

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
organizadores

# PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

Volume III



Pantanal Editora  
2021

**Alan Mario Zuffo**  
**Jorge González Aguilera**  
Organizador(es)

# **Pesquisas Agrárias e Ambientais**

## **Volume III**



Pantanal Editora

2021

Copyright© Pantanal Editora  
Copyright do Texto© 2021 Os Autores  
Copyright da Edição© 2021 Pantanal Editora  
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo  
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera  
Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora

Edição de Arte: A editora. Imagens de capa e contra-capa: Canva.com

Revisão: O(s) autor(es), organizador(es) e a editora

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – OAB/PB
- Profa. Msc. Adriana Flávia Neu – Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
- Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – IF SUDESTE MG
- Profa. Msc. Aris Verdecia Peña – Facultad de Medicina (Cuba)
- Profa. Arisleidis Chapman Verdecia – ISCM (Cuba)
- Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo - UEA
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Dr. Carlos Nick – UFV
- Prof. Dr. Claudio Silveira Maia – AJES
- Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – UFGD
- Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva – UEMS
- Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos – IFPA
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Dr. Denis Silva Nogueira – IFMT
- Profa. Dra. Denise Silva Nogueira – UFMG
- Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão – URCA
- Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves – ISEPAM-FAETEC
- Prof. Me. Ernane Rosa Martins – IFG
- Prof. Dr. Fábio Steiner – UEMS
- Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez (Colômbia)
- Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles – UNAM (Peru)
- Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – IFRR
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG (México)
- Prof. Msc. João Camilo Sevilla – Mun. Rio de Janeiro
- Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales – UNMSM (Peru)
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Lucas R. Oliveira – Mun. de Chap. do Sul
- Prof. Dr. Leandris Argente-Martínez – Tec-NM (México)
- Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan – Consultório em Santa Maria
- Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior – UEG
- Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla – UNAM (Peru)
- Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira – SEDUC/PA
- Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira – IFPA
- Profa. Dra. Patrícia Maurer
- Profa. Msc. Queila Pahim da Silva – IFB
- Prof. Dr. Rafael Chapman Auty – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Raphael Reis da Silva – UFPI
- Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo – UEMA
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFPI

- Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira – FURG
- Profa. Dra. Yilan Fung Boix – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT

#### Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Esp. Camila Alves Pereira
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

#### Ficha Catalográfica

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
P472	<p>Pesquisas agrárias e ambientais [recurso eletrônico] : volume III / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2021. 93p.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            ISBN 978-65-88319-48-2            DOI <a href="https://doi.org/10.46420/9786588319482">https://doi.org/10.46420/9786588319482</a></p> <p>1. Agricultura. 2. Meio ambiente. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González.</p> <p style="text-align: right;">CDD 630</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

O conteúdo dos e-books e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es) e não representam necessariamente a opinião da Pantanal Editora. Os e-books e/ou capítulos foram previamente submetidos à avaliação pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação. O download e o compartilhamento das obras são permitidos desde que sejam citadas devidamente, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais, exceto se houver autorização por escrito dos autores de cada capítulo ou e-book com a anuência dos editores da Pantanal Editora.



#### **Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000. Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.  
 Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## APRESENTAÇÃO

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume III” é a continuação dos e-books Volume I e II com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: desafios e estratégias da fitorremediação no meio ambiente, composição de óleo essencial das folhas de *Qualea grandiflora* e *Qualea multiflora* Mart. e antileishmanial, eventos extremos e o clima no semestre de janeiro a junho de 2020, comportamento reprodutivo e aspectos ecológicos das árvores de um remansescentes em Bandeirantes - PR, maximizando o retorno do investimento em projetos florestais no Norte de Minas Gerais, elementos conceituais da importância dos biofertilizantes líquidos para a agroecologia e análises de anéis etários em escamas e vértebras do peixe *Brycon falcatus*. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume III, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este e-book possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

**Alan Mario Zuffo**  
**Jorge González Aguilera**

## SUMÁRIO

<b>Apresentação .....</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo I .....</b>	<b>6</b>
Desafios e Estratégias da Fitorremediação no Meio Ambiente.....	6
<b>Capítulo II .....</b>	<b>18</b>
Composition of the essential oil of leaves <i>Qualea grandiflora</i> and <i>Qualea multiflora</i> Mart. and antileishmanial activities .....	18
<b>Capítulo III.....</b>	<b>28</b>
Resumo dos eventos extremos e o clima no semestre de janeiro a junho de 2020 .....	28
<b>Capítulo IV .....</b>	<b>40</b>
Comportamento reprodutivo e aspectos ecológicos das árvores de um remanescente florestal no município de Bandeirantes/PR .....	40
<b>Capítulo V .....</b>	<b>49</b>
Maximizando o retorno do investimento em projetos florestais no Norte de Minas Gerais: análise econômica a partir da rotação florestal .....	49
<b>Capítulo VI .....</b>	<b>64</b>
Elementos conceituais para a compreensão da importância dos biofertilizantes líquidos para a agroecologia.....	64
<b>Capítulo VII.....</b>	<b>76</b>
Análise de anéis etários em escamas e vértebras do peixe <i>Brycon falcatus</i> (Müller & Troschel, 1844) no Rio Teles Pires, Amazônia Meridional .....	76
<b>Índice Remissivo .....</b>	<b>92</b>
<b>Sobre os organizadores.....</b>	<b>93</b>

