

## POTENCIAL FITORREMEIADOR DA *SYNGONIUM PODOPHYLLUM* SOB OS EFEITOS DE CHUMBO NO SOLO

Otávio Maia Vicakas (\*), Nathan Ulian de Souza

(\*) Universidade Estadual do Centro-Oeste – (UNICENTRO), vicakas73@gmail.com

### RESUMO

Com o descarte incorreto de contaminantes no ambiente por ação antrópica, foram necessários novos estudos para encontrar uma nova técnica de remediação. Com isso, surgiu a biorremediação, técnica que utiliza organismos vivos como microorganismos, fungos, algas e vegetais para reduzir ou remover contaminantes tanto do ar, quanto da água e do solo; dentro deste estudo encontra-se a fitorremediação que faz uso de plantas capazes de absorver metais tóxicos, petróleo, explosivos e pesticidas. O propósito deste trabalho é buscar uma maneira ecológica, sustentável e de baixo custo na remediação de metais tóxicos em solos contaminados. Realizaram-se então testes por dois meses e meio com a *Syngonium podophyllum*, onde se utilizou duas mudas; uma em solo contaminado com 1g de nitrato de chumbo II. Realizou-se uma análise através de Água Régia para a decomposição das raízes; logo sofreram queima contínua até secarem para somente sobrar cinzas. Utilizou-se uma solução de cromato de potássio para ocorrer precipitação de Cromato de chumbo II comprovando sua absorção. Compreendeu-se sua capacidade fitorremediadora, quando os sais de chumbo na solução emergiram, correlacionando o crescimento da planta no solo contaminado, a formação de novas mudas e um crescimento acentuado em comparação à planta controle. Pode-se concluir que através dos resultados obtidos, a planta possui capacidade para retirar metais do solo e ser utilizada de forma alternativa para remediação de metais tóxicos em solos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fitorremediação, Contaminantes, Plantas, Solos, Chumbo.

### INTRODUÇÃO

Metais como o chumbo (Pb), surgem naturalmente no meio ambiente e possuem uma usabilidade rica, e este em específico é fortemente explorado como matéria prima de inúmeras áreas da atuação humano-industrial; partindo dessa premissa, as ações humanas tendem a modificar as propriedades naturais do ecossistema aumentando a disposição do metal nas diversas áreas da biosfera resultando em desequilíbrios ambientais. Também chamado de “sal de chumbo”, considerado o mais ameaçador por possuir características bioacumulativas em qualquer meio introduzido, tem seu manuseio facilitado na área industrial favorecendo seu contato com a natureza através da geração de resíduos e lixos contaminados, tornando a proliferação da contaminação rápida e de difícil controle. O ramo da biorremediação, onde se utiliza micro-organismos vivos, é a solução ecologicamente limpa para remediar (degradação natural dos materiais) os problemas de contaminação como esse; adentrando na fitorremediação que faz uso de organismos vegetais capazes de absorverem o material do meio com raízes determinadas (sistema radicular profundo e denso; e com boa exsudação radicular capazes de absorver metais tóxicos); as quais foram utilizadas neste trabalho através de uma planta comumente encontrada em ambientes como jardins e praças de fácil cultivo, tornando extremamente barato seu uso (SILVA, 2012).

### OBJETIVOS

Avaliar a remediação de metais tóxicos em solos contaminados por chumbo (Pb) através da biorremediação por um organismo vegetal como a *Syngonium podophyllum*.

### FITORREMEDIAÇÃO

Dentro da biorremediação existe uma técnica chamada fitorremediação que utiliza determinadas espécies vegetais para a purificação de ar, ambientes aquáticos e terrestres, ela é um grande avanço para remoção de contaminantes, incluindo metais tóxicos, petróleo, explosivos e pesticidas; é uma forma de baixo custo e não poluidora, sendo usada para descontaminação de locais com interferência antrópica; podendo ser usada para recuperação de lugares com alta ou baixa toxicidade (SILVA, 2012).

