

ÁREA TEMÁTICA: Gestão Ambiental

USO DA FITORREMEDIÇÃO COMO TRATAMENTO PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Brunna Castilhos Petersen (brunnapetersen@gmail.com), Débora M. de Souza (debosouza@edu.unisinos.br), Joice Brochier Schneider (joiceambiental@gmail.com), Jenifer L. da Silva (jenielu@hotmail.com), Larissa da Costa Ludwig (ludwig.larissa@hotmail.com), Regina C. E. Modolo (reginaem@unisinos.br), Daiane C. Evaldt (dcalheiro@unisinos.br), Carlos A. M. Moraes (cmoraes@unisinos.br)

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

RESUMO

A fitorremediação é uma técnica comumente utilizada em processo de descontaminação de áreas que tem ganhado destaque nos últimos anos por se tratar de uma forma eficiente aplicada *in situ*, pela sua viabilidade econômica e por tratar-se de uma tecnologia menos prejudicial ao meio ambiente. Tendo em vista o potencial uso da fitorremediação no Brasil pelas condições climáticas favoráveis e expressiva biodiversidade botânica, o objetivo da pesquisa é apresentar algumas características e mecanismos da técnica e as espécies já utilizadas em território brasileiro para remoção de diferentes tipos de contaminantes. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica que aborda as categorias da fitorremediação, suas vantagens e desvantagens e trabalhos desenvolvidos no país. Os resultados obtidos demonstram que apesar das desvantagens, como maior tempo para observar os efeitos da remediação comparado com técnicas convencionais e a adaptação das espécies em locais contaminados distintos, a fitorremediação se mostra uma tecnologia promissora devido às diferentes estruturas genéticas, morfológicas, fisiológicas e anatômicas que as plantas podem empregar para a recuperação ambiental bem como a possível associação de duas ou mais espécies vegetais para ampliar a eficiência da descontaminação. Os estudos realizados no Brasil utilizando diversas plantas nativas têm foco na aplicação em áreas degradadas por herbicidas e contaminadas por metais pesados; os resultados alcançados têm sido satisfatórios, evidenciando o favorável uso desta técnica. Foi possível verificar também que há necessidade de maior produção científica da área de fitorremediação no país para obtenção de mais espécies nativas como potenciais agentes remediadoras para diferentes classes de contaminantes.

Palavras-chave: Fitorremediação; Área contaminada; Espécies nativas do Brasil.

USE OF PHYTOREMEDIATION AS A TREATMENT FOR THE RECOVERY OF DEGRADED AREAS

ABSTRACT

Phytoremediation is a technique commonly used in the decontamination process of areas that has gained prominence in recent years because it is an efficient method applied *in situ*, due to its economic viability and because it is a technology that is less harmful to the environment. In view of the potential use of phytoremediation in Brazil due to favorable climatic conditions and expressive botanical biodiversity, the objective of the research is to present some characteristics and mechanisms of the technique and the species already used in Brazilian territory to remove different types of contaminants. For this, a bibliographic review was carried out that addresses the categories of phytoremediation, their advantages and disadvantages and works developed in the country. The results obtained demonstrate that despite the disadvantages, such as longer time to observe the effects of remediation compared to conventional techniques and the adaptation of species in different contaminated sites, phytoremediation is a promising technology due to the different genetic,

morphological, physiological and anatomical structures that plants can use for environmental recovery as well as the possible association of two or more plant species to increase the efficiency of decontamination. Studies carried out in Brazil using several native plants focus on application in areas degraded by herbicides and contaminated by heavy metals; the results achieved have been satisfactory, showing the favorable use of this technique. It was also possible to verify that there is a need for greater scientific production in the phytoremediation area in the country to obtain more native species as potential remedial agents for different classes of contaminants.

Keywords: Phytoremediation; Contaminated area; Native species of Brazil.

