



Plantas e metais potencialmente tóxicos – estudos de fitorremediação no Brasil¹

Fábio Alexandre Costa Mota², Genilson Pereira Santana³

Submetido 29/01/2015 – Aceito 29/04/2016 – Publicado on-line 01/05/2016

Resumo

Diversas situações de impacto ambiental tornaram-se comuns em praticamente todo o globo terrestre. Dentre os agentes que impactam o ambiente encontram-se os metais potencialmente tóxicos (MPT), contaminantes que afetam diretamente o metabolismo dos seres vivos além de causar várias doenças. Sendo amplamente divulgada nas últimas décadas, a fitorremediação destaca-se como técnica de remediação de solos impactados por MPT. Todavia, o sucesso da técnica depende da coleção de plantas fitorremediadoras da região degradada. Esta revisão apresenta um painel da quantidade de profissionais e grupos de pesquisas, no Brasil, envolvidos em estudos de fitorremediação e apresenta alguns estudos desenvolvidos na área de fitorremediação. Tais informações foram obtidas a partir de buscas em bancos de dados virtuais do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e os estudos, em sites especializados. Os resultados indicam que a fitorremediação consolida-se no Brasil como uma área em franca expansão tanto em número de pesquisadores envolvidos quanto em estudos desenvolvidos.

Palavras-chave: absorção de metais; grupos de pesquisa; áreas degradadas

Potentially toxic plants and metals - phytoremediation studies in Brazil. Several situations of environmental impact have become common in virtually the entire globe. Among the agents that impact the environment are potentially toxic metals (MPT), contaminants that directly affect the metabolism of living beings and cause various diseases. Being widely publicized in recent decades, phytoremediation stands out as a soil remediation technique impacted by MPT. However, the success of the technique depends on the collection of plants phytoremediation the degraded area. This review presents a panel of the number of professionals and research groups in Brazil involved in phytoremediation studies and presents some studies of the area developed by Brazilian research groups. This information was obtained from searches in virtual databases of the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and studies in specialized sites. The results indicate that phytoremediation is consolidated in Brazil as an area expanding both the number of researchers involved as in developed studies.

Key-words: absorption of metals; research groups; degraded areas.

¹ Parte da tese de doutorado em Química do Programa de Pós-graduação em Química do primeiro autor

² Doutorando do Programa de Pós-Graduação de Química, do Instituto de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Amazonas. Av. Gal. Rodrigo Otávio, 3000, Coroado II, CEP 69077-000. Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: facmota@hotmail.com

³ Professor Associado do Departamento de Química, do Instituto de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Otávio, 3000, Coroado II, CEP 69077-000. Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: gsantana2005@gmail.com



1. Introdução

A fitorremediação é uma tecnologia complexa que envolve fatores fisiológicos e ambientais. A planta fitorremediadora desenvolve diferentes estratégias para remediar o solo contaminado por metais potencialmente tóxicos (MPT). Essas estratégias se classificam em : i) rizofiltração, em que a planta acumula o contaminante no sistema rizosférico, para absorver, acumular e/ou precipitá-lo; ii) fitovolatilização que consiste no transporte do contaminante até as folhas, sendo então volatilizado; iii) fitoestimulação: a degradação dos contaminantes no solo ocorre pela exsudação de substâncias pelas raízes das plantas; iv) fitoextração, neste caso a planta extrai os contaminantes do ambiente e os transporta até a parte aérea, podendo então ser colhidos; e v) fitoestabilização em que o contaminante é imobilizado por complexação (lignificado ou humificado) no sistema rizosférico (MANAHAN, 2013; BAIRD & CANN, 2011; SANTANA & CHAVES, 2009; ANDRADE *et al.*, 2007).

Plantas fitorremediadoras desenvolvem a partir de determinadas concentrações a capacidade de tolerar altos níveis de MPT (KABATA-PENDIAS, 2011). Em outras espécies de plantas, os MPT alteram diretamente o crescimento, a distribuição, assim como o metabolismo de plantas de forma geral (BARBOSA JR, 2009). Muitas espécies vegetais já foram confirmadas como hiperacumuladoras, no entanto, a maioria dos estudos são desenvolvidos em regiões de clima temperado. Em uma definição bem conhecida e usada como parâmetro para definição de plantas hiperacumuladoras, BAKER & BROOKS (1989) considera que são as plantas que acumulam em sua biomassa (em peso de tecido seco) a partir de 10 000 mg kg⁻¹ de Mn ou Zn; 1000 mg kg⁻¹ de Co, Cu, Cr, Ni ou Pb e 100 mg kg⁻¹ de Cd. Como se nota, a definição não abrange todos os metais, excluindo inclusive um dos metais considerados mais fitotóxicos, o Al (MANLIO, 2006).

Além disso, a utilização de plantas fitorremediadoras devem ter as seguintes características: i) capacidade de absorção, concentração e/ou metabolização e tolerância ao contaminante; ii) alta taxa de crescimento e produção de biomassa; iii) resistência a pragas e doenças; iv) ocorrência natural em áreas poluídas, além de outras características. Uma planta dificilmente reunirá todas as características desejadas, mas deve reunir o maior número delas (SANTANA & CHAVES, 2009).

2. Metodologia

Esta revisão busca apresentar uma visão aproximada da quantidade de profissionais e grupos de pesquisa envolvidos em estudos de fitorremediação, em território brasileiro, e também apresentar resultados de alguns estudos desenvolvidos no Brasil cujos objetivos são conhecer plantas com potencial fitorremediador.

Em relação a quantidade de grupos de pesquisa e profissionais envolvidos na área, a estratégia consistiu em buscas de ambas as informações no banco de dados no portal do Currículo Lattes e no Banco de diretórios de grupos de pesquisa, ambos mantidos pelo site do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq (CNPQ, 2016). No portal Currículo Lattes, buscou-se o número de doutores e outros (mestres, graduados estudantes, técnicos, etc.) Ambos os casos, as buscas utilizaram a palavra-chave “fitorremediação”.

Em relação aos estudos desenvolvidos no Brasil foram realizadas pesquisas de estudos de fitorremediação em sites como Capes periódicos, Google acadêmico, assim como estudos de dissertações de mestrado e teses de doutorados. Todos os trabalhos foram desenvolvidos em território brasileiro.

Devido a diversidade de nomes comuns e variáveis dos mesmos geograficamente optou-se por usar exclusivamente os nomes científicos das plantas citadas nesta revisão.

