


## A biotecnologia como instrumento de recuperação de corpos hídricos

Ana Beatriz Matos Rodrigues<sup>a</sup>, Andreza da Silva e Silva<sup>a</sup>, Antonio Gabriel Sales de Souza<sup>a</sup>, Luana Lima Souza<sup>a</sup>, Antônio Pereira Júnior<sup>a</sup> 

<sup>a</sup>Universidade do Estado do Pará (UEPA) – Campus VI, Paragominas, PA, Brasil.

**RESUMO** A eutroficação é um processo pelo qual desestabiliza o ecossistema aquático e deteriora a qualidade das águas superficiais, em vista disso, a inserção de medidas mitigadoras e reparadoras são indispensáveis para a conservação do corpo hídrico. O objetivo dessa pesquisa é analisar qualitativamente como o uso da biotecnologia associada aos biorremediadores, atua no processo de recuperação dos ambientes áquicos. O método empregado foi indutivo, e a pesquisa apresenta natureza básica, com abordagem qualitativa e complementada com levantamento de dados em bases de pesquisas como a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Scientific Electronic Library Online – SciELO e o Google Scholar, cujo recorte temporal compreendeu de 2009 a 2018. Os dados indicaram que a qualidade quanto ao uso da biorremediação é efetiva, seja com a aplicação da fitorremediação, ou outras biotecnologias associadas ou não, e apresentam menor custo quando comparadas aos métodos físicos e químicos existentes. Os dados indicaram também que os microrganismos e plantas, possuem maneiras específicas para a remoção, imobilização ou transformação de poluentes advindos do lançamento inadequado de efluentes. Haja vista, que essas medidas mitigatórias e recuperadoras são alternativas muito novas para o contexto de empresas poluidoras e da sociedade como um todo. Logo, o uso dessas biotecnologias é importante para disseminar maneiras de regenerar ambientes contaminados, nas quais possuem um baixo custo energético e não necessitam de intervenções físico-químicas diretas.

**PALAVRAS-CHAVE:** bioacumulação; biorremediação; contaminantes; eutroficação

*Recebido* 09 de outubro de 2018 *Aceito* 16 de outubro de 2018 *Publicado online* 28 de outubro de 2018

[Cite este artigo:](#)

Rodrigues ABM et al. (2018) A biotecnologia como instrumento de recuperação de corpos hídricos. *Multidisciplinary Reviews* 1: e2018015. DOI: 10.29327/multi.2018015

### *The biotechnology as water bodies recovery tool*

**ABSTRACT** Eutrophication is a process by which destabilizes the aquatic ecosystem and deteriorates the quality of surface water. In view of this, the insertion of mitigating and restorative measures are indispensable for the conservation of the water body. The objective of this research is to analyze qualitatively how the use of biotechnology associated to bioremediations, acts in the process of recovery of aqueous environments. The method used was inductive, and the research has a basic nature, with a qualitative approach and complemented with data collection in research bases such as the Coordination of Improvement of Higher Education Personnel - CAPES, Scientific Electronic Library Online - SciELO, and Google Scholar, whose time cut was from 2009 to 2018. The data indicated that the quality of the use of bioremediation is effective, either with the application of phytoremediation or other biotechnologies associated or not, and present a lower cost when compared to the existing physical and chemical methods. The data also indicated that microorganisms and plants have specific ways of removing, immobilizing or transforming pollutants from inappropriate effluent releases. It should note that these mitigation and recovery measures are very new alternatives for the context of polluting companies and society as a whole. Therefore, the use of these biotechnologies is important for disseminating ways to regenerate contaminated environments, where they have a low energy cost and do not require direct physical-chemical interventions.

**KEYWORDS:** bioaccumulation; bioremediation; contaminants; eutrophication

## Introdução

O crescimento populacional das cidades e o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos, geram resíduos líquidos e sólidos em grande escala, os quais, quando são dispostos inadequadamente, ocasionam impactos negativos ao meio ambiente. Dentre estes impactos, a eutroficação consiste em um processo normalmente de origem antrópica provocado pelo homem, ou raramente de ordem natural em menor escala. Tendo como princípio básico, a gradativa concentração da matéria orgânica acumulada nos ambientes, o que contribui de certa forma, com a deterioração do ecossistema terrestre e aquático (Macedo e Tavares 2010).

A biotecnologia engloba diversas áreas do conhecimento que decorre da ciência básica- biologia molecular, microbiologia, biologia celular, genética etc. da ciência aplicada (técnicas imunológicas e bioquímicas, assim como técnicas decorrentes da física e da eletrônica), e de outras tecnologias (fermentações, separações, purificações, informática, robótica e controle de processos). Trata-se de uma rede complexa de conhecimentos onde ciência e tecnologia se entrelaçam e complementam-se (Malajovich 2011).

