



Variação da aplicabilidade da fitorremediação e seus benefícios em ambientes contaminados

Variation of the applicability of fitormediation and its benefits in contaminated environments

Rhyan Carlos Marques Cavalcanti¹, Thadeu Formiga Rosendo², Sanduel Oliveira de Andrade³, Luiz Fernando Oliveira Coelho⁴ & Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira⁵

Resumo: Mediante a um cenário de extrema poluição ambiental, a fitorremediação destaca-se como fonte promissora de despoluição. O objetivo desse artigo, é mostrar a variação da aplicabilidade da fitorremediação em ambientes contaminados e seus benefícios.

Palavras-chave: *Poluição ambiental; Fitorremediação; Contaminação.*

Abstract: In a scenario of extreme environmental pollution, phytoremediation stands out as a promising source of depollution. The aim of this paper is to show the variation of the applicability of phytoremediation in contaminated environments and its benefits.

Keywords: *Environmental pollution; Phytoremediation; Contamination.*

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 08/06/2020; aprovado em 30/06/2021.

¹ Acadêmico em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, rhyaanmarques@gmail.com; *

² Acadêmico em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, thadeuform@gmail.com;

³ Doutorando em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, prof.sanduelandrade@gmail.com;

⁴ Acadêmico em Direito – UFCG. E-mail: luisfoc@ccta.ufcg.edu.br;

⁵ Professora Doutora, Universidade Federal de Campina Grande, andrea.maria@ufcg.edu.br.

INTRODUÇÃO

Com a ascensão da industrialização a partir do século XVIII no mundo e, conseqüentemente, o intenso processo de urbanização nas cidades, foi que a questão ambiental passou a ter notoriedade. Afinal, o crescimento exponencial de pessoas somado ao funcionamento a todo vapor das fábricas e siderúrgicas, acarretou numa intensa série de poluição e contaminação dos principais elementos para a sobrevivência dos seres vivos (solo, água e ar), como também, a exploração e consumo desenfreado dos recursos naturais sem levar em consideração a sua renovação, gerando um efeito dominó prejudicial a todo planeta.

Atualmente, a população tem sofrido graves problemas de saúde pública em decorrência da quantidade exorbitante de poluentes que tem sobrecarregado a natureza. Poluentes estes, que são gerados principalmente pelas indústrias e comércios que depositam resíduos tóxicos em corpos hídricos, acarretando a mortandade do ecossistema aquático e, por sua vez, a transmissão de doenças através da cadeia trófica. Como também, a utilização de metais pesados que atingem o solo através da agricultura, infectando os alimentos que são dispostos a toda a população. Outro tipo de poluição frequente é a quantidade de resíduos gerados pela própria população e seu local de descarte indevidamente que, muitas vezes, são depositados em lixões ou nos próprios cursos d'águas sem passar por algum processo de tratamento.

Alguns resíduos que contém cromo, manganês, cádmio e níquel tem uma elevada capacidade e podem facilmente, contaminar lençóis freáticos, reservatórios e até mesmos rios. O contato direto com essas toxinas, podem causar diversos danos à saúde, que variam de danos mais simples, como dermatite alérgica, até os mais severos como, irritações neuromuscular, desmaios e câncer, podendo afetar o sistema imunológico. (OLIVEIRA, et al., 2007).

Sendo assim, a procura por medidas e técnicas remediadoras para tentar sanar ou ao menos reduzir a quantidade de áreas degradadas pelo impacto das atividades antrópicas, se tornou cada vez mais frequente. A fitorremediação é um método alternativo de bioremediação cujo objetivo é utilizar plantas ou microrganismos com o intuito de reduzir, extrair e neutralizar, a concentração de contaminante nos solos e águas.

De acordo com Oliveira, et al.(2007), na fitorremediação existem duas formas das plantas atuarem na remoção dos contaminantes. Uma dessas maneiras é a forma indireta, na qual o vegetal retira do próprio solo ou de águas subterrâneas os contaminantes, reduzindo assim, a fonte de contaminação. Já na forma direta, as plantas absorvem os compostos tóxicos em seu tecido, acumulando-os e, por fim, metabolizando esses contaminantes

Portanto, esse trabalho tem como finalidade analisar a partir de revisão literária, reunindo informações de diversos autores a respeito da variação da aplicabilidade da fitorremediação in situ, ou seja,

no local contaminado, como ferramenta de recuperação de áreas contaminadas e abordar também os benefícios dessa tecnologia.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Uma das principais causas para a contaminação do solo, cursos de água e lençol freático por metais pesados atualmente, são devido a quantidade exagerada de agrotóxico que atinge o solo (em especial, os pesticidas e fertilizantes) que penetram o solo e, conseqüentemente, chegam nos corpos hídricos através do processo de lixiviação. Arelado a isso, o intenso processo das atividades industriais e mineração também são um dos principais agentes responsáveis por essa degradação ambiental em massa (ROMEIRO, et al.,2007).