A contaminação do solo ou degradação química é conseqüentemente vinda de ações antrópicas que resultam na poluição direta ou indireta, respondendo na qualidade tanto atmosférica quanto hídrica da região. Dentre os componentes mais perigosos e tóxicos estão os hidrocarbonetos de petróleo, chumbo, cádmio, mercúrio, cromo, arsênio, pesticidas e solventes oriundos de despejo indevido no meio ambiente. Devido à necessidade de correção de camadas de nutrientes, o uso de fertilizadores e pesticidas, em geral de maneira exagerada, acaba dificultando a manutenção natural e sobrepondo

excessivamente a quantidade de compostos já presentes gerando um desequilíbrio no desenvolvimento vegetal agrônomico e natural; resultando uma sequência de problemas quando ficam acumulados e são percolados pela chuva de forma que contaminem lençóis freáticos. Quando contaminados o solo e lençóis freáticos, o abastecimento de água e o consumo de alimentos vindos da região é prejudicial à saúde de inúmeros seres vivos, mas não só, como também a vivência no mesmo é perigosa. (EMBRAPA, 2006)

O chumbo (Pb) é um elemento metálico, esbranquiçado/prateado e extremamente maleável industrialmente; potencialmente tóxico vindo de minérios como cerrusita ( $PbCO_3$ ), anglesita ( $PbSO_4$ ) e galena (PbS), tratando-se desde último de maior importância de fonte. Apresenta um pequeno ponto de fusão e uma alta densidade resultando em manuseio facilitado na área industrial; logo, considerado o metal tóxico com maior interação humana já conhecida, pode-se abranger a produção de ligas (bronze, latão), fabricação e regeneração de baterias, esmaltação de cerâmicas, produção de pigmentos, uso em PVC e demais plásticos, borrachas, vidros, cabos elétricos, soldas de peças em geral e chapas elétricas, adicionado em projéteis de armas de fogo, fertilizante/pesticida e ainda usado como aditivo em combustíveis (GRIGOLETTO, 2011). Por conta de ser ricamente utilizado em diversas áreas de atuação humana industrial, deve-se remediar sua contaminação uma vez que é encontrado inadequadamente com facilidade em ambientes terrestres. As fontes naturais são as emissões vulcânicas e o intemperismo geoquímico de surgimento orgânico. Contudo, não possui adequação ao corpo fisiológico, uma vez que contamina qualquer ser vivo resultando em efeitos entorpecentes consideradas negativos para quaisquer órgãos e sistema de um organismo. Considerando esse convívio contínuo e negativo de assimilação e exclusão do Pb, o mesmo vem sendo estudado continuamente por pesquisadores da medicina e da química. Tendo notoriedade de processos influenciados por esse elemento como a saúde humana e ambiental, expostos de maneira gradativa e alarmante; usufruir de bioindicadores adequados no meio biológico devidamente estudado pode ser utilizado para obter-se resultados de quantidades contidas em determinados corpos de estudo e assim alarmarem para que precauções sejam tomadas (GRIGOLETTO, 2011).

## TOXICIDADE DO CHUMBO

Sendo uma substância tóxica não essencial para o desenvolvimento biológico ele armazena-se em corpos vivos e não vivos, evidenciando propriedades comuns com os demais metais pesados, mas ainda sim possui características particulares. Por conta de contaminar ocasionalmente quase todos os órgãos de um sistema, o modo de agir no corpo humano, por exemplo, são relacionados com processos bioquímicos fundamentais que incluem a ação de inibir ou imitar a atividade do cálcio e a interação com proteínas (Figura 1); em graus de exposição moderada (ambiental e ocupacional), o aspecto mais comum da reação é a reversibilidade das mudanças bioquímicas e funcionais induzidas; A toxicidade dele corresponde na sua interação negativa na atividade das membranas celulares e enzimas resultando em complexos estáveis com ligantes abrangendo o enxofre, fósforo, nitrogênio ou oxigênio atuando como doadores de elétrons (1 a 4). As relações bioquímicas com esses agrupamentos são de enorme significado toxicológico, de modo que, se o relacionamento for com uma enzima o resultado será de alterações tóxicas e ainda tendo afinidade favorável com aminas e aminoácidos proporcionando maiores interações biológicas (O'MALLEY, 2017).