Com relação à biorremediação, esta é caracterizada por utilizar organismos vivos como plantas, bactérias e fungos, possui como finalidade reduzir a presença de substâncias perniciosas ao meio ambiente lançadas nos mananciais, além de minimizar ou retirar o sabor e o odor nas fontes de abastecimento de água. Vale ressaltar, que a eficiência desse processo depende de alguns fatores condicionantes como, a temperatura, o potencial hidrogeniônico – pH, e a presença de oxigênio e nutrientes (Araújo et al 2014).

Ademais, a deterioração do ecossistema aquático por meio da eutroficação, pode ser originada tanto pelo processo natural, quanto por resultado da pressão antrópica sobre os ambientes aquáticos. O primeiro trata-se de um fenômeno produzido pelos próprios elementos da natureza de forma espontânea e lenta. Já o segundo, advém principalmente da falta de saneamento básico, que acarreta no lançamento de efluentes domésticos e industriais in natura para os corpos d'água, além do acúmulo de resíduos sólidos urbanos e o uso de fertilizantes que contaminam o lençol freático de forma acelerada (Barreto et al 2013).

Haja vista que os ambientes citadinos produzem uma quantidade significativa de efluentes líquidos nocivos às águas superficiais como rios, lagos e lençóis freáticos. As águas residuárias possuem contaminantes advindos da matéria orgânica fecal, de microrganismos patogênicos e substâncias perduráveis como detergentes sulfônicos. Em relação aos efluentes industriais, a principal carga contaminadora é proveniente de compostos orgânicos como detergentes e metais pesados: Zinco – Zn; Cádmio – Cd; Mercúrio – Hg; Chumbo - Pb (Santos et al 2017).

Nesse sentido, o soerguimento de habitações humanas em torno ou na margem de corpos hídricos mantém uma relação direta com os efeitos negativos sobre os ecossistemas aquáticos, sendo que dentre esses efeitos, a bioacumulação é um dos maiores problemas no mundo (Cunha et al 2013). No que se refere ao Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, por meio da Resolução 357:2005, estabelece condições de qualidade para o enquadramento dos corpos hídricos em território nacional, de acordo com os seus usos preponderantes, além do lançamento de efluentes (Brasil 2005).

Não obstante, para mitigar os efeitos da eutroficação, o desenvolvimento de tecnologias de tratamento tem sido essencial. Dentre essas destaca-se a biotecnologia que oferece como técnica de tratamento de áreas contaminadas um mecanismo denominado biorremediação, este método apresenta um enorme potencial, pois além de ser de baixo custo pode remover completamente os contaminantes presentes na água (Silva et al 2014).

Além disto, as tecnologias de biorremediação pode ser classificada de acordo com o tratamento e a fase empregada. Em relação ao local de tratamento, os processos são chamados de *in situ* (quando é realizado no próprio local) ou *ex situ* (quando há remoção do contaminante para tratamento em outro ambiente). Aliás, para cada processo é necessário levar em conta o tipo e quantidade de poluente, e os custos para sua implementação (Pereira e Freitas 2012).

Logo, os efeitos da eutroficação desestabilizam o ecossistema aquático e deterioram a qualidade da água para abastecimento público, por isso a inserção de medidas mitigadoras e reparadoras são indispensáveis para a manutenção do corpo hídrico. O que justifica a realização e incrementa a relevância da pesquisa, cujo o objetivo é analisar

qualitativamente como o uso da biotecnologia, associada aos biorremediadores, atua no processo de recuperação em ambientes áquicos.

## Metodologia

O método aplicado foi o indutivo (Prodanov e Freitas 2013), uma vez que ele é um processo mental por meio do qual infere-se uma verdade geral ou universal, como a eutroficação em corpos hídricos ocasionados por ação antrópica. Para isso, partiu-se de fatos particulares acerca da utilização da biorremediação como mecanismo para a recuperação do meio ambiente.

Quanto à finalidade da pesquisa, segundo ela é classificada como fundamental, de natureza observativa (Fontelles et al 2009). O objetivo classificou-se como exploratório, e a partir do procedimento técnico bibliográfico obteve-se uma abordagem qualitativa e, finalmente, quanto ao desenvolvimento do tempo, é transversal.

A técnica aplicada para a obtenção de dados foi o levantamento bibliográfico, cujo recorte temporal situou-se entre 2009 e 2018, para que se tivesse acesso a informações decenais já publicadas. Para tal, utilizou-se bases de pesquisas como a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Scientific Electronic Library Online – SciELO e o Google Scholar.

