24
4.2 COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO	25
4.3 ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DOS FUNGOS.....	27
4.4 SELEÇÃO DE FUNGOS, VISANDO A BIORREMEDIAÇÃO.....	29
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1 ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DOS FUNGOS.....	31
5.3 SELEÇÃO DE FUNGOS, VISANDO A BIORREMEDIAÇÃO.....	34
6 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O intenso aumento da população mundial gera uma busca cada vez maior de alimentos, espaço e condições para sobrevivência, fazendo com que as ações antrópicas no meio ambiente sejam, ao longo do tempo, cada vez maiores.

Diante das necessidades geradas pelo aumento populacional, especificamente pelo aumento na produção de alimentos, por volta da década de 1950, houve uma mudança do modelo empregado na agricultura, aumentando a tecnologia e o uso de agroquímicos, dando origem a agricultura intensiva, a qual visa maior produção em menor tempo e espaço (ALVES, 2006; BELTRÃO, 2003).

A aplicação indiscriminada e abusiva de agroquímicos (herbicidas, inseticidas e fungicidas) é uma poderosa fonte de poluição que pode causar um desequilíbrio em todo o ecossistema, afetando a biodiversidade do solo, do ar e dos recursos hídricos, além do risco toxicológico para a população humana em geral (MESQUITA, 2004).

O solo pode perder várias das suas funções quando expostos aos compostos químicos, afetando os componentes bióticos de todo o ecossistema, comprometendo sua funcionalidade, sustentabilidade e interferindo na dinâmica de inúmeros seres vivos, incluindo o homem. A maioria dos impactos causados no solo é de difícil reversão, assim como os danos causados ao meio ambiente (RODRIGUES; DUARTE, 2003).

A retenção de resíduos químicos no solo ocorre prioritariamente as camadas superficiais, as quais abrigam as plantas, responsáveis pela produtividade primária dos ecossistemas e organismos decompositores, encarregados da ciclagem de nutrientes, sendo ambos, grupos fundamentais para a manutenção dos ecossistemas (COSTA; COSTA, 2004).

Diante das consequências do uso indiscriminado dos agroquímicos, estudos relacionados à biodegradação desses compostos despertaram o interesse de pesquisadores (ARAÚJO, 2000). Uma das metodologias mais utilizadas, neste contexto, é a biorremediação, que pode ser definida como o processo que faz uso de organismos vivos na recuperação ou remediação de áreas contaminadas por meio da degradação de compostos tóxicos em compostos menos nocivos. Esta técnica apresenta baixo risco para os locais em que a metodologia é aplicada, visto que é um processo biológico (CRÁPEZ et al., 2002).

Os fungos estão amplamente distribuídos na natureza, sendo encontrados nos mais variados ecossistemas, com grande capacidade de adaptação em diversas condições ambientais. Assim, a utilização de fungos nos processos de biorremediação é extremamente eficiente, em virtude da sua grande diversidade genética, do seu alto potencial de degradação de compostos tóxicos e dos seus mecanismos de resistência em condições ambientais adversas (SILVEIRA, 1995).

Estudos realizados indicam que fungos isolados de solos com uso intenso de agroquímicos são eficientes na biorremediação de diversos agroquímicos, como os herbicidas, em que as espécies *Serratia marcescens* e *Penicillium* sp. foram identificadas como degradadores do 2,4-D, o ácido diclorofenóxiacético (SILVA, 2007; COLLA et al., 2008) e inseticidas, como a espécie *Phanerochaete chrysosporium*, com a capacidade de degradar DDT (diclorodifeniltricloroetano) e lindano (CAMERON et al., 2000).

Os fungos são organismos promissores na degradação de uma grande variedade de compostos e vêm trazendo resultados positivos em pesquisas que visam à recuperação de áreas degradadas por meio do processo da biorremediação. Neste contexto, uma maneira de evoluir no processo da degradação biológica de poluentes, é isolar novos organismos potencialmente capazes de realizar esta ação. A procura por novas espécies e isolados é necessária para aumentar a eficiência nos processos biológicos na recuperação de ambientes (RODRIGUES, 2007).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Isolar fungos de solos em diferentes áreas agrícolas com uso intenso de agroquímicos e verificar o potencial de biorremediação para um inseticida.

2.2 ESPECÍFICOS

- Isolar fungos a partir de solos de diferentes áreas agrícolas com uso intenso de agroquímicos.

- Identificar os fungos isolados de solos de diferentes áreas agrícolas com uso intenso de agroquímicos.

- Comparar a diversidade de fungos isolados de solos coletados nas diferentes áreas agrícolas.

- Verificar o potencial de biorremediação dos fungos isolados para um inseticida do grupo dos piretroides.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 AGRICULTURA INTENSIVA E USO DE AGROQUÍMICOS

Na busca para aumentar a produtividade, visando atender a demanda de alimentos gerada pela crescente população mundial, foi incentivada por políticas agrícolas norte-americanas e europeias, a partir da década de 1950, a “Revolução Verde”, caracterizada pela transição de uma agricultura tradicional, para uma agricultura mecânica e intensiva (ALMEIDA et al., 2001).

Desde que a agricultura intensiva passou a ser praticada mundialmente, com forte dependência de novas tecnologias, em sua maioria baseadas no uso intenso de agroquímicos (herbicidas, pesticidas e fungicidas), desenvolveram-se inúmeros problemas relacionados ao meio ambiente e à saúde do homem (BIANCHINI; MEDAETS, 2013).

Dentre os problemas no meio ambiente causados pelo uso abusivo de agroquímicos, destacam-se a poluição dos meios terrestre, aquático e atmosférico, efeito sobre organismos não alvo e seleção de populações de organismos alvo resistentes (ALMEIDA et al., 2001). Em relação à saúde do homem, problemas causados pela exposição aguda e crônica são frequentes, como náuseas, vômito, dores de cabeça intensas, desenvolvimento de câncer e doenças genéticas (ROSSI, 2015).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a Universidade Federal do Paraná (UFPR), desde o ano de 2008 até o ano de 2012, o Brasil esteve em primeiro lugar no ranking mundial de consumo de agroquímicos por hectare cultivado. Entre os anos de 2002 e 2012 o mercado mundial desse setor cresceu 93%, enquanto que no Brasil, o crescimento foi de 190%.

O Brasil possui uma área cultivada de aproximadamente 71 milhões de hectares, com o predomínio de soja (32,2 milhões de hectares ou 42%), milho (15,8 milhões de hectares ou 21%) e cana-de-açúcar (10,1 milhões de hectares ou 13%). Essas três culturas foram responsáveis por 82% dos 899 milhões de litros de agroquímicos utilizados no país em 2015 (PIGNATI et al., 2017).

Dentre os agroquímicos mais utilizados no Brasil, estão os herbicidas com 45% do total, seguido dos fungicidas (14%) e inseticidas (12%). Os demais agroquímicos representam 29% dos produtos comercializados no país (ANVISA; UFPR, 2012).

3.2 INSETICIDAS

A expansão da atividade agrícola nos últimos anos, principalmente em sistemas de monocultura, favoreceu o aumento da incidência de pragas, em função da oferta de alimento em abundância e redução dos inimigos naturais. Para combater essa variedade de insetos herbívoros, faz-se necessária a adoção de formas de controle, sendo a mais frequente o controle químico, com o uso de inseticidas (BAUDET & PESKE, 2006).

Os inseticidas podem ser encontrados em diferentes formulações na forma sólida, líquida ou gasosa, podendo ser aplicados desde o plantio até a colheita, para o controle de pragas que atacam qualquer parte de desenvolvimento da planta. Esses produtos controlam todas as fases de desenvolvimento dos insetos e possuem diferentes modos de ação, de acordo com o princípio ativo (IRAC, 2016).

Em relação ao modo de ação, os inseticidas podem ser classificados em:

- **Neurotóxicos:** Atuam diretamente no sistema nervoso.
- **Reguladores de crescimento:** Atuam no processo bioquímico da ecdise e no sistema endócrino.
- **Inibidores de respiração celular:** Interferem no metabolismo energético e respiratório, impedindo que a célula realize o processo de respiração.

Os inseticidas neurotóxicos atuam de forma específica no sistema nervoso dos insetos, sendo o grupo mais comercializado no mercado, por serem eficientes, causando alta taxa de mortalidade em um curto espaço de tempo. Destacam-se como inseticidas neurotóxicos os seguintes grupos:

- **Piretroides:** Moduladores de canais de sódio.
- **Oxadiazainas:** Bloqueadores de canais de sódio.
- **Carbamatos e Organofosforados:** Inibem a acetilcolinesterase.
- **Nicotinas, Neonicotinoides e Spinosinas:** Moduladores dos receptores nicotínicos da acetilcolina.
- **Cartap:** Moduladores dos receptores nicotínicos da acetilcolina.
- **Avermectinas e Milbemicinas:** Agonistas do GABA (ácido gama-aminobutírico).
- **Ciclodienos e Fenil-Pirazois:** Antagonistas do GABA (ácido gama-aminobutírico).

De acordo com a Lei nº 7.802/1989, que dispõe sobre a produção, a comercialização, o uso e o transporte de agroquímicos, para a obtenção do registro, todos os agroquímicos devem passar por testes para avaliar o risco que oferece para o homem (Classificação Toxicológica) e para o meio ambiente (Classificação Periculosidade Ambiental).

A classificação toxicológica dos agroquímicos é regulamentada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão de controle do Ministério da Saúde. Os agroquímicos são classificados em quatro classes de perigo de acordo com a toxicidade que oferece para o homem. A toxicidade é avaliada de acordo com a Dose Letal Mediana (DL50), que é a dose necessária do produto para matar 50% de uma população em teste. Cada classe é representada por uma cor no rótulo e na bula do produto (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação Toxicológica dos agroquímicos de acordo com a Lei nº 7.802/1989.

