

Eixo Temático ET-03-029 - Meio Ambiente e Recursos Naturais

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA APLICAÇÃO DAS MICROALGAS NA BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Adolf Hitler Cardoso de Araújo¹

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.
E-mail: adolf_araujo@hotmail.com.

RESUMO

Os impactos oriundos das ações antrópicas atingem diversos âmbitos da sociedade de forma desenfreada e em diversos casos de forma irreversível, isto em conjunto com uma falta de gestão ambiental eficiente e de um planejamento contínuo e eficaz acarretam na degradação de diversos ecossistemas, principalmente os que são constituídos por recursos hídricos. A contaminação e poluição desses recursos tão importantes para todos os seres vivos e para a manutenção do equilíbrio ambiental geram a necessidade de desenvolver técnicas e processos que visem reduzir e/ou remover poluentes de áreas contaminadas com a finalidade de recuperação. Uma das técnicas que está se tornando bastante notória é a biorremediação a partir de microalgas, isto em decorrência da eficiência existente na remoção de substâncias e na recuperação de recursos importantes para o meio ambiente. Diante disso, este trabalho teve como principal objetivo compreender e evidenciar a potencialidade das microalgas aplicadas na biorremediação de águas residuárias.

Palavras-chave: Biorremediação; Microalgas; Águas Residuárias.

INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas ambientais que afetam diversos locais pelo mundo é a contaminação contínua dos recursos hídricos decorrente de ações oriundas de atividades humanas. A má gestão e a falta de planejamento acerca desse recurso indispensável para os seres vivos e para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas acarretam em graves crises que prejudicam de forma significativa o meio ambiente, a saúde pública, a sociedade e a economia.

O alto crescimento populacional, a escassez de água e as mudanças climáticas geram a necessidade de se empregar novas alternativas de utilização para o máximo e melhor aproveitamento das águas. Mesmo diante das ações antrópicas e de diversos fatores degradadores, muitos efluentes ainda são lançados no meio ambiente sem passar por um tratamento específico e adequado, gerando assim um desequilíbrio nos ecossistemas de forma até irreversível (SCHMITZ et al, 2015).

As águas residuárias apresentando em sua composição várias substâncias químicas e diversos microrganismos, possuem a necessidade de serem coletadas, tratadas e destinadas adequadamente com a finalidade de evitar a proliferação de doenças e de reduzir os impactos negativos ao meio ambiente (SCHMITZ, 2012).

Diante dos potenciais danos existentes, é preciso buscar o desenvolvimento de tecnologias que sejam eficientes e adequadas ambientalmente e economicamente para o tratamento de águas residuárias, para que as mesmas possam ser reinseridas no ciclo hidrológico de forma sustentável.

Neste sentido, a biotecnologia que é uma ciência que utiliza organismos biológicos com a finalidade de melhorar bens e serviços, oferece a biorremediação como técnica sustentável e econômica, possibilitando assim na redução de determinadas substâncias que possuem potencial degradador (FILHO; DIAS, 2017).

Em decorrência da mudança constante da composição dos efluentes, torna-se fundamental aplicar novas etapas e métodos de tratamento e empregar um aprimoramento contínuo nos métodos já existentes. Atualmente, pesquisas e estudos estão voltados para a aplicação de microalgas na biorremediação de águas residuárias, devido estes microrganismos possuírem alta capacidade de incorporar substâncias e reduzir poluentes (LOPES, 2017).

As microalgas são caracterizadas como microrganismos fotossintéticos que possuem a capacidade de converter dióxido de carbono atmosférico em uma gama de substâncias químicas e componentes orgânicos, como proteínas, carboidratos e lipídios. Sendo consideradas as precursoras das plantas, as microalgas apresentam algumas particularidades que as tornam extremamente importantes e revolucionárias, estas sendo a sua capacidade de crescer rapidamente e de se adaptar a variações de pH, temperatura e intensidade da luz (SCHMITZ, 2012).

