



FITORREMEDIÇÃO DE SOLO CONTAMINADO POR CHUMBO UTILIZANDO ESPÉCIES METALÓFITAS

Aristides Costa e Queiroz¹

RESUMO

A disposição inadequada de rejeitos e pilhas de estéril no solo torna a atividade mineradora e de processamento do chumbo, com alto potencial de contaminação e degradação ambiental. Quando o teor de chumbo no solo atinge valores de concentração elevados, acima do qual são prejudiciais para manter a qualidade natural do solo e capaz de provocar efeitos tóxicos para as plantas, seres vivos e ao ecossistema, torna-se essencial intervir e utilizar técnicas de remediação para descontaminar os solos de sítios contaminados. A fitorremediação é um processo biológico que utiliza plantas metalófitas, que são tolerantes a níveis elevados de metais, associados à microbiota, ao uso de amenizantes do solo e práticas agronômicas, para remediar um sítio. Este trabalho é uma revisão de literatura que avaliou o potencial de fitorremediação 04 espécies vegetais metalófitas: capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e mamona (*Ricinus communis*) de serem utilizadas em programas de fitorremediação do solo contaminado por chumbo (Pb), correlacionando fatores ambientais e agronômicos que condicionam a viabilidade do processo. O cultivo das espécies metalófitas catalogadas foi realizado em solos provenientes de sítios contaminados por chumbo. Entre as espécies catalogadas, o feijão de porco obteve o melhor resultado para fitorremediação solo contaminado com altas concentrações chumbo e por multimetais. Em ordem decrescente as espécies catalogadas que obtiveram os melhores resultados para fitorremediação foram o feijão de porco, o capim vetiver, o girassol e a mamona.

Palavras-chave: Fitoextração, Fitoestabilização, Sítios contaminados, Sucessão Ecológica.

INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade de suma importância para o desenvolvimento socioeconômico de um país, pois oferta matéria-prima para servir como insumo industrial, que por sua vez a transforma em bens de consumo. Porém, a atividade mineradora e de processamento da matéria prima gera impactos ambientais significativos que afetam diretamente a biosfera, os ambientes hidrológicos, os solos, o relevo e a fitofisionomia (ANDRADE et al., 2017).

Os impactos produzidos pela mineração são originados principalmente pela disposição e o descarte inadequado em compartimentos ambientais, de grandes volumes de rejeitos de minério, contendo substâncias tóxicas, entre as quais os resíduos, inorgânicos e os metais pesados (UEBEL et al., 2017).

¹ Graduado do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu EAD em Mineração e Meio Ambiente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, aristides.queiroz@hotmail.com;





Alguns metais são essenciais ao crescimento dos vegetais, porque fazem parte da constituição de enzimas e proteínas (zinco e cobre, por exemplo), e podem se tornar tóxicos as plantas quando em elevadas concentrações. Outros metais, o Chumbo, por exemplo, não possuem função conhecida no metabolismo vegetal, induzindo sintomas de toxicidade em concentrações mínimas (RODRIGUES, 2016).

Quando a concentração de metais pesados no solo atinge valores críticos, considerados como sendo tóxicos para a maioria das plantas, aos organismos do solo e aos seres vivos, torna-se importante à adoção de técnicas de remediação, capazes de reverter tal situação e estabelecer o equilíbrio químico do sistema solo e água, e a homeostase do ecossistema.

A resolução 420/2009 do CONAMA dispõe sobre critérios e valores quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias tóxicas, em decorrência de atividades antrópicas (SILVA, 2015). Esta norma estabelece Valores de Referência de Qualidade (VRQ) que indicam as concentrações limite de Chumbo no solo e na água subterrânea.

VRQ são valores de concentração máximos de uma substância, acima do qual, se compromete a qualidade natural do solo, a capacidade do solo de sustentar as suas funções principais e coloca em riscos, diretos e indiretos, à saúde humana.

Tabela 01. Valores orientadores para presença de chumbo no solo e água subterrânea conforme a Resolução nº 420/2009 do CONAMA.

Substância	Valor de Referência de Qualidade de VRQ	Solo (mg/Kg) de peso seco				Água subterrânea (µg/L)
		Valor de Prevenção VP	Valor de Investigação VI			Valor de Investigação VI
			Agrícola	Residencial	Industrial	
Chumbo	E	72,0	180,0	300,0	900,0	10,0*

E – Valor a ser definido pelo estado;

VRQ – valor que define a qualidade natural do solo;

VP – concentração limite no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais;

VI – concentração limite no solo e na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos e indiretos, à saúde humana;

*Padrões estabelecidos pela portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2009).

