



**Universidade Estadual Paulista - UNESP**  
**Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá - CTIG**  
**Guaratinguetá/SP**

***Fitorremediação de  
solos e águas contaminados***

***Débora Luisa Silva Teixeira***  
***Leon Balloni Gomes***  
***Luiz Tadeu da Silva***  
***José Felipe da Silva Farias***  
***Luan Moreira Grilo***  
***Marcelo Barbio Rosa***  
***Thaís dos Santos Moraes***  
***Elsa Paula Figueira Ferreira Morgado de Sampaio***

**07/08/2019**

# ***O que é Fitorremediação?***

**Processo que utiliza determinados tipos de vegetais para a descontaminação e/ou restauração de ambientes degradados por compostos orgânicos e/ou inorgânicos.**

# ***Exemplos de Compostos***

**Orgânicos: gasolina, diesel, álcool, óleos comestíveis e não comestíveis, plásticos, borracha e outros.**

**Inorgânicos: metais pesados (chumbo, mercúrio, etc.), soda cáustica, fertilizantes e outros.**

# ***Objetivo***

**A Fitorremediação tem a capacidade de remover, tornar inerte ou minimizar os riscos causados pelos contaminantes nos solos e águas.**

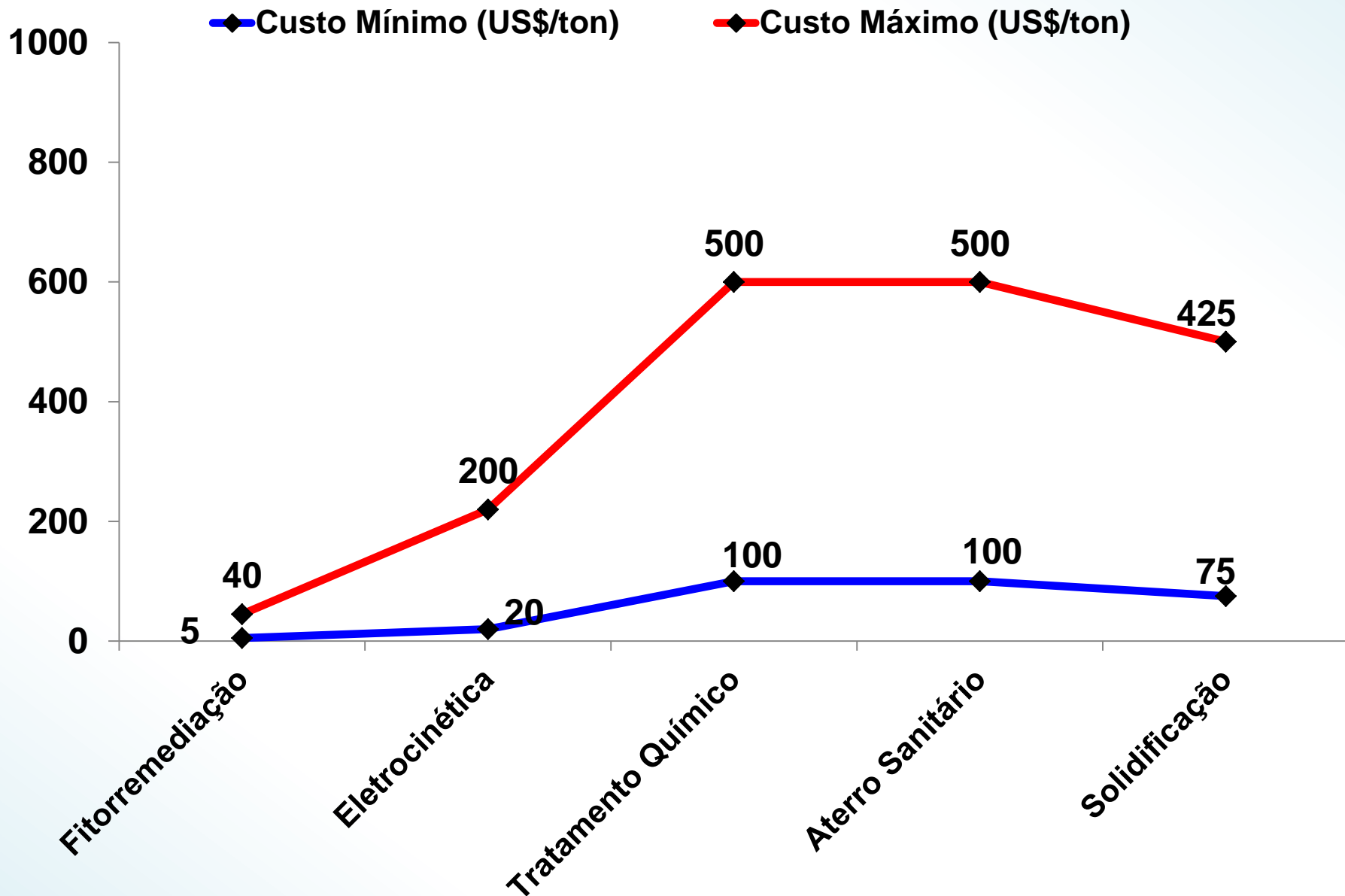