Além da aplicação em águas residuárias, existem estudos que evidenciam que as microalgas ainda podem ser utilizadas na detoxificação biológica, na remoção de metais traços e na remoção de compostos orgânicos tóxicos. Estes microrganismos conseguem assimilar e eliminar determinadas substâncias, como o nitrogênio e o fósforo, estas que em concentrações altas nos corpos hídricos são responsáveis pelo desenvolvimento da eutrofização (HAMMED et al, 2016).

Pela alta variabilidade de substâncias químicas e biológicas nas águas residuárias, torna-se necessário um maior desenvolvimento e investimento acerca do tratamento dessas águas contaminadas para que exista uma recuperação dos recursos ambientais e para se manter uma sustentabilidade contínua. Em vista disso, é preciso a criação e o aprimoramento de tecnologias que removam, reduzam ou transformem determinados poluentes ambientais e por isso este trabalho busca evidenciar e compreender a aplicação e a potencialidade das microalgas para a biorremediação de águas residuárias.

METODOLOGIA

Este trabalho científico foi realizado a partir de uma pesquisa de literatura realizada nas seguintes bases de dados: Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), e utilizando os seguintes descritores: biorremediação, água residuária e microalgas.

Também foi realizada uma pesquisa de documentação de patentes na base de dados Espacenet, esta que possui patentes de mais de 90 países. Os descritores empregados na pesquisa foram “biorremediação” e “microalgas”.

Para o levantamento dos trabalhos, os critérios de inclusão aplicados foram: artigos publicados entre o período de 2008 e 2018, em inglês ou português, originais ou de revisão, que estivessem completamente disponíveis e que focassem primordialmente na aplicação das microalgas na biorremediação. Os critérios de exclusão aplicados foram: artigos repetidos, teses, dissertações e artigos que não compreendiam a biorremediação por microalgas em seu conteúdo.

Diante dos critérios para a seleção dos artigos, foram analisados eficazmente 16 estudos científicos que auxiliaram na compreensão do conhecimento acerca do tema, na compilação de dados aplicados no programa *Excell* e no desenvolvimento do presente trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma abordagem geral acerca das microalgas

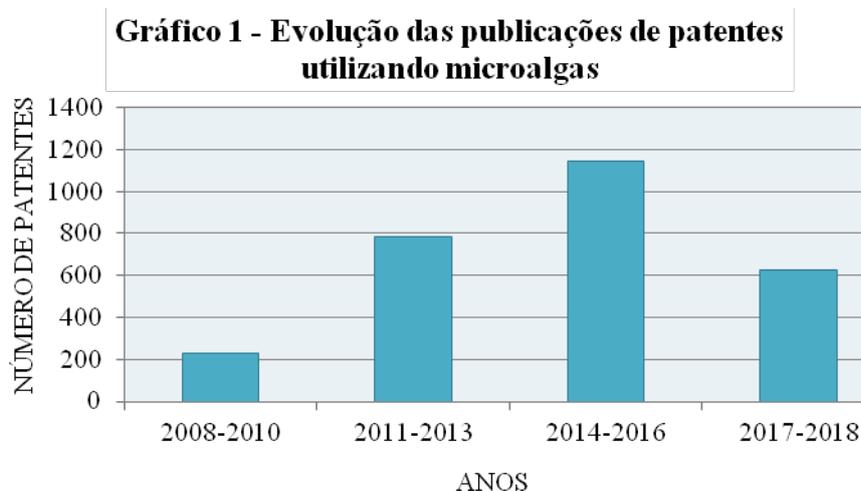
As microalgas são microrganismos que possuem a capacidade de assimilar diversas substâncias e mesmo diante do alto número destes organismos existentes, os mesmos são bastante similares quando se trata da sua fisiologia e metabolismo. Possuem a função de produzir oxigênio molecular para o planeta a partir da fotossíntese, na qual se caracteriza como a absorção da energia solar e conversão desta em energia biológica (SANTOS et al, 2016).