A contaminação ambiental do solo por atividades minerárias do chumbo ou que o empregam como insumo, se revela como uma das mais importantes tipologias de contaminação do solo por metais pesados. Apesar da alta toxicidade do chumbo, algumas





espécies de plantas como o capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e a mamona (*Ricinus communis*) são tolerantes a presença de chumbo no solo, sendo que estas têm o potencial de serem utilizadas como remediadoras do solo contaminado pelo elemento (SILVA, 2015).

A fitorremediação é um processo biológico que utiliza plantas metalófitas², associados à microbiota, ao uso de amenizantes do solo e práticas agronômicas, para remediar um sítio contaminado (UEBEL et al., 2017).

A fitorremediação é um método de descontaminação ambiental bastante promissor que se aplica a poluentes orgânicos e inorgânicos presentes no solo, na água superficial e no lençol freático. Também consiste em uma técnica economicamente viável e ecologicamente correta (BATISTA, 2015).

Os métodos de remediação do solo existentes, *in situ* e *ex situ*, quando empregados individualmente ou de modo associado, podem reabilitar um determinado sítio contaminado pela ação de poluentes de origem diversas (MARTINS & FIGUEIREDO, 2014).

Comparando a fitorremediação aos processos convencionais de remediação do solo *in situ* e *ex situ*, destaca-se como vantagens da fitorremediação: a mínima destruição e desestabilização da área, fornecendo contenção dos lixiviados; manutenção e melhoria da estrutura física, da fertilidade e da biodiversidade do solo, e absorção de metais do solo; baixo impacto ambiental e uma estética favorável (SOUZA et al., 2017).

Dentre as técnicas da fitorremediação se destacam a fitoestabilização e fitoextração. A fitoextração consiste no uso de plantas para a remoção de metais através da absorção pelas raízes e sua translocação para a parte aérea. A fitoestabilização visa acumular os metais nas raízes ou a precipitação na rizosfera (SILVA, 2015). É importante ressaltar que a fitoestabilização é efetiva quando a concentração dos contaminantes no solo é baixa ou moderada. (MARTINS & FIGUEIREDO, 2014). Neste sentido, a fitoextração se aplica a solos contaminados com elevadas concentrações.

A eficiência da fitoextração é determinada através do fator de translocação (FT) que consiste na razão entre os teores do contaminante na parte aérea e da raiz. Na seleção de plantas fitorremediadoras, as plantas que exibem $FT > 1,00$, com alta concentração nos tecidos e elevada biomassa, apresentam características desejáveis (LEAL, 2013; ASSUNÇÃO, 2012).

² Plantas metalófitas são plantas tolerantes a níveis elevados de metais (BERNARDINO, 2018).





A primeira etapa em programas de fitorremediação é a identificação de plantas tolerantes. A etapa posterior é testar a viabilidade e o potencial de fitorremediação de espécies nativas, do extrato herbáceo, arbustivos e arbóreo, em diferentes condições edafoclimáticas dos biomas brasileiros, ou avaliar espécies exóticas aclimatadas com elevada produção de matéria seca e sistema radicular profundo e denso (LEAL, 2013).

Pesquisas realizadas indicam ser o extrato vegetal herbáceo com maior desempenho de fitorremediação. Assunção (2012) avaliou o potencial de fitorremediação de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, a autora concluiu que o grupo de crescimento herbáceo testado apresentou o maior número de espécies tolerantes à contaminação de multimetals e em diferentes partes da planta.

Neste sentido, o presente trabalho objetiva realizar uma revisão de literatura, para avaliar o potencial de fitorremediação de solo contaminado por chumbo de 04 espécies metalófitas, exóticas e de crescimento herbáceo: o capim vetiver, feijão de porco, girassol e mamona; cultivados em solos provenientes de sítios contaminados por chumbo.

Além de correlacionar fatores ambientais e agronômicos que condicionam a viabilidade de utilização das espécies catalogadas, em programas de fitorremediação de solo contaminado por chumbo, nos diversos biomas e ecossistemas brasileiros.

METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão de literatura sobre 04 espécies vegetais metalófitas: o capim vetiver, feijão de porco, girassol e mamona. O estudo consistiu em efetivar uma análise dos resultados obtidos em ensaios, sobre o potencial de 04 espécies metalófitas em remediar o solo contaminado por chumbo. Nos trabalhos catalogados o cultivo das espécies metalófitas foi realizado em solos provenientes de sítios contaminados por chumbo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SOLOS PROVENIENTES DE SÍTIOS CONTAMINADOS POR CHUMBO

Tabela 03. Espécies metalófitas cultivadas em amostras de solos de sítios contaminados por chumbo.

Autor	Espécies Avaliadas	Fonte de contaminação	Classe de solo	Concentração de chumbo no solo	Concentração de Pb (mg.kg ⁻¹)	
					Raiz	Parte aérea
Andrade (2009)	Girassol	Solo de uma área de mineração de Pb	<ul style="list-style-type: none">Solo 1 - Cambissolo HápticoSolo 2 - Neossolo	<ul style="list-style-type: none">Solo 1 – 4504,9 mg.Kg⁻¹Solo 2 – 9678,2 mg.Kg⁻¹Solo 3 – 2598,5	<ul style="list-style-type: none">Solo 1 – 403,35 mg.Kg⁻¹Solo 2 –	<ul style="list-style-type: none">Solo 1 – 110,64 mg.Kg⁻¹Solo 2 – 213,93 mg.Kg⁻¹Solo 3 – 13,47





			Litólico • Solo 3 – Solo com rejeito fino	mg.Kg ⁻¹	2317,68 mg.Kg ⁻¹ • Solo 3 – 133,00 mg.Kg ⁻¹	mg.Kg ⁻¹
Marques (2009)	Girassol, vetiver e mamona.	Solo da empresa de reciclagem de baterias automotivas.	Espodosolo Ferrihumilúvico	Pb disponível - 660,36 mg/dm ³	• Girassol = 4200 mg.kg ⁻¹ • Vetiver = 1200 mg.kg ⁻¹ • Mamona = 4800 mg.kg ⁻¹	• Girassol = 4500 mg.kg ⁻¹ • Vetiver = 2500 mg.kg ⁻¹ • Mamona = 1900 mg.kg ⁻¹
Assunção (2012)	Feijão de porco, vetiver e mamona.	Solo da área da fabrica PLUMBUM Mineração	Vertissolo	3148,4 mg.Kg ⁻¹	• Feijão de porco = 7,93 mg.kg ⁻¹ • Vetiver = 8,37 mg.kg ⁻¹ • Mamon a = 6,69 mg.kg ⁻¹	• Feijão de porco = 277,00 mg.kg ⁻¹ • Vetiver = 83,23 mg.kg ⁻¹ • Mamona = 18,21 mg.kg ⁻¹
Boffe (2017)	Girassol	Solo da área de uma empresa recicladora de baterias	Latossolo Vermelho	1989,6 mg.Kg ⁻¹	960,20 mg.kg ⁻¹	8,11 mg.kg ⁻¹

Andrade (2009) avaliou a fitoextração induzida de girassol, utilizando ácido cítrico a 20 mmol kg⁻¹ como agente quelante de chumbo, em solos poluídos (solos 1, 2, 3) coletados em uma área de mineração de Pb em Adrianópolis (PR). O solo 1 – Cambissolo Háplico, coletado em posição intermediária de encosta, onde ocorreu incorporação de rejeito ao perfil de solo; solo 2 – Neossolo Litólico, um solo preservado sem incorporação de rejeito e com deposição de particulado; solo 3 – solo com rejeito fino, coletado em um vale soterrado com pilhas de rejeitos, misturados ao solo.

O autor concluiu que nas plantas de girassol, o uso de ácido cítrico não produziu o efeito de translocação de Pb das raízes para a parte aérea. Nas três tipologias de contaminação de solo os coeficientes de translocação foram baixos, indicando a atuação de mecanismo de resistência das plantas em solos altamente contaminados. As plantas apresentaram dificuldade de crescimento nos solos 2 e 3, com aparecimento de clorose intensa nas folhas, evidenciando uma intoxicação. Os teores de Pb nos solos testados é superior ao VRQ limite para áreas industriais.





Marques (2009) avaliou o potencial do girassol, vetiver e mamona, na fitoextração de chumbo, com amostras de solo da área da empresa de reciclagem de baterias automotivas, a METAIS PB – LTDA.

