

ÁREA TEMÁTICA 1: Gestão Ambiental

FITORREMEDIAÇÃO PARA EMISSÕES DE LIXIVIADO EM ATERROS CONTROLADOS FECHADOS

*Luciana Cesário Braga (cbraga.luciana@gmail.com), Antônio Brasil Jr (brasiljr@gmail.com),
Luciano Soares da Cunha (soares.cunha.l@gmail.com)*

Universidade de Brasília - UNB

RESUMO

O fechamento de aterros controlados gera grande preocupação a todos os países. Além do enorme passivo ambiental, a produção constante de subprodutos continua a impactar o ambiente mesmo depois do encerramento das atividades desses aterros. As buscas por medidas mitigadoras ou remediadoras ganharam mais força nesse contexto. Com os avanços tecnológicos, ferramentas importantes foram desenvolvidas visando não somente a remediação, mas também a recuperação dessas áreas e dos subprodutos gerados por ela, fomentando a sustentabilidade das tecnologias utilizadas. O lixiviado emitido por aterros, além de conter níveis significativos de poluentes, gera um custo elevado para ser devidamente armazenado e tratado. Algumas alternativas sustentáveis para seu tratamento se destacaram, uma delas é a fitorremediação. Essa tecnologia se baseia no uso de plantas e sua microbiota associada na remoção de poluentes da água e do solo. Trata-se de uma tecnologia de baixo custo, pouca mão de obra, com resultados satisfatórios, abarca um ramo de contaminantes numeroso, atua tanto nos quesitos ambientais, como os sociais e econômicos. Outras técnicas podem aumentar os custos na remediação, apresentar barreiras técnico científicas, não condizente com as demandas de sustentabilidade e exigir maior emprego de mão de obra especializada. Sendo assim, este trabalho apresenta uma síntese dos principais estudos de fitorremediação em lixiviado de aterros.

Palavras-chave: Fitorremediação; Lixiviado; Aterros.

PHYTOREMEDIATION ON EMISSIONS OF LEACHATE OF CLOSED CONTROLLED LANDFILLS

ABSTRACT

The closure of controlled landfills raises concerns all over the world. Furthermore, the huge environmental passive and the constant production of sub products still impact the land, even after the closure of this type of landfills. The search for mitigation measures or for remediation gained more strength in this context. The technological progress, new important tools were developed, aiming not just remediation, but also total recover of this areas and the sub products. Increasing sustainable technologies that will be used. The emissions of leachate in landfills contains high levels of pollutants and has high cost to be treated. Alternative and sustainable measures stood out, as an example: phytoremediation. This technology is plant-based, associating plants and microorganisms to remove pollutants from soil and water. It is a technique with low cost, low-labor-intense, with satisfying results and efficient in removing pollutants. Acting on the environmental, social and economic thread. Other techniques could raise the costs of remediation, some limit technical barriers, tend to be a destructive technology, high-labor-intense. This work presents a compilation of the most important studies about phytoremediation on leachate from controlled landfills.

Keywords: Phytoremediation; Leachate; Landfill.

1. INTRODUÇÃO

O exponencial aumento da população mundial associado aos processos de industrialização vivenciados ao longo da história, acarretou diversos problemas de escala global. Como por exemplo a redução na disponibilidade de recursos naturais e a urbanização desordenada, além de um aumento significativo na geração de resíduos sólidos urbanos (RSU). Em consequência dessas preocupações, a grande geração de RSU evidenciou-se como um grave e persistente problema em todo o mundo. De acordo com um relatório do Banco Mundial (HOORNWEG; BHADA-TATA, 2012), divulgado em 2012, "What a Waste: A global review of Solid Waste Management" são produzidos 1,3 bilhão de toneladas de resíduos sólidos por dia no mundo. O aumento na geração desses resíduos está diretamente relacionado ao acelerado padrão de consumo e ao alto poder aquisitivo das populações nos grandes centros urbanos (ZANETI; SILVA, 2017). Estudos apontam que as taxas mundiais de produção desses resíduos, mesmo que diferenciada para cada país, superam facilmente índices de crescimento demográfico (CARNEIRO, 2002). Como consequência desse aumento, a gestão desses resíduos se torna cada vez mais complexa, evidenciando suas falhas e os impactos causados.