# ***Justificativas***

**A contaminação de ambientes aquáticos e terrestres envolve graves riscos e problemas à saúde humana, sendo que muitos poluentes são cancerígenos, mutagênicos, etc.**

# ***Justificativas***

**A Fitorremediação tem atraído considerável atenção dos investidores pelo mundo, por sua capacidade de remediar ambientes contaminados.**

# Gráfico 1 – Custos relacionados ao tipo de tratamento do solo



Fonte: Glass apud Raskin e Ensley (1999); Lasat (2000).

# ***Como funciona a Fitorremediação?***

**Depende do tipo e da quantidade do contaminante no solo e na água.**

**A partir disso, define-se qual o tipo de espécie vegetal fitorremediadora que será utilizada (BERTI e CUNNINGHAM apud RASKIN e ENSLEY, 1999; SREELAL e JAYANTHI, 2017).**

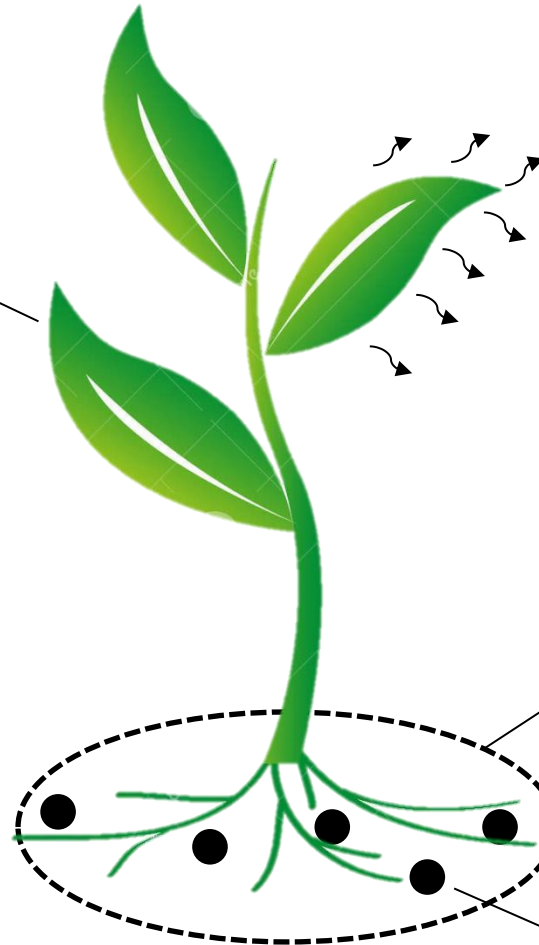
**As espécies vegetais mais adequadas são aquelas capazes de tolerar grandes quantidades de contaminantes (CRISTALDI *et al.*, 2017).**