Estes organismos são extremamente importantes para a produção de matéria orgânica e de oxigênio, aumentando assim a concentração deste último na atmosfera, além disso, são importantes fotossintetizadores por absorverem nutrientes necessários para o seu desenvolvimento, estes sendo nitrogênio, fósforo, potássio, carbono, ferro, entre outros. Em decorrência dessas características, as microalgas vêm se tornando alvos de inúmeras pesquisas devido a sua composição química que pode ser aplicada para a geração de benefícios em diversas áreas, como a produção de biocombustíveis, de produtos químicos, de corantes, de suplementos alimentares, entre outros (CEREIJO et al, 2017; RAMÍREZ, 2018).

A aplicação das microalgas no tratamento de efluentes é bastante eficaz em decorrência da composição dos efluentes, esta que pode variar de acordo com a sua origem, mas que dependendo das substâncias presentes pode-se apresentar como alimentos para as microalgas. Altas concentrações de componentes orgânicos e metais tóxicos são extremamente problemáticos para o meio ambiente, por isso a característica das microalgas de absorver determinados nutrientes é relevante e, além disso, ainda existe a produção de biomassa, que auxilia em uma gama de soluções ambientais para inúmeros problemas (RATH, 2012; GHAZAL, 2018).

Diante do cenário de inúmeras atividades antrópicas poluindo constantemente o meio ambiente, torna-se necessário o desenvolvimento de novas alternativas que tenham como finalidade a prevenção, o controle e a conservação dos ecossistemas. Uma das alternativas que se mostra de forma bastante eficiente e eficaz, é a aplicação das microalgas que é resultante de processos puramente biológicos, e estes possuindo certas características apropriadas e específicas para a degradação de poluentes tornam-se foco de inúmeras pesquisas e estudos.

Em vista das inúmeras aplicações, podemos observar no (Gráfico 1) a evolução contínua do desenvolvimento de estudos e pesquisas com o emprego das microalgas.



FONTE: Espacenet, 2018.

Este gráfico apresentado anteriormente é oriundo apenas das patentes publicadas no Espacenet, conseqüentemente o número de pesquisas e estudos com a aplicação de microalgas logicamente é bem maior que estes apresentados.

Diante desse crescimento, podemos compreender que existe uma variabilidade de tecnologias nas quais as microalgas são aplicadas, dentre elas temos a biorremediação de águas residuárias que é um processo no qual os organismos biológicos se aproveitam das características de uma determinada área para o seu desenvolvimento (SCHMITZ et al, 2015).

As microalgas conseguem absorver as substâncias presentes nas águas residuárias devido a sua composição celular, na qual em sua parede celular existe um conjunto de carboidratos que possuem a capacidade bioabsorver compostos, em muitos casos sendo até compostos químicos tóxicos (HAMMED et al, 2016).

As microalgas ainda trazem outros benefícios quando aplicadas no tratamento de águas residuárias, as mesmas contribuem para a redução da utilização dos recursos hídricos, para a diminuição do custo com nutrientes adicionados nas diversas fases de tratamento e também para a possível reutilização das águas residuárias (NASCIMENTO et al, 2016).

A biomassa microalgal gerada no cultivo possui uma alta variabilidade de aplicações, podendo ainda ser empregada como fertilizante para a nutrição do solo em decorrência da alta concentração de determinadas substâncias (RATH, 2012).

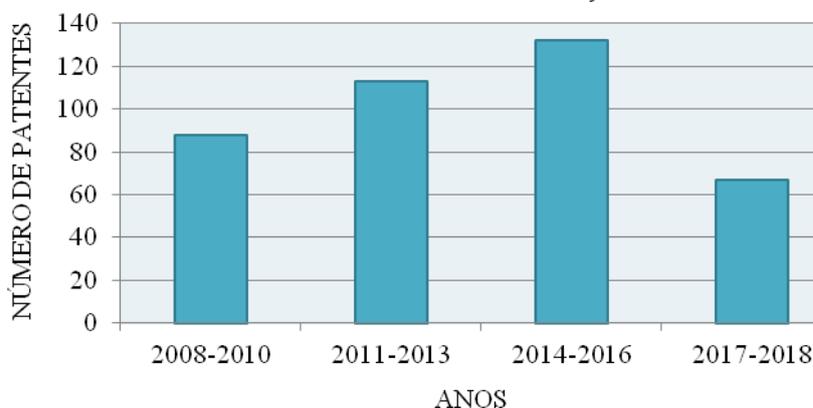
A potencialidade das microalgas no processo de biorremediação