3. Fitorremediação no Brasil

Estudos de fitorremediação de metais potencialmente tóxicos (MPT) podem envolver condições controladas ou condições de campo (ambientes naturais), tanto em solos quanto em águas. Os estudos em condições controladas normalmente ocorrem em casa de vegetação, onde se faz uso de sais inorgânicos solúveis em concentrações previamente escolhidas, geralmente pautadas em legislações ambientais específicas. Já estudos em condições de campo envolvem, inicialmente, a escolha e a caracterização

físico-química de uma área com impacto ambiental e posterior levantamento das espécies vegetais já adaptadas e esse ambiente. A Tabela 1 apresenta os intervalos de concentrações considerados normais a serem encontrados em plantas, lembrando que metais como Cd, Cr e Pb não são considerados micronutrientes (KABATA-PENDIAS, 2011; MANLIO, 2006, MALAVOLTA, 1980), e concentrações acima do limite máximo citados na tabela, correspondem a níveis tóxicos.

Tabela 1 – Intervalos de concentrações consideradas normais de alguns metais em plantas

Metal	Concentração normal (mg kg ⁻¹)	Autores
Cd	0,1 – 1	MALAVOLTA, 1980
Co	0,05 – 0,3	MANLIO, 2006
Cr	0,02 – 1	MALAVOLTA, 1980
Cu	2 – 20	MANLIO, 2006
Ni	0,3 – 3,5	MANLIO, 2006
Pb	1,5 – 2,4	KABATA-PENDIAS, 2011
Zn	3 - 150	MANLIO, 2006

3.1 Condições controladas

Os potenciais fitorremediadores para Pb, em meio hidropônico, das espécies vegetais *Vetiveria zizanioides* L., *Helianthus annuus* L., *Canavalia ensiformis* L., *Alocasia macrorrhiza*, *Syngonium angustatum* e *Cecopria* sp (BATISTA, 2013), *Desmanthus virgatus* L., *Prosopis juliflora* e também *Vetiveria zizanioides* L. (ALVES *et al.*, 2008) foram avaliados. BATISTA (2013) verificou que as concentrações de Pb na biomassa aérea e radicular das plantas aumentaram com o aumento da concentração de Pb na solução nutritiva para todas as seis espécies avaliadas, com preferência de acúmulo na raiz para todas as espécies. Nenhuma das espécies se mostrou apta à fitoextração, pois não foram eficientes em transportar Pb para a parte aérea, sendo então classificadas como excludoras, mas *Helianthus annuus* L., *Alocasia macrorrhiza* e *Vetiveria zizanioides* L. apresentaram potencial para estratégias que usam as raízes como agente principal de absorção, como a

fitoestabilização ou rizofiltração. ALVES *et al.*, (2008) constataram que *Vetiveria zizanioides* L. demonstrou maior tolerância a Pb e que a raiz foi o local preferencial de acúmulo do metal nas três espécies. A espécie *Vetiveria zizanioides* L. foi a que apresentou as maiores concentrações de Pb em todos os compartimentos, evidenciando seu potencial fitorremediador para áreas contaminadas por Pb.

A espécie *Crotalaria spectabilis* foi avaliada para fitorremediação dos metais Cd e Pb em solos. A espécie apresentou alta taxa de sobrevivência nos solos contaminados, indicando ser propícia para estudos de fitorremediação para esses metais (LINDINO, 2012).

Espécies vegetais terrestres como *Braquiaria decumbens* e *Brassica juncea* (MARTINEZ *et al.*, 2012) e aquáticas, como *Vetiveria zizanioides* L. (ALMEIDA, 2011) foram avaliadas em estudos de fitorremediação para os metais potencialmente tóxicos (MPT) Cr, Ni, Pb e Zn. *Brassica juncea* apresentou tolerância a

todas as concentrações do estudo (concentrações em solos: 3 de Cd; 150 de Cr; 70 de Ni; 180 de Pb e 450 de Zn e réplicas em dobro e triplo desses valores, em mg kg⁻¹). O Zn foi o metal que apresentou os maiores valores de absorção para duas espécies (*Braquiaria decumbens* e *Brassica juncea*). Ambas as espécies revelaram ser boas opções para fitorremediação de solos contaminados por tais metais. *Brassica juncea* mostrou excelente potencial fitorremediador para Cr, Ni, Pb e Zn (MARTINEZ *et al.*, 2012). Já *Vetiveria zizanioides* L. apresentou tolerância à contaminação, maior absorção dos MPT pelas raízes, baixa capacidade de transporte para a parte aérea e eficiente absorção dos metais, indicando que se trata de uma espécie promissora para uso em programas de fitorremediação em ambientes aquáticos (ALMEIDA, 2011).

Os potenciais fitorremediadores das espécies *Commelina erecta*, *Monotagma laxum*, *Panicum maximum*, *Borreiia capitata*, *Cyperus surinamensis* e *Nephrolepis biserrata* (CASTRO, 2007) mostraram que essas plantas são capazes de absorver altas concentrações de Cr. A ordem de absorção de Cr obedece a seguinte ordem: *Cyperus surinamensis* > *Borreiia capitata* > *Monotagma laxum* > *Panicum maximum* > *Nephrolepis biserrata* > *Commelina erecta*. Destaca-se que todas apresentaram afinidade para Cr, exceto a *Borreiia capitata*.

Por outro lado, as espécies vegetais *Senna multijuga*, *Caesalpinia echinata* e *Shizolobium amazonicum* foram cultivadas em solos contaminados e apresentaram os seguintes comportamentos: i) *Senna multijuga* acumulou preferencialmente Mn, Co, Pb e Zn na parte aérea e Zn, Cr, Co, Cd, Mn e Cu na parte radicular e apresentou melhor adaptação nos solos contaminados; ii) *Caesalpinia echinata* possui potencial acumulador para os elementos Mn e Zn e acumulou preferencialmente Fe e Zn na parte radicular; e iii) *Shizolobium amazonicum* acumulou preferencialmente Cr, Co e Cu na parte aérea e Zn e Pb na parte radicular. Todas foram classificadas como fitoextratoras e potencial

hiperacumulador para Co, Cd, Cu, Ni, Mn, Fe, Cr, Zn e Pb (CHAVES, 2008).