## Capítulo I

# Desafios e Estratégias da Fitorremediação no Meio Ambiente

Recebido em: 25/11/2020

Aceito em: 26/11/2020

 10.46420/9786588319482cap1

Manassés dos Santos Silva<sup>1\*</sup> 

Hirlanda Brito Farias de Souza<sup>2</sup> 

Jacqueline de Brito Bispo<sup>2</sup> 

Naiala da Hora Góes<sup>2</sup> 

Táise Conceição Rodrigues<sup>3</sup> 

Layanna Rebouças de Santana Cerqueira<sup>2</sup> 

Adriele Nascimento Santana<sup>2</sup> 

Ivana Amorim Dias<sup>4</sup> 

## INTRODUÇÃO

Fatores inerentes ao aumento da ação antrópica, atrelado ao avanço do desenvolvimento econômico promovem constantemente modificações no ambiente. Essas alterações resultam em uma maior degradação dos sistemas terrestres, sobretudo, ao que se refere a áreas agrícolas devido ao consumo excessivo de agrotóxicos e fertilizantes (Oorts, 2013).

A contaminação de solos com elementos e compostos químicos tóxicos em decorrência da deposição e/ou derrame, seja de forma proposital ou acidental, tem se destacado entre os impactos ambientais. Os resíduos oriundos de atividades agrícolas, industriais, domésticas ou atmosféricas têm tornando a superfície terrestre mais susceptível, ocasionando alterações que modificam os atributos naturais do solo, propiciando impactos e restringindo seus usos (Kuiper et al., 2004).

A ausência de cuidados dessas alterações necessita de ações mitigadoras, principalmente para as que configuram danos irremediáveis e prejudiciais aos ecossistemas. O ambiente que tenha sido contaminado deve ser remediado de modo que reduza os níveis de contaminação e regresse à condição ambiental de forma apropriada (Monteiro, 2008).

A remediação de áreas poluídas é uma responsabilidade social associado a legislações que deve ser executada, além da aplicação de diferentes medidas de contenção e tratamento dos contaminantes

<sup>1</sup> Biotecnologista. Biólogo. Mestre em Recursos Genéticos Vegetais. Universidade Estadual de Feira Santana (UEFS), Avenida Transnordestina, s/n, Bairro Novo Horizonte, 44.036-900, Feira de Santana, Bahia, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Rua Rui Barbosa, 710, Centro, 44.380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Sergipe (UFS), Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Else, 49.100-000, São Cristóvão, Sergipe, Brasil

<sup>4</sup> Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rua XV de Novembro, 1299, Centro, 80.060-000, Curitiba, Paraná, Brasil.

\*Autor (a) correspondente: manasses.tec@hotmail.com

para o saneamento da área (Procópio, 2009). A remediação pode ser aplicada em inúmeras tecnologias que envolvem processos químicos, físicos ou biológicos (Accioly et al., 2000).

De modo geral o processo de descontaminação do solo é um procedimento lento, progressivo e dispendioso. Todavia, existem técnicas que abrangem o sistema solo-planta-contaminante no qual visam à minimização ou degradação dos níveis de toxidez contidos no solo (Jadia et al., 2009; Mariano et al., 2012). Dentre essas técnicas de remediação de solos destaca-se a Fitorremediação.

A Fitorremediação visa à aceleração da retirada de compostos tóxicos do solo, promovendo sua depuração através do uso de espécies vegetais (Cunningham et al., 1996). Além disso, a mesma atua no reestabelecimento da estrutura e ecologia do solo por meio da ampliação da quantidade de carbono orgânico tal como o aumento da porosidade e infiltração de água no solo reduzindo os processos erosivos (Merkl et al., 2006).

A utilização de plantas como elemento remediador é uma ferramenta que detém melhor relação custo e benefício, sobretudo para a sua implantação, além de promover maior facilidade na manipulação de espécies vegetais, diminuição dos impactos ambientais e reaproveitamento dos recursos (Souza et al., 2016; Uebel et al., 2017).

Para a obtenção de maior eficácia na aplicação da Fitorremediação, devem-se selecionar espécies que detenham uma maior aptidão de extração dos contaminantes, com grande desenvolvimento, alta produção de biomassa, sistema radicular extenso e fácil domínio (Leal et al., 2013).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é discutir e elucidar algumas informações sobre a utilização da Fitorremediação em áreas contaminadas, assim como estratégias a serem tomadas e desafios enfrentados no panorama atual.