De acordo com Rocha e Moura(2013) com o atual panorama de exploração intensa dos recursos naturais por parte da população que consome demasiadamente os mesmos, sem ao menos esperar o tempo adequado do próprio ambiente de se restaurar, tem ocasionado impactos ambientais irreversíveis na natureza, afetando a quantidade, qualidade e, por muitas vezes, até ocasionando a escassez dessa fonte natural.

Segundo Lamego e Vidal, 2007, Os compostos tóxicos decorrentes das atividades antrópicas são bastante complexos de serem removidos, devido a gama de variedade e diversidade desses poluentes produzidos e depositados no meio ambiente. Diversos métodos para recuperação de áreas degradadas já existem, como exemplo, o tratamento de águas industriais, remoção física etc., porém, segundo os dados literários apontam que os custos estimados variam entre US\$ 25 a 30 bilhões para a despoluição ambiental no mundo. A técnica de remediação de áreas contaminadas passou a ter notoriedade com a revolução industrial, onde a problemática passou a ser discutida pelos países industrializados, a fim de reverter os problemas ambientais causados na época, devido a intensa poluição, principalmente da água e atmosfera (VIEIRA, et al.,2011).

Uma das grandes preocupações é referente à contaminação de ambientes aquáticos, afinal, a água é um dos elementos primordiais para todos os organismos vivos, como também, para o desenvolvimento socioeconômico. Por isso, a busca por métodos preventivos para tentar remediar esses ambientes degradados e contaminados tornaram-se essenciais. (TEXEIRA, et al.,2019)

Para Vesconcellos, Pagliuso e Sotomaior(2012) atualmente já existem alternativas promissoras para remediar solos que foram contaminados, de acordo com cientistas e um compilado de pesquisas, essas técnicas são menos prejudiciais a natureza e, conseqüentemente, são financeiramente mais baratas. Dentre os diversos métodos existentes para remediar ambientes poluídos, o uso da remediação no local, ou seja, in

situ, tem sido preferível justamente por ser economicamente mais viável e não apresentarem contaminação secundária.

Sendo assim, o surgimento de técnicas para o tratamento de águas e solos contaminados, como exemplo, a fitorremediação tem se destacado, com o intuito de usar plantas a fim de descontaminar ambientes que sofreram algum tipo de impacto ambiental, ocasionado por determinada fonte de poluição orgânica ou inorgânica (VIANA, et al.,2007). Ainda de acordo com o autor a fitorremediação é dividida em cinco principais tipos, nos quais, cada uma possui sua respectiva função com base em processos da fisiologia das plantas, como exemplo: fitoestabilização, fitovolatilização, fitodegradação, fitoestimulação e fitoextração.

No processo de fitorremediação uma das principais funções das plantas para remover os metais pesados presentes no solo é retirando, transferindo, estabilizando e tornando o solo inócuo. Esse processo de remediação abrange diversos métodos, como a fitoextração, por exemplo. A fitoextração utiliza plantas denominadas hiperacumuladoras, pois a mesma atua removendo os metais pesados do solo por adsorção, acumulando o poluente em suas raízes e na parte aérea da planta, que em seguida podem ser depositadas em aterros sanitários e, por sua vez, passarem por processo de reciclagem para recuperação do metal. Essas plantas tem grande capacidade de suportar e transferir altos índices de metais pesados tóxicos ao meio ambiente. (TAVARES, OLIVEIRA E SALGADO, 2013).

Lambert, Soares e Souza,2012, relata que a fitoestimulação ou risodegradação é o tipo de fitoremediação que utiliza os microrganismos que se beneficiam dos vegetais, na degradação dos contaminantes presentes no solo. Esse método, estimula os microrganismos presentes nas raízes do vegetal produzindo exsudatos que favorecem o crescimento dos mesmos, facilitando a biodegradação do contaminante. Já para Amado e Filho (2015) a fitoestabilização é o método, no qual, é utilizado vegetais com a finalidade de manter os poluentes no solo estabilizados, impedindo que haja perdas do solo, por lixiviação ou erosão. A fitovolatilização é a técnica na qual a planta absorve o contaminante em seu corpo aéreo e o libera na forma gasosa.