A macrófita *Lemna aequinoctialis* mostrou ser capaz de absorver principalmente Cr (até cerca de 45 vezes as concentrações esperadas para plantas (Tabela 1)) e Ni, cerca de 6 vezes tais concentrações (Tabela 1) (PIO, 2012). Esses resultados serviram de base para a construção de um consórcio entre *Wetland* construída (*Alocasia macrorrhiza*) e reator eletroquímico Al/Fe para remoção/diminuição de níveis de Cu, Cr, Pb e Zn em águas de um igarapé poluído por dejetos domésticos e industriais (NETO, 2014). Os resultados mostraram que a *Wetland* construída é capaz de remover Cr para os limites da Resolução CONAMA 357/2005 e Zn e Cu para valores próximos. Para Pb, a ação foi ineficiente. Já no reator, a redução de Zn e Cu atingiu os limites da Resolução. Na planta, a sequência de absorção foi Zn > Pb > Cu > Cr. Logo, o sistema em consórcio foi capaz de remover Zn, Cr e Cu a limites aceitáveis em águas.

Um *wetland* construído com *Pistia stratiotes* acoplado de tanque com *Alocasia macrorrhiza* para remover os metais Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb e Ni foi construído. No tanque composto por *Alocasia macrorrhiza* ocorreu a redução das concentrações dos metais citados, sendo mais eficiente para Co e Pb. Na *wetland* foi observada a absorção de altas quantidade de Pb e Fe nas raízes e Pb e Ni nas folhas (PIO, 2012).

3.2 Condições de campo

Espécies vegetais de grande porte como eucaliptos (*Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*) tiveram seu potencial fitorremediador avaliado em solos contaminados por rejeitos de reciclagem de baterias, com altos teores de Pb. As raízes apresentaram as maiores concentrações destacando-se as duas espécies do gênero *Eucalyptus* (NALON, 2008).

PEREIRA *et al.*, (2012) avaliaram o potencial fitorremediador para Cd, Cu, Mn, Pb e Zn de espécies arbóreas (*Cordia africana* Lam, *Mimosa caesalpineafolia*



Benth, *Acacia angustissima* e *Anadenanthera colubrina*) em solos contaminados. As espécies apresentaram desenvolvimento normal, mostrando tolerância a áreas contaminadas com Cd, com preferência de acúmulo nas raízes, exceto a espécie *Cordia africana* Lam. Já a macrófita aquática *Eichhornia crassipes* apresentou potencial fitorremediador para os metais Al, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn em ambientes naturais (MARTINS, 2014).

Treze espécies vegetais: *Prosopis juliflora*, *Schinus terebinthifolia*, *Cedrela fissilis*, *Eucalyptus urophylla*, *Canavalia ensiformes* L., *Paspalum notatum*, *Tabebuia impetiginosa*, *Genipa americana* L., *Solanum paniculatum* L., *Leucaena leucocephala*, *Ricinus communis* L., *Jathropa curcas* L. e *Vetiveria zizanioides* L. foram avaliadas para fitorremediação de Cd, Pb e Zn em solos contaminados em áreas vizinhas a indústrias. As espécies *Vetiveria zizanioides* L. e *Canavalia ensiformes* L. se destacaram em relação às demais espécies pelo acúmulo dos metais na parte aérea, a espécie *Paspalum notatum* se destacou no acúmulo dos metais nas raízes, todas então sendo consideradas espécies promissoras para fitorremediação para os três metais (ASSUNÇÃO, 2012).

Na avaliação do potencial fitorremediador das espécies vegetais *Brachiaria plantaginea* e *Eichhornia crassipes*, que se desenvolvem na área contaminada do aterro sanitário de Manaus foi constatado que *Brachiaria plantaginea* acumulava altas quantidade de Cr e Co e a *Eichhornia crassipes* Cr, Co e Ni. As duas plantas apresentaram as maiores concentrações desses metais na parte aérea (BARRONCAS, 1998).

O primeiro trabalho de plantas com potencial fitorremediador do Polo Industrial de Manaus foi realizado por CASTRO (2000) com duas gramíneas, *Dichorisandra sp* e *Paspalum sp*. Os resultados desse estudo mostraram que as duas gramíneas são capazes de absorver concentrações elevadas de Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb e Zn. O maior destaque de absorção foi o Cr que foi absorvido pelas duas gramíneas em

cerca de 600 vezes os valores esperados para plantas. Por outro lado, a *Homolepis aturensis* (H.B.K.) Chase absorveu Zn, Cr, Fe e Pb acima dos limites considerados normais nas três partes das plantas em cerca de 20 vezes. O Ni apresentou concentrações de 2 a 45 vezes na parte aérea (ELIAS, 2003). Os intervalos de concentrações esperados para plantas estão na Tabela 1.

Nos fragmentos florestais do Polo Industrial de Manaus SILVA (2012) reportou que as espécies vegetais *Vismia guianensis*, *Diplasia karataefolia*, *Vismia japurensis*, *Annona exsucchaca*, *Alibertia edulis*, *Panicum maximum*, *Lantana camara*, *Araceae* e *Diffenbachia picta* possuem potencial fitorremediador para os metais potencialmente tóxicos (MPT) Cd, Co, Cu, Fe, Ni e Pb. Todas as plantas estudadas foram tolerantes a Cd; absorveram altas concentrações de Co, Pb e Ni (cerca de 53 a 2700 vezes) e Fe e Cu (cerca de 15 vezes) os níveis normais das plantas. Os intervalos de concentrações esperados para plantas estão na Tabela 1.

O potencial de extração de metais potencialmente tóxicos em água contaminada com níveis de contaminação muito acima dos limites propostos pela Resolução 357/05 CONAMA é representado pela macrófita *Lemna aequinoctialis*, outra espécie abundante nas áreas alagadas do Polo Industrial de Manaus. Essa macrófita é capaz absorver Fe e Cu duas vezes as concentrações consideradas normais pela *Lemna aequinoctialis*. Pb em aproximadamente sete vezes, Ni em cerca de 17 vezes e Cr em cerca de 74 vezes dos níveis considerados normais em plantas (PIO, 2004). Os intervalos de concentrações esperados para plantas estão na Tabela 1.

Finalmente, no Polo Industrial, SANTANA & JESUS (2012) reportaram que as frutíferas *Mauritia flexuosa* L. e *Euterpe precatoria* mart. mostraram-se tolerantes a alta quantidade de metais potencialmente tóxicos presente nos solos da região.

A Tabela 2 apresenta informações de estudos na área de fitorremediação com espécies utilizadas pelo grupo de pesquisa



Química Ambiental, da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Já a Tabela 3 apresenta estudos com as mesmas espécies, porém, realizados fora do ambiente amazônico. Muitas espécies estudadas não apresentaram outros estudos de fitorremediação divulgados além dos realizados pelo grupo Química Ambiental, da UFAM. As Tabelas 2 e 3 encontram-se em Anexos.