1. INTRODUÇÃO

O solo, devido a ação de intempéries, cristalização de sais e atividades biológicas, além da utilização para o plantio e para a criação de animais, tem perdido continuamente elementos químicos importantes para a nutrição vegetal. Dados mostram que nesta segunda década do século XXI, 30 % do solo mundial está em situação de degradação (FAO, 2015). Nesse contexto, o uso de defensivos agrícolas, também chamados de fitossanitários, amplia-se cada vez mais. No Brasil, em 2019, o número total de defensivos agrícolas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA era de 474 tipos (MAPA, 2019). Dentre os principais tipos de defensivos, estão:

- a) os inseticidas - destinados a eliminar insetos;
- b) os fungicidas - destinados a combater fungos;
- c) os acaricidas – destinados a combater ácaros;
- d) os herbicidas - destinados a combater o crescimento de plantas invasoras; além dos produtos domissanitários e os defensivos a base de semioquímicos (SILVA e COSTA, 2012).

Ainda que, os defensivos agrícolas possam ter um efeito benéfico em relação ao aumento da produtividade, é importante salientar os impactos negativos causados ao meio ambiente (ARAÚJO, 2002). O uso indiscriminado ou de forma descontrolada dessas substâncias químicas, pode causar a contaminação dos solos e dos recursos hídricos.

Diante de uma área contaminada, devem ser estruturadas ações de intervenção no meio, como o uso de técnicas de remediação. A função da remediação é de reduzir a taxa de contaminação do local degradado a concentrações que não causem danos à saúde humana, tampouco disperse os contaminantes ao meio ambiente. Algumas técnicas utilizadas para remediação são: *pump and treat* (bombeamento e tratamento/controlado hidráulico), solidificação/estabilização, biorremediação, dentre outras (TAVARES, 2013).

O uso combinado de materiais adsorventes, oriundos da transformação termoquímica de resíduos do próprio setor agroindustrial, em conjunto com a ação de biorremediação, traz uma alternativa com aspectos positivos em múltiplas extensões. Na área econômica, com a redução dos custos com matéria prima e diminuição dos valores agregados ao produto; na área ambiental, reduzindo a exploração dos recursos naturais não renováveis; e socioambiental, com a moderação do uso de aterros industriais.

Nos últimos vinte anos, tem-se dado preferência para técnicas que tratam os contaminantes *in situ* para diminuir os riscos de contaminação durante o transporte e armazenamento destas substâncias. O uso da biorremediação como tecnologia alternativa tem se intensificado. Essa técnica utiliza organismos vivos como microrganismos ou plantas para descontaminação de solos e água. A biorremediação possui alguns subgrupos e um deles é a fitorremediação, que utiliza diferentes espécies de plantas nos processos de descontaminação das áreas degradadas por contaminantes de diferentes tipos, através da remoção, imobilização ou tornando os contaminantes inofensivos ao meio ambiente (PIRES et. al., 2003).

	Fitoestimulação: estimulação do aumento da comunidade bacteriana pelas raízes.	Plantas com sistema radicular denso. Raízes profundas que cobrem a área de contato.
	Fitovolatização: absorção dos contaminantes através das raízes. Conversão em formas menos tóxicas. Liberação para a atmosfera.	Plantas com elevada capacidade de transpiração
	Rizofiltração: absorção, concentração ou precipitação de contaminante em corpos hídricos.	Plantas hidropônicas

Fonte: FAVAS et al. (2014); MEJÍA et al. (2014)

4.2 Vantagens e desvantagens da fitorremediação

A fitorremediação possui alto potencial na sua utilização em comparação com outras tecnologias, porém, como todas as técnicas, possui suas vantagens e desvantagens (Quadro 2).