Os impactos ambientais são os mais evidentes neste caso, contudo, existem ainda os impactos sociais e econômicos envolvidos (BASTOS, 2015), como por exemplo, pode-se citar a contaminação do solo e dos recursos hídricos próximos as regiões de depósito, a poluição do ar, redução da qualidade de vida das populações próximas, supressão vegetal, redução na biodiversidade da fauna, aumento no número de regiões irregulares de descarte desses resíduos e ainda ocupação de áreas urbanas escassas (SIMONETO; LOBLER, 2013). Os depósitos existentes não só no Brasil, mas em vários outros países, muitas vezes não atendem as demandas ambientais, ocasionando um mau uso e dificultando possíveis tratamentos remediadores na área. De acordo com Bhalla (2012), a degradação ambiental presente em países em desenvolvimento em geral é causada pela gestão inapropriada dos resíduos sólidos urbanos.

Vários países já adotaram políticas públicas que visam ações nos diversos campos, incluindo condutas ambientalmente corretas para implementação de aterros sanitários e ainda para o aproveitamento de resíduos. São ações que viabilizam a redução na produção de resíduos causada pela obsolescência programada e o estilo de consumo atual, além de estimular a adoção de práticas mais sustentáveis em todos os setores (ZANETI, 2003).

No entanto, a presença de parâmetros a serem seguidos em relação a disposição final dos RSU, não reduz os impactos causados anteriormente por disposições inadequadas nem a complexidade na remediação dos impactos que ainda ocorrem mesmo em locais que já tiveram suas atividades de depósito encerradas (CAMPOS, 2018). Além disso, esses locais se diferenciam das demais áreas degradadas devido a produção e liberação de gás metano, a baixa drenagem em razão da compactação e a movimentação do solo causada pela acomodação e decomposição dos resíduos (EL-FADEL et al., 1997).

A remediação de áreas de antigos aterros controlados é de alta complexidade e que demanda um conjunto de intervenções variadas (YAO et al., 2012). Isto ocorre devido a uma série de fatores que precisam ser levados em consideração como: a geologia do local, parâmetros físico-químicos do lixiviado proveniente da decomposição dos resíduos, supressão vegetal, comportamento físico do gás metano produzido, presença de pessoas ou animais nos arredores, proximidade de áreas de preservação, recursos hídricos próximos, o método de deposição dos resíduos, bem como a idade do aterro (RAMOS et al., 2017). Historicamente, os aterros e lixões não foram construídos de forma a cumprir os devidos cuidados ambientais, tais como a construção de valas, impermeabilização do solo, sem o sistema de coleta e queima dos gases produzidos e sem a coleta de lixiviado (KJELDSEN et al., 2002).

O lixiviado pode ser descrito como uma matriz complexa, composta por matéria orgânica, metais pesados, poluentes orgânicos e alguns sais inorgânicos, água da chuva que adentrou nas camadas de resíduos depositadas, com concentrações que variam de acordo com fatores biológicos, químicos ou físicos que ocorrem no local (CHRISTENSEN et al., 2001). Sua produção pode ser influenciada em razão de fatores climáticos, natureza do RSU (hospitalar, urbano, industrial), tempo

e modo de deposição. Contudo, este material possui determinadas especificidades comuns, como: pH ácido, alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), total de carbono orgânico (TOC), total de sólidos suspensos (TSS), total de sólidos dissolvidos (TDS), componentes de amônia e enxofre, poluentes orgânicos recalcitrantes, matéria orgânica dissolvida (DOM), demanda química de oxigênio (DQO) e metais pesados (MOODY; TOWNSEND, 2017).

Os poluentes presentes em sua composição se acumulam nas áreas de depósito, podendo afetar a cadeia alimentar direta ou indiretamente, percolando no solo e atingindo o lençol freático e rios próximos (ALENCAR et al., 2015). Devido à alta toxicidade de seus componentes, o lixiviado pode causar intoxicações, genotoxicidade (que é a danificação da informação genética no interior da célula causada por alguns agentes químicos) e pode conter agentes carcinogênicos (GAJSKI et al., 2012). A presença de determinados contaminantes varia de acordo com cada aterro, entretanto alguns aparecem com maior frequência na bibliografia como alumínio, ferro, zinco, cálcio, cloro, níquel, sódio, cobre, magnésio, manganês, chumbo, entre outros (KJELDSEN et al., 2002; MOODY; TOWNSEND, 2017).