## **A FITORREMEDIAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS**

As atividades humanas são geradoras de uma grande quantidade de resíduos tóxicos, que podem afetar diretamente os ecossistemas. As principais razões para a deterioração do solo e contaminação dos lençóis freáticos são os metais pesados, que por sua vez estão relacionados com o uso intensivo e inadequado de agrotóxicos oriundos de atividades agroindustriais e de mineração (Malavolta, 1994).

Contudo, alguns dos principais metais como cobre, zinco e níquel, são elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, porém, em concentrações inadequadas podem provocar danos (Gohre et al., 2006; Malavolta, 2008). Elementos como o chumbo e cádmio são tóxicos mesmo em quantidades muito pequenas, além dos agrotóxicos e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (Costa et al., 2008; Jacques et al., 2007; Gonçalves Júnior, 2013).

A busca por alternativas que promovem a remediação e descontaminação do ambiente tem se tornado cada vez mais sendo aplicadas nos últimos anos para a busca da melhoria dos ecossistemas

(Gerhardt et al., 2009). Dentre as principais mais aplicadas destacam-se as de origem biológica, ou seja, a biorremediação, com destaque para a Fitorremediação (Colla et al., 2008).

A Fitorremediação é a ferramenta capaz de fazer uso de plantas para descontaminação de solos e que está sendo cada vez mais promissora nas condições brasileiras, principalmente devido à biodiversidade e ao clima tropical do país (Marques et al., 2010). A revegetação com plantas fitoextratoras mobilizam os contaminantes do solo, pela transferência de metais pesados para a parte aérea da planta (Santos et al., 2015).

Dentre as categorias da Fitorremediação, os principais são: fitoextração (hiperacumulação), fitoestabilização, a rizofiltração, a fitotransformação e a fitovolatilização (Gonçalves Junior et al., 2013; Coutinho et al., 2015). A técnica de fitoextração é obtida basicamente através de plantas hiperacumuladoras, por meio da absorção pelas raízes, seguida do deslocamento, deposição nos tecidos da parte aérea e posteriormente remoção da área contaminada (Gonçalves Junior et al., 2013).

Ao contrário da fitoextração, a fitoestabilização não remove o poluente do ambiente, mas apenas estabiliza e fixa-o, reduzindo assim sua fluidez no sistema, evitando sua dispersão e alterando seu efeito sobre outros organismos (Schnoor et al., 2002; Gonçalves Junior et al., 2013).

Pouco menos utilizada, a rizofiltração inclui o uso de plantas com o objetivo de absorver, filtrar ou reduzir o teor de elementos poluentes no solo (principalmente metais pesados e pesticidas), basicamente utilizando o sistema radicular (Rai, 2009).

A fitotransformação envolve o uso de plantas que podem submeter o poluente a processos de biotransformação, podendo degradá-los e convertê-los em moléculas simples com baixa toxicidade. Já no processo de fitovolatilização, a planta atua como um intermediário entre o solo e a atmosfera, removendo os poluentes por meio da biodegradação da rizosfera, o composto é deslocado por vasos condutores e então liberado pela superfície da folha durante a respiração (Gonçalves Junior et al., 2013).

Com relação à tolerância de compostos orgânicos em vegetais, esse fenômeno pode ser o resultado de uma variedade de processos, como a translocação diferencial para outros tecidos vegetais e subsequente volatilização, degradação parcial ou completa e conversão em compostos menos tóxicos que se ligam aos tecidos vegetais (Accioly et al., 2000; Scramin et al., 2001; Pires et al., 2003a). Geralmente, a maioria dos compostos orgânicos sofrem transformações nas células vegetais antes de serem separados nos vacúolos ou combinam com estruturas celulares insolúveis, a exemplo da lignina (Macek et al., 2000).

De acordo com Zacchini et al. (2009), a eficiência da Fitorremediação não está apenas relacionada à disponibilidade de metais na matriz do solo, mas também às características de remediação das plantas, como a capacidade de acumular metais pesados e essenciais, rápido crescimento e transferência de metais absorvidos para as partes acima do solo. O solo também é o determinante básico da eficiência da Fitorremediação, porque o índice de absorção e transporte de cada espécie é afetado pelas condições do solo (Alloway, 2013).

Mediante o exposto, é relevante ressaltar que as técnicas de Fitorremediação, tal como outras podem apresentar limitações nas aplicações e eficiências, podendo ser influenciadas por alguns fatores, tais como as condições climáticas sazonais e o tempo, uma vez que em muitos casos a Fitorremediação requer um período longo para reparar totalmente a área contaminada (Koptsik, 2014).

Por outro lado, a Fitorremediação apresenta vantagens como, por exemplo, a manutenção das propriedades físicas e biológicas do solo, utilizando a energia solar para a realização do processo, podendo ser realizada com o mínimo de interferência ambiental (Pires et al., 2003b). Apresenta baixos custos, não requerendo equipamentos caros, podendo utilizar plantas simples, o que torna de fácil manutenção, adequação para locais com baixo índice de poluição e redução dos impactos ambientais (Koptsik, 2014; Uebel et al., 2017).