Quadro 2. Vantagens e desvantagens da fitorremediação

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> ● Baixo custo em comparação com as técnicas tradicionais; ● Remediação <i>in situ</i> e <i>ex situ</i>; ● Poluentes podem ser degradados em H₂O e CO₂; ● Espécies vegetais contribuem no controle de erosão do solo e no deslocamento de poluentes para a água; ● Plantas são mais aceitáveis esteticamente pela população; ● Não utiliza combustíveis fósseis como fonte de energia; ● O sistema produz um habitat para a vida animal; ● Redução do escoamento superficial; ● Biomassa retirada pode ser utilizada economicamente; ● Monitoramento das plantas é fácil. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dificuldade na seleção das espécies; ● O tempo para obter resultado na fitorremediação é mais lento que técnicas físico-químicas convencionais; ● O contaminante deve atingir a raiz; ● Pode haver contaminação da cadeia alimentar; ● Altas concentrações de contaminantes podem ser tóxicos as plantas; ● Em alguns casos, pode transferir poluentes do solo para o ar; ● Bioacumulação dos poluentes pelos animais ou a mobilização em águas subterrâneas é possível; ● Em locais contaminados nem sempre as plantas conseguem se adaptar às condições ambientais e climáticas.

Fonte: Adaptado de ABDEL-SHAFY; MANSOUR, 2018; PIRES et al., 2003.

A maioria dos estudos realizados sobre fitorremediação está relacionada a contaminação por metais pesados. De acordo com a literatura, os índices de absorção das plantas são muito satisfatórios e diversas espécies já foram testadas para diferentes metais. Geralmente são utilizadas para remediação de águas contaminadas as macrófitas (plantas aquáticas) de espécies variadas devido ao seu fácil cultivo, elevada taxa de crescimento e tolerância a substâncias tóxicas quando cultivada no ambiente contaminado (PIO et al., 2013).

4.3 Trabalhos desenvolvidos no Brasil

De acordo com Santos (2017), o uso da fitorremediação no Brasil é recente, sendo os primeiros registros do ano de 2000. O país é privilegiado para aplicação desta técnica em função das condições climáticas como também pela vasta biodiversidade de espécies presentes no território brasileiro. O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos do mundo e, conseqüentemente, um dos maiores utilizadores de fitossanitários, sendo estes necessários na agricultura atualmente. O Quadro 3 apresenta alguns trabalhos sobre a fitorremediação no Brasil.

Quadro 3. Lista de trabalhos de fitorremediação por contaminante

Ano	Autor	Espécie		Fonte da Contaminação	Contaminante
		Nome Científico	Nome Popular		
2004	PAIVA et al.	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê-roxo	Solo	Cádmio (Cd)
2006	PIRES et al.	<i>Canavalia ensiformis</i>	Feijão-de-porco	Solo	Herbicida <i>tebuthiuron</i>
		<i>Lupinus albus</i>	Tremoço-branco		
		<i>Mucuna pruriens</i>	Mucana-preta		
2006	HARIDASAN	<i>Qualea grandiflora</i>	Pau-terra	Solo	Alumínio (Al)
		<i>Qualea parviflora</i>	Pau-terra-de-flor-rosa		
		<i>Qualea multiflora</i>	Pau-terra-liso		
		<i>Vochysia thyrsoidea</i>	Gomeira		
		<i>Vochysia elliptica</i>	Pau-doce		
		<i>Miconia ferruginata</i>	Pixirica		
		<i>Miconia pohliana</i>			
		<i>Palicourea rigida</i>	Bate-caixa		
2006	GONZAGA et al.	<i>Pityrogramma calomelanos</i>	Samambaia	Solo	Arsênio (As)
		<i>Peltophorum dubium</i>	Canafístula		Arsênio (As)
2006	GONZAGA et al.	<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	Solo	Arsênio (As)
2011	CAIRES et al.				Cobre (Cu)
2007	SILVA	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Timbaúva	Solo	Cobre (Cu)
2010	ZOCHE et al.	<i>Typha domingensis</i>	Taboa	Efluente de mineração	Zn, Mn, Nitrogênio e Fósforo
2012	BIAZÃO	<i>Echinochloa polystachya</i>	Caranana verdadeira	Solo	Petróleo
2012	GILBERTI	<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Alecrim-do-campo	Solo	Arsênio (As)