Neste cenário alarmante, o uso de tecnologias convencionais para remediação nestas áreas de aterro apresentou limitações expressivas: algumas não são práticas ambientalmente corretas, muitas vezes dependem de um volume alto de mão de obra, possuem barreiras técnicas de implementação *in situ*, muitas vezes técnicas destrutivas e possuem um alto custo (MEUSER, 2013). Os avanços tecnológicos nos diversos setores, como o da biotecnologia, fomentaram o desenvolvimento de novas ferramentas que podem servir como técnicas agregadas (SILVA et al., 2014).

A busca por novas técnicas ambientalmente sustentáveis ganhou maior destaque mundialmente, principalmente as alternativas que relacionam o uso de plantas e microrganismos para fins de remediação (GAYLARDE et al., 2005). A fitorremediação se destacou sobretudo por ser uma tecnologia de baixo custo, sustentável, eco-friendly, pode ser aplicada em grandes áreas, não necessita de muita mão de obra, de fácil implementação, amplamente aceita, não é restrita a um grupo específico de espécies vegetais, pode ajudar na proteção de biomas, baixo risco, além dos benefícios socioeconômicos que sua utilização pode agregar a comunidades próximas (NASCIMENTO; XING, 2006). Além disso, a remediação plant-based ocorre tanto no solo contaminada quanto nos corpos hídricos afetados pelos poluentes do lixiviado (CUNNINGHAM et al., 1997).

O termo fitorremediação foi criado pela Dra. Raskin, em 1989, nos Estados Unidos, em um estudo sobre o acúmulo de metais pesados em plantas (RASKIN et al., 1994). A técnica pode ser dividida em cinco categorias e a escolha de qual estratégia a ser utilizada deve levar em consideração a natureza química ou das propriedades do poluente (Tabela 1). Assim sendo, as espécies vegetais fitorremediadoras possuem respostas metabólicas diferenciadas, realizando a neutralização dos contaminantes por meio de estratégias como: fitoextração, fitodegradação, fitoestabilização, fitovolatilização e rizofiltração (SANTOS; NOVAK, 2013).

Tabela 1. Estratégias de fitorremediação, descrição e principais poluentes envolvidos

Estratégia	Descrição	Poluentes
Fitoextração	Absorção de contaminantes pelas raízes, folhas e caule	Metais
Fitodegradação	Enzimas específicas realizam a degradação de poluentes	Poluentes orgânicos
Fitoestabilização	A rizosfera limita e/ou reduz a disponibilidade do poluente no solo	Contaminantes orgânicos e inorgânicos

Fitovolatização	Conversão de poluentes a compostos voláteis, liberando-os na atmosfera	Mercúrio, selênio e solventes orgânicos
Rizofiltração	A rizosfera absorve contaminantes	Metais pesados e elementos radioativos

Fonte: Autores, 2020

As espécies vegetais que são foco dessa técnica possuem especificidades bem determinadas, como boa capacidade de absorção, taxas de crescimento elevadas, sistema radicular profundo, microbiota associada, fácil manejo e ainda alta resistência a contaminantes (COUTINHO; BARBOSA, 2007). Além disso, para utilização da técnica são desconsideradas as espécies que fazem parte da alimentação humana e de animais devido a presença dos contaminantes tóxicos presentes no lixiviado. O emprego de plantas consideradas exóticas e/ou invasoras deverá ocorrer somente com a adoção criteriosa de um manejo, pois pode apresentar riscos aos biomas próximos e conseqüentemente pode deixar de ser uma prática sustentável (OLIVEIRA et al., 2009).

O uso dessa tecnologia apresenta outros benefícios diretos nas áreas dos aterros, entre eles estão a melhora estética, atenuação dos odores emitidos, utilização da área para a construção de parques de uso público, valorização econômica da área e das regiões vizinhas, promoção da sustentabilidade, produção de biomassa para fins econômicos (como madeira), elevação no sequestro de carbono devido ao aumento da cobertura vegetal, viabilidade de produção energética, melhora nos quesitos de qualidade do solo e fomento da conservação da biodiversidade (LUIZ; HIRATA, 2018; PANDEY; BAJPAI, 2019; PANDEY et al., 2016; RUFO; PIKANÇO, 2005).

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo realizar um levantamento, através de uma revisão bibliográfica, em relação a implementação da técnica de fitorremediação em lixiviados de aterros controlados desativados. Apresentando os benefícios desta tecnologia visando sua expansão como ferramenta agregada na remediação dessas áreas.