## **PLANTAS COM POTENCIAL FITORREMEIADOR**

A seleção de espécies que são capazes de tolerar poluentes vem a ser um dos principais pontos de potencialização da Fitorremediação. Contudo, torna-se preciso a seleção de espécies de fácil cultivo e controle, além da capacidade para despoluição do solo e água (Alves et al., 2016; Souza et al., 2018).

Nem todas as espécies de plantas crescem em um ambiente contaminado, diante disso, a primeira etapa envolve a identificação das espécies que apresentam a capacidade de tolerar o poluente, além de serem adequadas às condições locais. A seleção pode ser realizada avaliando-se a taxa de germinação e a produção de biomassa na condição de concentrações crescentes dos contaminantes no solo e para isso, o desenvolvimento de protocolos experimentais tem sido proposto (Marques et al., 2010).

Segundo alguns autores como Vose et al. (2000), Accioly et al. (2000), Pires et al. (2003a), para que a planta tenha um potencial fitorremediador é preciso que a mesma tenha características como: capacidade de absorver, tolerar ou reter contaminantes nas raízes, apresente um sistema radicular profundo, aumento do teor de biomassa, maior taxa de crescimento, alta capacidade de transpiração, fácil colheita, exsudação radicular, resistência à pragas e patógenos, facilidade no controle, eficiência na absorção e resistência ao poluente, dentre outros (Coutinho et al, 2015). Entretanto, as plantas dificilmente reuniram todas as características de interesse, contudo podem conter o máximo possível dessas (Marques et al., 2011; Rodrigues et al., 2019).

Além do uso para despoluição, as plantas fitorremediadoras podem ser empregadas como fixadoras de nutrientes, pastagens, cobertura vegetal e produção/adoção do sistema de plantio direto (Alves et al., 2016). Outra efetividade está nas técnicas de sulfentrazone e rizodegradação com o intuito de tolerar e fitorremediar, e que estão cada vez mais sendo aplicadas devido aos resultados positivos na redução de contaminantes no solo e água (Madalão et al., 2013).

O sulfentrazone na planta tem por funcionalidade armazenar o contaminante extraído do solo, e quando necessário metaboliza ou transforma em produtos menos tóxicos (Pires et al., 2003a). Já a

rizodegradação, vem sendo utilizada há muitos anos e seu processo ocorre com a liberação de exsudatos e enzimas pela raiz das plantas, onde essa atividade microbiana é estimulada e associa-se com fungos micorrízicos (Cunningham et al., 1996; Wilson et al., 2000; Madalão et al., 2013).

Nessa perspectiva, tornam-se necessários estudos com a diversidade vegetal para a busca de espécies capazes de promover a redução de poluentes no meio ambiente. Em um estudo de Procópio et al. (2004) verificou-se que as espécies *Medicago sativa*, *Avena strigosa*, *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*, *Helianthus annuus*, *Dolichus lablab*, *Stylosantes guianensis*, *Mucuna deeringiana*, *Raphanus sativus* e *Eleusine indica* sobreviveram à presença do herbicida Trifloxysulfuron sodium no solo. Os autores observaram que as espécies de *M. deeringiana*, *D. lablab*, *C. juncea* e *S. guianensis* apresentaram maiores tolerâncias ao herbicida, indicando potencial fitorremediar de Trifloxysulfuron sodium em solos.

Abordando outros estudos, Belo et al. (2007) avaliaram a capacidade fitorremediadora do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e da mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) em solo adubado com composto orgânico e contaminado com o herbicida Trifloxysulfuron sodium. Os autores observaram resultados em que o cultivo prévio de *C. ensiformis* e *S. aterrimum* possibilitaram o crescimento normal das plantas de sorgo, efetivando a capacidade remediadora dessas espécies.

Em um estudo realizado por Souza et al. (2018), foi utilizado mudas de *S. podophyllum* submetidas ao nitrato de chumbo II associado com ácido nítrico e ácido clorídrico com avaliação durante 75 dias. Foi observada presença de chumbo nas raízes da planta contaminada e que as folhas e o caule obtiveram um desenvolvimento maior do que as que não foram contaminadas, podendo ressaltar a capacidade de fitoextração de metais tóxicos presentes no solo pela espécie estudada.

Acredita-se que a utilização de plantas com capacidade de tolerar e extrair e/ou degradar poluentes possibilite a descontaminação de áreas agrícolas (Pires et al., 2003a). A fitoextração promove a despoluição de solos contaminados por metais pesados através de espécies capazes de transferir estes compostos do solo para a parte aérea dessas plantas (Wong, 2003; Morikawa et al., 2003).

Plantas hiperacumuladoras são utilizadas para a produção de massa seca, as quais são quimicamente induzidas a uma elevada eficiência de fitoextração de metais pela aplicação de agentes quelantes ao solo. Esses quelantes podem ser naturais (excretados pelas raízes das plantas como, por exemplo, os ácidos acético e cítrico) e artificiais como o EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético) (Meers et al., 2004; Melo et al., 2006).