2017	SOUZA	<i>Arachis pintoii</i>	Amendoim Forrageiro	Solo	Herbicidas residuais
		<i>Brachiaria decumbens</i>	Capim braquiária		
		<i>Cajanus cajan</i>	Guandu		
		<i>Canavalia ensiformis</i>	Feijão-de-porco		
		<i>Brachiaria brizantha</i>	Capim-marandu		
		<i>Crotalaria juncea</i>	Crotalaria juncea		

Fonte: Adaptado de PAIVA et al. (2004); PIRES et al (2006); HARIDASAN (2006); GONZAGA et al. (2006); SILVA(2007); ZOCHE et al. (2010); CAIRES et al. (2011); BIAZÃO (2012); GILBERTI (2012); SOUZA (2017).

Ao selecionar espécies vegetais com tolerância e capacidade para fitorremediar ambientes alagados e contaminados por bário, Ribeiro (2015) identificou a espécie *T. domingensis* com maior resistência ao contaminante, apresentando considerável desenvoltura fisiológica, maior tolerância e aptidão em extrair e acumular bário. Wolff et al (2009) avaliaram os efeitos da toxicidade do zinco na macrófita aquática *Salvinia auriculata*. Esta espécie é considerada uma planta bioindicadora e amplamente utilizada para monitoramento em corpos d'água passíveis de eutrofização. Quando exposta em concentrações de zinco superiores as permitidas pela legislação, a espécie apresentou alterações morfológicas e lesões. Contudo, a macrófita acumulou concentrações consideráveis de zinco em seus tecidos, demonstrando potencial como fitorremediador de ambientes aquáticos contaminados por este metal.

Conforme SANTOS et al (2016), as espécies arbóreas, devido às suas características de crescimento, imobilizam os metais absorvidos por mais tempo em seus tecidos, reduzindo os impactos ambientais destes elementos, podendo vir a tornar-se uma alternativa viável para recuperação de solos contaminados com metais pesados. Tal estudo corrobora com Almeida et al (2007), em que constataram que a fitorremediação com espécies lenhosas é ecológica e economicamente viável devido ao baixo custo de implantação, promovendo a estabilização do solo, limitando a propagação dos contaminantes metálicos.

Santos et al. (2016) avaliaram as alterações morfofisiológicas em plantas jovens de seringueira, cultivadas em soluções com diferentes concentrações de alumínio, e dos metais pesados cádmio, níquel e zinco. Como resultado, os autores perceberam que o aumento da concentração dos metais pesados aumentou a resistência estomática da planta e diminuiu a taxa de transpiração, além disso, ocorre a redução da atividade enzimática do nitrato devido a presença dos metais. Romeiro et al (2007) concluíram que o feijão de porco (*Canavalia ensiformes* L) tem potencial fitorremediador, através da avaliação da absorção de chumbo pela espécie. Alves et al (2008) avaliaram a tolerância, absorção e distribuição de chumbo em plantas de vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash), jureminha (*Desmanthus virgatus* (L.) Willd), e algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC). Constataram que o maior acúmulo de chumbo se deu nas raízes das plantas analisadas. Dentre elas, o vetiver apresentou maior tolerância e eficiência de absorção e translocação de chumbo para a parte aérea, o que pode tornar esta espécie de grande importância para programas de fitorremediação de áreas contaminadas com chumbo.