4. Dados em pesquisas de currículos e grupos de pesquisa no Brasil

No Brasil, pesquisas sobre o tema fitorremediação foram tema de diversos estudos de dissertações de mestrado e teses de doutorado. Em buscas no principal portal de currículos de pesquisadores do país (CNPq, 2016), o portal Currículo Lattes, mantido pelo CNPq, em pesquisa feita no corrente ano, a palavra-chave “fitorremediação” aparece vinculada a 679 doutores, de qualquer nacionalidade, e considerando só pesquisadores de nacionalidade brasileira, 665 doutores. Em relação a outras titulações (mestres, graduados, técnicos, etc.) aparecem 757 profissionais, de qualquer nacionalidade, e considerando só pesquisadores de nacionalidade brasileira, 754 profissionais. Estes números evidenciam o crescente interesse pela área, sugerindo também que a mesma deve continuar apresentando intenso desenvolvimento nos próximos anos no país.

Este crescente interesse também pode ser verificado em grupos de pesquisas de várias instituições acadêmicas brasileiras, de todas as regiões do país. Uma consulta no banco de diretórios de grupos de pesquisa do CNPq, com a palavra-chave “fitorremediação” encontram-se 4 grupos de pesquisa, sendo dois situados no Rio de Janeiro (Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)), um no Rio Grande do Sul (Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)) e um no Pará (Universidade Federal do Pará (UFPA)), nas áreas de Engenharia Sanitária, Química, Agronomia e Química, respectivamente. Já consultando por grupos e incluindo Linhas

de pesquisa na busca, são encontrados 64 grupos de pesquisa. Nessa busca, apresenta-se o grupo de pesquisa “Química Ambiental”, da instituição UFAM, cujo todos os estudos de fitorremediação foram abordados nesta revisão e estão listados na Tabela 2 (CNPq, 2016).

O grupo de pesquisa da UERJ, intitulado BioProcess – Biorremediação e Fitorremediação de solos contaminados, tratamento de efluentes e ecotoxicologia e iniciado em 2004 apresenta como objetivos, entre outros, o estudo de biorremediação e fitorremediação de solos contaminados com ênfase em hidrocarbonetos de petróleo e investigação do potencial fitorremediador de diferentes espécies vegetais em solos brasileiros. Já o grupo de pesquisa da UFRJ, intitulado Fitorremediação, Biocorrosão e Bioprocessos, iniciado em 1995, indica como objetivos a recuperação de solos multicontaminados, utilizando para isso de diversos bioprocessos, entre eles, a fitorremediação (CNPq, 2016).

O grupo de pesquisa de UFSM, intitulado Biorremediação e Fitorremediação e iniciado em 2011 tem como objetivos a geração de conhecimentos sobre remediação do solo utilizando microrganismos e plantas e interação desses para degradar ou detoxificar poluentes do ambiente propondo-se a identificação de plantas e utilização das diferentes estratégias de fitorremediação, com foco em poluentes orgânicos (principalmente agrotóxicos, hidrocarbonetos poliaromáticos e combustíveis), plásticos e blendas plásticas e poluentes inorgânicos (principalmente em metais pesados). E o grupo de pesquisa da UFPA, intitulado Fitorremediação de efluentes na Amazônia, iniciado em 2010, não informa na plataforma pesquisada os objetivos do grupo (CNPq, 2016).

Na região amazônica os grupos de pesquisa que tratam de fitorremediação como linha de pesquisa são cinco, em um total de 64 pelo país, como já citado: um grupo da Universidade Estadual do Amazonas (UEA), na área de botânica, um grupo da Universidade Federal do Pará (UFPA), na área de química, dois grupos da



Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), um na área de zoologia e outro na área de agronomia, e um grupo na Universidade Federal do Amazonas (UFAM), na área de química, logo, correspondendo a cerca de 8%, contrastando abruptamente com o fato da região apresentar a maior diversidade vegetal do país, além da maior área territorial (CNPq, 2016).

A Tabela 4, em Anexos, apresenta informações de alguns estudos realizados por tais grupos de pesquisa.

Todos os estudos envolvendo investigações de fitorremediação, realizados pelo grupo de pesquisa em Química Ambiental da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) foram consultados e citados nesta revisão, englobando o período de 1998 até o ano de 2014. Tratam-se de estudos de fitorremediação de metais potencialmente tóxicos com espécies vegetais naturais ou bem adaptadas ao ecossistema amazônico.

5. Perspectivas na fitorremediação

O que se espera de uma investigação de fitorremediação é encontrar espécies que demonstrem potencial para níveis excessivos de absorção de contaminantes. A identificação de plantas hiperacumuladoras é o resultado ideal. O fenômeno da hiperacumulação pode ocorrer mediante a presença de condições ideais, considerando fatores fisiológicos e ambientais, ou mesmo, manipulações genéticas podem alterar ou otimizar uma predisposição da planta ao fenômeno (ANDRADE *et al.*, 2007). Logo, estudos que apresentam plantas com níveis de absorção diferenciados devem receber investigações mais cuidadosas e detalhadas.

Os estudos envolvendo espécies amazônicas, descritos nesta revisão, apresentaram resultados empolgantes que demonstram o quanto o ecossistema amazônico pode ser aproveitado em pesquisas na área de fitorremediação.

Estudos realizados em águas de igarapés bastante impactados pelo descarte de efluentes industriais utilizaram as concentrações citadas na Resolução

CONAMA 357/05 como parâmetro. NETO (2014) e PIO (2012) realizaram estudos de fitorremediação em consórcio com outras técnicas, eletroquímica e *Wetland* construído, respectivamente. NETO (2014) avaliando o potencial fitorremediador de *Alocasia macrorrhiza* para os metais Cu, Zn, Cr e Pb observou a redução das concentrações dos metais a níveis aceitos pela Resolução CONAMA 357/05, exceto Pb. Já os experimentos de PIO (2012) com *Pistia stratiotes* (*Wetland* construído) e *Alocasia macrorrhiza* (filtro plantado), também conseguiram reduções das concentrações de metais em águas. Em estudos paralelos, a macrófita *Lemma aequinoctialis* apresentou-se como um potencial bioindicadora para qualidade de águas.