A ligação de quelantes previne a adsorção específica dos metais pesados nos minerais da fração argila dos solos e aumenta a solubilidade desses poluentes, facilitando a absorção e o acúmulo nas plantas. Os artificiais são bons complexantes (Wilde et al., 2005; Santos et al., 2006), porém apresentam baixa biodegradabilidade ambiental, resultando na manutenção de elevados teores de metais solúveis no solo por longo período, aumentando os riscos de lixiviação (Wilde et al., 2005; Nascimento et al., 2006; Santos et al., 2006; Komárek et al., 2007).

## FATORES DETERMINANTES PARA O SUCESSO DA FITORREMEDIAÇÃO

O sucesso da Fitorremediação pode ser influenciado por fatores inerentes às espécies remediadoras e extrínsecos. Ao escolher as espécies para serem utilizadas na fitoextração, devem-se considerar o nível de contaminação no solo, fatores de bioacumulação e de transferência além da capacidade em hiperacumular o elemento contaminante (Lindblom et al., 2006). O perfil do solo também pode afetar diretamente o processo fitorremediador das plantas, desde a temperatura do solo, pH, condutividade elétrica, umidade, componentes orgânicos, além da atividade microbiana (Estrela et al., 2018).

Nem todas as plantas se desenvolvem em ambientes contaminados, dessa forma, é necessário realizar uma investigação sistemática e científica, principalmente quando se trata de despoluição de ecossistemas (Ashraf et al., 2019). Para obter eficiência na técnica de Fitorremediação é necessária uma seleção cuidadosa das espécies vegetais a serem usadas, uma vez que esta seleção depende da capacidade da planta em tolerar concentrações elevadas de contaminante, rápido crescimento e elevada produção de biomassa (Vasconcelo et al., 2020a).

Para ser considerada boa remediadora, uma planta deve também ter a capacidade de desenvolver na presença do contaminante e sobreviver sem reduzir sua taxa de crescimento, apesar da acumulação do contaminante. Adicionalmente, a planta remediadora deve ser capaz de crescer em solos pobres, profundos e se adaptar as condições ambientais externas (Oliveira et al., 2020).

Outro aspecto a ser analisado é a possibilidade de se utilizar várias espécies em um mesmo local para a remoção de vários contaminantes simultaneamente (Vasconcelo et al., 2020a). Os metais pesados são geralmente mencionados como um grupo de elementos de propriedades metálicas com um alto peso atômico, possuindo alta capacidade de toxicidade em ambientes naturais. Além disso, esses elementos não são biodegradáveis e podem acumular em organismos vivos (Ashraf et al., 2019).

Existem aproximadamente 400 espécies com capacidade de hiperacumulação diversos metais. As plantas consideradas hiperacumuladoras são aquelas capazes de acumular ou tolerar elevadas concentrações de metais como: mais de 10.000 mg kg<sup>-1</sup> de zinco e manganês; tolerar doses maiores de 1.000 mg kg<sup>-1</sup> de chumbo, níquel e cobre; doses maiores de 100 mg kg<sup>-1</sup> de cádmio (Coutinho et al., 2015).

Em um estudo realizado por de Romeiro et al. (2007), foi avaliado o desenvolvimento de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* L.) cultivado em solos contaminados com chumbo e seu potencial de bioacumulação. Os resultados demonstraram que a planta apresentou boa capacidade de fitoextração e tolerante ao chumbo. Magalhães et al. (2012) avaliaram o desenvolvimento das espécies *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus saligna*, cultivadas em substrato contaminado com manganês e observaram a redução das concentrações do substrato de *E. urophylla*, quando comparada com a *E. saligna* que apresentou maior desenvolvimento.

Araújo et al. (2011), buscaram determinar a capacidade fitoextrator de arsênio na espécie *Brachiaria decumbens* Stapf., cultivada em estufas agrícolas, utilizando-se seis classes de solos: Latossolo Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho Distrófico, Neossolo Flúvico, Neossolo Quartzarênico, Gleissolo Háptico e Gleissolo Melânico. Os autores observaram a queda no desenvolvimento da *B. decumbens* de forma diferenciada nas seis classes de solo, ocorrendo baixa translocação do arsênio da raiz para as folhas, sendo que essa espécie é considerada tolerante ao elemento e não hiperacumuladora, podendo ser empregada em programas de revegetação de áreas contaminadas pelo arsênio.

Vasconcelo e colaboradores (2020b) confirmaram o potencial fitorremediador das espécies *Mucuna aterrima*, *Dolichos lablab* e *Cajanus cajan* na tolerância ao herbicida imazapic. Entre as espécies analisadas a *M. aterrima* apresentou maior produção de massa seca da parte aérea e raiz, sendo esta a mais promissora na Fitorremediação do herbicida.

Existe uma propensão do uso de plantas energéticas como fitoextratoras de metais pesados transformando a biomassa em biodiesel, o que torna esta tecnologia mais sustentável, despoluindo áreas e contribuindo para o uso de energia mais conservacionista (Ruttens et al., 2011).