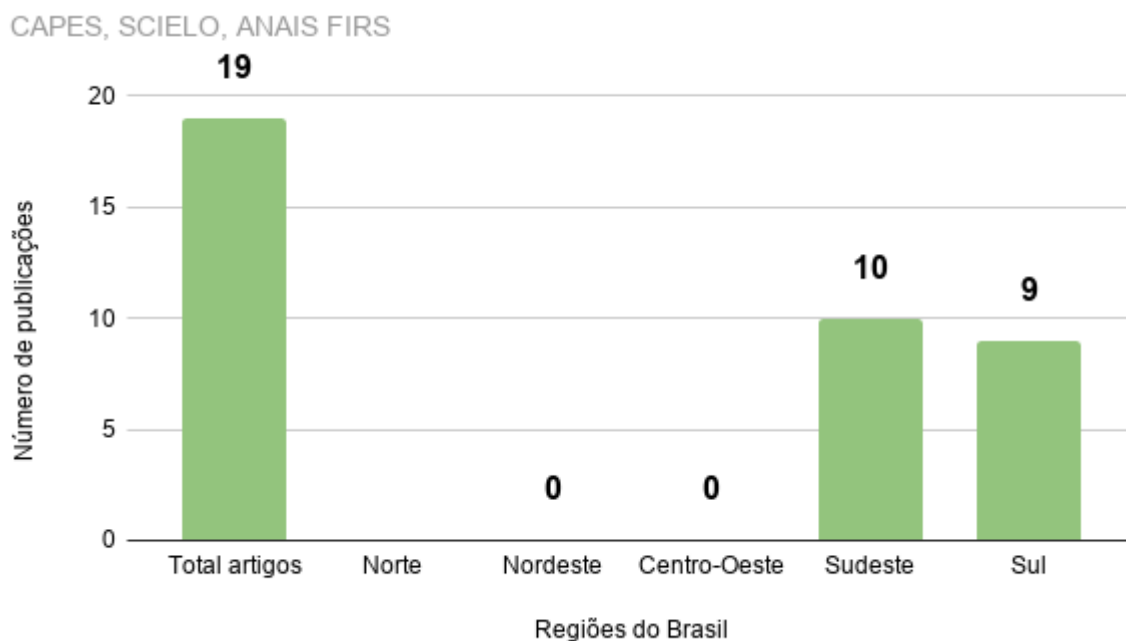
Tavares, Oliveira e Salgado (2013) avaliaram o comportamento do algodão, milho, sorgo, girassol e mucuna em solo contaminado por metal pesado. Dentre estes, o girassol destacou-se na redução da concentração do cobre no solo. O milho apresentou maior produção de biomassa seca e maior eficiência em transportar os metais, cobre e zinco para a parte aérea.

Zeitouni, Berton e Abreu (2007) avaliaram a capacidade da mamona, girassol, pimenta da amazônia e tabaco em extrair metais pesados de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com e sem aplicação de EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético). O tabaco foi a planta mais eficiente em extrair cádmio e o zinco. A aplicação de EDTA diminuiu a produção de matéria seca da parte aérea

de todas as plantas, tendo provocado um aumento na concentração de cádmio na parte aérea da mamoneira e do girassol e nenhuma influência na concentração de zinco em todas as espécies. A literatura refere que pode-se utilizar mais de uma espécie ao mesmo tempo ou subsequentemente com a finalidade de aumentar a eficácia do sistema de descontaminação, podendo elas retirar o mesmo elemento do meio ambiente ou elementos diferentes como forma de complementação. Como exemplo dessa associação de plantas, pode-se citar o trabalho realizado por Pires e colaboradores (2006), no qual observou que o uso do feijão-de-porco seguido de tremoço-branco e mucana-preta apresentaram resultados mais satisfatórios para remediação do herbicida tebuthiuron, do que o uso de somente uma espécie.

As plantas leguminosas também podem ser utilizadas quando não há a necessidade de remoção das plantas fitorremediadoras do ambiente. Elas, além de descontaminar o solo, fixam o nitrogênio atmosférico, reduzem o processo erosivo do solo evitando que o transporte de solo e água contaminada atinjam outros ambientes (SOUZA, 2017). A fitorremediação se torna uma técnica mais acessível em função da sua aplicação *in situ*, ou seja, no local contaminado, além de utilizar a energia solar como fonte de energia para o sistema e não de combustíveis fósseis (SOUZA, 2017). Tendo em vista o grande potencial e utilidade que pesquisas relacionadas ao tema poderiam agregar ao Brasil, buscou-se realizar um levantamento de publicações nas regiões do país onde apresentam o estudo com fitorremediação nos últimos quatro anos (2016, 2017, 2018 e 2019). O gráfico (Figura 1) apresenta o número de publicações por regiões do Brasil no qual apresentaram a fitorremediação como um dos assuntos principais.