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi elaborado por meio de um levantamento teórico científico de livros, artigos nacionais e internacionais publicados em revistas e jornais científicos, anais de congressos, como também dissertações de mestrado e teses de doutorado, para evidenciar as discussões e resultados mais relevantes. A fim de expressar a aplicabilidade da fitorremediação de lixiviados provenientes de aterros controlados desativados. Foram apresentados estudos com plantas fitorremediadoras ou com potencial fitorremediador que podem ser utilizadas em cenários nacionais e internacionais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A remediação de aterros controlados já desativados, que entre suas principais características está o elevado nível de degradação, se mostra como um desafio multifacetado. Com a desativação desses locais por leis como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), a mitigação do passivo ambiental ganhou ainda mais espaço nos últimos anos, além de ser muito discutida no meio científico.

Um dos passivos mais comuns e problemáticos nesses locais é o grande volume de lixiviado. Com isso em mente, a comunidade acadêmica aponta alguns grupos vegetais que possuem tolerância na presença de determinados contaminantes, sendo considerados grupos com forte potencial fitorremediador de emissões de lixiviado. Alguns desses trabalhos, apresentados a seguir, demonstram quais são essas espécies e quais os poluentes remediados.

Outro estudo, Jones et al. (2006), discutiu os modelos de fitorremediação de lixiviado e quais eram as lacunas nos modelos de gestão do processo. Segundo o estudo, casos de aplicação da técnica

em culturas de rotação de ciclo curto e gramíneas apresentaram sucesso, contudo, outros vários casos não foram bem sucedidos. Os autores afirmam que para esses casos de insucesso, variáveis como a quantidade de lixiviado utilizado foi excessiva, ou não houve uma gestão efetiva do local ou ainda alguma lacuna de conhecimento na relação da planta selecionada e com o solo. Afirmam ainda, que outros estudos se mostraram necessários para compreender e estabelecer modelos de remediação cuidadosamente geridos, de longo prazo e com contínuo monitoramento ambiental.

Zalesny et al. (2008) avaliaram a resposta de clones da espécie vegetal *Populus* irrigados com água fertilizada ou lixiviado de aterro, regados semanalmente durante um ano. Os clones irrigados com lixiviado apresentaram níveis de sódio e cloreto maiores, principalmente nas raízes e folhas.

Yalcuk e Ugurlu, (2009) avaliaram o potencial fitorremediador da espécie *Typhalatifolia* dentro de um sistema de wetlands construído para tratamento de lixiviado. A espécie teve uma boa resposta, porém apresentou demora na estabilização e baixa redução de contaminantes nas fases iniciais do sistema.

As espécies *Populus deltoides*, *Salix viminalis* e *Salix purpurea*, foram utilizadas no estudo de Justin et al. (2010). O trabalho avaliou o crescimento e a produção de biomassa dessas espécies, irrigadas com lixiviado de aterro e águas residuais durante um ano. A irrigação com lixiviado apresentou maior potencial para crescimento de biomassa em comparação ao tratamento controle e ao tratamento com águas residuais em todas as espécies.

Kurscheidt (2011) avaliou a eficiência da utilização de macrófitas no tratamento de lixiviado de aterro. Sua pesquisa visou a tolerância de espécies de macrófitas, *Pistia stratiotes*, *Echinochloa polystachya* e *Eichhornia crassipes*, irrigadas com diluições por um período e sem diluições em outro. As espécies apresentaram tolerância aos poluentes a que foram expostas e ainda aumento na produção de biomassa já apresentada em literatura.

Granley e Troung (2012) relataram o caso da espécie híbrida, conhecida como *Hybrid poplar*, como sucesso na remediação de 3-4 milhões de galões de lixiviado em uma área de 7,5 acres em um aterro em Chicago, Illinois, nos Estados Unidos.

Um estudo realizado por Pandey e Bajpai (2019) expos alguns aspectos práticos de implementação da fitorremediação, bem como os progressos já alcançados na área. Levando ainda em consideração as lacunas existentes no uso dessa tecnologia, introduzindo termos como “phytomanagement”. De acordo com os autores trata-se da aplicação da fitorremediação levando em consideração quesitos como: a escolha de espécies vegetais nativas, visto que essas plantas possuem menor potencial invasor, apresentam importantes benefícios ecológicos, econômicos e sociais.