Algumas dessas espécies, como girassol (Zeittouni, 2003), mamona (Romeiro et al., 2006), milho (Pereira et al., 2007), mostarda (Santos et al., 2007) e nabo forrageiro (Jorge et al., 2010) já foram avaliadas como fitoextratoras de vários metais com resultados promissores. A utilização de leguminosas para a despoluição de solos é relevante devido serem resistentes a diversos herbicidas, podem também liberar exsudatos radiculares, que ativam a microbiota do solo atuando na decomposição dos compostos orgânicos (Oliveira et al., 2020).

A Fitorremediação ainda precisa transpor algumas barreiras como falta de informação em relação à técnica. Adicionalmente, possui baixo investimento comercial, isso devido a sua limitação ao direito de propriedade, enquanto que, técnicas com base em processos físicos e químicos são facilmente patenteáveis (Marques et al., 2011).

A escolha do melhor conjunto de técnicas da Fitorremediação depende de uma série de fatores, devendo-se destacar as características relacionadas à proximidade de grupos populacionais e de mananciais, migração potencial dos vapores, aspectos físicos da área, hidrogeologia, uso de água subterrânea e localização de poços (Usepa, 2001).

Apesar da capacidade comprovada da Biorremediação, a técnica apresenta algumas limitações: o tempo necessário para obtenção de uma despoluição eficiente, esse pode ser longo além de requerer mais de um ciclo de cultivo, conseqüentemente, necessitando de um tempo maior para descontaminação e gerando maiores custos (Ashraf et al., 2019).

## CONCLUSÃO

A Fitorremediação é uma técnica apropriada para remediar áreas medianamente contaminadas com metais, por ser simples, de baixo custo e ambientalmente aceitável, o que a torna mais ecologicamente correta. Porém, quando há urgência na obtenção de resultados, devido ao grande interesse econômico, alto valor da área e/ou, altos riscos para a saúde humana e ambiental, a Fitorremediação como solução isolada ainda apresenta limitações, necessitando de novos estudos em aperfeiçoamento de protocolos, assim como explorar a capacidade remediadora de novas espécies vegetais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accioly AMA et al. (2000). Contaminação química e biorremediação dos solos: Tópicos em Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1: 299-352.
- Alloway BJ (2013). Heavy Metals in Soil: Trace Metals and Metalloids in Soil and Their Bioavailability. Reading, UK: Springer, 613p.
- Alves C (2016). Seleção de espécies com potencial para fitorremediação de solo contaminado com herbicidas inibidores da PROTOX. (Dissertação), Erechim. 103p.
- Araújo ASA et al. (2011). Phytoremediation of arsenic-contaminated soils using *Brachiaria grass*. Ciência agrotécnica, 35(1): 4-91.
- Ashraf S et al. (2019). Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. Ecotoxicology and Environmental Safety, 174: 714–727.
- Belo AF et al. (2007). Fitorremediação de solo adubado com composto orgânico e contaminado com Trifloxysulfuron-sodium. Planta Daninha, 25(2): 251-258.
- Colla LM et al. (2008). Isolamento e seleção de fungos para biorremediação a partir de solo contaminado com herbicidas triazínicos. Ciência e Agrotecnologia, 32(3): 809-813.
- Costa ETDS et al. (2008). Subproduto da indústria de alumínio como amenizante de solos contaminados com cádmio e chumbo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32(6): 2533-2546.
- Coutinho PWR et al. (2015). Alternativas de remediação e descontaminação de solos: biorremediação e fitorremediação. Nucleus, 12(1).
- Cunningham SD et al. (1996). Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. Advances Agronomy, 56: 55-114.
- Estrela MA et al. (2018). Fitorremediação como solução para solos contaminados por metais pesados. Revista Ceuma Perspectivas, 31(1): 1-13.
- Gerhardt KE et al. (2009). Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: potential and challenges. Plant science, 176(1): 20-30.