# Como funciona a Fitorremediação?

## Fitovolatilização

Conversão biológica  
do metal para a  
forma gasosa



Liberação de metais  
para a atmosfera na  
forma gasosa

Translocação  
para a parte aérea

Poluente

# Como funciona a Fitorremediação?

## Fitoestabilização

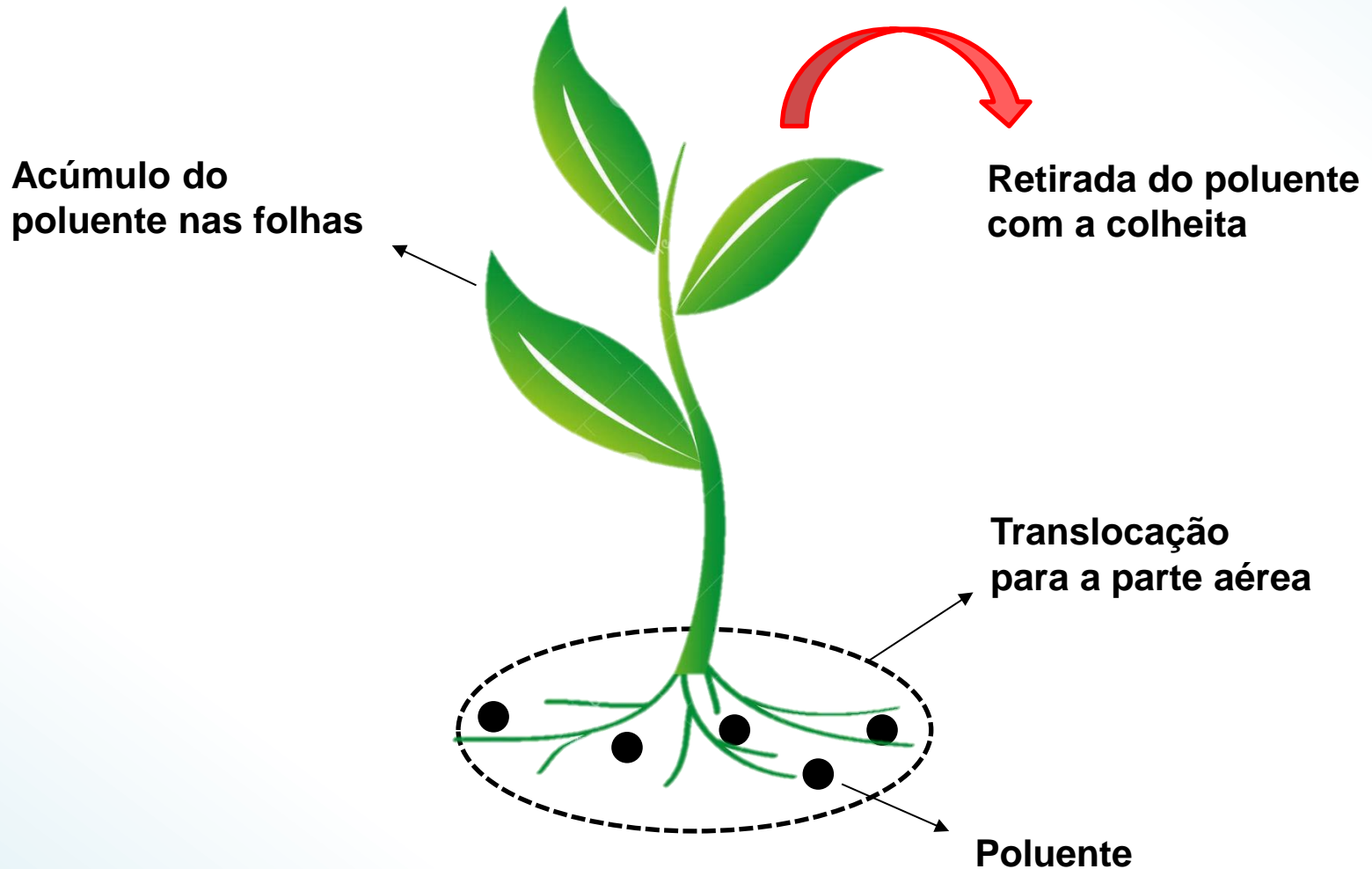
Absorção pelas raízes, sem translocação para a parte aérea