## Tipos de biorremediação *in situ*

No que tange aos tipos de técnicas utilizadas na biorremediação *in situ*, essas são divididas em bioestimulação, bioaugmentação, bioventilação, biorremediação intrínseca e fitorremediação. A bioestimulação é quando há o crescimento dos microrganismos naturais (autóctones), esses são estimulados por práticas que incluem a introdução de oxigênio, nutrientes, substâncias para correção do pH do meio e receptores de elétrons específicos para a degradação da contaminação. Já a bioacumulação consiste na aplicação de microrganismos alóctones para aumentar a habilidade dessas comunidades em degradar a carga poluente presente na biota (Cetesb 2011).

Nesse seguimento, a biorremediação intrínseca utiliza o processo natural para a degradação dos poluentes, assim a descontaminação é lenta sendo necessário o monitoramento do local por um longo período, sem qualquer alteração tecnológica os microrganismos presentes na área contaminada utilizam o poluente como fonte energética e a partir disso o mesmo começa a ser reduzido e removido (Morais e Coriolano 2016).

Outra tecnologia *in situ* é a bioventilação que é caracterizada pela injeção de ar ou oxigênio em solo e águas subterrâneas contaminados, no qual estimula o crescimento, de microrganismos autóctones e alóctones, ideal para grandes áreas contaminadas, é eficiente quando se trata de contaminante degradável em meio aeróbio. Este processo tem como vantagem a minimização da extração de vapores, a utilização de equipamentos de fácil instalação e aquisição, a atuação em locais de difícil acesso e o pequeno impacto na área contaminada (Weber e Santos 2013).

## Mecanismos biológicos da fitorremediação

Uma das técnicas mais utilizadas para recuperação de corpos hídricos é a fitorremediação que consiste na utilização de plantas com capacidade de absorver elementos do solo ou da água, com teores excessivos de metais e outros elementos potencialmente tóxicos ao meio, promovendo assim a sua descontaminação (Tavares et al 2013).

Dentre os tipos de fitorremediação estar inserido a fitoextração, fitoacumulação, fitovolatilização, fitoestabilização, fitoabsorção e fitoadsorção. Neste contexto, a fitoextração baseia-se na utilização de plantas para remoção de contaminantes do solo e da água, e acumula estes nas raízes e na parte aérea dos vegetais. A principal vantagem dessa técnica é o fato de poder ser utilizada em grandes áreas apresentando custo reduzido, além de ser uma técnica conservacionista, sem custo energético (Assis et al 2010).

Outra mecanismo é a fitoestabilização no qual faz o uso de plantas e sistemas de raízes para prevenir a migração de contaminantes através do vento, da erosão hídrica, da lixiviação e da dispersão no solo, utilizam-se determinadas espécies de plantas como calla lily (*Zantedeschia ssp.*), cravina de jardim (*Dianthus chinensis* L.) e crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev) para neutralizar contaminantes, via de regra, presentes no solo, por meio de

absorção e acumulação pelas raízes, adsorção ou precipitação e complexação na zona radicular; redução da valência do metal e estabilização física em solos e nos corpos d'água (Cinque e Okumura 2012).

Neste mesmo viés, pode ser utilizado também a técnica da fitovolatilização que consiste na absorção e transpiração de um contaminante pelo vegetal, com liberação do contaminante na forma original ou modificada para a atmosfera. As vantagens dessa técnica é o fato de como o mercúrio ( $Hg^0$ ) poderia ser transformado em formas, menos tóxicas ( $CH_3-Hg$ ;  $CH_3-Hg-CH_3$ ) e os contaminantes lançados na atmosfera poderiam ser sujeitos a uma degradação natural mais rápida e efetiva, sendo mais aplicada a compostos orgânicos e inorgânicos (Vasconcello et al 2012).

## Discussão

### Biorremediação

Quanto a esse tema, ela é uma inovação tecnológica acerca das formas de tratamento do ambiente poluído. Isso porque o custo é baixo, quando comparado com outras tecnologias aplicadas, como a *pump and treat* (Bombeamento e tratamento). Dentre os mecanismos já utilizadas para mitigar problemas ambientais advindos da contaminação de aquíferos e solo, incineração, compostagem e dos aterros sanitários irregulares, a biorremediação é a maneira mais simples para simular situações naturais de biodegradação para a descontaminação do meio ambiente (Silva et al 2014).