O autor concluiu que o girassol foi a espécie que apresentou maior teor Pb na avaliação da planta inteira (8700 mg.kg^{-1}). A mamona possui elevada capacidade em absorver e acumular o Pb em seu sistema radicular (4800 mg.kg^{-1}), porém apresentou baixa translocação para parte aérea. O vetiver apresentou a maior produção de biomassa, tem elevada capacidade em extrair chumbo do solo e se mostrou adequado para programas de fitoextração.

Em ordem decrescente, segundo o estudo do autor, as espécies que obtiveram os melhores resultados para fitorremediação foram o girassol > mamona > capim vetiver. O teor de Pb no solo testado é inferior ao VRQ limite para áreas industriais.

Assunção (2012) avaliou o potencial do feijão de porco, mamona, e vetiver, para serem utilizados em programas de fitorremediação do solo da área do entorno da fábrica PLUMBUM Mineração.

Segundo a autora, as plantas de feijão de porco e vetiver possuem a característica de acumular altos teores de Pb na parte aérea e ambas mostraram-se tolerantes ao chumbo. O feijão de porco foi a espécie que apresentou maior concentração de Pb ($277,00 \text{ mg.kg}^{-1}$) na parte aérea; e o vetiver é tolerante à contaminação de multimetais e em diferentes partes da planta. A autora concluiu que as baixas concentrações de Pb absorvida pelas três espécies testadas, deveu-se a disponibilidade ($0,07\%$ Pb) que estavam presentes no solo na forma trocável.

Em ordem decrescente, segundo o estudo do autor, as espécies que obtiveram os melhores resultados para fitorremediação foram o feijão de porco > capim vetiver > mamona. O teor de Pb no solo testado é superior ao VRQ limite para áreas industriais.

Boffe (2017) avaliou o potencial fitoextrator e a produção de biomassa do girassol quando cultivado em solo contaminado por chumbo, proveniente de uma antiga recicladora de baterias em Marmeleiro/PR.

Boffe (2017) concluiu que nas plantas de girassol a concentração de chumbo pela raiz foi de $960,2 \text{ mg.kg}^{-1}$, com acúmulo de Pb em maior concentração no sistema radicular. O fator de translocação foi baixo, $FT = 0,0084$, impedindo o acúmulo de chumbo na parte aérea. O acúmulo de metal reduziu a produção de biomassa da planta. O teor de Pb no solo testado é superior ao VRQ limite para áreas industriais.





FITORREMEDIAÇÃO DO CHUMBO NO SOLO COM FEIJÃO-DE-PORCO.

Conforme os estudos apresentados, conclui-se que a espécie pode ser utilizada em programas de fitorremediação de chumbo, em sítios contaminados com elevadas concentrações de chumbo, se destacando como uma espécie fitoextratora de Pb.

O emprego do quelante EDTA e do hormônio giberelina é aconselhável, visando induzir uma maior fitoextração do metal do solo. A vantagem econômica de uma planta ser fitoextratora é poder se recuperar os metais contidos na parte aérea, através da biomineração.

Em relação à vantagem agrônômica de utilizar o feijão de porco como uma adubação nitrogenada do solo, realizando previamente a inoculação com rizóbio, esta vantagem não se aplica em solos contaminados por chumbo, porque nesta condição testada a inoculação reduz esse efeito. De acordo com os resultados obtidos de Almeida (2008), nas dosagens de chumbo testadas houve redução da produção de nódulos radiculares.

Em relação às limitações ambientais e agrônômicas, a espécie é exigente em água, acima de 700 mm por ciclo e não suporta as geadas. Portanto a espécie apresenta algumas limitações para se adaptar á determinados ecossistemas do sul e sudeste do Brasil, onde podem ocorrer geadas, ou regiões do semiárido onde ocorrem precipitações pluviométricas anuais abaixo de 700 mm.

FITORREMEDIAÇÃO DO CHUMBO NO SOLO COM O CAPIM VETIVER.

Pelos resultados dos estudos apresentados, conclui-se que a espécie revelou possuir aplicabilidade em programas de fitorremediação de chumbo.

A espécie é uma gramínea C4 perene, com as altas taxas de crescimento e que apresenta rusticidade suficiente para se adaptar á diversidade edafoclimática dos ecossistemas do Brasil, porém exige cortes periódicos para estimular o crescimento vegetativo e para exportar nutrientes, assim como é intolerante ao sombreamento (MIRANDA, 2012).