CLASSES	CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA	COR
CLASSE I	EXTREMAMENTE TÓXICO	VERMELHA
CLASSE II	ALTAMENTE TÓXICO	AMARELA
CLASSE III	MEDIAMENTE TÓXICO	AZUL
CLASSE IV	POUCO TÓXICO	VERDE

FONTE: Adaptado de ANVISA (2011).

Já em relação à classificação ambiental, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) é o órgão responsável por calcular e classificar o Potencial de Periculosidade Ambiental (PPA) para os agroquímicos. O PPA é avaliado de acordo com o tempo de degradação, o potencial de transporte do produto no meio ambiente e o impacto sobre organismos não-alvo (Quadro 2).

Quadro 2. Classificação do Potencial de Periculosidade Ambiental para agroquímicos de acordo com a Lei nº 7.802/1989.

CLASSES	NÍVEL DE RISCO PARA O MEIO AMBIENTE
CLASSE I	Produto ALTAMENTE PERIGOSO ao meio ambiente
CLASSE II	Produto MUITO PERIGOSO ao meio ambiente
CLASSE III	Produto PERIGOSO ao meio ambiente
CLASSE IV	Produto POUCO PERIGOSO ao meio ambiente

FONTE: Adaptado de IBAMA (1990).

De maneira geral, inseticidas neurotóxicos apresentam toxicidade elevada para o homem, uma vez que o mecanismo de transmissão do impulso nervoso nos insetos é semelhante ao do homem. Além disso, esse grupo de inseticidas tem baixa seletividade aos organismos não-alvo e alta persistência no meio ambiente, causando grandes impactos (WHALON et al., 2008).

3.3 PROBLEMAS DA CONTAMINAÇÃO DO SOLO COM AGROQUÍMICOS

O solo é um dos componentes ambientais mais importantes na manutenção do ciclo da humanidade, tendo como função sustentar diversas formas de vida, permitir o cultivo das plantas, além de atuar como reservatório de resíduos naturais e demais produtos das atividades humanas (GOMES et al., 2010).

O conceito de poluição do solo está ligado a qualquer alteração provocada nas suas características naturais, comprometendo sua funcionalidade e sustentabilidade (LEMOS e MUSAFIR, 2014). A poluição do solo pode ocorrer por diversos fatores, sendo um dos principais a intensa utilização de agroquímicos.

Agroquímicos com alto nível de toxicidade tendem a destruir grande parte da flora e da fauna microbiana do solo, causando um desequilíbrio ecológico (EMBRAPA, 2004).

Muitos produtos químicos usados na agricultura têm o solo como destino final, mesmo quando aplicados na parte aérea das plantas. Ao entrarem em contato com o solo, os agroquímicos estão condicionados a processos físico-químicos que determinam seu destino no ambiente. Um exemplo desses processos é a retenção, no qual o solo retém as moléculas tóxicas provenientes dos agroquímicos, provocando perdas na biodiversidade, já que os organismos vivos absorvem estes compostos químicos e não resistem às suas interações físico-químicas (BAILEY e WHITE, 1970). Alguns agroquímicos podem ser detectados após vários anos da sua aplicação, sendo assim, extremamente persistentes no ambiente (IBAMA, 1990).

No entanto, nem sempre os agroquímicos terão efeito negativo sobre a comunidade do solo. Alguns organismos são resistentes e possuem capacidade de degradação parcial ou total dessas substâncias (CHOWDHURY et al., 2008).

Corroboram os estudos de Kasemodel (2012), no qual a bactéria *Pseudomonas aeruginosa* apresentou potencial para degradar os pesticidas DDD, PCP e dieldrin, e de Barnabé (2003), ao realizar testes estudando a ação descontaminante dos herbicidas Paraquat e Diquat pelo fungo *Pleurotus ostreatus*, verificou resistência dos fungos e a biodegradabilidade dos herbicidas.

3.4 BIORREMEDIAÇÃO

A biorremediação se trata de um processo que abrange o uso de organismos vivos (ou parte deles) na degradação de poluente sem áreas impactadas. É um procedimento fundamentado na capacidade metabólica desses organismos sem transformar contaminantes orgânicos em substâncias menos nocivas, as quais fazem parte dos ciclos biogeoquímicos (ANDRADE et al., 2010). Dentro deste processo, os organismos biorremediadores utilizam os compostos orgânicos como fonte de carbono, levando a diminuição das concentrações dessas substâncias ao longo do tempo (ROBB e MOYER, 2001).

Dentre as vantagens apresentadas pelo método da biorremediação, destacam-se o baixo risco para os locais contaminados, visto que se trata de um processo biológico, com baixo custo, apresentando uma boa relação custo/benefício para o tratamento (CRÁPEZ et al., 2002).

3.4.1 Bases Biológicas Para a Biorremediação

Para que a atividade da biorremediação seja realizada, é necessário que a microbiota utilizada para atuar como biorremediadora apresente a capacidade de degradação dos compostos tóxicos em questão, assim, moléculas contaminantes com estruturas mais parecidas àquelas encontradas frequentemente nos solos, são mais facilmente degradadas num processo de biorremediação (CARDOSO, 2016).

3.4.2 Local de Ocorrência do Processo de Biorremediação

As tecnologias de biorremediação podem ser classificadas como “in-situ” e “ex-situ”. A biorremediação “in situ” envolve propor a degradação do material contaminado no próprio local onde ele está inserido. Já a biorremediação “ex-situ” é fundamentada na remoção do material contaminado para que o tratamento seja realizado em local externo ao de sua origem.

As metodologias “ex- situ” são, em sua maioria, mais eficientes do que os processos “in situ”, por conta do maior controle das condições ambientais. No entanto, a execução deste método nem sempre é possível, como por exemplo, na biorremediação de áreas extensas de solo, onde a retirada deste material é inviável tanto do ponto de vista econômico, quanto da preservação do solo (CARDOSO, 2016).

3.4.3 Técnicas de Biorremediação

Destacam-se nas técnicas “in-situ”:

- **Bioaugmentação:** Aumento do número da população microbiana de controle, adotando como base a adição de microrganismos na região contaminada a ser degradada (CARDOSO, 2016).
- **Bioestimulação:** Estimulação da população microbiana natural da área, tendo como objetivo o aumento das taxas de biodegradação no local contaminado (BURNS et al., 2000).

Destacam-se nas técnicas “ex-situ”:

- **Compostagem:** Baseia-se no uso de microrganismos decompositores, que realizam a decomposição de substâncias orgânicas e modificam o material contaminado em um composto com características fertilizantes (CARDOSO, 2016).
- **Biopilha:** Construção de pilhas ou leiras do próprio solo contaminado, para que aconteça uma estimulação da microbiota aeróbia já presente no solo, através de aeração (BURNS et al., 2000).

- **Biorreatores:** São tanques fechados, nos quais é inoculado o material contaminado juntamente com a microbiota. Cerca de 10% a 40% dos resíduos sólidos são suspensos, sendo aerados através do sistema de rotação (CARDOSO, 2016).
- **Landfarming:** Se baseia na aplicação de contaminantes na superfície do solo não contaminado para a estimular a degradação. Durante o processo, ocorre revolvimento gradeado para promover aeração e mistura uniforme do contaminante com o solo (CARDOSO, 2016).

3.4.4 Uso de Fungos Como Biorremediadores

Os fungos estão em abundância na natureza, podendo ser encontrados na água, no ar, no solo, como parasitas em animais e plantas, na matéria orgânica em decomposição e também nos produtos alimentícios e industriais.

Como biodegradadores naturais, os fungos encontram as substâncias necessárias para o seu desenvolvimento dentro da natureza. Podem ser organismos unicelulares e pluricelulares macroscópicos, são formados por células eucariotas de parede rígida, manifestam nutrição heterotrófica por absorção, são imóveis e sua reprodução pode ser assexuada e sexuada (SILVEIRA, 1995).

Os fungos são reconhecidos pela sua variedade e habilidade para degradar materiais naturais complexos e persistentes como lignina, quitina e celulose. Dessa maneira, sua bioatividade e crescimento morfológico, os tornam potencialmente melhores degradadores do que as bactérias. Além disso, os fungos são capazes de crescer em condições de estresse, pH ácido, com pouco nutrientes e com baixa atividade de água, favorecendo o seu desenvolvimento diante de outros microrganismos (ATAGANA, 2006).

A aplicação dos fungos na degradação dos agroquímicos começou a ser estudada na década de 1970, quando Nobles (1975) e Khindaria et al. (1975), confirmaram a degradação do inseticida heptacloro por fungos do gênero *Aspergillus*. Posteriormente, Bumpus (1987) descobriu que linhagens de *Phanerochaete chrysosporium* eram capazes de degradar o inseticida DDT.

No entanto, as pesquisas de biodegradação por fungos voltaram a crescer apenas a partir dos anos 1990 (RODRIGUES, 2007).

Na busca por análises de degradação de poluentes por fungos, Peralta et al. (1998), citaram o uso de *Saccharomyces cerevisiae* para remoção de lindano e dieldrin, ambos inseticidas. Em estudos posteriores, Tortella et al. (2005), apresentaram evidências de que o fungo *P.chrysosporium* teve a capacidade de degradar o inseticida pentaclorofenol. Já Ballaminut; Matheus (2007) constataram a degradação desse mesmo produto por *Trametes villosa*.

A busca e a caracterização de novas espécies e isolados com potencialidades de biodegradação são fundamentais, pois esses organismos promissores podem ser empregados como métodos alternativos de tratamento de resíduos, bem como de remediação de áreas contaminadas, contribuindo no desenvolvimento e aplicação de tecnologias menos invasivas em prol do meio ambiente (CORRÊA et al., 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE ESTUDO

A coleta foi realizada em três propriedades rurais (1, 2 e 3) do município de São Miguel do Iguçu (Figura 1), localizado na região oeste do Paraná (25°20'50" Sul e 54°14'16" Oeste). O clima do município é quente e temperado, com temperatura média de 20,0 °C e 1755 mm de pluviosidade média anual (CLIMATE DATA, 2019).