- Gohre V et al. (2006). Contribution of the arbuscular micorrhizal symbiosis to heavy metal phytoremediation. *Planta*, 223(6): 1115-1122.
- Gonçalves Junior AC et al. (2013). Disponibilidade de nutrientes e elementos potencialmente tóxicos para as plantas de hissopo em solo arenoso sob adubação mineral e orgânica. *Scientia Agraria Paranaensis*, 12(2): 105-114.
- Jacques RJS et al. (2007). Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. *Ciência Rural*, 37(4): 1192-1201.
- Jadia CD et al. (2009). Phytoremediation of heavy metals: recent techniques. *African Journal of Biotechnology*, 8(6): 921-928.
- Jorge RAB et al. (2010). Torta de filtro e da turfa na mitigação de solo contaminado com resíduo de sucata rico em boro. *Bragantia*, 1: 1-5.
- Komárek M et al. (2007). The use of poplar during a two-year induced phytoextraction of metals from contaminated agricultural soils. *Environmental Pollution*, 27: 1-12.
- Koptsik GN (2014). Modern approaches to remediation of heavy metal polluted soils: a review. *Eurasian soil Science*, 47(7): 707- 722.
- Kuiper I et al. (2004). Rhizoremediation: A beneficial plant-microbe interaction. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 17: 6-15.
- Leal EF et al. (2013). Fitorremediação de chumbo pelas espécies Vetiver (*Vetiveria zizanioides* L), Feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.), e Singônio (*Syngonium angustatum*. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 36., Florianópolis. Anais. Florianópolis, p. 1 - 4. Disponível em: <http://eventosolos.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/2760.pdf>. Acesso em: 4 out. 2020.
- Lindblom SD et al. (2006). Constitutive expression of a high-affinity sulfate transporter in Indian mustard affects metal tolerance and accumulation. *Journal Environmental Quality*, 35: 726-733.
- Macek T et al. (2000). Exploitation of plants for the removal of organics in environmental remediation. *Biotechnology Advances*, 18: 23-34.
- Madalão JC et al. (2013). Susceptibilidade de espécies de plantas com potencial de fitorremediação do herbicida sulfentrazone. *Revista Ceres*, 60(1): 111-121.
- Magalhães MOL et al. (2012). Desempenho de duas espécies de eucalipto em solo com elevados teores de Mn. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(1): 92-98.
- Malavolta E (1994). Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados: mitos, mistificação e fatos. São Paulo: Produquímica, 153p.
- Malavolta E (2008). O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. *International Plant Nutrition Institute: Informações Agronômicas*, (121): 1-10.
- Mariano DC et al. (2012). Aspectos agronômicos, uso pelo homem e mecanismos da fitorremediação: uma revisão. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 5 (2): 85-101.

- Marques M et al. (2010). Seedling emergence and biomass growth of oleaginous and other tropical species in oil contaminated soil. *Open Waste Management Journal*, 3: 26-32.
- Marques M et al. (2011). Desafios técnicos e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de solos contaminados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(1): 1-11.
- Meers WE et al. (2004). Enhanced phytoextraction. In: search of EDTA alternatives. *International Journal Phytoremediation*, 6: 95-109.
- Melo EEC et al. (2006). Solubilidade, fracionamento e fitoextração de metais pesados após aplicação de agentes quelantes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30: 1051-1060.
- Merkl N et al. (2006). Effect of the tropical grass *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf on microbial population and activity in petroleum-contaminated soil. *Microbiological Research*, 161(1): 80-91.
- Monteiro MT (2008). Fitorremediação de rejeito contaminado proveniente do Canal do Fundão, na Baía de Guanabara-RJ. Departamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Tese), Rio de Janeiro. 317p.
- Morikawa H et al. (2003). Basic processes in phytoremediation and some applications to air pollution control. *Chemosphere*, 52: 1553-1558.
- Nascimento CWA et al. (2006). Comparison of natural organic acids and synthetic chelates at enhancing phytoextraction of metals from a multi-metal contaminated soil. *Environmental Pollution*, 140: 114- 123.
- Oliveira FKde et al. (2020). Potencial fitorremediador do “feijão-de-porco” submetido a diferentes concentrações de escória de siderurgia. *Holos*, 2: 1-13.
- Oorts K (2013). Copper. In: Alloway BJ. (ed.) *Heavy metals in soils - trace metals and metalloids in soils and their bioavailability*. 3<sup>th</sup> ed. Springer Environmental Pollution, v. 22, p. 367-394.
- Pereira BFF et al. (2007). Pb phytoextraction by maize in a Pb treated Oxisol. *Scientia Agricola*, 64(1): 52-60.
- Pires FR et al. (2003a). Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. *Planta Daninha*, 21(2): 335-341.
- Pires FR et al. (2003b). Seleção de plantas com potencial para Fitorremediação de tebuthiuron. *Planta Daninha*, 21(3): 451-458.
- Procópio SO (2004). Seleção de plantas com potencial para a Fitorremediação de solos contaminados com o herbicida Trifloxysulfuron-sodium. *Planta Daninha*, 22(2): 315-322.
- Procópio SO (2009). Fitorremediação de solos com resíduos de herbicidas. Aracaju, SE. 32p.
- Rai PK (2009). Heavy metal phytoremediation from aquatic ecosystems with special reference to macrophytes. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39(9): 697-753.