Figura 1. Publicações sobre fitorremediação por regiões do Brasil nos últimos quatro anos (2016-2019).



Fonte: Pesquisa sistemática realizada pelos autores nas plataformas de busca CAPES, SCIELO e Anais FIRS.

A partir do gráfico pode-se verificar que a fitorremediação restringe-se em apenas duas regiões, por isso, difundir a pesquisa para demais localidades é fundamental para o desenvolvimento desta temática. Assim como incentivar e realizar pesquisas que possam dar continuidade ou serem pontos de partidas para atribuição de novas descobertas de plantas em potenciais fitorremediadoras. É perceptível que o estudo nesta área deve ser mais desenvolvido e valorizado no âmbito nacional, considerando todo o aporte científico e social que essa ferramenta poderá atribuir futuramente em

mecanismos de restauração e recuperação de ambientes visando casos de contaminação e degradação de solos e aquíferos que ocorreram nos últimos anos no país.

5. CONCLUSÃO

Diante dos estudos apresentados, pode-se verificar que o uso de plantas como agentes remediadores de áreas contaminadas com metais pesados (Al, As, Cd e Cu) vem recebendo atenção e emergindo no país. As espécies arbóreas utilizadas nos estudos são variadas, não apresentando uma tendência de espécie relacionada a determinado contaminante. A matriz que apresenta maior número de estudos é o solo, sendo poucas as pesquisas realizadas com efluentes líquidos até o momento. Contudo, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos e pesquisas, com o intuito de selecionar um número expressivo de espécies vegetais (herbáceas, arbóreas e arbustivas) com potencial para atuarem como fitorremediadoras de áreas contaminadas por metais pesados.

REFERÊNCIAS

ABDEL-SHAFY, Hussein; MANSOUR, Mona S. M. Phytoremediation for the Elimination of Metals, Pesticides, PAHs, and Other Pollutants from Wastewater and Soil. In: ABDEL-SHAFY, Hussein; ABDEL-SHAFY, Hussein. **Phytobiont and Ecosystem Restitution**. China: Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2018. Cap. 5. p. 101-136.

ALMEIDA, Alex-Alan, et al. Tolerance and prospection of phytoremediator woody species of Cd, Pb, Cu and Cr. **Brazilian Journal of plant physiology**, Londrina, v. 19. n. 2. p. 83-98, 2007.

ALVES, Jailson do Carmo et al. Absorção e distribuição de chumbo em plantas de vetiver, jureminha e algaroba. **Revista Brasileira de Ciência dos Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1329-1336, 2008.

ARAÚJO, A. S. F. **Biodegradação, extração e análise de glifosado em dois tipos de solos**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

BIAZÃO, T. C. **Utilização de Echinochloa polystachia (Kunth) Hitchc. (POACEAE) na fitorremediação de solo contaminado em petróleo**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, 2012).

CAIRES, S. M. et al. Desenvolvimento de mudas cedro-rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. **Revista Árvore**, v. 35, p. 1181-1188, 2011.

COSTA, Ennio Cruz. **Secagem Industrial**. São Paulo: Blücher, 2007.

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

FAVAS P. J.C. et al. **Phytoremediation of Soils Contaminated with Metals and Metalloids at Mining Areas: Potential of Native Flora**. In: Environmental Risk Assessment of Soil Contamination, Maria C. Hernandez Soriano, editors. InTech; 2014. p. 485-517.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Status of the World's Soil Resources Main report**. Prepared by Intergovernmental Technical Panel on Soils (ITPS). 2015.