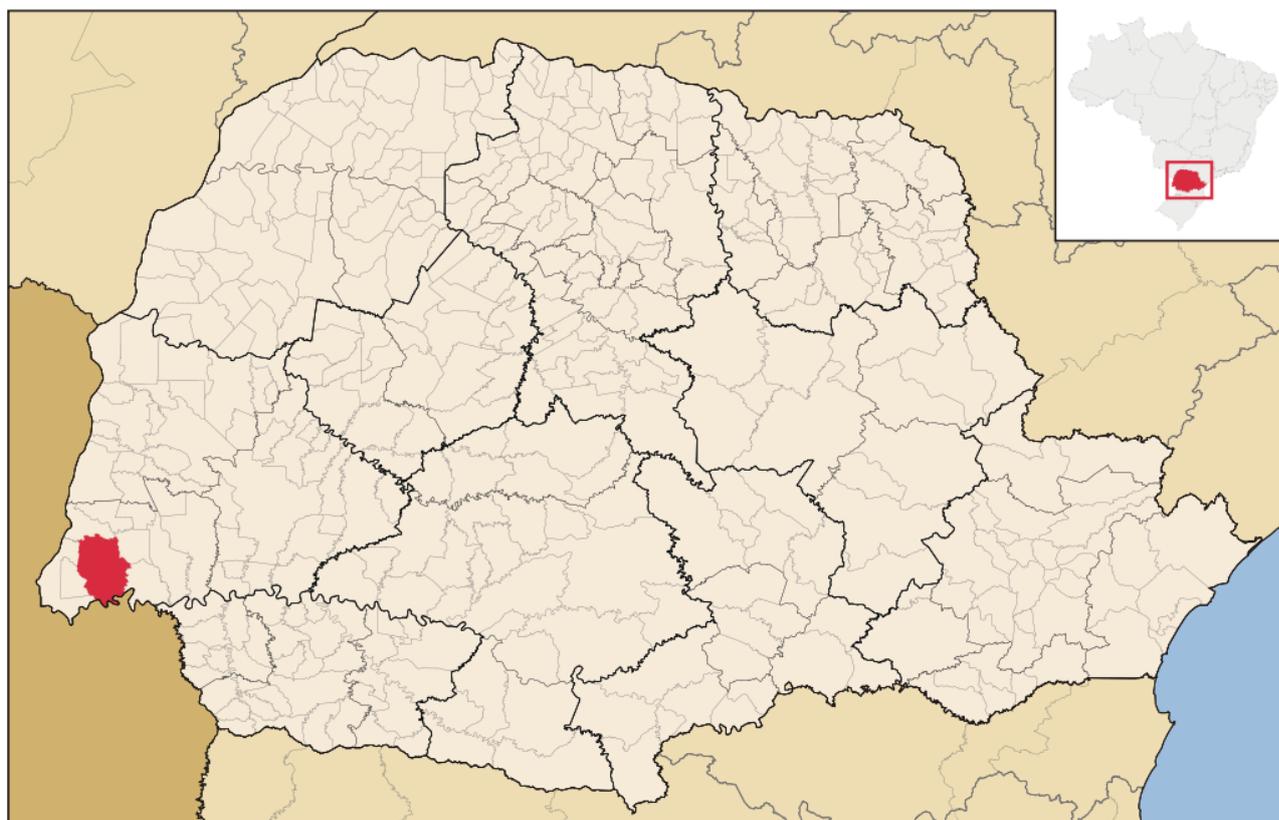


Figura 1. Localização do município de São Miguel do Iguçu. FONTE: Raphael Lorenzeto de Abreu (2006).

São Miguel do Iguçu possui 851,301 km² de extensão territorial e população estimada de 27.361 habitantes (IBGE, 2018).

4.1.1 Área 1

A “Área 1” está localizada no Distrito Santa Rita (25°21'37.6"S, 54°17'13.7"W), pertencente ao município de São Miguel do Iguaçu. A extensão total da área é de 140 hectares com 20% da área de Reserva Legal (RL). A área recebe cultivo intensivo de milho, trigo e soja, de forma rotacional, desde o ano de 1970. O cultivo de milho ocorre entre os meses de janeiro e maio, o cultivo de trigo entre maio e setembro e, o cultivo de soja, entre setembro e janeiro. No momento da coleta, a área abrigava o cultivo de milho. Na propriedade é adotado exclusivamente o controle químico para o combate de organismos – praga.

4.1.2 Área 2

A “Área 2” está localizada no Distrito Santa Rita (25°21'45.1"S, 54°16'57.7"W), pertencente ao município de São Miguel do Iguaçu. A extensão total da área é de 60 hectares com 20% da área de Reserva Legal (RL). A área também recebe cultivo intensivo de milho, trigo e soja, de forma rotacional, desde o ano de 1960. O período de cultivo de cada cultura foi o mesmo adotado na “Área 1”. No momento da coleta, a área abrigava o cultivo de milho. Na propriedade é adotado exclusivamente o controle químico para o combate de organismos – pragas.

4.1.3 Área 3

A “Área 3” está localizada no Distrito Linha Piazza (25°22'02.0"S, 54°13'55.9"W), pertencente ao município de São Miguel do Iguaçu. A extensão total da área é de 30 hectares com 20% da área de Reserva Legal (RL). A área recebe cultivo intensivo de milho, trigo e soja, de forma rotacional, desde o ano de 1990, com intervalos para o cultivo de fumo e aveia. O período de cultivo de cada cultura foi o mesmo adotado na “Área 1”, intercalando, a cada dois anos, com as culturas de aveia e fumo entre os cultivos de soja, milho e trigo. No momento da coleta, a área abrigava o cultivo de fumo. Na propriedade é adotado exclusivamente o controle químico para o combate de organismos – pragas.

4.2 COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO

Em cada uma das três propriedades rurais, o solo foi coletado em três pontos equidistantes em aproximadamente 300 m (Figura 2). Cada ponto amostral teve uma área delimitada de 1,0 × 0,5 m, com 20 cm de profundidade. Dentro da área delimitada, foi removida toda a matéria orgânica particulada e coletado 1kg de amostra na profundidade de 0 – 20 cm (Figura 3). Posteriormente, o solo de cada área foi homogeneizado em baldes (Figura 4), sendo retirada uma amostra de 1 kg e acondicionada em sacos de papel identificados (Figura 5) e levados ao Laboratório da Microbiologia da UTFPR.

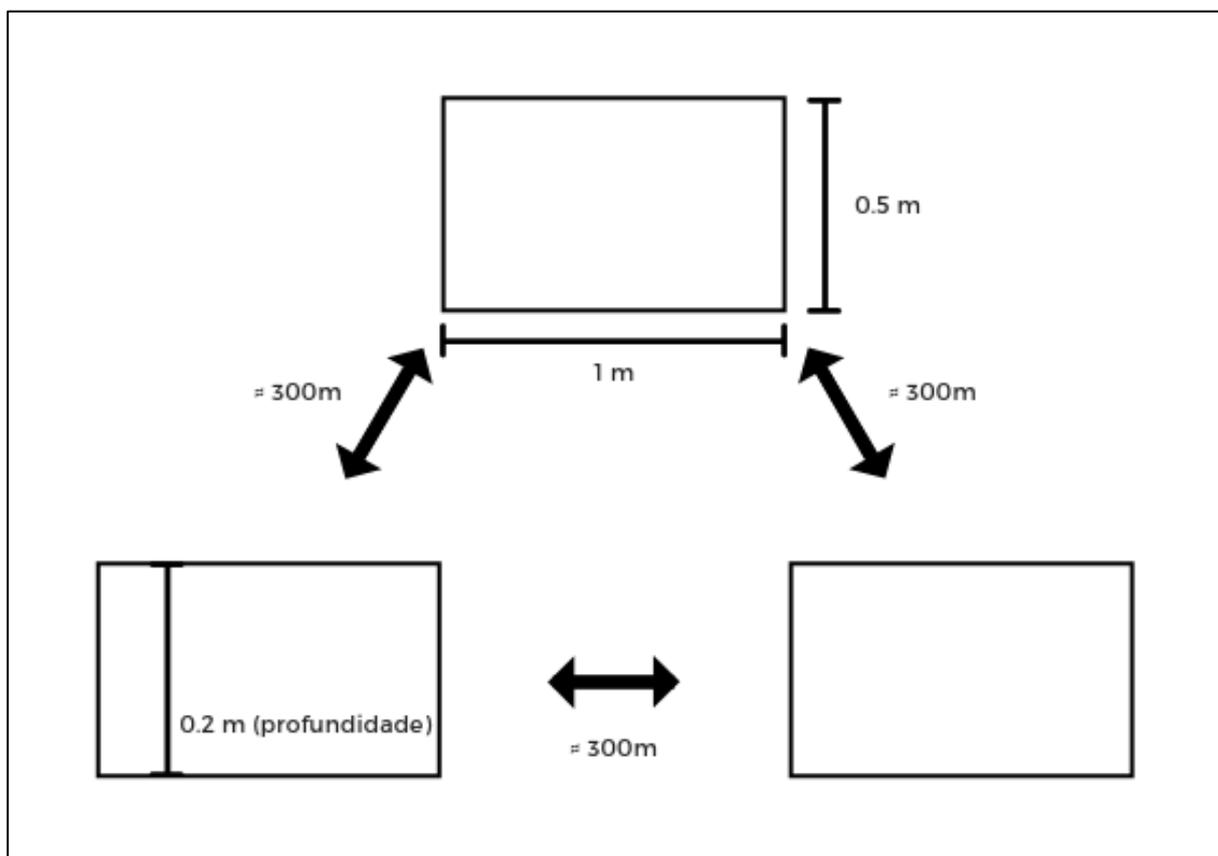


Figura 2. Pontos amostrais de coleta do solo para isolamento de fungos. FONTE: Adaptado de EMBRAPA (2006).