Estudos realizados com solos, em condições controladas, em casa de vegetação e uso de concentrações conhecidas de metais, realizados por CHAVES (2008) e CASTRO (2007) identificaram seis plantas potencialmente acumuladoras e tolerantes para nove metais. Já estudos realizados em condições em campo, também em solos, revelaram que plantas podem ser bioindicadoras eficientes, principalmente se o estudo considerar diferentes condições sazonais, como o estudo de CASTRO (2000), que coletou espécies em períodos de cheia e seca e encontrou diferenças de níveis de metais na biomassa da planta até 600 vezes, para Cr. Com valores mais modestos, o mesmo ocorreu com Pb, da ordem de 150 vezes, revelando que espécies avaliadas juntas apresentam grande capacidade de adaptação. ELIAS (2003) e BARRONCAS (1998), estudando macrófitas e gramíneas, também identificaram espécies com grau de tolerância a metais, pois apresentaram concentrações acima dos valores considerados normais em plantas. E SILVA (2012), estudando espécies com potencial fitoextrator, já que analisou as concentrações de oito metais exclusivamente nas folhas, identificou que as seis plantas que analisou apresentaram uma tolerância diferenciada para Cd, com destaque também para Co em que



concentrações excederam em cerca de 170 a 2700 vezes os valores esperados para plantas (Tabela 1).

6. Considerações finais

A intenção desta revisão é mostrar como a fitorremediação apresenta potencial para ser utilizada no ecossistema amazônico e como a escassez de trabalhos nesse contexto pode ajudar na ideia, precipitada, de que a fitorremediação está restrita ao clima temperado. Os estudos relatados dão uma visão otimista do que vem sendo feito. Porém, a conhecida diversidade vegetal da região amazônica é um incentivo a mais para que mais pesquisas se desenvolvam nesse campo. Estudos em condições controladas assim como estudos em campo, fornecem informações que se complementam e ampliam o conhecimento, por conseguinte, a sua popularização. Estudos futuros envolvendo outros metais, como As e Hg, assim como compostos orgânicos podem encontrar, nas espécies amazônicas, proveitosos resultados.

É necessário ampliar as pesquisas na área devido a diversidade vegetal da região e considerar que se tratam de estudos de médio a longo prazos.

Este texto de revisão faz uma exposição dos estudos já realizados do grupo de pesquisa em química ambiental da UFAM na área de fitorremediação, com espécies vegetais no contexto amazônico. Acredita-se que perspectivas otimistas possam ser concretizadas a partir de novos incentivos.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. Os autores e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

AKUTAN, A.; PAPPOE, A. N. M.; ARMAH, F. A.; ENU-KWESI, L. Phytoremediation

potential of indigenous Ghanaian grass and grass-like species grown on used motor oil contaminated soils. *Journal of Ecology Environmental*, 2014, v.37, n.2, p.41–51. DOI: 10.5141/ecoenv.2014.006

ALARIBE, F. O.; AGAMUTHU, P. Assessment of phytoremediation potential of *Lantana camara* in Pb impacted soil with organic waste additives. *Ecological Engineering*, 2015, v.83, p.513–520. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2015.07.001

ALMEIDA, A. F.; VALLE, R. R.; MIELKE, M.; GOMES, F. Tolerance and prospection of phytoremediator woody species of Cd, Pb, Cu and Cr. *Brazilian Journal Plant Physiology*, 2007, v.19, n.2, p. 83-98.

ALVES, J. DO C.; SOUZA, A. P.; PÔRTO, M. L.; ARRUDA, J. A.; TOMPSON JÚNIOR, U. A.; SILVA, G. B.; ARAÚJO, R. DA C.; SANTOS, D. Absorção e distribuição de Pb em plantas de vetiver, jureminha e algaroba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2008, v.32, p.1329-1336.

ANDRADE, J. C. M; TAVARES, S. R. L; MAHLER, C. F. Fitorremediação - O uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 175p.

ASSUNÇÃO, S. J. R. Seleção de plantas para fitorremediação de Pb, Cd e Zn de uma área contaminada na Bacia do Rio Subaé. Dissertação de Mestrado, 2012, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

BAIRD, C.; CANN, M. Química ambiental. Bookman. 4º Edição, 2011, 855p.

BAKER, A. J. M; BROOKS, R. R. Terrestrial higher plants which hyper accumulate metallic elements – Review of their distribution, ecology, and phytochemistry. *Biorecovery*, 2011, v.1, p. 81-126.

BARBOSA JR, F.; FILLION, M.; LEMIRE, M.; PASSOS, C. J. S.; RODRIGUES, J. L.; PHILIBERT, A.; GUIMARÃES, J.; MERGLER, D. Elevated blood Pb levels in a Riverside population in the Brazilian Amazon. *Environmental Research*, 2009, v.109, p.594–599.

BARRONCAS, P. DE S. R. Estudo de metais pesados oriundos do aterro sanitário (Km-19- Rodovia AM 010) e sua distribuição ao



longo dos igarapés Matrinxã, Bolívia, Tarumã e Rio Negro. Dissertação de Mestrado, 1998, Universidade do Amazonas.

BATISTA, A. A. Seleção de espécies com potencial fitorremediador de chumbo. Dissertação de Mestrado, 2013, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

CASTRO, R. F. Composição inorgânica de duas gramíneas do Distrito Industrial de Manaus – AM. Dissertação de Mestrado, 2000, Universidade do Amazonas.

CASTRO, R. F. Fitorremediação de solos contaminados por Cr, Pb e Zn utilizando as espécies amazônicas *Commelina erecta*, *Montagma laxum*, *Borria capitata*, *Panicum maximum*, *Cyperus surinamensis* e *Nephrolepis biserrata*. Tese de Doutorado, 2007, Universidade Federal do Amazonas.

CAVALHEIRO, T. L.; AMORIM, A. M. P. B.; PREUSSLER, K. H.; MARANHO, L. T. Avaliação da eficiência das *wetlands* naturais no pós-tratamento do lixiviado no Aterro sanitário da Caximba, Curitiba. IV Seminário Regional sobre gestão de recursos hídricos, 2014.

CHAVES, E. V. Absorção de metais pesados de solos contaminados do Aterro Sanitário e Pólo Industrial de Manaus pelas espécies de plantas *Senna multijuga*, *Schizolobium amazonicum* e *Caesalpinia achinata*. Tese de doutorado, 2008, Universidade Federal do Amazonas.

CNPq - Diretório dos grupos de pesquisa no Brasil LATTES. <<http://lattes.cnpq.br/web/dgp>>. Acesso em 01/16.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO-AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 357/2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/res09/res35705.pdf>>. Acesso em 10/12/2015.