- Rodrigues TS et al. (2019). Efeito de plantas fitorremediadoras sobre o quociente microbiano (qMic) no solo do oeste da bahia. IV Congresso Internacional das Ciências Agrárias-COINTER PDV Agro, Recife-PE. Disponível em <https://cointer.institutoidv.org/inscricao/pdvagro/uploads/8811.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2020.
- Romeiro S et al. (2006). Lead uptake and tolerance of *Ricinus communis* L. Brazilian Journal of Plant Physiology, 18: 1-5.
- Romeiro S et al. (2007). Absorção de chumbo e potencial de Fitorremediação de *Canavalia ensiformes* L. Bragantia, 66(2): 327-334.
- Ruttens A et al. (2011). Short rotation coppice culture of willows and poplars as energy crops on metal contaminated agricultural soils. International Journal of Phytoremediation, 13(1): 194-207.
- Santos FS et al. (2006). Chelate-induced phytoextraction of metal polluted soil with *Brachiaria decumbens*. Chemosphere, 62(1): 1454-1463.
- Santos GCG et al. (2007). Efeitos da adição de fontes de matéria orgânica como amenizantes do efeito tóxico de B, Zn, Cu, Mn e Pb no cultivo de *Brassica juncea*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31(1): 793-804.
- Santos NM et al. (2015). Biodisponibilidade de chumbo por extratores químicos em solo tratado com ácidos húmicos e carvão ativado. Revista Ciência Agronômica, 46(4): 663-668.
- Scramin S et al. (2001). Utilização de plantas na remediação de solos contaminados por herbicidas – levantamento da flora existente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. Biodegradação. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. p. 369-371.
- Schnoor JL et al. (2002). Phytoremediation and bioremediation of perchlorate at the Longhorn Army Ammunition Plant. The University of Iowa, US.
- Souza NU et al. (2018). Potencial fitorremediador da *Syngonium podophyllum* sob os efeitos de Chumbo no solo. Anais do IV Congresso de Agrárias e Ambientais. Guarapuava-Paraná. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Glauco\\_Negrao/publication/328643433\\_Potencial\\_fitorremediador\\_da\\_Syngonium\\_podophyllum\\_sob\\_os\\_efeitos\\_de\\_Chumbo\\_no\\_solo/links/5bda23d84585150b2b945a38/Potencial-fitorremediador-da-Syngonium-podophyllum-sob-os-efeitos-de-Chumbo-no-solo.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Glauco_Negrao/publication/328643433_Potencial_fitorremediador_da_Syngonium_podophyllum_sob_os_efeitos_de_Chumbo_no_solo/links/5bda23d84585150b2b945a38/Potencial-fitorremediador-da-Syngonium-podophyllum-sob-os-efeitos-de-Chumbo-no-solo.pdf). Acesso em 13 nov. 2020.
- Souza V et al. (2016). Contaminação por chumbo, riscos, limites legais e alternativas de remediação. Veredas do Direito, 13(25): 249 – 276.
- Uebel A et al. (2017). Processos De Remediação Do Solo Contaminado Com Chumbo. Revista Caderno Pedagógico, 14(1): 63–71.
- Usepa. United States Environmental Protection Agency (2001). Technology Innovation Office. Treatment technologies screening matrix and reference guide: Version 4.0. Washington. Disponível em: <http://www.frtr.gov/matrix2/section2/2-7-1.htm>. Acesso em: 18 set. 2020.

- Vasconcelo SMA et al. (2020a). Selection of tolerant species to imazapic for potential use in phytoremediation. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 15(4): 1-10.
- Vasconcelo SNA et al. (2020b). Seleção de espécies tolerantes para a fitorremediação de solo contaminado com imazapic. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 19(2): 149-158.
- Vose JM et al. (2000). Leaf water relations and sapflow in Eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) trees planted for phytoremediation of a groundwater pollutant. *Intern. J. Phytoremediation*, 2(1): 53-73.
- Wilde EW et al. (2005). Phytoextraction of lead from firing range soil by *Vetiver grass*. *Chemosphere*, 61(1): 1451-1457.
- Wilson PC et al. (2000). Phytotoxicity, uptake, and distribution of <sup>14</sup>C- simazine in *Acorus gramineus* and *Pontederia cordata*. *Weed Science*, 48(1): 701-709.
- Wong MH (2003) Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere*, 50(1): 775-780.
- Zacchini M et al. (2009). Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. *Water, Air, and Soil Pollution*, 197(1): 23–34.
- Zeitouni CF (2003). Eficiência de espécies vegetais como fitoextratoras de cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de um latossolo vermelho amarelo distrófico. Instituto Agrônômico (Dissertação), Campinas - SP. 91p.

**ÍNDICE REMISSIVO**

**A**

agroecologia, 4, 65, 66, 67, 70  
agroquímicos, 65, 72

**B**

biodiversidade, 8, 41, 42, 49, 65  
biofertilizantes líquidos, 4, 65, 66, 72, 73, 74, 76

**E**

extrativismo, 45

**F**

fitoextração, 8

**H**

herbicidas, 12, 13, 16

**M**

mata atlântica, 41, 48, 49, 89  
metais pesados, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15

**P**

poluição, 9, 71, 78  
produção de sementes, 43, 46, 48

**R**

recursos naturais, 41, 66, 72  
remediação, 7, 8, 9, 14, 16, 17  
resíduos, 6, 7, 16, 66, 68

## SOBRE OS ORGANIZADORES



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 150 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 124 resumos simples/expandidos, 52 organizações de e-books, 32 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com).



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 52 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 33 organizações de e-books, 20 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: [j51173@yahoo.com](mailto:j51173@yahoo.com), [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br).

**A**s áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. Esta obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.



**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

ISBN 978-658831948-2