Figura 3. Detalhe da profundidade (20 cm) nos pontos amostrais de coleta do solo para isolamento de fungos. FONTE: O autor (2019).



Figura 4. Balde para homogeneização das amostras de solo dos três pontos de coleta para isolamento de fungos. FONTE: O autor (2019).

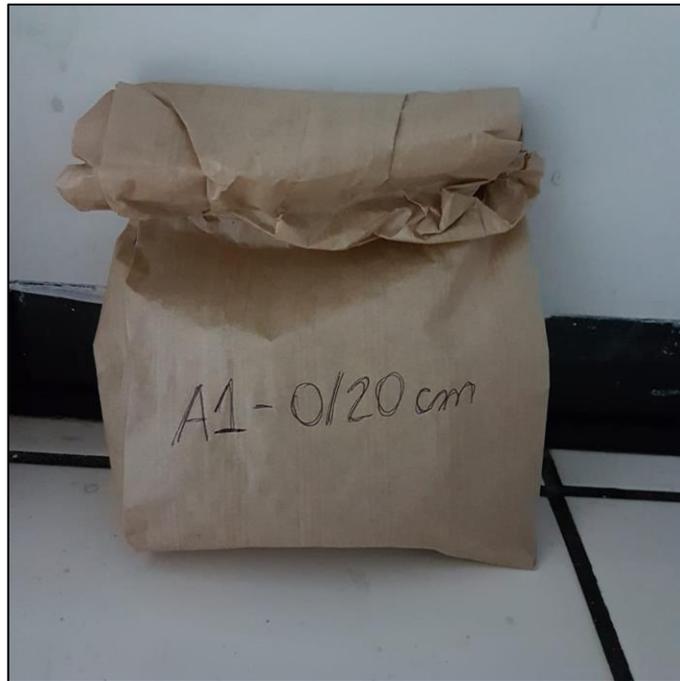


Figura 5. Saco de papel contendo amostra de solo, coletados em propriedades agrícolas para isolamento de fungos. FONTE: O autor (2019).

4.3 ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DOS FUNGOS

O isolamento dos fungos foi conduzido a partir das amostras de solo coletadas nas áreas agrícolas, com uso intensivo de agroquímicos.

Para isso, 1 g de cada amostra de solo foi homogeneizada, separadamente, em 10 mL de água destilada esterilizada, acrescida de Tween 0,1%. Após foram feitas três diluições seriadas, usando a metodologia adaptada de Clark (1965) (Figura 6).

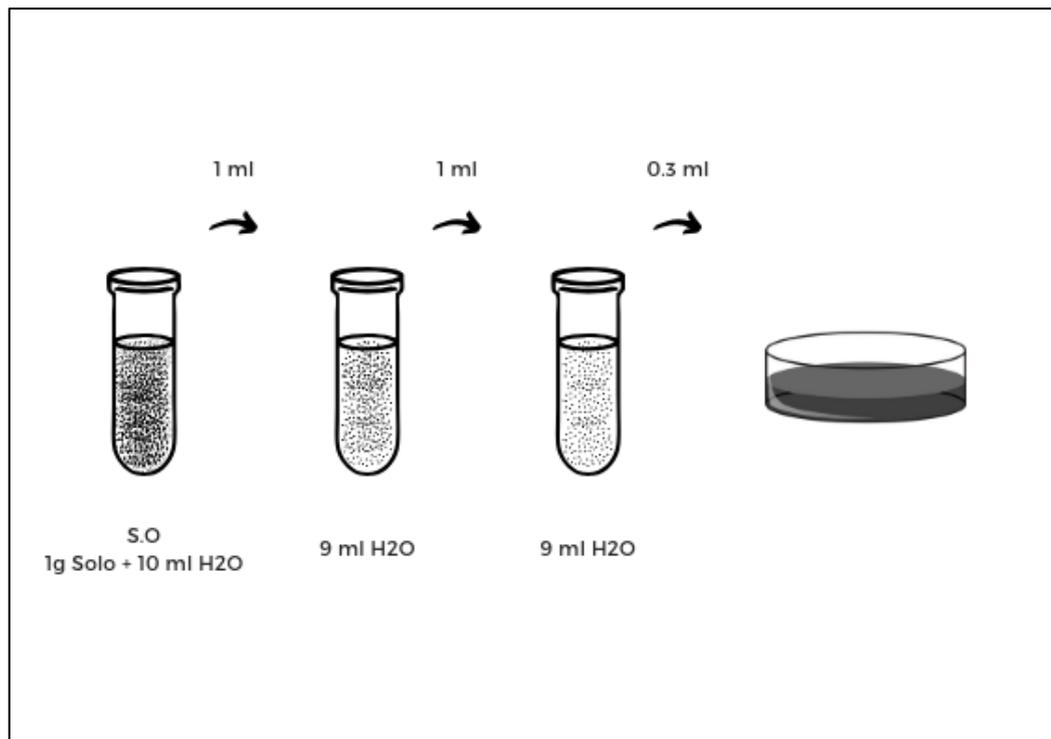


Figura 6. Esquema de diluição e inoculação das amostras. FONTE: Adaptado de Clark (1965).

Foram retirados 0,3 mL da suspensão mais diluída (terceira diluição seriada) e inoculados em placas de Petri contendo meio BDA (Ágar Batata Dextrose) esterilizado. A inoculação foi feita com o auxílio de uma alça de Drigalsky, espalhando-se a suspensão em toda a placa, utilizando o método spread-plate (cultivo em superfície) (OKURA; RENDE, 2008).

As placas foram incubadas em câmara climatizada ($25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, sem fotoperíodo) por um período de cinco dias. Após esse período, foi feito o isolamento dos fungos. Foram feitas cinco repetições para cada propriedade agrícola, sendo que cada repetição foi composta por uma placa de Petri, contendo meio de cultura.

Para cada fungo que cresceu nas placas de Petri, foi feito o isolamento (purificação das colônias fúngicas), por meio da técnica de cultivo em três pontos (MENEZES; ASSIS, 2004). Para isso, com o auxílio de uma alça do tipo agulha, retirou-se uma amostra de cada material fúngico e fez-se a inoculação em três pontos da placa de Petri, contendo o meio Ágar Sabouraud esterilizado. As placas foram mantidas nas mesmas condições descritas anteriormente. Foram feitas quatro repetições para cada fungo, sendo que cada repetição foi composta por uma placa de Petri, contendo meio de cultura.

Após o período de sete dias foi feita a identificação dos fungos, com base nas características morfológicas, até o nível de gênero, com o auxílio de microscópio óptico, utilizando como referência a chave de identificação *Illustrated genera of imperfect fungi* (BARNETT; HUNTER, 1998).

4.4 SELEÇÃO DE FUNGOS, VISANDO A BIORREMEDIAÇÃO

Os fungos isolados foram testados quanto a sua habilidade de crescer em meio de cultura com inseticida.

O inseticida selecionado para o teste foi o produto comercial Fastac® 100, um inseticida da classe dos piretroides com alfacipermetrina como ingrediente ativo, recomendado para o controle de diversas pragas nas culturas do algodão, batata, café, soja e tomate. Possui Classificação Toxicológica II - Altamente Tóxico e Classificação Do Potencial De Periculosidade Ambiental II – Produto Muito Perigoso Ao Meio Ambiente (Anexo A). A seleção do produto foi feita após uma entrevista com o produtor, que indicou um dos produtos mais utilizado nas propriedades.

Cada fungo isolado foi inoculado em placas de Petri contendo o meio Ágar Sabouraud esterilizado sem o inseticida (tratamento controle) e com o inseticida Fastac® 100, na concentração 1000 ppm, conforme maior concentração recomendada pelo fabricante. A técnica de inoculação utilizada foi a de três pontos, a mesma utilizada para o isolamento dos fungos, com quatro repetições por tratamento, sendo que cada repetição foi composta por uma placa de Petri contendo meio de cultura.

As placas foram mantidas nas mesmas condições descritas anteriormente. Diariamente, durante o período de cinco dias, foi medido o diâmetro de cada colônia em dois sentidos perpendiculares. Foi avaliada a velocidade de crescimento e o tamanho da colônia. Para a determinação da velocidade de crescimento foi utilizado o IVCM (índice de velocidade de crescimento micelial). Que é calculado conforme a Equação 1, descrita por Oliveira (1991):

$$(1) \quad \text{IVCM} = \Sigma (D - D_a) / N$$

Onde:

D= diâmetro médio atual de colônia.

Da=diâmetro médio da colônia do dia anterior.

N= número de dias após a inoculação.

O crescimento da colônia foi determinado no final do período de avaliação, permitindo a comparação entre os tratamentos controle e com o inseticida. Foi calculada a taxa de crescimento relativa (TCR) de cada fungo; de acordo com a Equação 2, descrita por Tomasini et al., (2001):

$$(2) \quad \text{TCR (\%)} = ((\text{MCI}/\text{MCT}) - 1) \times 100$$

Onde:

MCI= Média de Crescimento em meio acrescido com Inseticida

MCT= Média de Crescimento em Testemunha

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi feito em delineamento inteiramente ao acaso com 5 e 4 repetições, respectivamente, para as inoculações realizadas nas fases de isolamento e seleção dos fungos. Os dados do crescimento vegetativo foram testados quanto à homocedasticidade pelo teste de Levene e quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, e submetidos à Análise de Variância ($p \leq 0,05$), utilizando-se o programa ActionStat 3.3.2, extensão do Excel.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DOS FUNGOS

Nas três áreas de estudo foram encontrados 15 isolados (Figura 7). Até o momento foram identificados 11 isolados pertencentes a seis gêneros, sendo eles *Metarhizium*, *Syncephalis*, *Paecilomyces*, *Aspergillus*, *Penicillium* e *Rhizopus* (Figura 8) (Tabela 1):

Tabela 1. Relação de fungos isolados de solos com uso intenso de agroquímicos, em três propriedades agrícolas, no município de São Miguel do Iguazu, Paraná.