ELIAS, E. P. Absorção de alguns metais pesados pela *Homopolis aturensis* (H.B.K.) Chase. Dissertação de Mestrado, 2003, Universidade do Amazonas.

ESPINOZA-QUINONES, F. R.; MÓDENES, A. N.; OLIVEIRA, A. P.; TRIGUEROS, D. E. G. Influence of lead-doped hydroponic medium on the adsorption/bioaccumulation

processes of Pb and P in roots and leaves of the aquatic macrophyte *Eicchornia crassipes*. Journal of Environmental management, 2013, v.130, p.199–206. DOI: 10.1016/j.jenvman.2013.09.012

FAWZY, M. A.; BADR, N. E.; EL-KHATIB, A.; ABO-EL-KASSEM. Heavy metals biomonitoring and phytoremediation potentialities of aquatic macrophyte in River Nile. Environmental Monitoring and Assessment, 2012, v.184, p.1753–1771. DOI: 10.1007/s10661-011-2076-9

GONÇALVES, I. C. R.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P.; BEZERRA, A. A. C.; MELO, W. J. Heavy metals and yield of cowpea cultivated under composted tannery sludge amendment. Acta Scientiarum, 2014, v.36, n.4, p.443-448. DOI: 10.4025/actasciagron.v36i4.18094

HANKS, N. A.; CARUSO, J. A.; ZHANG, P. Assessing *Pistia stratiotes* for phytoremediation of Ag nanoparticles and Ag(I) contaminated waters. Journal of Environmental management, 2015, v.164, p.41–45. DOI: 10.1016/j.jenvman.2015.08.026

JIAMJITRANICH, W.; PARKPIAN, P.; POLPRASERT, C.; KOSANLAVIT, R. TNT and its metabolites in shoots and roots of *Panicum maximum* in nano-phytoremediation. International Journal of Environmental Science and Development, 2013, v.4, n.1, p.7-10. DOI: 10.7763/IJESD.2013.V4.293

JORDÃO, C. P.; PEREIRA, J. L.; JHAM, G. N. Cr contamination in sediment, vegetation and fish caused by tanneries in the MG, Brazil. The Science of the Total Environment, 1997, v.207, p.1–11.

JUSSELME, M. D.; POLY, F.; LEBEAU, T.; ROULAND-LEFEVRE, C.; MIAMBI, E. Effects of earthworms on the fungal community and microbial activity in root-adhering soil of *Lantana camara* during phytoextraction of Pb. Applied soil ecology, 2015, v.96, p.151–158. DOI: 10.1016/j.apsoil.2015.07.011

KABATA-PENDIAS. Trace elements in soils and plants. CRC Press. 4^o Edition. 2011, 534p.



LINDINO, C. A.; TOMCZAK, A. P.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. Fitorremediação de solos utilizando *Crotalaria spectabilis* para remoção de Cd e Pb. *Scientia agraria paranaenses*, 2012, v.11, n.4, p.25-32.

MALAVOLTA, E. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. São Paulo, SP. Editora Agronômica CERES, 1980, 255p.

MANAHAN, S. E. Química Ambiental. Bookman. 9ª Edição. 2013, 912p.

MANLIO, S. F. (Editor). Nutrição Mineral de Plantas. Viçosa, MG. SBCS, 2006, 432p.

MARQUES, M.; AGUIAR, C. R. C.; SILVA, J. J. L. S. Desafios técnicos e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de solos contaminados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2011, v.35, p.1-11.

MARTINEZ, M. S.; CRUVINET, D. F. C.; BARATTO, D. M. Avaliação da fitorremediação de solos contaminados com metais pelo capim braquiária e mostarda da Índia. *Revista DAE*, 2013, v.191, p.30-37. DOI: 10.4322/dae.2014.099

MARTINS, D. F. F. Estudo integrado do potencial fitorremediador da *Eicchornia crassipes* em ambientes naturais e sua utilização para obtenção de extratos proteicos. Tese de Doutorado, 2014, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MELO, E. E. C.; NASCIMENTO, C. W. A.; SANTOS, A. C. Q. Solubilidade, fracionamento e fitoextração de metais pesados após aplicação de agentes quelantes. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 2006, v.30, p.1051-1060.

NALON, L. Potencial do eucalipto na fitorremediação de um solo contaminado por Pb. Dissertação de Mestrado, 2008, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Jaboticabal.

NETO, A. G. de S. Desenvolvimento de sistema *wetland* construído combinado com reator eletroquímico para tratamento de efluentes contaminados com metais potencialmente tóxicos. Dissertação de Mestrado, 2014, Universidade Federal do Amazonas.

OLATUNJI, O. S.; XIMBA, B. J.; FATOKI, O. S.; OPEOLU, B. O. Assessment of the phytoremediation potential of *Panicum maximum* (guinea grass) for selected heavy metal removal from contaminated soils. *African Journal of Biotechnology*, 2014, v.13, n.19, p.1979–1984. DOI: 10.4322/dae.2014.099

OLOWOYO, J. O.; MUGIVHISA, L. L.; BUSA, N. G. Trace metals in soil and plants around a cement factory in Pretoria, South Africa. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2015, v.24, n.5, p.2087–2093. DOI: 10.15244/pjoes/43497

PEREIRA, A. C. C.; RODRIGUES, A. C. D.; SANTOS, F. S.; GUEDES, J. DO N.; SOBRINHO, N. M. B. Concentração de metais pesados em espécies arbóreas utilizadas para revegetação de área contaminada. *Revista Ciência agrônômica*, 2012, v.43, n.4, p.641-647.

PIO, M. C. DA S. Estudo Físico-Químico de Água e Capacidade de Absorção de Metais Pesados por *Lemna aequinoctialis* em um igarapé do Distrito Industrial de Manaus. Dissertação de Mestrado, 2004, Universidade Federal do Amazonas.

PIO, M. C. DA S. Estudo da viabilidade da remoção de metais potencialmente tóxicos de um igarapé da região do Pólo Industrial de Manaus (PIM) utilizando um sistema piloto de tanque com macrófita e *wetland* construído. Tese de doutorado, 2012, Universidade Federal do Amazonas.

ROMEIRO, S.; LAGÔA, A. M. M. A.; FURLAI, P. R.; ABREU, C. A.; PEREIRA, B. F. F. Absorção de Pb e potencial de fitorremediação de *Canavalia ensiformes* L. *Bragantia*, 2007, v.66, n.2, p.327-334.