A intolerância da espécie ao sombreamento pode restringir sua utilização em agrossistemas consorciados com plantas metalófitas de crescimento arbustivo.

FITORREMEDIAÇÃO DO CHUMBO NO SOLO COM O GIRASSOL.

Segundo os resultados dos estudos apresentados, conclui-se que a espécie pode ser empregada em programas de fitorremediação de chumbo.





Em relação às características agronômicas da espécie, esta apresenta como característica um sistema radicular profundo que explora grande volume de solo, uma característica desejável em uma planta fitorremediadora.

De acordo com Castro (2012) a espécie é tolerante à seca, possui ampla capacidade de adaptação às diversas condições de latitude, longitude e fotoperíodo. Portanto a espécie apresenta rusticidade suficiente para se adaptar á diversidade climática dos ecossistemas do Brasil

Em relação às limitações ambientais e agronômicas, a espécie é fisicamente sensível à compactação de solo e quimicamente à acidez (CASTRO, 2012). Portanto, sua utilização como uma planta fitorremediadora em pilhas de estéril ou de rejeitos pode se tornar limitada ou inviável, devido à possibilidade de haver compactação e/ou acidificação nestes materiais.

FITORREMEDIAÇÃO DO CHUMBO NO SOLO COM A MAMONA.

Conforme os resultados dos estudos apresentados, conclui-se que a espécie pode ser utilizada em programas de fitorremediação de chumbo.

Como limitações ambientais e agronômicas, a espécie durante o seu desenvolvimento fenológico, necessita de 600-700 mm chuva por ciclo e um pH na faixa entre 6.0 a 6,8. A espécie é considerada exigente em nutrientes minerais e esgotante do solo onde é cultivada. Portanto para a espécie se desenvolver bem, precisa ser cultivado em um substrato com o pH quase neutro, o que implica na adoção de uma prática de calagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies catalogadas apresentaram potencial para servirem em programas de fitorremediação do solo, de sítios contaminados com chumbo. Embora, a aplicabilidade de uso de cada espécie está diretamente relacionada ao seu potencial de fitoextração, que é um parâmetro recomendável para solos contaminados com elevadas concentrações de chumbo. Além da adaptabilidade de cada espécie às condições ambientais dos diversos ecossistemas do Brasil.

Conforme os estudos apresentados, das espécies catalogadas, o feijão de porco obteve o melhor resultado para fitorremediação, em solo contaminado com elevadas concentrações chumbo e por multimetals, se destacando como uma espécie fitoextratora de Pb.





Em ordem decrescente as espécies que obtiveram os melhores resultados para fitorremediação foram o feijão de porco > capim vetiver > girassol > mamona.

As espécies catalogadas podem ser utilizadas em processos de reabilitação ambiental, atuando como espécies pioneiras na sucessão ecológica, objetivando descontaminar o solo e estabelecer o equilíbrio químico do sistema solo e água, e a homeostase do ecossistema como um todo.

Diante o exposto pode se inferir que a técnica de fitorremediação solo contaminado por chumbo com as espécies catalogadas é um processo viável do ponto de vista técnico, econômico, social, estético e ambiental.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. G. de; MELO, V. de F.; GABARDO, J.; SOUZA, L. C. de P.; REISSMANN, C. B. Metais Pesados em Solos de Área de Mineração e Metalurgia de Chumbo. I - Fitoextração. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p.1879-1888, nov. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n6/a37v33n6.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2018.

ASSUNÇÃO, S. J. R. **Seleção de Plantas para Fitorremediação de Chumbo, Cádmi e Zinco, de uma Área Contaminada na Bacia do Rio Subaé**. 2012. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Solos Qualidade de Ecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - Bahia, 2012. Disponível em: <https://www.ufrb.edu.br/pgsolos/images/DISSERTA%C3%87%C3%95ES/2012/Disserta%C3%A7%C3%A3o_SQE_-_Sara_Assun%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2018.

BATISTA, D. C. de A. **Comportamento fisiológico e bioquímico em plantas de batis marítima I. (bataceae) sob efeito de chumbo e seu potencial fitoextrator**. 2015, 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais). Curso de Pós Graduação em Ciências Naturais, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, RN, 2015. Disponível em: <http://www.uern.br/controladepaginas/mestrado-dissertacoes-defendidas/arquivos/2212danielle_cristiny.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2018.