- GILBERTI, L. H. **Potencial para uso da espécie nativa, *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae) na fitorremediação de áreas contaminadas por arsênio.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.
- GONZAGA, M. I. S.; SANTOS, J. A. G.; MA, L. Q. Arsenic phytoextraction and hyperaccumulation by fern species. **Sci. Agric.** V. 63, p. 90-101, 2006.
- HARIDASAN, M. Alumínio é um elemento tóxico para plantas nativas do cerrado? In: C. H. B. A. Prado; C. A. Casali (orgs). **Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral.** Barueri: Manole, p. 1-10, 2006.
- LONE, Mohammad Iqbal et al. Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: Progresses and perspectives. **Journal Of Zhejiang University Science B**, China, n. 93, p.210-220, out. 2008.
- MEJÍA, P. V. L. et al. Metodologia para Seleção de Técnica de Fitorremediação em Áreas Contaminadas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** –n 31, 2014.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Notícia: **Em 2019, 94,5% dos defensivos agrícolas registrados foram produtos genéricos**
- PAIVA, H. N. de et al. Absorção de Nutrientes por mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* em solução nutritiva contaminada por cádmio, **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 189-197, 2004.
- PIO, M. C. S.; SOUZA, K. S.; SANTANA, G. P. Capacidade da Lemna aequinoctialis para acumular metais pesados de água contaminada. **Acta Amaz.**, v.43, n.2, p. 203-210, 2013.
- PIRES, F. R. et al. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21. n. 2. p. 335-341, 2003.
- PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; SILVA, A. A. et al. Seleção de plantas tolerantes ao tebuthiuron e com potencial para fitorremediação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, p. 583-594, 2003.
- PIRES, F. R.; PROCÓPIO, S. O.; SOUZA, C. M. et al. Adubos verdes na fitorremediação de solos contaminados com o herbicida tebuthiuron. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, p. 92-97, 2006. PROCÓPIO, Sergio de Oliveira et al. **Fitorremediação de solos com resíduos de herbicidas.** 2009.
- RIBEIRO, Paulo Roberto Cleyton de Castro. **Seleção de espécies para fitorremediação de bário sob condição de alagamento.** 2015. 75 p.Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal do Espírito Santo – São Mateus, 2015.
- ROMEIRO, Solange et al. Absorção de chumbo e potencial de fitorremediação de *Canavalia ensiforme* L.**Bragantina**, v. 66, n. 2, p. 327-334, 2007.
- SANTOS, Ivana C. P. et. al. Alterações morfológicas da aplicação de metais pesados e alumínio em plantas jovens de seringueira. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, Porto Alegre, v. 2, n. 2. p. 135-144, 2016.
- SANTOS, José Barbosa dos. **Fitorremediação é alternativa para despoluição ambiental.** 2017.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS (USGS). **Science for a changing world**, 2017.

SILVA, Andréia Cristina da; MONQUERO, Patrícia Andréa. Fitorremediação de herbicidas. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v. 3, n. 1, jun. 2006.

SILVA, R. F. **Tolerância de espécies florestais arbóreas e fungos ectomicorrízicos ao cobre**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

SOUZA, Camila da Costa Barros de. **Fitorremediação de Solos com Resíduo do Herbicida Diclosulam**. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

TAVARES, S. R. L; OLIVEIRA, S. A; SALGADO, C. M. Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. **Revista Holos**, Rio Grande do Norte, v. 5, p. 80-97, 2013.

TAVARES, S. R. D. L. **Técnicas de Remediação**. Joinville: Clube de Autores, 2013.

WOLFF, G. et al. Efeitos da toxicidade do zinco em folhas de *Salvinia auriculata* cultivadas em solução nutritiva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1. p. 133-137, 2009.

ZEITOUNI, C. F.; BERTON, R. S. & ABREU, C. A., 2007, **Fitoextração de cádmio e zinco de um latossolo vermelho-amarelo contaminado com metais pesados**. *Bragantia*, v. 66, n.4. p. 649-657.

ZOCHE, J. J.; FREITAS, M. QUADROS, K. E. Concentração de Zn e Mn nos efluentes do beneficiamento de carvão mineral e em *Typha domingensis* Pers (Typhaceae). **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 177-188, 2010.