5. CONCLUSÃO

A utilização da fitorremediação apresenta potencial elevado no tratamento de lixiviado proveniente de aterros, principalmente em relação as vantagens que apresenta em relação as outras técnicas. No entanto, muitos dos poluentes presentes em bibliografia são derivados de herbicidas, petróleo e alguns compostos químicos mais específicos. Além disso, muitas espécies com potencial fitorremediador elevado como o eucalipto, não possuem estudos referentes ao tratamento de lixividos.

Todavia, os estudos apresentados neste trabalho reforçam a utilização da técnica para tratamento de lixividos, agregando maior detalhamento dos casos e ainda abrangendo os benefícios esperados. A expansão dos benefícios da fitorremediação para as áreas econômicas e sociais, como a seleção de espécies com valor econômico, viabiliza produção energética posterior e todos os outros citados neste estudo.

1. REFERÊNCIAS

ALENCAR, J. M. S.; BORGES, W. R.; FRANÇA, P. H. P.; GAUDÊNCIO, G. M. M. F. Análise de arranjos eletródicos na caracterização da pluma de contaminação do aterro controlado do Jockey

Clube de Brasília - DF. 14th International Congress of the Brazilian Geophysical Society & EXPOGEF, Rio de Janeiro, Brazil, 3-6 August 2015. Anais...Brazilian Geophysical Society.

BASTOS, V. P. O fim do lixão de Gramacho: além do risco ambiental. *O Social em Questão*, v. 33, p. 265–288, 2015.

BHALLA, B.; SAINI, M. S.; JHA, M. K. Characterization of Leachate from Municipal Solid Waste (MSW) Landfilling Sites of Ludhiana, India: A Comparative Study. *International Journal of Engineering*, v. 2, n. 6, p. 732–745, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: Brasília, 02 de agosto de 2010.

CAMPOS, H. K. T. Como fechamos o segundo maior lixão do mundo. *Revista Brasileira de Planejamento e Orçamento*, v. 8, n. 2, p. 204–253, 2018.

CARNEIRO, G. A. Estudo de contaminação do lençol freático sob a área do aterro de lixo do Jockey Club - DF e suas adjacências. Brasília, 123 p., 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília.

CHRISTENSEN, T. H.; KJELDSEN, P.; BJERG, P. L.; JENSEN, D. L.; CHRISTENSEN, J. B.; BAUN, A.; ALBRECHTSEN, H. J.; HERON, G. Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Applied Geochemistry*, v. 16, n. 7–8, p. 659–718, 2001.

COUTINHO, H. D.; BARBOSA, A. R. Fitorremediação: Considerações Gerais e Características de Utilização. *Silva Lusitana*, v. 15, n. 1, p. 103–117, 2007.

CUNNINGHAM, S. D.; SHANN, J. R., CROWLEY, D. E., ANDERSON, T. A. Phytoremediation of Soil and Water Contaminants. ACS Symposium Series. Anais...Washington, DC: American Chemical Society, 1997.

EL-FADEL, M.; FINDIKAKIS, A. N.; LECKIE, J. O. Environmental impacts of solid waste landfilling. *Journal of Environmental Management*, v. 50, n. 1, p. 1–25, 1997.

GAJSKI, G.; OREŠČANIN, V.; GARAJ-VRHOVAC, V. Chemical composition and genotoxicity assessment of sanitary landfill leachate from Rovinj, Croatia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 78, p. 253–259, 2012.

GAYLARDE, C. C.; BELLINASSO, M. DE L.; MANFIO, G. P. Aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobióticos. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, v. 34, p. 36–43, 2005.

GRANLEY, B. A., TRUONG, P.N. A changing industry: on-site phytoremediation of landfill leachate using trees and grasses—case studies. *Global Waste Management Symposium*. pp. 1-5, 2012.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. What a waste: A Global Review of Solid Waste Management. The World Bank, Urban Development & Local Government Unit. USA, 2012.

JONES, D. L.; WILLIAMSON, K. L.; OWEN, A. G. Phytoremediation of landfill leachate. *Waste Management*, v. 26, n. 8, p. 825–837, 2006.

JUSTIN, M. Z.; PAJK, N.; ZUPANC, V.; ZUPANCIC, M. Phytoremediation of landfill leachate and compost wastewater by irrigation of *Populus* and *Salix*: Biomass and growth response. *Waste Management*, v. 30, n. 6, p. 1032–1042, 2010.