ISOLADO	ÁREA	GÊNERO
A1F1	1	<i>Metarhizium</i>
A1F2	1	Não identificado
A1F3	1	<i>Syncephalis</i>
A2F1	2	<i>Paecilomyces</i>
A2F3	2	<i>Aspergillus</i>
A2F4	2	Não identificado
A2F5	2	<i>Paecilomyces</i>
A3F1	3	Não identificado
A3F3	3	<i>Metarhizium</i>
A3F4	3	<i>Penicillium</i>
A3F5	3	<i>Aspergillus</i>
A3F6	3	Não identificado
A3F7	3	<i>Aspergillus</i>
A3F8	3	<i>Paecilomyces</i>
A3F9	3	<i>Rhizopus</i>

FONTE: O autor (2019).

Na “Área 1” foram coletados três isolados, sendo que até o momento foram identificados dois como pertencentes aos gêneros *Metarhizium* e *Syncephalis*.

Na “Área 2” ocorreram quatro isolados, sendo que até o momento foram identificados três como pertencentes aos gêneros *Paecilomyces* e *Aspergillus*.

Já a “Área 3” apresentou a maior ocorrência de isolados (oito) e a maior diversidade de gêneros de fungos, sendo eles: *Metarhizium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Paecilomyces* e *Rhizopus*.

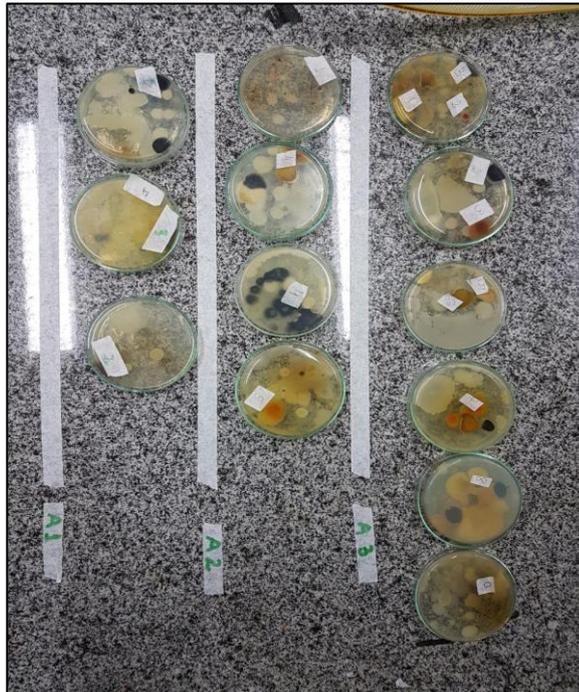


Figura 7. Placas com colônias fúngicas isoladas de solos com uso intenso de agroquímicos, em três propriedades agrícolas, no município de São Miguel do Iguçu, Paraná.

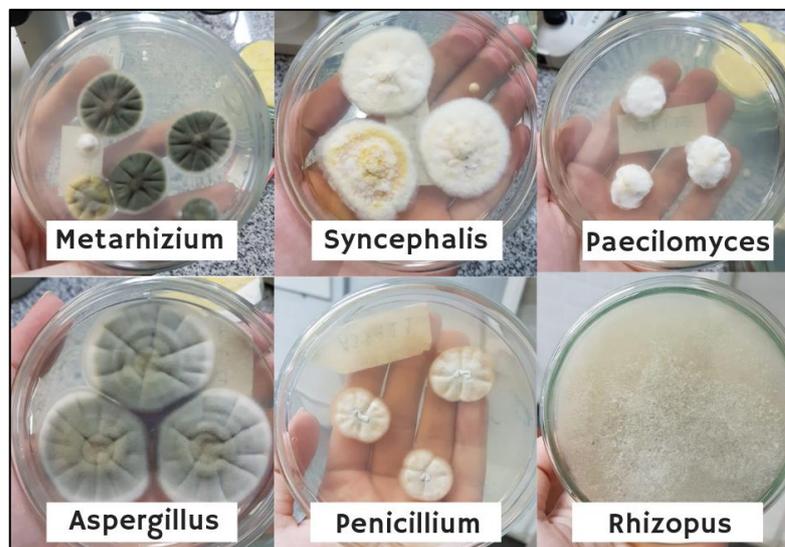


Figura 8. Gêneros identificados a partir de solos com uso intenso de agroquímicos, em três propriedades agrícolas, no município de São Miguel do Iguçu, Paraná. FONTE: O autor (2019).

A maioria dos gêneros encontrados neste estudo é considerada como organismo comum do solo, podendo estar presente em solos de florestas, campos, solos arenosos e áreas cultivadas (Domsch et al., 1993).

Trabalhos semelhantes de isolamento de fungos, em solos com uso intenso de

agroquímicos, também observaram a ocorrência dos gêneros encontrados na presente pesquisa, indicando que esses fungos possuem a capacidade de tolerar a presença desses poluentes. Colla et al., (2008) também coletaram 15 isolados, porém com uma diversidade menor de gêneros, sendo eles *Aspergillus*, *Penicillium* *Trichoderma*. Já Ramos (2014) isolou oito linhagens de fungos, pertencentes a quatro gêneros: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* e *Trichoderma*. Demichelli (2016) obteve maior diversidade, com 18 isolados pertencentes a sete gêneros (*Cladosporium*, *Geotrichum*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, *Aspergillus*). Martinez et al. (2008) isolaram os gêneros *Cladosporium*, *Eupenicillium*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Chrysosporium* e *Metarhizium*,

Os fungos do gênero *Syncephalis* são típicos de solos de mata e caatinga e vivem como parasitas de pequenos animais como nematoides e rotíferos. Sua ação se dá por haustórios, uma estrutura fúngica que trabalha na absorção de nutrientes a partir do citoplasma da célula do hospedeiro, no interior da qual se desenvolve (SANTIAGO, 2015).

Paecilomyces é um fungo do solo, está distribuído por todo o mundo, com maior frequência em regiões quentes e é efetivo no biocontrole de nematoides, caracterizando-se por penetrar nos ovos destes animais, destruindo seu embrião (KERRY, 1990).

Os fungos do gênero *Aspergillus* têm ampla distribuição mundial e geralmente estão presentes no solo, no ar e na água. Esses fungos estão relacionados com a deterioração de vegetais e alimentos, principalmente em regiões de clima tropical e subtropical (ROSA et al., 2002).

O *Penicillium* se trata de um gênero de fungos incidente em matéria orgânica em decomposição e utiliza uma diversidade de substratos orgânicos. Várias das suas espécies são produtoras de antibiótico (GREUTER et al., 2000).

O gênero de fungos *Rhizopus* é capaz de crescer em diferentes substratos e produzir grandes rendimentos de bioprodutos, são seguros para uso alimentar e têm capacidade de produzir compostos fenólicos (RHANDIR e SHETTY, 2007).

A “Área 3” apresentou maior diversidade de fungos (oito isolados) que as Áreas “1” (três isolados) e “2” (quatro isolados). Provavelmente, essa maior diversidade de fungos está relacionada com a cultura estabelecida no momento da coleta do solo (fumo) e o manejo adotado na área.

Na “Área 3”, apesar do produtor cultivar soja, milho e trigo, como nas demais áreas estudadas, faz um rodízio, a cada dois anos, com as culturas de fumo e aveia, com o objetivo de diversificar a área e melhorar a qualidade nutricional do solo. No momento da coleta de solo, essa área abrigava a cultura do fumo. Ainda de acordo com o produtor, o

uso destas culturas (fumo e aveia) em rodízio não visa à produtividade e por isso é utilizado menor quantidade de agroquímicos (aproximadamente a metade que é aplicada na cultura da soja).

O manejo adotado pelo produtor para o fumo vai na direção contrária das áreas produtivas dessa cultura. De acordo com Pignati et al. (2017), a cultura do fumo foi a campeã, com a aplicação da maior quantidade média de litros de agroquímicos por hectare (60 l/ha). Assim, outros estudos de isolamento de fungos em áreas de cultivo de fumo podem resultar em menor diversidade biológica.

5.3 SELEÇÃO DE FUNGOS, VISANDO A BIORREMEDIAÇÃO

Todos os isolados apresentaram a capacidade de crescer em meio de cultura acrescido de inseticida, porém alguns diferiram do tratamento testemunha (Tabela 2).

O isolado A3F4, pertencente ao gênero *Penicillium*, apresentou crescimento vegetativo superior no meio com inseticida (17,5%), sendo o único a apresentar TCR positiva.

Dos quinze isolados coletados, quatro apresentaram crescimento vegetativo no meio com inseticida igual ao da testemunha, apresentando TCR próxima a zero, sendo eles: A1F1 (*Metarhizium*), A1F2 (não identificado), A2F1 (*Paecilomyces*), A3F5 (*Aspergillus*).

. Os demais isolados apresentaram crescimento no meio com inseticida inferior ao tratamento testemunha, com uma inibição do crescimento que variou entre 24 e 68%, apresentando TCRs negativas.

Tabela 2. Taxa de crescimento relativa e crescimento vegetativo médio (\pm desvio padrão) de fungos cultivados em meio de cultura sem e com inseticida Fastac® 100.