Para o emprego organismos vivos é necessário que se conheça a capacidade dos microrganismos em degenerar enzimas específicas, tais como de hidrocarbonetos, que dependem de fatores abióticos como temperatura, pH, umidade e teor de oxigênio par ser deteriorado. Dentre os microrganismos já conhecidos e possuidores dessa capacidade tem-se bactérias, leveduras e fungos filamentosos são agentes eficazes devido à habilidade de degradar diversas substâncias orgânicas gerados por refinarias e indústrias (Araújo et al 2014).

Os processos de biorremediação, entre si, são muito particulares, e precisam passar por uma adequação quanto ao tipo de poluente (que pode ser hidrofílico ou hidrofóbico) e otimização para diferentes locais (ecoaquático, terrestres ou aéreos) que foram afetados pela poluição. Dentre tantos, destaca-se a remediação *in situ*, que ocorre por meio da ação de microrganismos nativos, sem que haja a inserção de nutrientes ou adequação do meio. Neste viés, apesar desse mecanismo ser empregado positivamente em locais contaminados por petróleo e seus derivados, por ser um processo natural torna-se tardio, sendo necessário o acompanhamento por um extenso período de tempo (Morais e Coriolano 2016).

Contudo, dentre a biorremediação *in situ*, a bioventilação é uma das formas de tratamento relativamente curtos, no qual o período pode ser de seis a dois anos. Essa biotecnologia é efetiva para a remediação de gasolina, produtos de aviação, querosene e diesel em ambientes terrestres. Para ambientes aquáticos o desenvolvimento de técnicas como a *air sparging*, são mais ágeis para degradar constituintes leves de petróleo, como o BETEXs (Weber e Santos 2013), que são compostos formados por hidrocarbonetos: benzeno ( $C_6H_6$ ), etilbenzeno ( $C_8H_{10}$ ), toluenos ( $C_7H_8$ ) e os xilenos ( $C_8H_{10}$ ).

### Fitorremediação

No que se refere à fitorremediação, requer o uso de espécies vegetais que atuam no combate à descontaminação por metais pesados. Dentre essas espécies, o girassol (*Helianthus annuus*) destaca-se, pois, reduz a concentração de Cobre (Cu), Zinco (Zn), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Níquel (Ni), Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb) no solo. E o milho (*Zea mays*), teve maior eficiência em translocar os metais Cu e Zn para a parte aérea (Tavares et al 2013).

Em relação ao uso de organismos vivos podem auxiliar no tratamento de resíduos urbanos, por meio da aplicação dos compostos organomineral com a produção de flores tropicais. No processo de fitorremediação, a espécie *Bougainvillea spectabilis* (*Nyctaginaceae*) ela pode absorver e adsorver metais pesados, no solo ou no ar, em áreas residenciais ou industriais, em especial quando houver metais pesados como o Cobre (Cu), Zinco (Zn) e Chumbo (Pb), o primeiro, por ser imóvel, é adsorvido pela rizosfera dessa planta, e o segundo, tende a concentrar-se nas folhas (Dela Cruz 2013).

É valido ressaltar, que para tal ação é necessária a utilização de plantas que possuam determinadas características como uma boa capacidade de absorção, um sistema radicular profundo, uma acelerada taxa de

crescimento, além de serem de fácil colheita e também apresentem uma grande resistência ao poluente. Quanto à resistência, consta-se que plantas de capim-pé-de-galinha-gigante (*Eleusine coracana*) conseguem remediar o herbicida Picloram, desde que a contaminação seja até 80g h<sup>-1</sup> (Assis et al 2010).

### Fitoestabilização

Para locais de baixos níveis de contaminação, pode-se utilizar a fitoestabilização, neste caso os contaminantes orgânicos e inorgânicos são incorporados na lignina da parede vegetal ou aos húmus do solo. Sendo a fitoestabilização, uma técnica empregada sobretudo em ambientes com a presença de metais pesados com Chumbo, Cádmio, Zinco e Arsênio (As), no qual os principais gêneros de vegetais utilizados são: *Haumaniastrum*, *Eragrostis*, *Ascolepis*, *Gladiolus* e *Alyssum* (Cinque e Okuma 2012).

### Fitovolatilização

No que tange aos processos de retirada e deslocamento dos contaminantes do solo e do meio hídrico para as raízes e porções superiores das plantas. As plantas causam precipitação de alguns metais, e contribuem para a degradação natural de alguns metais, como Selênio (Se) e Mercúrio (Hg). Nesse sentido, a rizofiltração resulta primeiramente na contenção do contaminante, onde este será imobilizado ou acumulado dentro da planta, o que posteriormente torna esses elementos químicos menos tóxicos ao meio ambiente (Vasconcello et al 2012).