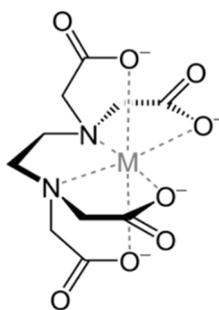


Figura 1: Representação da interação do nitrato de chumbo II, como um quelante em organismos.

Fonte: Massabni et. al, 2011.

Em relação às plantas com o seu potencial fitorremediador comprovado, pode-se definir como a interação mobilizada entre os íons metálicos e a secreção de quelantes e acidificação da rizosfera. Sendo que a absorção de íons metálicos hidratados é mediada por sinalizadores da membrana plasmática. No citosol os metais são quelados e o excesso é fixado por meio do transporte ativo no vacúolo. No xilema os metais estão presentes como íons hidratados ou como metais-quelados complexos. Ao atingir as folhas os metais são diferenciados movendo-se entre as células, por meio do plasmodesma até ficarem armazenados nos tricomas. A captação para as células da folha é catalisada por vários transportadores intracelulares, como as proteínas simpatizantes com metais (metalocaperones), (SILVA, 2012).

## MODELO EXPERIMENTAL

A *Syngonium podophyllum* é uma planta de fácil cultivo oriunda da América Central, partes do Caribe e América do Sul onde o clima predominante é tropical, adapta-se muito bem no Brasil a qual é conhecida por vários nomes populares como planta cabeça de flecha, orelha-de-burro, pé de ganso, videira de seta e singônio. Pertence à família da *Aracacea* a qual suas espécies são de uso ornamental como folhagens, trepadeiras, forrações etc; mas também como remediadoras de meios contaminados, um exemplo é a *Alocasia macrorrhiza*, que possui seu potencial de fitorremediação comprovado. Características da singônio (figura 2) observadas através do modelo experimental, indicam cuidados em meia sombra que influenciam seu crescimento que varia entre meio metro de suas raízes até suas folhas, seu ciclo de vida perene pode ser bem longo em condições favoráveis. Caule flexível e volúvel, suas folhagens são determinadas de acordo com seu crescimento, alternância de branco, creme e verde quando mais jovens e verde escuro quando chega na fase adulta e ainda podendo sofrer uma subdivisão em suas folhas de três a quatro partes. No momento em que madura pode ou não produzir flores de espata rosada e espádice de coloração creme. Recomenda-se que seu cultivo seja em substratos rico em matéria orgânica que contemplem umidade com regas regulares, sendo não muito tolerantes ao frio (QUEENSLAND, 2016).



Figura 2: *S. podophyllum*. Fonte: Autor do trabalho.

## METODOLOGIA

O experimento foi dividido em duas etapas utilizando duas mudas da singônio. Primeiramente foram utilizados dois vasos de 10 centímetros de largura e 14 centímetros de altura demarcados com as letras “A e B”; após isso, colocou-se um fundo de pedregulhos para que houvesse melhor oxigenação no mesmo; pesou-se 650 gramas, em uma balança analítica, de terra adubada para depositar em cada um. Então foi transplantada a primeira muda de *S. podophyllum* no vaso “B” (preto/controlado) sem nenhum sal químico e somente a terra em si. Utilizou-se novamente a balança para pesar 1 grama de nitrato de chumbo II  $Pb(NO_3)_2$ , misturando-o com a terra do vaso “A”; transplantou-se a segunda muda da planta. No término da primeira fase, os vasos foram colocados em um local úmido e de meia sombra onde os dois receberam as mesmas condições climáticas; hospedadas por dois meses e meio, sendo regadas a cada dois dias com 100 mililitros de água mineral; após esse período foi coletado a primeira amostra para análise.