A biorremediação é uma técnica que depende majoritariamente dos organismos atuantes e das substâncias presentes no meio, isto em decorrência de cada organismo necessitar fisiologicamente de diferentes nutrientes e condições para a sua sobrevivência. O tipo de processo é classificado de acordo com o seu local de tratamento, existem dois tipos: a biorremediação *in situ* que é caracterizada pelo mecanismo de ação ser realizado no próprio local contaminado, e a biorremediação *ex situ*, na qual existe a transferência do material do local contaminado para um local específico de tratamento (ARAÚJO, 2017).

O tipo de processo irá depender da concentração de substâncias, da quantidade de área contaminada, de quais tipos de substâncias existentes, da concentração dos microrganismos no local, enfim depende de vários fatores que devem ser analisados e minuciosamente estudados a fim de aplicar a técnica mais viável e eficaz (ARAÚJO, 2017).

Diante da variabilidade de técnicas, a biorremediação está constantemente sendo utilizada em todo o mundo e comprova-se o crescimento de estudos acerca desse processo através da evolução do depósito de patentes, que podemos observar no (Gráfico 2).

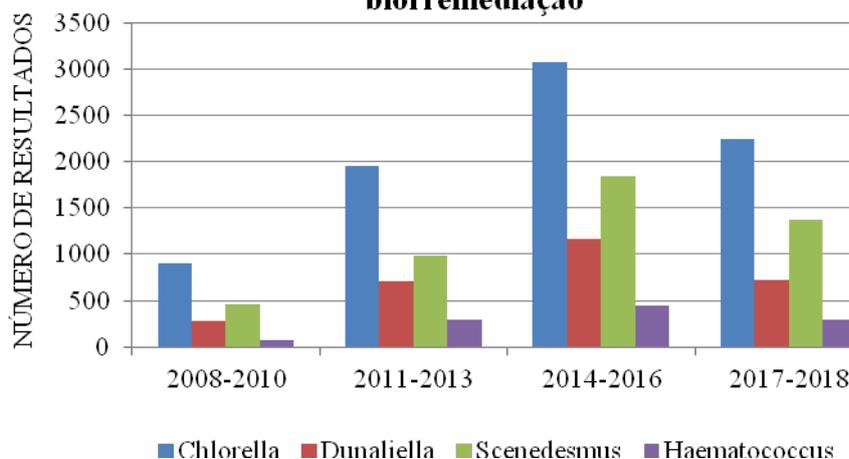
Gráfico 2 - Evolução das publicações de patentes na área de biorremediação



FONTE: Espacenet, 2018.

Este gráfico apresentado é oriundo apenas das patentes publicadas no Espacenet, conseqüentemente o número de pesquisas e estudos acerca da biorremediação logicamente é bem maior que estes apresentados.

Para a biorremediação de águas residuárias, algumas espécies já foram aplicadas e apresentaram bastante êxito na remoção de nutrientes (Gráfico 3), estas sendo dos gêneros *Chlorella*, *Dunaliella*, *Scenedesmus* e *Haematococcus*. O alto cultivo desses tipos de microalgas apresenta bastante eficiência na remoção de nutrientes e se evidencia de forma bastante notável na redução da eutrofização resultante das atividades humanas (GRESSLER, 2012).

Gráfico 3 - Estudos de microalgas aplicadas a biorremediação

FONTE: Google Scholar, 2018.

Quando se trata da remoção de metais pesados, algumas espécies de microalgas são eficientes como a *Chlorella* spp. e *Scenedesmus* spp., estes microrganismos se apresentam eletricamente de forma negativa e em consequência disso possuem afinidade com os metais pesados, que se normalmente são cátions e a partir daí tem-se o desenvolvimento do processo de retenção e imobilização desses compostos (KSHIRSAGAR, 2013; GRESSLER, 2012).