Poluente

# Como funciona a Fitorremediação?

## Fitoextração



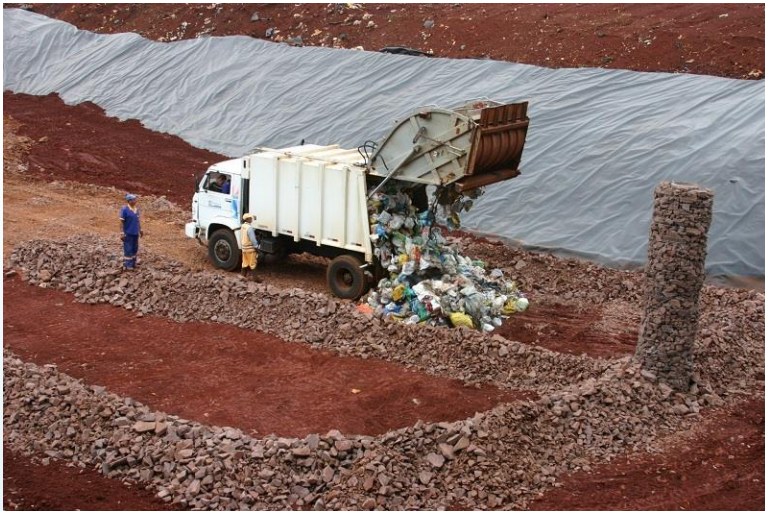
# ***Como funciona a Fitorremediação?***

**A eficiência na remoção dos poluentes é resultado da quantidade de biomassa produzida pela planta.**

**Quanto mais extensa a área a ser fitorremediada, maior será o número de colheitas e os custos de todo o procedimento.**

# ***Como funciona a Fitorremediação?***

**A remoção dos contaminantes, após a retirada das plantas fitorremediadoras, finalizará com o descarte da biomassa em aterro sanitário ou incineração (CRISTALDI *et al.*, 2017).**



Fonte: <http://www.terraplenagem.net/dicionario/a/aterro/>



Fonte: <http://www.unisolbrasil.org.br/tag/usinas-de-incineracao/>

# ***Como funciona a Fitorremediação?***

**Dependendo da qualidade da biomassa das plantas utilizadas na fitorremediação, também podem ser usadas para a produção de energia (biogás ou combustão direta), etanol, incorporação a materiais cerâmicos, tijolos e em papel e celulose.**

# ***Vantagens da Fitorremediação em ambientes contaminados***

**Baixa interferência  
no ecossistema**

**Aplicação *in situ***

**Pequeno uso de  
mão de obra**

**Biomassa pode  
produzir  
biocombustíveis**

**Menor perturbação  
dos residentes do  
local contaminado**

**Embelezamento  
do solo coberto  
pela vegetação**

**Remediação de  
múltiplos  
contaminantes**

**Procedimento é de  
baixo custo**

**Evita erosão do  
solo e lixiviação  
do poluente**

# **Desvantagens da Fitorremediação em ambientes contaminados**

**Área de fitorremediação  
é próxima a raiz**

**Elevada contaminação  
impede o procedimento**

**Em algumas situações o  
procedimento é lento**

**Nem todas as espécies  
vegetais fitorremediam**





# ***Exemplo de plantas remediadoras de solos contaminados***

# **Crotalaria (*Crotalaria spectabilis*)**



Fonte: <https://sementescaicara.bbshop.com.br/-crotalaria-spectabilis>

# **Crotalaria (*Crotalaria spectabilis*)**

- **Possui capacidade de armazenar o metal pesado Chumbo (Pb) no tecido vegetal da parte aérea (LINDINO *et al.*, 2011).**
- **O Pb é um dos maiores contaminantes do solo e possui largo uso industrial, sendo o metal pesado que oferece maior risco de envenenamento para seres humanos, especialmente às crianças (LASAT, 2002).**

# **Crotalaria (*Crotalaria juncea*)**



Fonte: [https://www.123rf.com/photo\\_20986814\\_crotalaria-juncea.html](https://www.123rf.com/photo_20986814_crotalaria-juncea.html)

# **Crotalaria (*Crotalaria juncea*)**

- De acordo com pesquisas de MADALÃO *et al.* (2012), a *C. juncea* apresentou grande capacidade de fitorremediar solos contaminados com o herbicida sulfentrazone.
- O herbicida é utilizado em culturas de cana-de-açúcar, soja e café. Seus resíduos podem permanecer no solo por cerca de dois anos, oferecendo risco de contaminação a lençóis freáticos.