(Continua)

GÊNERO	ISOLADO	ÁREA	CRESCIMENTO VEGETATIVO*		P VALOR	TCR (%)
			TESTEMUNHA	INSETICIDA		
<i>Metarhizium</i>	A1F1	1	15,5 \pm 1,80 a	15,4 \pm 8,00 a	0,986013	-3,1%
Não identificado	A1F2	1	20,3 \pm 10,11 a	20,5 \pm 6,82 a	0,981181	-2,3%
<i>Syncephalis</i>	A1F3	1	33,4 \pm 2,62 a	21,7 \pm 2,62 b	0,000132	-31,4%
<i>Paecilomyces</i>	A2F1	2	20,2 \pm 0,95 a	18,5 \pm 1,46 a	0,106480	-8,1%
<i>Aspergillus</i>	A2F3	2	39,6 \pm 0,71 a	10,2 \pm 7,86 b	0,000325	-67,3%

GÊNERO	ISOLADO	ÁREA	CRESCIMENTO VEGETATIVO*		P VALOR	TCR (%)**
			(mm)			
			TESTEMUNHA	INSETICIDA		
Não identificado	A2F4	2	24,85±5,09 a	15,1±0,70 b	0,008905	-39,3%
<i>Paecilomyces</i>	A2F5	2	24,1±3,56 a	18,3±1,78 b	0,026465	-24,2%
Não identificado	A3F1	3	48,8±7,28 a	20,0±4,28 b	0,000486	-62,4%
<i>Metarhizium</i>	A3F3	3	35,6±2,40 a	16,9±8,69 b	0,006586	-30,9%
<i>Penicillium</i>	A3F4	3	14,7±0,29 b	17,3±0,76 a	0,000718	17,5%
<i>Aspergillus</i>	A3F5	3	31,2±2,81 a	28,0±2,74 a	0,157318	-10,1%
Não identificado	A3F6	3	31,8±0,96 a	14,9±2,17 b	0,000007	-52,9%
<i>Aspergillus</i>	A3F7	3	29,4±5,19 a	22,6±1,26 b	0,044153	-29,2%
<i>Paecilomyces</i>	A3F8	3	25,5±0,77 a	12,0±4,69 b	0,001282	-43,7%
<i>Rhizopus</i>	A3F9	3	61,6±23,90 a	25,3±8,52 b	0,028947	-68,1%

*Médias seguidas da mesma letra, na mesma linha, não diferem entre testes F ($p \leq 0,05$).

**TCR: Taxa de crescimento relativa.

FONTE: O autor (2019).

Com relação ao índice de velocidade de crescimento (IVCM), verificou-se um comportamento semelhante ao do crescimento vegetativo, sendo que o isolado A3F4 (*Penicillium*), teve um crescimento mais rápido no meio com inseticida. Novamente, os isolados A1F1 (*Metarhizium*), A1F2 (não identificado), A2F1 (*Paecilomyces*), A3F5 (*Aspergillus*) apresentaram uma velocidade de crescimento semelhante nos meios com e sem inseticida. Nos demais isolados, o inseticida além de inibir parcialmente, retardou o desenvolvimento dos fungos (Tabela 3).

Tabela 3. Análise da velocidade de crescimento micelial para tratamento testemunha e tratamento acrescido de inseticida.

GÊNERO	FUNGO	ÁREA	CONCENTRAÇÃO (ppm)	IVCM* (testemunha)	IVCM* (inseticida)
<i>Metarhizium</i>	A1F1**	1	1000	12,5	7,2
Não identificado	A1F2	1	1000	20,3	19,1
<i>Syncephalis</i>	A1F3	1	1000	32,6	21,6
<i>Paecilomyces</i>	A2F1	2	1000	19,7	18,2
<i>Aspergillus</i>	A2F3	2	1000	39,2	10,1
Não identificado	A2F4	2	1000	23,1	15,1
<i>Paecilomyces</i>	A2F5	2	1000	23,8	17,7
Não identificado	A3F1	3	1000	47,2	19,6
<i>Metarhizium</i>	A3F3	3	1000	33,1	23,6
<i>Penicillium</i>	A3F4	3	1000	12,6	15,7
<i>Aspergillus</i>	A3F5	3	1000	30,8	27,7
Não identificado	A3F6	3	1000	30,7	14,8
<i>Aspergillus</i>	A3F7	3	1000	29,8	20,3
<i>Paecilomyces</i>	A3F8	3	1000	23,5	14,2
<i>Rhizopus</i>	A3F9	3	1000	79,4	25,3

*IVCM: Índice de Velocidade de Crescimento Micelial.

****Valores de A1F1 tabulados para medição de 3 dias devido ilegitimidade das colônias nos 2 últimos dias de acompanhamento.**

FONTE: O autor (2019)

O melhor desenvolvimento do isolado A3F4, do gênero *Penicillium*, no meio com inseticida, indica que além do fungo ser tolerante ao produto, pode apresentar uma possibilidade de degradação do mesmo, utilizando-o como fonte de nutrientes para o seu desenvolvimento.

A capacidade de isolados do gênero *Penicillium* degradarem agroquímicos já foi observada em outros trabalhos, para os inseticidas (Liu et al., 2004; Ramos, 2014) e herbicidas (Martinez et al., 2008; Barbosa 2013; Demichelli, 2016; Albuquerque, 2018).

Em certos casos, os fungos podem produzir enzimas com capacidade de degradação de agroquímicos, fato esse já observado em outros trabalhos para o fungo *Penicillium*. Nesse sentido, Liu et al. (2004) executaram a purificação e caracterização de uma enzima encarregada da degradação de inseticidas organofosforados a partir do *Penicillium lilacinum*. Já Albuquerque (2018), constatou a degradação do herbicida glifosato pelo fungo do gênero *Penicillium*, comparando seu potencial de degradação ao fungo *P. chrysosporium* (conhecido por ser capaz de degradar uma série de agroquímicos), verificando semelhança nos resultados dos tratamentos.

Enzimas hidrolases capazes de degradar inseticidas do grupo dos carbamatos (inseticidas substitutos de inseticidas organoclorados) também foram isoladas do fungo pertencente ao gênero *Aspergillus* (Qing et al., 2003).

Além do isolado A3F4, destacaram-se os isolados A1F1 (*Metarhizium*), A1F2 (não identificado), A2F1 (*Paecilomyces*) e A3F5 (*Aspergillus*), que não tiveram o seu desenvolvimento afetado pelo inseticida, mesmo sob a exposição da maior concentração recomendada pelo fabricante (1000 ppm).

Os fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Metarhizium* têm sido considerados promissores para a biorremediação dos agroquímicos herbicidas (Martinez et al., 2008; Barbosa et al., 2013; Demicheli, 2016).

De acordo com Colla et al., (2008), organismos presentes em locais contaminados são mais indicados para biorremediação, pois já estão adaptados ao meio com a presença dos poluentes. O local contaminado opera como um meio de cultivo seletivo, permitindo o desenvolvimento apenas dos organismos resistentes, os quais, podem utilizar os poluentes como fonte de nutrientes para o seu crescimento e desenvolvimento.

Por outro lado, os isolados A1F3, A2F3, A2F4, A2F5, A3F1, A3F3, A3F6, A3F7, A3F8

e A3F9, foram mais sensíveis e tiveram seu desenvolvimento parcialmente inibido pela presença do inseticida Fastac® 100. Vale ressaltar que este produto possui uma classificação toxicológica elevada (produto altamente tóxico) e pode ter afetado o crescimento e o desenvolvimento dos fungos.

Em um trabalho semelhante, Ramos (2014) também observou a inibição do crescimento de isolados de *Aspergillus terreus* e *Aspergillus japonicus* de solo quando exposto a inseticida organofosforado.

O comportamento diversificado apresentado pelos diferentes gêneros e isolados de fungos reforçam a necessidade de trabalhos de isolamentos de novos organismos, visando a biorremediação de agroquímicos.

Ressalta-se que no presente trabalho foi utilizada a maior concentração do produto recomendada pelo produtor. Novos estudos, com concentrações menores, poderão indicar novos isolados com potencial de biorremediação. Também são necessários novos estudos para certificar que o fungo está usando o agroquímico como nutriente, e se positivo, determinar a rota metabólica utilizada pelo microrganismo.

6 CONCLUSÃO

Todos os isolados toleraram (total ou parcialmente) a presença do inseticida, com variações nos níveis de crescimento e desenvolvimento.

O isolado A3F4, pertencente ao gênero *Penicillium*, destacou-se com maior desenvolvimento na presença do inseticida, indicando ter potencial para a biorremediação de inseticidas.

Os isolados A1F1 (*Metarhizium*), A1F2 (não identificado), A2F1 (*Paecilomyces*) e A3F5 (*Aspergillus*) apresentaram o mesmo desenvolvimento nos meios com e sem inseticida, indicando que são tolerantes ao produto e promissores para estudos futuros de biorremediação.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P.M.; GÓMEZ S. A. M.; CARDOSO, D.S.B.; DUVOISIN J. S. **Biodegradação do Glifosato Utilizando o Fungo Endofítico Amazônico *Penicillium Mgre.*** 2018. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2018/trabalhos/5/1406-24763.html>>. Acesso em: 22 Jun. 2019.

ALMEIDA, S. G.; PETERSEN, P.; CORDEIRO, A. **Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira:** subsídios à formação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001.

ALVES, M.C. **Recuperação dos solos degradados pela agricultura.** In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA AGRICULTURA, 5. 2006, Campinas. Anais. Campinas: Instituto Agrônômico, 2006.

ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. **Biorremediação de Solos contaminados por Petróleo e seus derivados.** Eclética Química, Marília, v. 35, n. 3, p. 17-43, 2010.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Cartilha sobre Agrotóxicos:** Série Trilhas do Campo. 24 p. 2011.

ANVISA; UFPR. **Seminário de mercado de agrotóxico e regulação.** Brasília: ANVISA. 2012. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/b064b7804c1890a395ccd5dc39d59d3e/Semin%C3%A1rio+ANVISA+Mercado+e+Regula%C3%A7%C3%A3o+de+Agrot%C3%B3xicos+2012+%5BSomente+leitura%5D.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 11 Abr. 2019.

ARAÚJO, A. C.P., NOGUEIRA, D.P. & AUGUSTO, L.G.S. **Impacto dos praguicidas na saúde:** estudo da cultura do tomate. Revista de Saúde Pública 34, 309- 313. 2000.

ATAGANA, H.I.; HAYNES, R.J. & WALLIS, F.M. **Fungal Bioremediation of creosote contaminated soil:** a laboratory scale bioremediation study using indigenous soil fungi. Water, Air, and Soil Pollution, 172: 201-219. 2006.