As microalgas *Chlorella vulgaris* e *Scenedesmus quadricauda* são espécies que possuem um crescimento bastante rápido e uma alta capacidade de absorção de nutrientes, podendo-se assim serem consideradas espécies eficientes na remoção de substâncias e tornando consequentemente a biorremediação uma alternativa eficiente na qual acarreta na reciclagem de nutrientes importantes e em uma melhoria na qualidade da água (KSHIRSAGAR, 2013; SALGUEIRO, 2016).

Os artigos revelam que as microalgas removem eficientemente determinadas substâncias como nitrogênio, fósforo, entre outras. Tal eficiência resulta em vantagens extremamente significativas na aplicação da biorremediação, como a utilização da energia solar, que é um tipo de energia de baixo custo e de potencial ilimitado, além disso acarreta na geração de biomassa para alimentar animais e também no desenvolvimento de melhores produtos químicos.

A eficiência da biorremediação de águas residuárias através da ação das microalgas e a operação sistemática dependem majoritariamente de qual método de cultivo está sendo empregado e das classes destes microrganismos, nos quais o seu crescimento e a produtividade da biomassa estão diretamente relacionados à eficiência da remoção das substâncias (GRESSLER, 2012).

Para manter uma eficiência na remoção de nutrientes, é preciso compreender o metabolismo e o crescimento das microalgas em águas residuárias a fim de continuamente aprimorar a produtividade da biomassa algal. Nascimento et al (2016) evidencia que a maior taxa de remoção de nitrogênio e fósforo ocorreu quando a produção de biomassa atingiu um pico máximo, este sendo durante a fase de crescimento exponencial das células.

De acordo com Santos et al (2016), as microalgas ainda auxiliam na diminuição da comunidade patogênica existente, em decorrência da ampliação da quantidade de oxigênio no meio empregado. Essa característica acarreta em uma redução na proliferação de doenças, e em vista disso torna-se uma das vantagens mais relevantes decorrentes da aplicação destes microrganismos.

A biorremediação torna-se notória em decorrência da remoção das substâncias se proceder de forma natural e simples, e deconseqüentemente diminuir a ocorrência de impactos ambientais agressivos. Auxilia também no emprego de uma maior sustentabilidade, na

manutenção dos ecossistemas e se apresenta ainda como uma técnica bastante viável economicamente (SCHMITZ, 2015).

Os trabalhos salientam que para a existência de uma biorremediação eficiente torna-se necessário a compreensão de todas as características locais que possam influenciar nos processos de biotransformação e também é preciso avaliar os riscos e as consequências que podem ser desenvolvidas, como a produção de substâncias tóxicas e a geração de alterações extremas no pH e na temperatura, que podem assim inibir ou eliminar as atividades celulares presentes no meio.

Nas águas residuárias, existem altas concentrações de nitrogênio, fósforo, metais pesados, entre outros, e as microalgas possuem alto potencial para a redução desses agentes químicos que quando aplicados a uma gestão eficaz de biorremediação são removidos de forma bastante significativa e de forma independente do local de origem, podendo os agentes serem oriundos de águas residuárias domésticas e industriais, de resíduos líquidos da agricultura e também de lixiviados gerados pela decomposição orgânica (SANTOS et al, 2016).

De acordo com Hammed et al (2016), a biorremediação é um processo que se apresenta atualmente como a de maior viabilidade quando se tratam de medidas de controle ambiental para a remoção de contaminantes de um determinado meio. Os autores ainda salientam que a biorremediação utilizando microalgas é bastante promissora, rentável e eficaz na redução e/ou remoção de poluentes, sendo estas os microrganismos que são mais viáveis neste tipo de controle ambiental.

Para manter uma biorremediação por microalgas eficiente é preciso manter um controle e um equilíbrio em determinados parâmetros do ambiente como a temperatura, o pH, a concentração de substâncias, a quantidade da população microalgal, entre outros que são determinantes para a bioabsorção, bioacumulação e biodegradação dos contaminantes ambientais (CHEKROUN; SÁNCHEZ; BAGHOUR, 2014).