Em um estudo realizado por Oliveira, et al. (2007) a fitodegradação funciona convertendo o contaminante absorvido pelas plantas que, através de ações enzimáticas específicas, degrada esse poluente, dentro da célula vegetal.

Uma das principais vantagens que têm tornado a fitorremediação mais requisitada em ambientes contaminados, é o baixo custo da sua instalação, manutenção e operação. (MEJÍA, et al.,2014). Outras vantagens, de acordo com Lamego e Vidal, 2007, é o fato que essa técnica pode ser atrativa para o público, sobretudo por ser vista como “ tecnologia verde”. Ademais, sua capacidade de poder remediar mais de um poluente em um local contaminado.

METODOLOGIA

O presente estudo, foi fundamentado em uma revisão literária, apresentando os diversos tipos de ambientes contaminados pelo qual a fitorremediação pode atuar como fonte despoluidora, assim como, os benefícios da sua aplicabilidade no meio ambiente. Para esse estudo foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: artigos na língua portuguesa, artigos disponíveis entre os anos de 2007 a 2019, a fim de compilar informações para melhor compreensão do assunto e artigos disponíveis na base de dados Scielo e Google Acadêmico. Os critérios de exclusão foram: artigos que não estivessem relação com o tema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma das vantagens decorrentes da aplicação da fitorremediação em ambientes, cujo os seus recursos naturais, foram parcialmente ou totalmente degradados por determinados poluentes, são as de serem versáteis, referindo-se aos ambientes propostos a serem remediados, ou seja, podem ser utilizados em diferentes tipos de áreas contaminadas. Para Coutinho e Barbosa (2007) a fitorremediação possui grande utilidade para o meio ambiente, devido ao uso de plantas específicas para tentar remediar locais poluídos. Como exemplo de algumas características importantes que os vegetais devem possuir a fim de auxiliar nesse processo de descontaminação destaca-se :a resistência ao poluente, taxa de crescimento acelerada, sistema de raízes profundas e uma boa capacidade para absorção.

Fitorremediação em solos contaminados

De acordo com Lamego e Vidal(2007), os metais que, naturalmente, pertencem ao solo, ao entrarem em contato com as atividades antrópicas, tendem a serem intensificados e se tornam tóxicos, ocasionando danos a todos os organismos que estejam atrelados a esse ambiente. Problemas renais e no fígado são exemplos de danos causados pelo cádmio, que é um metal utilizado na fabricação de baterias e biocidas.

A contaminação dos solos por esses metais pesados tem sido uma das principais problemáticas que assolam a saúde pública. Para o crescimento e desenvolvimento do metabolismo celular das plantas, é necessário a presença de alguns metais que são fundamentais para a existências desses vegetais, como exemplo, o manganês, ferro, cobre, zinco, dentre outros. Entretanto, modificações na informação genética dessas plantas e, conseqüentemente, mutações, podem ocorrer, caso o índice da quantidade de metais pesados esteja elevado (VASCONCELLOS, PAGLIUSO, SOTOMAIOR,2012).

Sendo assim, é de extrema importância conhecer o comportamento das plantas que serão selecionadas para fins remediadores. Os estudos de Lambert, Soares e Souza(2012) corroboram com os dos autores Amado e Filho(2015) referentes as escolhas de espécies fitorremediadoras em áreas degradadas.

Para ambos, a obtenção de sucesso na aplicação dessa biotecnologia, deve-se atentar-se a algumas características primordiais na seleção dessas plantas.

Tais plantas devem dispor de um sistema de raízes profundas e densas, como também, devem apresentar um potencial alto de capacidade em absorção e serem adaptáveis aos diversos locais a serem remediados. Devem possuir grande resistência a doenças e pragas, obterem uma boa fixação biológica de nitrogênio, serem fáceis de se controlar e possuírem associação com fungos micorrizos elevados. Lambert, Soares e Souza (2012) ainda cita em seus estudos, várias espécies de plantas que atuam como fitorremediadoras em ambientes contaminados por hidrocarbonetos de petróleo: *Ricinus communis*, *Helianthus annuus*, *Glicinimax*, *Acacia holosericea*, *Brachiariabrizantha*, *Tibouchina granulosa* e *Leucaena leucocephala*.

Segundo Vasconcellos, Pagliuso e Sotomaior (2012), as plantas hiperacumuladoras tem se destacado no tratamento de solos contaminados por metais pesados, por apresentarem alta tolerância a esses metais com relação as demais. Além do mais, essas espécies ao absorverem, armazenam em suas partes aéreas grandes quantidades desses contaminantes. Outra vantagem desse vegetal é que possuem a capacidade de absorver vários desses poluentes presentes no solo ao mesmo tempo.