BAILEY, G.W. & WHITE, J.L., **Factors influencing the adsorption, desorption and movement of pesticides in soil.** In: Residue Review, The Triazines Herbicides. New York,

USA: Springer Verlag, v. 32, p. 2992, 1970.

BALLAMINUT, N.; MATHEUS, D.R. **Characterization of fungal in oculum used in soil remediation.** Brazilian Journal of Microbiology, v.38, n.2, p.248-252, 2007.

BARBOSA, N. P. S.; NASCIMENTO, I. O.; SILVA, P. B R.; CAVALCANTE, D. L. **Isolamento e seleção de fungos para biorremediação a partir de solo manejado com herbicidas.** 2013. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/15019/9595>>. Acesso em: 22 Jun. 2019.

BARNABÉ, A.S. **Processos de biodegradação dos herbicidas paraquat e diquat por fungos Basideomicetos:** Uma proposta para a biorremediação de solos. 74p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2003.

BARNETT, H. L.; B. B. HUNTER. **Illustrated genera of imperfect fungi.** The American Phytopatological Society, 4.ed. St. Paul: Minnesota, 1999.

BAUDET, L.; PESKE, F. **Aumentando o desempenho das sementes.** Seed News, v. 5, p. 35-37, 2006.

BELTRÃO, N. E. M. **Agricultura orgânica e seu potencial como estratégia de produção.** In: IV Congresso Brasileiro de Algodão. 2003. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/412.pd> Acesso em: 01 Set. 2018.

BIANCHINI, Valter; MEDAETS, Jean Pierre Passos. **Da revolução verde à agroecologia:** Plano Brasil Agroecológico. Brasília: MDA, 2013.

BRASIL. Lei n. 7.802, de 11 de jul. de 1989. **Lei dos Agrotóxicos**, Brasília, DF, jul 1989.

BUMPUS, J.A.; AUST, S.D. **Biodegradation of chlorinated organic compounds by Phanerochaete chrysosporium, a wood-rotting fungus.** In: EXNER, J.H. (Ed.). Solvent 90 Hazardous waste problems: learning from dioxins. Washington DC: American Iety. p.340-349. 1987.

BURNS, K.A.; CODI, S.; DUKE, N.C. **Gladstone, Australia Field studies:** weathering and degradation of hydrocarbons in oiled mangrove and salt marsh sediments with and without

the application of an experimental bioremediation protocol. *Marine Pollution Bulletin*. Amsterdam, v. 41, p. 392–402. 2000.

CAMERON, M.D.; S. TIMOFEEVSKI S.D. AUST. **Enzymology of Phanerochaete chrysosporium with respect to the degradation of recalcitrant compounds and xenobiotics**. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, v. 54, p. 751-758. 2000.

CARDOSO, E. J. B. N. **Microbiologia do solo**. (Andreote, F. D.). 2. ed. p. 197-207. 2016.

CHOWDHURY, A. **Impact of pesticides on soil microbiological parameters and possible bioremediation strategies**. *Indian Journal Microbiology*, v.48, p.114-127, 2008. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3450207/>>. Acesso em: 01 Set. 2018.

CLARK, F.E. **Agar-platemethod for total microbial count**. In **Methods of soilanalysis, Part 2. Chemical and microbiological properties**. (C.A. Blanc, D. Evans, J.L. White, L.E. Ensminger, F.E. Clark & R.C. Dinauer, eds.). Madson Inc., New York, p.1460-1466. 1965.

CLIMATE DATA. **Clima São Miguel do Iguçu**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/sao-miguel-do-iguacu-43580/>>. Acesso em: 11 Jun. 2019.

COLLA, L.M.; PRIMA, A.L.; LIMA, M.; BERTOLIN, T.E.; COSTA, A.V. **Isolamento e seleção de fungos para biorremediação a partir de solo contaminado com herbicidas triazínicos**. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, n.3, p.809-813, 2008.

CORRÊA, A. L. A.; ARAÚJO, J. K. L; PIMENTA, L. B.; SENA, M. D. D. **Isolamento e Seleção de Fungos para Biorremediação a Partir de Solos Contaminados com Agrotóxicos**. 2015. Disponível em: <<http://conic-semesp.org.br/anais/files/2017/trabalho-1000025082.pdf>>. Acesso em: 22 Jun. 2019.

CORRÊA, L. B. **O saber - Resíduos sólidos de serviços de saúde na formação acadêmica: uma contribuição da educação ambiental**. *Interface: comunicação, saúde, educação*, Rio Grande do Sul, v. 9, n. 18, p. 571-84, set./dez. 2005.

COSTA, M.A.G.; COSTA, E.V. **Poluição ambiental: Herança para gerações futuras**. Santa Maria: Orium. 256p. 2004.

CRÁPEZ, M.A.C. et al. **Biorremediação**: tratamento para derrames de petróleo. *Ciência hoje*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 179, p. 32-37, jan./ fev. 2002.

DEMICHELLI, N. D. **Isolamento, seleção e avaliação do potencial de biodegradação de glifosato (n-(fosfonometil)glicina) por microrganismos isolados de solo de lavoura, em laranjeiras do sul, pr.** . 90 f. Dissertação (Pós Graduação em em agroecologia e desenvolvimento rural sustentável) – Universidade Federal da Fronteira Sul – Laranjeiras do Sul, 2016.

DOMSCH, K.H.; GAMS, W.; ANDERSON, T.H. **Compendium of soil fungi**. v.I. San Francisco, Academic Press. 672 p. 1993.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental**: solo, água e sedimentos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2006. 169p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Monitoramento do Risco Ambiental de Agrotóxicos: princípio e recomendação**. 2004. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/14523/monitoramento-do-risco-ambiental-de-agrotoxicos-principios-e-recomendacoes>>. Acesso em: 01 Set. 2018.

GOMES et al., **Poluição do solo causada pelo uso excessivo de agrotóxicos e fertilizantes – Zona Rural, Viçosa – MG**. 2010. Disponível em: <<http://www.cbcn.org.br/simposio/2010/palestras/agrotoxicos.pdf>>. Acesso em: 18 Mai. 2019.

GREUTER, W.; MCNEILL, J.; BARRIE, F.R.; BURDET, H. M.; DEMOULIN, V.; FILGUEIRAS, T.S.; P.M., NICOLSON, D.H.; SILVA, P.C.; SKOG, J.E.; TREHANE, P.; TURLAND, N.J.; HAWKSWORTH, D.L. **International Code of Botanical Nomenclature (St. Louis Code)**. *Regnum Vegetabile*, v.138. 2000.

IBAMA. **Manual de testes para avaliação da ecotoxicidade de agentes químicos**. 2.ed. Brasília, 1990. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/73068166/12-MANUAL-DO-IBAMA-PARTE-D-AVALIACAO-DA-TOXICIDADE-DE-AGENTES-QUIMICOS-PARA-MICRORGA-NISMOS-MICROCRUSTACEOS-PEIXES-ALGAS-ORGANISMOS-DO-SOLO-AV>>. Acesso em: 16 Mai. 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2018**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/sao-miguel-do-iguacu/panorama>. Acesso em 30 Ago. 2018.

IRAC – Comitê Brasileiro de Ação a Resistência a Inseticidas. **Classificação do Modo de Ação de Inseticidas: A Chave para o Manejo da Resistência a Inseticidas**. 2016. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3213363/mod_resource/content/1/Classifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20inseticidas%20por%20MoA.pdf>. Acesso em: 10 Jun. 2019.

KASEMODEL, M. C. **Seleção de bactérias para biodegradação dos pesticidas organoclorados DDD, PCP e dieldrin**. 129 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências: Química Orgânica e Biológica) – Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo. São Carlos - SP, 2012.

KERRY, B.R. **An assessment of progress toward microbial control of plant parasitic nematode**. *Journal of Nematology*, v. 22, n.45, p.621-631, 1990.

KHINDARIA, A.; GROVER, T.A.; AUST, S.D. **Reductive dehalogenation of aliphatic halocarbons by lignin peroxidase of *Phanerochaete chrysosporium***. *Environmental Science Technology*, v.29, p.719-725, 1975.

LEMOS; MUSAFIR. **Poluição do solo**. 2014. Disponível em: http://www.mecanica-ufrj.educacao.ws/util/b2evolution/media/blogs/ricardo/Apost_Pol_Solos_HML_REM-2014.pdf. Acesso em: 01 set. 2018.

LIU, Y. H.; LIU, Y.; CHEN, Z. S.; LIAN, J.; HUANG, X.; CHUNG, Y. C. **Purification and characterization of a novel organophosphorus pesticide hydrolase from *Penicillium lilacinum* BP303**. *Enzyme and Microbial Technology*, [S.l.], v. 34, p. 297-303, 2004.

MARTINEZ, C. O. **Caracterização de bactérias e fungos envolvidos na degradação de sulfentrazona em solos**. In: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Meio Ambiente, 22 p. Embrapa Meio Ambiente. 2008.

MENEZES M, ASSIS SMP. **Guia prático para fungos fitopatogênicos**. 2ª ed. Recife PE. Imprensa Universitária da UFRPE. 2004.

MESQUITA, A; C. **Uso das técnicas de oxidação química e biodegradação na remoção de alguns compostos recalcitrantes**. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2004.

NOBLES, M.K. **Identification of cultures of wood-inhabiting Hymenomyces**. *Canadian Journal of Botany*, v.43, p.1097-1139. 1975.

OKURA, M. H. & RENDE, J. C. **Microbiologia roteiros de aulas práticas**. São Paulo: Tecmedd. 224 p. 2008.

OLIVEIRA, J. A. **Efeito do tratamento fungicida em sementes no controle de tombamento de plântulas de pepino (*Cucumis sativas L.*) e pimentão (*Capsicumannanum L.*)**. 1991. 111 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1999.

PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S.G. de; ESPOSITO, E.; ANTUNES, R.; REYES, J.; DURÁN, N. **Decolorization of Pulp Mill Effluents with Immobilized Lignin and Manganese Peroxidase from *Phanerochaete Chrysosporium***. *Environmental Technology*, v.19, n.5, p.521-528. 1998.