SANCHES-FILHO, P. J.; NUNES, L. V.; ROSA, N. N. DA; BETEMPS, G. R.; PEREIRA, R. S. Comparison among native floating aquatic macrophyte for bioconcentration of heavy metals. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, 2015, v.10, n.1, p.1-6. DOI: 10.5132/eec.2015.01.01

SANTANA, G. P.; CHAVES, E. V. Fitorremediação. *In*: Oliveira, C. A. de; Pinto, J. G. (Organizadores) Amazônia – Responsabilidade de todos. Editora da



Universidade Federal do Amazonas, 2009, p.114–132.

SANTANA, G. P.; JESUS, J. A. Estudo de presentes na *Mauritia flexuosa* L. e *Euterpe precatoria* mart. da região do Pólo Industrial de Manaus. *Scientia Amazonia*, 2012, v.1, n.1, p.21-24.

SHAH, A. B.; RAI, U. N.; SINGH, R. P. Correlations between some hazardous inorganic pollutants in the Gomti River and their accumulation in selected macrophyte under aquatic ecosystem. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2015, v.94, p.783–790.

DOI: 10.1007/s00128-015-1546-0

SILVA, J. F. DA. Prospecção de plantas fitorremediadoras em solos contaminados por metais pesados. Tese de doutorado, 2012, Universidade Federal do Amazonas.

SILVA, R. F.; ANDREAZZA, R.; ROS C.; DELLAI, A.; JACQUES, R. J. S.; SCHEID, D. Growth of tropical tree species and absorption of C in soil artificially

contaminated. *Brazilian Journal of Biology*, 2015, v.75, n.4, p.119-125.

DOI: 10.1590/1519-6984.07114

SOUTO, K. M.; JACQUES, R. J. S.; AVILA, L. A.; MACHADO, S. L. DE O.; ZANELLA, R.; REFATTI, J. P. Biodegradação dos herbicidas Imazetapir e Imazapique em solo rizosférico de seis espécies vegetais. *Ciência rural*, 2013, v.43, n.10, p.1790-1796.

SUNDARAMOORTHY, P.; CHIDAMBARAM, A.; GANESH, K. S.; UNNIKANNAN, P.; BASKARAN, L. Cr stress in paddy: (i) Nutrient status of paddy under Cr stress; (ii) Phytoremediation of Cr by aquatic and terrestrial weeds. *Comptes Rendus Biologies*, 2010, v.333, p.597–607.

DOI: 10.1016/j.crv.2010.03.002

WOLFF, G.; ASSIS, L. R.; PEREIRA, G. C.; CARVALHO, J. G.; CASTRO, E. M. Efeitos da toxicidade do Zn em folhas de *Salvinia auriculata* cultivadas em solução nutritiva. *Planta daninha*, 2009, v.27, n.1, p.133-137.



Tabela 2 – Informações gerais sobre estudos de fitorremediação na Amazônia, realizados pelo grupo de pesquisa Química Ambiental da UFAM

Autores	Poluente	Plantas/Família botânica	Locais de coleta das plantas	Porte/Partes das plantas
NETO, 2014	Cu, Cr, Pb, Zn	<i>Alocasia macrorrhiza</i> /Araceae	Solos/área preservada	Médio/raiz, caules e folhas
PIO, 2012	Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn	<i>Lemna aequinoctialis</i> /Lemnaceae	Águas/igarapé poluído	Pequeno/toda a planta
PIO, 2012	Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb	<i>Alocasia macrorrhiza</i> /Araceae, <i>Pistia stratiotes</i> /Araceae	Solos/área preservada Águas/igarapé não poluído	Médio/raiz, caules, folhas Pequeno/folhas e raízes
SANTANA E JESUS, 2012	Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn	<i>Mauritia flexuosa</i> L./Arecaceae <i>Euterpe precatória</i> mart./Arecaceae <i>Visnia guianensis</i> /Hypericaceae, <i>Diplasia karataefolia</i> /Cyperaceae, <i>Visnia japurensis</i> /Hypericaceae,	Solos/impacto por dejetos industriais Solos/margens de igarapé poluído	Grande/folhas e frutos Médio/folhas
SILVA, 2012	Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn	<i>Annona exsucca</i> /Annonaceae, <i>Alibertia edulis</i> /Rubiaceae, <i>Panicum maximum</i> /Poaceae, <i>Lantana camara</i> /Verbenaceae, <i>Diffenbachia picta schott</i> /Araceae	Não cita	Grande/parte aérea e radicular Estavam em forma de muda
CHAVES, 2008	Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn	<i>Senna multijuga</i> /Leguminosae, <i>Caesalpinia echinata</i> /Leguminosae, <i>Shizolobium amazonicum</i> /Leguminosae, <i>Commeliana erecta</i> /Commelinaceae, <i>Monotagma laxum</i> /Marantaceae, <i>Borrea capitata</i> /Rubiaceae,	Solos/margens de igarapé poluído	Médio/raiz, caules e folhas Estavam em forma de muda
CASTRO, 2007	Cr, Pb, Zn	<i>Panicum maximum</i> /Poaceae, <i>Cyperus surinamensis</i> /Cyperaceae, <i>Nephrolepis biserrata</i> /Pytheridofitae		
PIO, 2004	Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn	<i>Lemna aequinoctialis</i> /Lemnaceae	Águas/igarapé poluído	Pequeno/toda a planta
ELIAS, 2003	Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn	<i>Homopelis aturensis</i> /Poaceae	Solos/margens de igarapé poluído	Pequeno/raiz, caules e folhas



CASTRO, 2000	Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn	<i>Dichorisandra sp./Commelinaceae,</i> <i>Paspalum sp./Poaceae</i>	Solos/margens de igarapé poluído	Médio/raiz, caules e folhas
BARRONCAS, 1998	Co, Cr, Cu, Fe, Pb, Ni, Zn	<i>Brachiaria plantaginea/Poaceae,</i> <i>Eichhornia crassipes/Pontederiaceae</i>	Águas/igarapé poluído	Pequeno/raiz, caules e folhas

Tabela 3 – Informações gerais sobre outros estudos de fitorremediação com espécies estudadas pelo grupo de pesquisa Química Ambiental