# Feijão guandu anão (*Cajanus cajan*)



# **Feijão guandu (*Cajanus cajan*)**

- **O *C. cajan* (anão) também apresentou relevante potencial remediador quando se trata do sulfentrazone (MADALÃO *et al.*, 2012).**
- **Assim como a crotalaria, o feijão guandu é utilizado na agricultura como adubo verde, trazendo melhorias das condições físicas, químicas e biológicas do solo.**

# Capim braquiária (*Braquiária Decumbens*)



Fonte: ROSE (2006).



# **Capim braquiária (*Braquiária Decumbens*)**

- Estudos de ANTUNES (2007) indicaram que o capim tem potencial de bioacumular Arsênio (As) em suas raízes, podendo ser utilizada em programas de revegetação de áreas contaminadas pelo metal pesado.
- As exposições crônicas e agudas ao As têm sido associadas com o aparecimento de câncer, doenças cardiovasculares e desordens neurológicas (SILVA *et al.*, 2014).

# Girassol (*Helianthus annuus*)



# **Girassol (*Helianthus annuus*)**

- **Apresentou bons resultados na remediação de solos contaminados com os metais pesados Chumbo (Pb) e Cádmio (Cd) (ANGELOVA *et al.*, 2016).**
- **O cádmio é muito utilizado na fabricação de pilhas e produz efeitos tóxicos nos organismos vivos, mesmo em concentrações muito pequenas.**
- **O chumbo, como já mencionado, é altamente tóxico, principalmente para crianças.**



# ***Exemplo de plantas remediadoras de águas contaminadas***

# **Aguapé (*Eichhornia crassipes*)**



# **Aguapé (*Eichhornia crassipes*)**

- **A macrófita possui habilidade em sofrer modificações fisiológicas e anatômicas, que levam a adaptação ao ambiente estressante (PEREIRA, 2010).**
- **De acordo com avaliações de GRECO (2010), o aguapé apresentou uma eficiência de remoção de 87,98% de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e teor de celulose de 20,2% quando cultivado no efluente da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da Universidade de Santa Cruz do Sul - RS.**

# Alface-d'água (*Pistia stratiotes*)



Fonte: MORESCO (2016).

# **Alface-d'água (*Pistia stratiotes*)**

- **RODRIGUES (2016) concluiu, a partir de experimentos, que a alface d'água possui capacidade de remoção dos metais pesados Zinco e Cádmio de soluções contaminadas, proporcional ao tempo de cultivo dessa planta e aos níveis de contaminação da solução.**
- **A autora relatou, ainda, um maior acúmulo nas raízes, com elevação da taxa de translocação para parte aérea com o aumento da contaminação e tempo de cultivo.**



# Capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*)



Fonte: OLIVEIRA *et al.* (2017).

# Capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*)

- Planta de crescimento rápido e sistemas radiculares penetrantes, altamente tolerantes a condições climáticas adversas e a níveis elevados de contaminantes (DHANYA e JAYA, 2013). Apesar de não ser uma macrófita, pode ser encontrada em ambientes úmidos (brejos).
- OLIVEIRA *et al.* (2017) constataram a eficiência da espécie na remoção de matéria orgânica em efluentes suinícolas. Após 105 dias de tratamento, foi observada uma redução de matéria orgânica de 4980 mg/L para 390 mg/L.

# Taboa (*Typha domingensis*)



Fonte: BAGATINI (2015).