Na segunda etapa, utilizou-se a mistura de nome Água Régia ( $HNO_3/HCl$ ), onde se misturou em um de béquer: 6 mililitros de ácido nítrico ( $HNO_3$ ) para 18 mililitros de ácido clorídrico ( $HCl$ ), totalizando 24 mililitros de solução. Em seguida retirou-se a planta “A” (contaminada) do vaso e lavou-se a sua raiz com água da torneira para eliminar resíduos de solo. Utilizando a balança, foi pesado 13 gramas de amostra (raiz lavada) em um vidro de relógio; logo colocou-se em uma placa de Petri a amostra junto com a mistura de Água Régia e deixou-se em descanso por sete dias para que ocorresse a decomposição.

Após isso, a amostra foi transportada para um cadinho de porcelana e prensada com um bastão de vidro, em seguida sofreu queima contínua por 1 hora sobre uma placa de aquecimento, dentro de uma capela, para somente sobrar cinzas e não mais material líquido. Logo, a mesma foi analisada para determinar inicialmente a presença de chumbo na forma de sal utilizando a solução cromato de potássio, a qual determinaria a presença de chumbo na raiz triturada e queimada; em seguida usou-se 10 gramas de cromato de potássio sólido junto a 50 mililitros de água deionizada e aplicou-se então 5 mililitros da solução no recipiente com a amostra, mexendo-a para que formasse um sal amarelo característico insolúvel em água.

## RESULTADOS

Após a exposição do indivíduo teste, foi possível verificar a ação remediadora da *S.podophyllum* uma vez que havia precipitação de chumbo representado pela “nuvem amarela” (Figura 3). Os resultados foram positivos para a presença do metal pesado na raiz da planta “A” contaminada com 1 grama de sal de Pb, por meio da análise química gravimétrica (SILVA, CARNEIRO, FERNANDES, 2015), que se resultou na precipitação do cromato de chumbo II (PbCrO<sub>4</sub>).



**Figura 3: Precipitação do cromato de chumbo II. Fonte: Autor do trabalho.**

Além disso, as plantas “A” (contaminada) e “B” (controle) tiveram um desenvolvimento diferente (figura 4) no decorrer de dois meses e meio de observação feita a cada dois dias. Seu desenvolvimento foi caracterizado pelo aumento de suas folhas e caule. A planta contaminada “A” teve um desenvolvimento em suas folhas e caule maior que a não contaminada “B” comprovando (tabela 1), relativamente, sua capacidade de fitoextração de metais tóxicos presentes no solo.

O chumbo pode estar relacionado com maior desenvolvimento vegetal, como mostrado no presente trabalho, pois o estudo de homeostase de metais tóxicos em plantas pode ser auxiliar em certos momentos do desenvolvimento de organismos vegetais como a *S. podophyllum*, de modo que sua absorção em determinados níveis resulta no exponencial crescimento nas folhas e caules (tabela 1). Por não ser essencial biologicamente, o metal e sua capacidade fitotóxica é dependente de fatores como: a concentração, tempo de exposição, espécie de estudo, órgãos e tecidos específicos de um determinado espécime (CLEMENS, 2001).

**Tabela 1 – Relação do desenvolvimento das plantas A e B. Fonte: Autor do trabalho.**

	Quantidade de folhas:	Diâmetro da folha:	Altura do caule:	Tamanho atingido pelo indivíduo:
	AT* - AP*	AT* - AP*	AT* - AP*	AT* - AP*
<b>Planta A</b>	4 – 6	5cmX3cm - 9cmX7cm 3,5 - 8,5cm	4cm - 8cm	10cm - 17cm
<b>Planta B</b>	4 – 4	5cmX3cm – 7cmX4cm	4cm – 6cm	10cm - 13cm

(\*) AT = Antes do plantio - AP = Após dois meses e meio de plantio.



**Figura 4: Comparação do desenvolvimento físico, com enfoque nas raízes, antes e após o plantio, respectivamente foto-esquerda e foto-direita; indivíduo controle e contaminado, respectivamente esquerda e direita em ambas as fotos. Fonte: Autor do Trabalho.**

Os vegetais que se desenvolvem em ambientes contaminados com Pb possuem características fisiológicas e bioquímicas que alteram estruturas como a clorose foliar, mudanças nas ações enzimáticas, queda na germinação, interdição da fotossíntese correspondendo em modificações anatômicas na permeabilidade da membrana, na instigação ao aumento de estômatos, escurecimento do sistema radicular e ainda desordenar o balanço hídrico e hormonal; embora todas essas alterações possam ser observadas com estudos mais detalhados, este trabalho avaliou apenas as características referentes ao tamanho do vegetal e a presença na fisiologia do vegetal (JEZLER, 2012).