Autores	Poluente	Planta	Informações gerais	Resultados
BATISTA, 2013	Pb	<i>Alocasia macrorrhiza</i>	Estudo hidropônico: gradiente de concentração de poluente	Potencial para fitoestabilização
AKUTAM <i>et al.</i> , 2014	Óleo de motor (hidrocarbonetos)	<i>Commelina erecta</i> L.	Solo artificialmente contaminado com gradiente de concentração	Potencial para fitorremediação
CAVALHEIRO <i>et al.</i> , 2014	Ag, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	<i>Cyperus surinamensis</i>	Chorume/ Sistema <i>Wetland</i>	Potencial para fitoextração, Fitoestimulação e rizofiltração
ESPINOZA-QUINONES <i>et al.</i> , 2013	Pb	<i>Eichhornia crassipes</i>	Estudo hidropônico: gradiente de concentração de poluente	Potencial para fitorremediação
FAWZY <i>et al.</i> , 2012	Cd, Cu, Pb, Zn	<i>Eichhornia crassipes</i>	Estudo de campo: águas fluviais poluídas	Potencial para fitorremediação
SUNDARAMOORTHY <i>et al.</i> , 2010	Cr	<i>Eichhornia crassipes</i>	Estudo hidropônico: condições controladas	Potencial para fitorremediação
ALARIBE & AGAMUTHU, 2015	Pb	<i>Lantana camara</i>	Solo artificialmente contaminado	Potencial para fitorremediação
OLOWOYO <i>et al.</i> , 2015	Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn	<i>Lantana camara</i>	Estudo de campo: solo contaminado por fábrica de cimento	Potencial para bioacumulação para todos os metais
JUSSELME <i>et al.</i> , 2015	Pb	<i>Lantana camara</i>	Solo artificialmente contaminado e uso de minhocas	Potencial para fitoextração
OLOWOYO <i>et al.</i> , 2015	Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn	<i>Panicum maximum</i>	Estudo de campo: solo contaminado por fábrica de cimento	Potencial para bioacumulação para todos os metais
OLATUNJI <i>et al.</i> , 2014	Cd, Cr e Pb	<i>Panicum maximum</i>	Solo artificialmente contaminado	Potencial para bioacumulação para todos os metais
JIAMJITRANICH <i>et al.</i> , 2013	Trinitrotolueno	<i>Panicum maximum</i>	Solo artificialmente contaminado em gradiente de concentração	Acúmulo do poluente nas raízes
JORDÃO <i>et al.</i> , 1997	Cr	<i>Paspalum sp.</i>	Águas fluviais contaminadas por resíduos de curtume	Bioacumulação
HANKS <i>et al.</i> , 2015	Nanopartículas de Ag e Ag ⁺	<i>Pistia stratiotes</i>	Águas residuárias	Potencial para fitorremediação



SANCHES-FILHO <i>et al.</i> , 2015	Cr, Cu, Pb, Zn	<i>Pistia stratiotes</i>	Águas fluviais	Potencial para bioacumulação, principalmente para Cu
SHAH <i>et al.</i> , 2015	Cd, Cr, Cu, Fe, Pb	<i>Pistia stratiotes</i>	Águas fluviais contaminadas	Potencial para bioacumulação para Cd

Tabela 4 – Informações gerais sobre estudos de fitorremediação realizados por grupos de pesquisa de instituições de ensino brasileiras

Autores	Poluente	Planta	Informações gerais	Resultados
ALVES <i>et al.</i> , 2008	Pb	<i>Vetiveria zizanioides</i> (L.) <i>Desmanthus virgatus</i> <i>Prosopis juliflora</i>	Estudo hidropônico: gradiente de concentração de poluente	Potencial para bioacumulação nas raízes, com destaque <i>Vetiveria zizanioides</i> (L.)
ROMEIRO <i>et al.</i> , 2007	Pb	<i>Canavalia ensiformes</i> L.	Estudo hidropônico: gradiente de concentração de poluente	Potencial para Fitoextração
MELO <i>et al.</i> , 2006	Cu, Pb, Zn	<i>Zea mays</i> , <i>Stizolobium aterrimum</i>	Solo artificialmente contaminado em gradiente de concentração	Potencial para Fitoextração
NALON, 2008	Pb	<i>Eucalyptus grandis</i> , <i>Eucalyptus saligna</i> , <i>Corymbia citriodora</i>	Estudo de campo: solo contaminado por resíduos de reciclagem de baterias.	Potencial para fitorremediação as espécies <i>E. grandis</i> e <i>E. saligna</i>
WOLFF <i>et al.</i> , 2009	Zn	<i>Salvinia auriculata</i> <i>Canavalia ensiformis</i> ,	Estudo hidropônico: condições controladas	Potencial para fitorremediação
SOUTO <i>et al.</i> , 2013	Herbicidas	<i>Glycine max</i> , <i>Lolium multiflorum</i> , <i>Lotus corniculatus</i> ,	Solo ambientalmente contaminado	Potencial para fitoestimulação da espécie <i>Shizolobium aterrimum</i>



Shizolobium aterrimum,

Vicia sativa

SILVA <i>et al.</i> , 2015	Cu	<i>Anadenanthera macrocarpa,</i> <i>Mimosa scabrella,</i> <i>Apuleia leiocarpa</i>	Solo artificialmente contaminado em gradiente de concentração	A espécie <i>Apuleia leiocarpa</i> apresentou elevada tolerância e potencial fitorremediador
GONÇALVES <i>et al.</i> , 2014	Cd, Cr, Ni, Pb	<i>Vigna unguiculata</i> L	Solo artificialmente contaminado com resíduos de curtume compostado	A absorção de Cr foi otimizada com a adição de curtume ao solo
LINDINO <i>et al.</i> , 2012	Cd, Pb	<i>Crotalaria spectabilis</i>	Solo artificialmente contaminado em gradiente de concentração	Bioacumulação de Pb na parte aérea
MARQUES <i>et al.</i> , 2011	Cd	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Estudo hidropônico: gradiente de concentração de poluente	Potencial para tolerância a Cd
MARTINEZ <i>et al.</i> , 2012	Cd, Cr, Ni, Pb, Zn	<i>Braquiaria decumbens,</i> <i>Brassica juncea</i>	Solo ambientalmente contaminado	Potencial para fitorremediação das duas espécies aos 5 metais
PEREIRA <i>et al.</i> , 2012	Cd, Cu, Mn, Pb, Zn	<i>Cordia africana</i> Lam, <i>Mimosa caesalpineafolia,</i> <i>Acacia angustissima,</i> <i>Anadenanthera colubrina</i>	Solo ambientalmente contaminado	Potencial para tolerância a Cd