Diante da complexidade química das substâncias e das diversas características metabólicas existentes, os estudos acerca da biorremediação a partir de microalgas devem ser desenvolvidos continuamente a fim de oferecer uma maior compreensão a respeito dos inúmeros compostos químicos, da completa fisiologia das microalgas e os meios de cultivos utilizados para o seu crescimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos argumentos apresentados, podemos compreender que as microalgas são organismos extremamente importantes e eficientes na remoção de substâncias contaminantes, e as mesmas possuem diversas aplicações biotecnológicas que auxiliam em uma maior sustentabilidade e em um maior equilíbrio ambiental.

A aplicação das microalgas no processo de biorremediação ainda necessita de maiores estudos e pesquisas a fim de aprimorar a técnica e para buscar a especificação da mesma para os diferentes tipos de efluentes existentes. Pode-se afirmar que é uma área que apresenta alta potencialidade e grande viabilidade para o controle do equilíbrio ambiental do planeta.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. H. C. O tratamento de águas através da biorremediação – uma revisão de literatura. In: III Workshop internacional sobre água no semiárido brasileiro, 3, Campina Grande, 2017.

CEREIJO, C. R. et al. Avaliação prospectiva do potencial biotecnológico de microalgas: uma abordagem filogenética. In: ENCONTRO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA EMBRAPA AGROENERGIA, 4., 2017, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2017.

CHEKROUN, K. B.; SÁNCHEZ, E.; BAGHOUR, M. The role of algae in bioremediation of organic pollutants. **Int. Res. J. Public Environ. Health**, v. 1, n. 2, p. 19-32, 2014.

- FILHO, P. F. M. D.; DIAS, C. S. Potencial biotecnológico da microalga *Synechococcus nidulans* para tratamento de águas ácidas de drenagem da região de mineração em Candiota-RS. **14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-congrega urcamp-2017**, 2017. p. 351-366.
- GHAZAL, F. M. The use of microalgae in bioremediation of the textile wastewater effluent. **Nature and Science**, v. 16, n. 3, 2018.
- GRESSLER, P. et al. Microalgas: aplicações em biorremediação e energia. **Caderno de Pesquisa**, v. 24, n. 1, p. 48-67, 2012.
- HAMMED, A. M. et al. Growth regime and environmental remediation of microalgae. **Algae**, v. 31, n. 3, p. 189-204, 2016.
- KSHIRSAGAR, A. D. Bioremediation of wastewater by using microalgae: an experimental study. **International Journal of Life Science Biotechnology and Pharma Research**, v. 2, n. 3, p. 339-346, 2013.
- LOPES, T. S. A. Estudo da potencialidade de biorremediação e produção de biocombustíveis a partir das microalgas. 2017.
- NASCIMENTO, R. C. et al. Avaliação do cultivo de microalgas em fotobiorreatores de placas planas para a produção de biomassa e biorremediação de efluente da agroindústria de óleo de palma. In: ENCONTRO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA EMBRAPA AGROENERGIA, 3., 2016, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2016.
- RAMÍREZ, M. E. et al. Potential of microalgae in the bioremediation of water with chloride content. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 3, p. 472-476, 2018.
- RATH, B. Microalgal bioremediation: current practices and perspectives. **Journal of Biochemical Technology**, v. 3, n. 3, p. 299-304, 2012.
- SALGUEIRO, J. L. et al. Bioremediation of wastewater using *Chlorella vulgaris* microalgae: Phosphorus and organic matter. **International Journal of Environmental Research**, v. 10, n. 3, p. 465-470, 2016.
- SANTOS, C. R. et al. Biorremediação da água residual de piscicultura utilizando microalgas dulcícolas. In: 10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 10, Porto Alegre, 2016.
- SCHMITZ, R. et al. Lipídios microalgais como biossurfactantes em processo de biorremediação de diesel e biodiesel em solo. **Ciência & Engenharia**, v. 24, n. 1, p. 63-70, 2015.
- SCHMITZ, R.; MAGRO, C. D.; COLLA, L. M. Aplicações ambientais de microalgas. **Revista CIATEC-UPF**, v. 4, n. 1, p. 48-60, 2012.