PIGNATI, W. A. et al. **Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde**. *Ciênc. Saúde coletiva*, Rio de Janeiro. v. 22, n. 10, p. 3281-3293. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141381232017021003281&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 02 Set. 2018.

PRADE, C. A.; MATSUMURA, A.T.S.; GUERREIRO, R.T.; PORTO, M.L. **Diversidade de fungos filamentosos e microscópicos do solo em uma plantação de *Hovenia dulcis* Thumb.** *Biociências* (Porto Alegre). 2006. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fabio/article/viewFile/227/190>>. Acesso em: 22 Jun. 2019.

QING, Z.; YANG, L.; YU-HUAN, L. **Purification and characterization of a novel carbaryl hydrolase from *Aspergillus niger* PY168**. *FEMS Microbiology Letters*, Amsterdam, v. 228, p. 39-44, 2003.

RAMOS, S. M. S. **Isolamento e seleção de fungos de solo para biodegradação do pesticida organofosforado clorpirifós**. 59 f. Dissertação (Pós-Graduação em Biologia de Fungos) – Universidade Federal de Pernambuco – Recife, 2014.

RANDHIR, R.; SHETTY, K. **Mungbeans by solid-state bioconversion improves phenolic content and functionality relevant for diabetes and ulcer management**. *Inovative Food Science Emerging Technologies*, p.197-204, 2007.

ROBB, J.; MOYER, E. **Natural attenuation of benzene and MTBE at four midwestern retail gasoline marketing outlets. Contaminated Soils, Sediments and Water.** p. 67- 71. 2001.

RODRIGUES, K.A.; SAMPAIO, G.M.M.; ZAIAT, M.; SANTAELLA, S. T. **Influência da glicose sobre o consumo de fenol por *Aspergillus niger* an 400 em reatores em batelada.** Engenharia Sanitária Ambiental, v.12, n.2, p.222-228, 2007.

RODRIGUES, S.; DUARTE, A. C. **Poluição do solo:** revisão generalista dos principais problemas. In: CASTRO, A.; DUARTE, A.; SANTOS, T. (Ed.). O ambiente e a saúde. Lisboa: Instituto Piaget. p. 136-176. 2003.

ROSA, C.A.R.; CAMPOS, S.G.; BARONI, F.A. **Práticas de micologia veterinária.** UFRRJ. Instituto de Veterinária. Departamento de Micologia e Imunologia Veterinária. Micologia Veterinária. Prática 8. Seropédica, 2002.

ROSSI, M. **O “alarmante” uso de agrotóxicos no Brasil atinge 70% dos alimentos.** 2015. Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2015/04/29/politica/1430321822_851653.html. Acesso em: 30 Ago. 2018.

SANTIAGO, A.L.C.M.A. **Zoopagales in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.** 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB121052>>. Acesso em: 23 Jun. 2019.

SILVA F.M.R. da; PEREIRA, S.V. **Ecologia e fisiologia de fungos filamentosos isolados de solo contaminado por metais pesados.** Revista Brasileira de Biociências, v.5, n.2, p.903-905, 2007.

SILVEIRA, V. D. **Micologia.** 5. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural. p. 336. 1995.

TOMASINI, A. et al. **An isolate of *Rhizopus nigricans* capable of tolerating and removing pentachlorophenol.** World Journal of Microbiology & Biotechnology, Leiden. v. 17. p. 201-205. 2001.

TORTELLA, G. R., DIEZ, M. C. & DURÁN, N. **Fungal Diversity and Use in Decomposition of Environmental Pollutants.** Critical Reviews in Microbiology 31:

197–212. 2005.

WHALON, M.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R.M. **Global pesticide resistance in arthropods**. London: CABI, Oxfordshire. 2008. 208p.

ZIMMERMAN, G. **The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent**. Pesticide Science, v.37, p.375-379, 1993.

ANEXO A – BULA FASTAC[®] 100

Fastac[®] 100

Inseticida

Registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA

sob Nº 002793 COMPOSIÇÃO:

Racemate comprising (S)- α -cyano-3-phenoxybenzyl (1R,3R)-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate and (R)- α -cyano-3-phenoxybenzyl (1S,3S)-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate

(ALFA-CIPERMETRINA)..... 100 g/L (10% m/v)

Outros ingredientes.....813 g/L (81,3% m/v)

GRUPO	3 A	INSETICIDA
-------	--------	------------

CONTEÚDO: VIDE APROVAÇÃO IBAMA.

CLASSE: Inseticida, de ação por contato e ingestão

GRUPO QUÍMICO: Alfa-cipermetrina: Piretróide

TIPO DE FORMULAÇÃO: Concentrado Emulsionável (EC)

TITULAR DO REGISTRO (*):

BASF S.A. - Av. das Nações Unidas, 14.171 - 10º ao 12º e 14º ao 17º andar Cond.
Rochaverá Corporate Towers - Torre C - Crystal Tower - Vila Gertrudes CEP 04794-000 - São Paulo/SP - CNPJ: 48.539.407/0001-18

Tel: (11) 2039-2273 - Fax: (11) 2039-2285

Registro do Estabelecimento na CDA/SAA-SP nº 044

(*) IMPORTADOR DO PRODUTO FORMULADO

FABRICANTES DO PRODUTO TÉCNICO:

ALFA-CIPERMETRINA:

Fastac Técnico - Registro MAPA nº 03093

Servatis S.A. - Rod. Presidente Dutra, km 300,5 - Parque Embaixador - CEP 27537-000 - Resende/RJ - CNPJ: 06.697.008/0001-35 - Registro do Estabelecimento no INEA/RJ-LO nº IN020944 **Alfa-Cipermetrina Técnica - Registro MAPA nº 01107**

Gujarat Agrochem Limited - Plot nº 2901 to 2905 GIDC Panoli Ankleshwar. Dist. Bharuch, Gujarat - Índia

Tagros Chemicals India LTD.: A-4/1 & A/2 SIPCOT Industrial Complex, Pachayankuppam Village, 607005 Cuddalore, Tamil Nadu, Índia

Bayer Vapi Private Limited - Plot Nº 306/3, II Phase, G.I.D.C., 396195 Vapi, Gujarat, Índia

FORMULADORES:

BASF S.A. - Av. Brasil, 791 - Bairro Eng. Neiva - CEP 12521-140 - Guaratinguetá/SP - CNPJ: 48.539.407/0002-07 - Registro do Estabelecimento na CDA/SAA-SP nº 487

Servatis S.A. - Rod. Presidente Dutra, km 300,5 - Parque Embaixador - CEP 27537-000 - Resende/RJ - CNPJ: 06.697.008/0001-35 - Registro do Estabelecimento no INEA/RJ-LO nº IN020944 [SEAPPA/SDA-RJ nº 0015/07]

Fersol Indústria e Comércio S.A. - Rod. Presidente Castello Branco, km 68,5 - CEP 18120-970 - Mairinque/SP - CNPJ: 47.226.493/0001-46 - Registro do Estabelecimento na CDA/SAA-SP nº 031

MANIPULADOR:

Arysta Lifescience do Brasil Indústria Química e Agropecuária S.A. - Rod. Sorocaba - Pilar do Sul, km 122 - Distrito Industrial - CEP 18160-000 - Salto de Pirapora/SP - CNPJ: 62.182.092/0012-88 - Registro do Estabelecimento na CDA/SAA-SP nº 476

Nº do Lote ou Partida:	VIDE EMBALAGEM
Data de Fabricação:	
Data de Vencimento:	

**TELEFONES DE
EMERGÊNCIA: 08000 11-
2273 ou (0xx12) 3128-
1357
SAC: 0800 019
2500**

**ANTES DE USAR O PRODUTO LEIA O RÓTULO, A BULA E A
RECEITA E CONSERVE-OS EM SEU PODER.
É OBRIGATÓRIO O USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO
INDIVIDUAL. PROTEJA-SE.
É OBRIGATÓRIA A DEVOLUÇÃO DA EMBALAGEM VAZIA.**

Indústria Brasileira (Disponível este termo quando houver processo industrial no Brasil, conforme previsto no Art., 4º do Decreto Nº 7.212, de 15 de junho de 2010)

**CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA II - ALTAMENTE
TÓXICO CLASSIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE
PERICULOSIDADE AMBIENTAL II – PRODUTO
MUITO PERIGOSO AO MEIO AMBIENTE**



INSTRUÇÕES DE USO:

Fastac® 100 é um inseticida da classe dos piretróides, recomendado para o controle de diversas pragas nas culturas do algodão, batata, café, soja e tomate.

CULTURAS/ PRAGAS/DOSES:

Cultura	Alvo biológico Nome comum/científico	Dose*		Volume de calda (L/ha)	Número Máximo de Aplicações
		mL p.c./ha	mL p.c./100 L		
Algodão	Curuquerê <i>Alabama argillacea</i>	50	-	200 - 300	3
	Lagarta-das-maçãs <i>Heliothis virescens</i>	200			
Batata	Vaquinha-verde-amarela <i>Diabrotica speciosa</i>	-	20	500	2
	Vaquinha-das- solanáceas <i>Epicauta atomaria</i>				
Café	Bicho-mineiro-do-café <i>Leucoptera coffeella</i>	50-60 mL por 1000 covas	-	300	2
	Lagarta-da-soja <i>Anticarsia gemmatalis</i>				

Soja	Lagarta-falsa-medideira <i>Chrysodeixis includens</i>	120	-	150 - 200	2
Tomate	Broca-pequena-do-fruto <i>Neoleucinodes elegantis</i>	-	10	700	3

p.c. = produto comercial (1 litro de **Fastac**[®] **100** equivale a 100 g i.a. Alfacipermetrina).

i.a. = ingrediente ativo.

*Utilizar as maiores doses em áreas de alta incidência da doença e/ou para se conseguir um maior período de controle.