## Considerações finais

As biotecnologias que utilizam fungos, bactérias e plantas, atuam como mecanismos inovadores e pouco dispendiosos. As inserções dessas práticas promovem a remoção de contaminantes tóxicos da água e do solo que são advindos da má relação que o homem mantém com a natureza. A deterioração de corpos hídricos por meio da eutroficação é um exemplo de como a ação antrópica pode ser prejudicial aos ecossistemas aquáticos. Porém, a aplicação das biotecnologias é uma solução mitigadora e recuperadora, no qual, além de efetuar o tratamento de ambientes áquicos, minimizam os aspectos negativos sobre meio ambiente e ampliam a vida útil do mesmo.

Desta forma, a partir da análise qualitativa, constatou-se que a biorremediação e a fitorremediação são biotecnologias ecologicamente adequadas quando comparadas aos métodos físicos e químicos já existentes. Mas para isso, os microrganismos e plantas possuem maneiras específicas para a remoção, imobilização ou transformação de poluentes advindos do lançamento inadequado de efluentes. Haja vista, que essas medidas mitigatórias e recuperadoras, são alternativas muito novas para o contexto de empresas poluidoras e da sociedade como um todo. Nessa perspectiva, o uso dessas biotecnologias é importante para disseminar maneiras de regenerar ambientes contaminados, nas quais possuem um baixo custo energético e não necessitam de intervenções físico-químicas.

## Referências

- Araújo AM et al (2014) Protocolo para biorremediação de águas contaminadas por petróleo e derivados. E-xacta 1:55-63.
- Assis RL, Procópio SO, Carmo ML, Pires FR, Cargnelutti Filho A, Braz GBP (2010) Fitorremediação de solo contaminado com o herbicida picloram por plantas de capim pé de galinha gigante. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 14:1131-1135.
- Barreto LV, Barros FM, Bonomo P, Rocha FA, Amorim JS (2013) Eutroficação em rios brasileiros. Enciclopédia Biosfera, 9:1-17
- Brasil Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2005) Resolução n. 357.
- Cetesb (2011) Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Acesso em: 28 de junho, 2018.
- Cinque M, Okumura RS (2012) Aspectos Agronômicos, Uso pelo Homem e Mecanismos da Fitorremediação: uma revisão Revista em Agronegócio e Meio Ambiente 5:1-15
- Cunha, DGF et al (2013) Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005–2009). Engenharia Sanitária e Ambiental 18:159-168.

---

Dela Cruz, KAM, Burgos SDG, Gloria AAJ, Ventura KMD, Solidum J (2013) Comparison of lead absorption ability on Bougainvillea (*Bougainvillea spectabilis* L.) leave in two cities in Metro Manila, Philippines. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics* 3:192-195

Fontelles MJM, Simões MG, Farias SH, Fontelles RGS (2009) Metodologia da Pesquisa Científica: diretrizes para elaboração de um protocolo de pesquisa. Acesso em: 25 junho, 2018

Macedo CF, Tavares LH (2010) Eutroficação e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. *Boletim do Instituto de Pesca* 36:149-163.

Malajovich MA (2011) *Biotecnologia: Ensino e divulgação*.

Morais Filho MC, Coriolano ACF (2016) Biorremediação, uma alternativa na utilização em áreas degradadas pela indústria petrolífera. *Revista Holos* DOI: 10.15628/holos4278.

Pereira ARB, Freiras DAF (2012) Uso de micro-organismos para a biorremediação de ambientes impactados. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)* 6:995-1006.

Prodanov CC, Freitas EC (2013) *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico* Novo Hamburgo: Feevale.

Santos EJ, Santos JL, Carvalho D, Moreira E (2017) Tratamento de efluente de xampus com aplicação de sementes do maracujá (*Passiflora edulis*) como biomaterial e sulfato de alumínio. *Revista Perquirere* 3:207-220.

Silva SS, Santos SS, Gomes FGG (2014) A Biotecnologia como estratégia de reversão de áreas contaminadas por resíduos sólidos. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)* 18:1361-1370.

Tavares SR, Oliveira AS, Salgado CM (2013) Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. *Holos* 5:80-97.

Vasconcello MC, Pagliuso D, Sotomaior VS (2012) Fitorremediação: Uma proposta de descontaminação do solo. DOI: 10.7213/estud.biol.7338

Weber, BD, Antenor AS (2013) Utilização da biorremediação como ferramenta para o controle da degradação ambiental causada pelo petróleo e seus derivados *Engenharia Ambiental* 10:114-133.