# **Taboa (*Typha domingensis*)**

- **MARTINS *et al.* (2007) avaliaram a capacidade da *Typha* na fitorremediação de efluentes de tanques de piscicultura na Bacia do Iraí - PR. No melhor tratamento, observou-se uma remoção na água de até 87% de nitrogênio e 54% de fósforo adicionados.**
- **Altas concentrações de nitrogênio e fósforo são apontadas como agentes eutrofizantes das águas, provocando um aumento de biomassa e posterior acúmulo de matéria orgânica em decomposição nesses ambientes.**



# ***Perspectivas do uso da fitorremediação no Brasil***

# **Perspectivas do uso da fitorremediação no Brasil**

**A quantidade e variedade de poluentes existentes é enorme e vem aumentando com o passar do tempo, trazendo sempre algum novo tipo de dano ambiental.**

**A avaliação da interação entre o ambiente, a planta e o poluente é um campo muito necessário e bastante promissor, dadas todas as vantagens já listadas.**

# **Perspectivas do uso da fitorremediação no Brasil**

**O Brasil, por ser um país de clima tropical e com enorme biodiversidade, apresenta grande potencial para o uso da fitorremediação.**

**A técnica pode se tornar ainda mais interessante e vantajosa quando há a utilização de plantas que aliem capacidade fitorremediadora a características desejáveis do ponto de vista agrônômico, como fácil controle, propagação ou erradicação.**

# Referências Bibliográficas

ALMEIDA, J.S. **Plantas daninha**. 2 ed. São Paulo: Editora Ceres, 1989.

ANGELOVA, Violina R. *et al.* Potential of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) for Phytoremediation of Soils Contaminated with Heavy Metals. **International Journal Of Environmental And Ecological Engineering**, [S.l.], v. 10, n. 9, 2016. Disponível em: <waset.org/Publication/10005333>. Acesso em: 19 fev. 2018.

ANTUNES, Alessandra Silveira. **Potencial da braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) na fitorremediação de solos contaminados com arsênio**. 2007. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BAGATINI, J. A. *Typha domingensis* Pers. 2015. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/fitoecologia/florars/open\\_sp.php?img=13826](http://www.ufrgs.br/fitoecologia/florars/open_sp.php?img=13826)>. Acesso em: 20 mar. 2019.

BELL, T. H.; JOLY, S.; PITRE, F. E.; YERGEAU, E. Increasing phytoremediation efficiency and reliability using novel omics approaches. **Trends Biotechnol**, v. 32, n. 5, p. 271-280, 2014.

CRISTALDI, A. *et al.* Phytoremediation of contaminated soils by heavy metals and PAHs. A brief review.. **Environmental Technology & Innovation**. Elsevier, [S.l.], v.8, p. 309-326, 2017. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eti.2017.08.002>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

DA SILVA, Juliana Monteiro Bastos; BARRIO, Ramon J.; MOREIRA, Josino Costa. Arsênio - saúde: uma relação que exige vigilância. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 57-63, fev. 2014. Disponível em: <<https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/130>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

DHANYA, G.; JAYA, D. Pollutant Removal in Wastewater by Vetiver Grass in Constructed Wetland System. **IJERT**. v. 2, ed. 12, p. 1361-1368, 2013.

GOMES, M. A.; HAUSER-DAVIS, R. A.; DE SOUZA, A. N.; VITORIA, A. P. Metal phytoremediation: General strategies, genetically modified plants and applications in metal nanoparticle contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 134P1, p. 133-147, 2016.

GRECO, M. F. P. de S. **Estudo exploratório de macrófitas aquáticas: potencial de fitorremediação (N-NH<sub>3</sub>) e de aproveitamento de biomassa**. 2010. 99 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul- Unisc, Santa Cruz do Sul.

HOTT, A. **Flor do Assa Peixe**. 2010. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/angelohott/4832998058/in/photostream/>>. Acesso em: 30 de jan. de 2018.

LASAT, M.M. Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. **Journal for Hazardous Substance Research**, vol. 2, n.5 , p.1–25, 2000.

LASAT, M.M. Phytoextraction of toxic metals: A review of biological mechanisms. **Journal of Environmental Quality**, v.31, p.109-120, 2002.

LINDINO, Cleber Antonio *et al.* Fitorremediação de solos utilizando *Crotalaria spectabilis* para remoção de cádmio e chumbo. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon., v. 11, n. 4, p.25-32, 2012.