KJELDSSEN, P.; BARLAZ, M. A.; ROOKER, A. P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; CHRISTENSEN, T. H. Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 32, n. 4, p. 297–336, 2002.

KURSCHEIDT, E. C. DE S. Avaliação da fitorremediação como alternativa de pós-tratamento de lixiviado de aterro sanitário utilizando macrófitas. Curitiba, p. 156, 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

LUIZ, M. B.; HIRATA, R. Eucalyremediação: Uma Nova Solução Baseada Na Natureza De Limpeza De Aquíferos Urbanos Contaminados. *Águas Subterrâneas*, p. 1–4, 2018.

MEUSER, H., 2013. Soil Remediation and Rehabilitation: Treatment of Contaminated and Disturbed Land. *Environmental Pollution*, vol. 23. Springer Science+Business Media, Dordrecht, The Netherlands.

MOODY, C. M.; TOWNSEND, T. G. A comparison of landfill leachates based on waste composition. *Waste Management*, v. 63, p. 267–274, 2017.

NASCIMENTO, C. W. A.; XING, B. Phytoextraction: A review on enhanced metal availability and plant accumulation. *Scientia Agricola*, v. 63, n. 3, p. 299 – 311, 2006.

OLIVEIRA, D. L.; ROCHA, C.; MOREIRA, P. C.; MOREIRA, S. O. L. Plantas nativas do cerrado uma alternativa para fitorremediação*. *Estudos*, v. 36, n. 11/12, p. 1141–1159, 2009.

PANDEY, V. C.; BAJPAI, O. Phytoremediation: From Theory Toward Practice. In: *Phytomanagement of Polluted Sites*. Elsevier, 2019. p. 1–49.

PANDEY, V. C.; BAJPAI, O.; SINGH, N. Energy crops in sustainable phytoremediation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 2016.

RAMOS, N. F.; GOMES, J. C.; CASTILHOS JR, A. B.; GOURDON, R. Desenvolvimento de ferramenta para diagnóstico ambiental de lixões de resíduos sólidos urbanos no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 6, p. 1233–1241, 2017.

RASKIN, I., KUMAR, P. N., DUSHENKOV, S., SALT, D. E. Bioconcentration of heavy metals by plants. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 5, n. 3, p. 285–290, 1994.

RUFO, R. C.; PICANÇO, A. P. Avaliação de impactos ambientais e proposta de remediação do lixão do município de Porto Nacional - TO. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental III-154. Anais...Campo Grande - MS: 2005.

SANTOS, C. F.; NOVAK, E. Plantas nativas do cerrado e possibilidades em fitorremediação. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 7, n. 1, p. 67–78, 2013.

SILVA, J. DE S. DA; SANTOS, S. DA S.; GOMES, F. G. G. A biotecnologia como estratégias de reversão de áreas contaminadas por resíduos sólidos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 18, n. 4, p. 1361–1370, 2014.

SIMONETTO, E. O.; LÖBLER, M. L. Simulação baseada em System Dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos sólidos urbanos. *Production*, v. 24, n. 1, p. 212–224, 2013.

YALCUK, A.; UGURLU, A. Comparison of horizontal and vertical constructed wetland systems for landfill leachate treatment. *Bioresource Technology*, v. 100, n. 9, p. 2521-2526, 2009.

YAO, Z.; LI, J.; XIE, H.; YU, C. Review on Remediation Technologies of Soil Contaminated by Heavy Metals. *Procedia Environmental Sciences*, v. 16, p. 722–729, 2012.

ZALESNY, J. A. et al. Sodium and chloride accumulation in leaf, woody, and root tissue of *Populus* after irrigation with landfill leachate. *Environmental Pollution*, v. 155, n. 1, p. 72–80, 2008.

ZANETI, I. C. B. B. Educação Ambiental, Resíduos Sólidos Urbanos E Sustentabilidade. Um Estudo De Caso Sobre O Sistema De Gestão De Porto. Brasília, p. 176, 2003. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília.

ZANETI, I. C. B. B.; SILVA, G. O. Sustentabilidade urbana e gestão de resíduos sólidos: o caso do distrito federal. *Fórum Internacional de Resíduos Sólidos - Anais*. Anais...Curitiba. 2017.