As causas de o teor tóxico ser “receptivo” e penoso ao mesmo tempo para organismos vegetais, é devido à alteração na fotossíntese e conseqüentemente diminuição de sua taxa de absorção, organização do cloroplasto, mudanças em inúmeras enzimas e antioxidantes que atuam como proteção nos indivíduos. As quantidades absorvidas nos tecidos variam de acordo com a espécie em questão por conta de dependerem de propriedades fisiológicas da cultura e de fatores ambientais como: o potencial hidrogeniônico (pH), elementos como o solo e sua granulometria, capacidade catiônica, matéria orgânica (MO), e ociosidade de nutrientes (BERTOLI, 2011).

Relacionando o potencial fitorremediador das plantas com o nitrato de chumbo II, resulta na minimização da capacidade das culturas e alterações no progresso e desenvolvimento de tais por interferir nas ações microbianas do solo (SILVA, 2014). Diante da influência do crescimento das raízes e das folhagens resultam um parâmetro para avaliar a tolerância de distintas espécies vegetais do metal e se suas raízes são capacitadas para concentrar quantidades consideráveis desse metal pesado e ao mesmo tempo impedir sua saída via aérea (JEZLER, 2012).

É de conhecimento científico que os metais pesados decorrem espontaneamente no meio ambiente e alguns como: cobre (Cu), zinco (Zn) e cobalto (Co) têm serventia de nutrir, à medida que cádmio (Cd), chumbo (Pb), arsênio (As) e selênio (Se) exercem impactos nocivos aos diferentes componentes da biosfera. Em grande parte, esses elementos estão situados com concentrações ou fórmulas que não proporcionam danos ao meio ambiente, entretanto, nos últimos anos de intensa atividade antrópica e desenvolvimento urbano, houve aumento dessas substâncias em diversos ecossistemas. A abundância nas terras agrícolas é preocupante em aspectos de segurança ambiental e saúde pública, podendo resultar na poluição direta da região de plantio e dependendo da variedade de plantas, em níveis fitotóxicos, pode ocorrer repassagem dos contaminantes na cadeia alimentar atuando como bioacumuladores em água, solo, ar e fontes de alimentos (MAZZUCO, 2008). Em terras brasileiras há a predominância de latossolos, caracterizados por presença mineral, homogeneidade, boa drenagem e capacidade catiônica reduzida, o qual é constado níveis medianos do Pb (ALCANTARA, 2011), considerando que os materiais metálicos fixam-se na porção orgânica do solo, na superfície de 0 a 20 centímetros, tornasse uma região de fácil encontro com as raízes de plantas (BERTOLI, 2011). Dessa forma, quando o solo apresenta um grande excesso de chumbo, pode afeta-las reprimindo seu crescimento e funções metabólicas; em níveis desproporcionais acarretam problemas no meio ambiente uma vez que já possuem quantidades aceitáveis em determinadas regiões de habitação humana (JEZLER, 2012); podem ainda gerarem problemas para a saúde, classificado pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) como um material cancerígeno, depois de adentrar o organismo via respiratória, contato direto ou via digestória, quaisquer substâncias pesadas se acumulam no corpo e têm a capacidade de interagir com enzimas já existentes no mesmo, resultando em alterações negativas (O’MALLEY, 2017).

É válido mencionar o cronograma desse trabalho que durou três meses de estudos; considerando o pouco tempo deve-se levar em consideração o fato de que apenas foi usado uma planta para os métodos avaliativos, logo torna-se necessário ampliar os testes com mais indivíduos contaminados obtendo melhores resultados e tornando-o mais preciso.