Fitorremediação em águas contaminadas

Para Luiz, et al.(2019) os efluentes depositados no solo, oriundos das atividades antrópicas, alteram as características das águas subterrâneas, contaminando assim, os lençóis freáticos. Essa é uma problemática que atinge diversas localidades, sendo o principal precursor dessa contaminação, o nitrato. Esse composto químico é encontrado em quase todos os lugares, principalmente em grandes centros urbanos, podendo está em até 30 metros na fração mais superficial dos aquíferos.

Segundo Mariano e Okumura,2012, visando uma melhoria na qualidade dos efluentes e tratamentos de águas residuais, tem se utilizado as macrófitas aquáticas dotadas de rizomas como ferramenta para remediar esses ambientes, com o intuito de reduzir as concentrações de nitrogênio e fósforo presentes nesses locais. Os cientistas, de acordo com Barreto (2011), têm se interessado cada vez mais por essas plantas aquáticas, tendo em vista, da extrema relevância da administração dos recursos hídricos para abastecer toda a sociedade.

Barreto (2011) e colaboradores ainda pontuaram que as macrófitas aquáticas do tipo livres, submersas enraizadas e emergentes, possuem a capacidade de remover, através das raízes submersas, diversos contaminantes presentes nas águas (podendo variar conforme a espécie). Por causa disso ganharam grande destaque mundialmente. Exemplos de poluentes que essa espécie pode eficientemente remover

desses ambientes, destacam-se os explosivos, metais –traços, poluentes tanto orgânicos, como inorgânicos e os radionuclídeos.

De acordo com Teixeira et al (2016) o aguapé é uma planta aquática com grande capacidade adaptativa a ambientes estressantes, o que permite que ela tenha habilidade em tolerar ambientes contaminados por metais pesados. Essa macrófita possui uma reprodução bastante rápida, além de ser acessível, pois pode ser encontrada em várias regiões subtropicais e tropicais do mundo. O aguapé, apesar de ter sido descoberto há pouco tempo, tem demonstrado resultados promissores com relação a sua utilização para fins fitoremediadores, SOUZA(2016).

Outra planta com alto poder fitoremediador é o Capim Vetiver que segundo Teixeira et al. (2016), essa espécie possui grande eficiência em absorver nitrogênio, fósforo e sulfato, como também, dispõe de raízes penetrantes, crescimento rápido e consegue suportar qualquer tipo de clima. Para Almeida (2011) A Vetiveria zizanioides por ser uma planta hiperacumuladora, consegue reter as partículas dos contaminantes em suas raízes, sendo eficaz no tratamento de áreas contaminadas por pilha de rejeitos de mineração.

Benefícios da fitorremediação

Dentre os inúmeros benefícios decorrentes da fitorremediação, Vieira,et al. (2011) destaca que as plantas atuam como uma barreira impedindo que os contaminantes cheguem nas águas e solos, reduzindo assim, a possibilidade de contaminação por lixiviação de lagos e rios. Já para Mariano e Okumura (2012) as principais potencialidades é que a utilização dessa técnica é financeiramente mais viável com relação as demais, é mais fácil de ser monitorada por se tratar de plantas, as substancias químicas podem ser degradada a CO₂ E H₂O e as plantas são esteticamente mais bonitas, do que outras técnicas de biorremediação, podendo ser executada com mínimo distúrbio ambiental. Ademais, as plantas utilizam a luz do sol para realizar os processos de descontaminação, além de possuírem uma alta aceitação publica diante da sociedade (ALMEIDA, 2011).

CONCLUSÕES

Baseado nos achados e nas literaturas pesquisadas, concluimos que a utilização da fitorremediação tem sido uma boa opção de biotecnologia a ser adotada, justamente por possuir essa capacidade versátil de ser aplicada em diversos ambientes, como na retirada de metais pesados dos solos ou no tratamento de águas subterrâneas, rios, lagos, etc. Além, de possuir uma gama de benefícios, destacando as de serem econômica e ecologicamente mais viáveis que as demais técnicas usuais, como também, a facilidade de serem aplicadas no ambiente e a quantidade de toxinas que essas plantas podem remediar simultaneamente em um só local.

Entretanto, apesar do destaque que essa ferramenta tem tido nos últimos anos, faz-se necessário estudos mais aprofundados nessa área para se conhecer a fundo a capacidade fitorremediadora de mais espécies de plantas para combater a poluição ambiental que cresce exacerbadamente no mundo.

REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, Edilene Aparecida Peixoto e. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA ESPÉCIE VETIVERIA ZIZANIOIDES NA FITORREMEDIAÇÃO DE METAIS-TRAÇO PRESENTES EM AMBIENTES AQUÁTICOS. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- [2] AMADO, Sarah; CHAVES FILHO, Jales Teixeira. Fitorremediação: uma alternativa sustentável para remediação de solos contaminados por metais pesados. *Natureza On Line*, (s.l), p.159-164, 2015.
- [3] BARRETO, André Baxter. A SELEÇÃO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS COM POTENCIAL PARA REMOÇÃO DE METAIS-TRAÇO EM FITORREMEDIAÇÃO. 2011. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011
- [4] COUTINHO, Henrique Douglas; BARBOSA, Alyne Rats. Fitorremediação: Considerações Gerais e Características de Utilização. *Silva Lusitana*, Lisboa, v. 15, n. 1, p.103-117, jun. 2007.
- [5] LAMBERT, Larissa Ferreira de Menezes; SOARES, Raffaella Patrícia da Silva; SOUZA, Samir Cristino de. O USO DA FITORREMEDIAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR PETRÓLEO. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 3., 2012, Goiânia. Anais Goiânia: Ibeas, 2012. p.1-5.
- [6] LAMEGO, Fabiane Pinto; VIDAL, Ribas Antonio. FITORREMEDIAÇÃO: PLANTAS COMO AGENTES DE DESPOLUIÇÃO? *Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 17, p.9-18, jan. 2007.

[7] LUIZ, Mariana Bernardino et al. FITORREMEDIAÇÃO DE AQUÍFEROS CONTAMINADOS POR NITRATO. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 19., 2016, São Paulo. Anais São Paulo: Revista Águas Subterrâneas, 2016. p. 1 - 16.

[8] MARIANO, Daiane de Cinque; OKUMURA, Ricardo Shigueru. ASPECTOS AGRONÔMICOS, USO PELO HOMEM E MECANISMOS DA FITORREMEDIAÇÃO: UMA REVISÃO. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, (s.l), v. 5, n. 2, p.85-101, out. 2012.

[9] OLIVEIRA, Débora Monteiro de et al. Fitorremediação: o estado da arte. Série Tecnologia Ambiental, Rio de Janeiro, p.9-48, 2007.

[10] ROCHA, Danyelle Lopes da; MOURA, Emannel Gomes de. A FITORREMEDIAÇÃO COMO FERRAMENTA PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS. In: IV SEMANA ACADÊMICA DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 4., 2015, Tirirical. Anais... . Tirirical: Uema, 2015. p. 1 - 3.

[11] ROMEIRO, Solange et al. ABSORÇÃO DE CHUMBO E POTENCIAL DE FITORREMEDIAÇÃO DE CANAVALLIA ENSIFORMES L. Bragantia, Campinas, v. 66, n. 2, p.327-334, 2007.

[12] SOUZA, Tamara Daiane de. OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FITORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS COM ARSÊNIO. 2016. 159 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

[13] TAVARES, Silvio Roberto de Lucena; OLIVEIRA, Shirlei Aparecida de; SALGADO, Carla Maciel. AVALIAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS NA FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR METAIS PESADOS. Holos, [s.l.], v. 5, p.80-97, 4 dez. 2013. Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2013.1852>.

[14] TEIXEIRA, Débora Luisa Silva et al. FITORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. In: III ENCONTRO ACADÊMICO DA ENGENHARIA AMBIENTAL DA EEL-USP, 3., 2019, São Paulo. Anais São Paulo: Universidade de São Paulo, 2019. p. 1-9.

[15] VASCONCELLOS, Maria Cristina; PAGLIUSO, Débora; SOTOMAIOR, Vanessa Santos. Fitorremediação: Uma proposta de descontaminação do solo. *Estud. Biol., Ambiente Divers.*, Curitiba, v. 34, n. 83, p.261-267, 2012.

[16] VIANA, Francine et al. A UTILIZAÇÃO DA FITORREMEDIAÇÃO EM ÁREAS CONTAMINADAS POR PETRÓLEO E SEUS RESÍDUO. *Iv Pdpetro - Abpg*, Campinas, p.1-7, out. 2007

[17] VIEIRA, Glauca Eliza Gama et al. AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS ASPECTOS DA FITORREMEDIAÇÃO APLICADOS NA REDUÇÃO DA POLUIÇÃO NO SOLO E ÁGUA. *Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal*, v. 8, n. 2, p.182-192, jun. 2011.