BIGHI, K. N. **Fitorremediação Induzida de Chumbo com Feijão-De-Porco (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.)**. 2016. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Agrárias, Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2016. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_8817_Kelly%20Nery%20Bigghi.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2018.

BRASIL (2009). **Resolução CONAMA N° 420, de 28 de dezembro de 2009**. Brasília, p. 81-84. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 08 set. 2018.

BOFFE, P. M.; CALEGARI, R. P.; SOUZA, D. C. R. de; CONCEIÇÃO, P. S. da; SZYMCZAK, D. A.; TESSARO, D. Potencial Fitoextrator da Espécie Vegetal *Helianthus*





Annus L. em Solo Contaminado por Chumbo. **Revista Espacios**, Francisco Beltrão - PR, v. 38, n. 09, p.08-19, out. 2017. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a17v38n09/a17v38n09p08.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2018.

CASTRO, C. de. **Cultivo de girassol: alternativas de produção para o semiárido Arapiraca, AL**. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/girassol>>. Acesso em: 19 set. 2018.

LEAL, E. F.; MOREIRA, F. M.; CARVALHO, M. A.; AMORIM, L. de O. de; SANTOS, J. A. G.; SOUZA, L. S. **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, 2013, Florianópolis. UFRB, 2013. p. 1 - 4. Disponível em: <<http://eventosolos.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/2760.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2018.

MARTINS, J.; FIGUEIREDO, B. R. Testes de mobilidade de chumbo e arsênio em solo contaminado em Apiaí (SP). **Geochimica Brasiliensis**, [s.l.], v. 28, n. 2, p.189-200, 1 dez. 2014. <http://dx.doi.org/10.5327/z0102-9800201400020007>. Disponível em: <<http://www.geobrasiliensis.org.br/geobrasiliensis/article/view/414/pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

MARQUES, L. F. **Fitoextração de Chumbo por Girassol, Vetiver, Trigo Mourisco, Jureminha e Mamona em Áreas Contaminadas**. 2009. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia/PB, 2009. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp082771.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

MIRANDA, L. S. **Avaliação do desenvolvimento e da eficiência do capim Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) em sistemas híbridos de alagados construídos**. 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98303/mirandasantos_1_me_bauru.pdf?ssequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 ago. 2018.

RODRIGUES, A. C. D.; SANTOS, A. M.; SANTOS, F. S.; PEREIRA, A. C. C.; SOBRINHO, N. M. B. A. Mecanismos de Respostas das Plantas à Poluição por Metais Pesados: Possibilidade de Uso de Macrófitas para Remediação de Ambientes Aquáticos Contaminados. **Rev. Virtual Química**, Seropédica - RJ, v. 8, n. 1, p.262-276, 07 jan. 2016. Disponível em: <<http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v8n1a18.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2018.

SILVA, E. da; GUILHERME, M. de F. de S. Chumbo nas Plantas: Uma Breve Revisão sobre seus Efeitos, Mecanismos Toxicológicos e Remediação. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 2, n. 3, p.1-21, 21 ago. 2015. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2015a/chumbo%20nas%20plantas.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2018.

SILVA, W. R. da. **Fitoextração e Bioacessibilidade de As, Cd, Pb E Zn em Solos Contaminados por Resíduos Metalúrgicos**. 2015. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, 2015. Disponível em: <<http://www.tede.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/5363/2/William%20Ramos%20da%20Silva.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2018.





SOUZA, V. de; KONRAD, O.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. **Contaminação por Chumbo, Riscos, Limites Legais e Alternativas de Remediação.** Veredas do Direito: Belo Horizonte, v. 13, n. 25, p.249-276, jan. 2017. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/37092410-Contaminacao-por-chumbo-riscos-limites-legais-e-alternativas-de-remediacao.html>>. Acesso em: 06 jul. 2018.

UEBEL, A; MÜLLER, M. P.; NIELAND, M. L.; DALLAZEN, M. C.; KUHN, D.; MAFIOLETI, J. P.; RIBEIRO, R.; VETTORELLO, G.; HOEHNE L. Processos de Remediação do Solo Contaminado com Chumbo. **Caderno Pedagógico**, Lajeado, v. 14, n. 1, p.63-71, jan. 2017. Disponível em: <<http://univates.br/revistas/index.php/cadped/article/view/1405/1165>>. Acesso em: 06 jul. 2018.