MADALÃO, João Carlos *et al.* Uso de leguminosas na fitorremediação de solo contaminado com sulfentrazone. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 390-396, out./dez. 2012.



# Referências Bibliográficas

- MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B.; FAVARETTO, N.; BOEGER, M. R. T.; OLIVEIRA, E. B. de. Capacidade da *Typha domingensis* na fitorremediação de efluentes de tanques de piscicultura na Bacia do Iraí - Paraná. **AGRIAMBI**, v.11, n. 3, p. 324-330, 2007.
- MISHIMA, D.; KUNIKI, M.; SEI, K.; SODA, S.; IKE, M.; FUJITA, M. Ethanol production from candidate energy crops: Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). **Bioresource Technology**, v. 99, n. 7, p. 2495-2500, 2008.
- MORESCO, C. Avaliação do potencial da macrófita na exposição de íon cromo (VI): biossorção e tolerância. 2016. 102 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.
- OLIVEIRA, E. de; CYPRIANO, K. N.; TEIXEIRA, L. G. D.; SKORKA, M. **Avaliação do potencial da espécie *Vetiveria Zizanioides* na fitorremediação de metais-traço presentes em ambientes aquáticos**. Araquari - SC: Instituto Federal Catarinense. Trabalho Final do Projeto de Iniciação Científica Integrada (PIC-QUIMI). 2017.
- PENTEADO, S.R. **Adubação verde e produção de biomassa: Melhoria e recuperação dos solos**. Campinas: Livros Via Orgânica, 2007. 174p.
- PEREIRA, F. J. **Características anatômicas e fisiológicas de Aguapé e índice de fitorremediação de alface d'água cultivados na presença de Arsênio, Cádmio e Chumbo**. 2010. 116 p. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia/fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.
- PEREIRA, K. L. etl al. Potencial fitorremediador das plantas predominantes na área do lixão de Inconfidentes/MG. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, Edição Especial n. 1, p. 25-29, ago. 2013. Disponível em: <<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/566/465>>. Acesso em: 05 fev. 2018.
- SILVA, C. S.; PEDROZA, M.F.M. **Ecotoxicologia do cromo e seus compostos**. Salvador: CRA, 2001.
- RASKIN, I.; ENSLEY, B.D. **Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants To Clean Up the Environment**. John Wiley & Sons Inc., New York, p. 15–31, 1999.
- RASKIN, I., ENSLEY, B.D. **Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants To Clean Up the Environment**. John Wiley & Sons Inc., New York, p. 71–88, 1999.
- SOUZA, Tamara Daiane de. **Otimização do processo de fitorremediação de águas contaminadas com arsênio**. 2016. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- RODRIGUES, A. C. D. **Potencial da Alface-d'água (*Pistia stratiotes*) para Descontaminação de Águas Contaminadas por Zn e Cd**. 2016. Tese (doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação Agropecuária, p. 21-108.
- SREELAL, G., JAYANTHI, R. Review on phytoremediation technology for removal of soil contaminant. **Indian J. Sci. Res.** v. 14, n. 1, p. 127–130, 2017.
- TAHIR, U., YASMIN, A., KHAN, U.H. Phytoremediation: Potential flora for synthetic dyestuff metabolism. **Journal of King Saud University**, [s.i.], v. 28, n.2, p. 119-130, 2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364715000671>>. Acesso em: 06 fev. 2018.
- VASCONCELLOS, Maria Cristina; PAGLIUSO, Débora; SOTOMAIOR, Vanessa Santos. Fitorremediação: Uma proposta de descontaminação do solo. **Estudos de Biologia: Ambiente e Diversidade**, Paraná, v. 34, n. 83, p.261-267, 2012.



**Nossos agradecimentos**  
**à Direção do CTIG-UNESP, à Prof.<sup>a</sup> Bethânia,**  
**aos Alunos, Professores e Funcionários presentes.**

***Débora Luisa Silva Teixeira***

***CCST/INPE***

**[deboralsteixeira@gmail.com](mailto:deboralsteixeira@gmail.com)**