## CONCLUSÃO

Após os resultados deste trabalho pode-se afirmar que uma planta usual de fácil plantio e manutenção teve seu potencial fitorremediador comprovado por testes observatórios e análises químicas gravimétricas; juntamente afirmando sua viabilidade e opção mais limpa na remediação de solos contaminados por chumbo. Usar a *S. podophyllum* tornou-se um método barato que pode ser aceito como ecologicamente limpo e mais viável em relação à corretores de solo que sempre necessitam de produtos químicos, alterando ainda mais as propriedades do ambiente. Considerando assim seu uso em solos contaminados, ressaltando que sua manutenção influencia não só na qualidade deles, mas também em todos os componentes bióticos e abióticos no entorno.

Evitar o despejo inadequado de materiais potencialmente tóxicos é essencial para que não ocorram contaminações em ambientes naturais; e que se reduza drasticamente a produção de lixo e resíduo doméstico, rural e industrial a fim de tornar-se mais fácil seu manejo e destinação correta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcântara, A. J. O.; Pierangeli, M. A. P.; Souza, C. A.; Souza, J. B. Teores de As, Cd, Pb, Cr e Ni e atributos de fertilidade de Argissolo Amarelo distrófico usado como lixão no município de Cáceres, estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 539-548, 2011.
2. Bertoli, A. C. **Efeitos do cádmio e do chumbo no crescimento, translocação e teor de nutrientes de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) cultivado em solução nutritiva**. 2011. 95p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras - Minas Gerais, 2011.
3. Massabni, A. C.; Corbi, P. P.; Cavicchioli, M. **Agentes para desintoxicação**; O chumbo e a saúde humana – Química Viva. CRQ – IV, 2011. Disponível em: <[https://www.crq4.org.br/default.php?p=texto.php&c=o\\_chumbo\\_e\\_a\\_saude\\_humana\\_agentes\\_para\\_desintoxica](https://www.crq4.org.br/default.php?p=texto.php&c=o_chumbo_e_a_saude_humana_agentes_para_desintoxica)> Acesso em: 22 maio. 2017.
4. EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ) 2. Ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.
5. Grigoletto, T. L. B. **Chumbo na água de consumo de Ribeirão Preto (SP): fatores químicos, físicos e possíveis correlações com a contaminação de crianças**. 2011. 83p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
6. Jezler, C. N. **Efeitos da contaminação do solo com chumbo e cádmio no crescimento, óleo essencial e ultraestrutura de *Mentha arvensis* L. (Lamiaceae)**. 2011. 45p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Ilhéus – Bahia, 2012.
7. Mazzuco, K. T. M. **Uso da *Canavalia ensiformis* como fitorremediador de solos contaminados por chumbo**. 2008. 187p. Tese – (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
8. O'Malley, G. F. **Intoxicação por chumbo**. Manual MSD, Versão saúde para família. Thomas Jefferson University and Hospital; Rika O'Malley, MD, Einstein Medical Center, 2017. Disponível em: <<https://www.msmanuals.com/pt/casa/les%C3%B5es/envenenamento/envenenamento/intoxica%C3%A7%C3%A3o-por-chumbo>>. Acesso em: 23 maio. 2017.
9. Queensland, G. ***Syngonium podophyllum***; Special edition of Environmental Weeds of Australia for Biosecurity Queensland. Disponível em: <[https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/syngonium\\_podophyllum.htm](https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/syngonium_podophyllum.htm)>; Austrália, 2016. Acesso em: 22 maio. 2017.
10. Silva, J. F. **Prospecção De Plantas Fitorremediadoras Em Solos Contaminados Por Metais Pesados**. 2012. 91p. Dissertação (Programa Multi-Institucional De Pós-Graduação Em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus – Amazonas, 2012.
11. Silva, L.I.D., Carneiro, M.C., Fernandes, T.L.A.P. **Química analítica aplicada ao estudo do chumbo**. Santo Amaro – BA, 2015.
12. Silva, P. R. C. **Avaliação da fitotoxicidade e genotoxicidade do chumbo em *Lactuca sativa* L.** 2014. 180p. Dissertação (Mestrado em Genética Molecular Comparativa e Tecnológica) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real – Portugal, 2014.