

UNILEÃO
CENTRO UNIVERSITÁRIO LEÃO SAMPAIO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOMEDICINA

**O USO DE BACTÉRIAS NA BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS
CONTAMINADAS POR DERIVADOS DO PETRÓLEO: UMA REVISÃO DE
LITERATURA.**

VITHOR ALVES DA SILVA

JUAZEIRO DO NORTE- CE

2020

UNILEÃO
CENTRO UNIVERSITÁRIO LEÃO SAMPAIO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOMEDICINA

VITHOR ALVES DA SILVA

**O USO DE BACTÉRIAS NA BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS
CONTAMINADAS POR DERIVADOS DO PETRÓLEO: UMA REVISÃO DE
LITERATURA.**

Trabalho de conclusão de curso artigo científico, apresentado à Coordenação do curso de graduação em Biomedicina do Centro Universitário Leão Sampaio, em cumprimento às exigências para a obtenção parcial do Grau de Bacharel em Biomedicina.

Orientador: Prof^a Dr^a. Fabíola Fernandes Galvão Rodrigues.

JUAZEIRO DO NORTE- CE

2020

VITHOR ALVES DA SILVA

**O USO DE BACTÉRIAS NA BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS
CONTAMINADAS POR DERIVADOS DO PETRÓLEO: UMA REVISÃO DE
LITERATURA.**

Trabalho de conclusão de curso artigo científico, apresentado à Coordenação do curso de graduação em Biomedicina do Centro Universitário Leão Sampaio, em cumprimento às exigências para a obtenção parcial do Grau de Bacharel em Biomedicina.

Orientador: Prof^a Dr^a. Fabíola Fernandes Galvão Rodrigues.

Data de apresentação: 15/08/2020

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Fabíola Fernandes Galvão Rodrigues

Orientador

Prof. Me. Cícero Roberto Nascimento Saraiva

Examinador 1

Prof^a. Ma. Rakel Olinda Macedo da Silva

Examinador 2

Dedico esse artigo a minha amada avó Maria Zilma Alves, pelo exemplo de coragem e simplicidade, onde com carinho me ensinou o caminho da ética e da justiça.

O USO DE BACTÉRIAS NA BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS POR DERIVADOS DO PETRÓLEO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Vithor Alves da Silva¹

Fabíola Fernandes Galvão Rodrigues²

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é fazer um levantamento bibliográfico sobre o uso de bactérias na biorremediação de águas contaminadas por derivados do petróleo. Para o mesmo foram utilizadas as bases de dados Scientific Electronic Library (SCIELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Google acadêmico, e Pubmed. Para o desenvolvimento da pesquisa foram aplicados os seguintes critérios de inclusão: artigos publicados entre 1998 a 2019, originais ou de revisão, que estivessem disponíveis na íntegra e que apresentassem importantes informações acerca do tema, totalizando 21 artigos referenciados. A técnica de biorremediação emprega micro-organismo para solucionar a problemática da poluição. A técnica de biorremediação mostra ter grande eficácia na degradação de petróleo e seus derivados, incluindo em condições ambientais extremas como grandes áreas poluídas.

Palavras-chave: Bactérias. Despoluição, Petróleo.

ABSTRACT

THE USE OF BACTERIA IN THE BIOREMEDIATION OF CONTAMINATED WATER BY PETROLEUM DERIVATIVES. A LITERATURE REVIEW.

The objective of the present work is to carry out a bibliographic survey on the subject of the use of bacteria in the bioremediation of water contaminated by oil derivatives. For this purpose, the Scientific Electronic Library (SCIELO), Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences (LILACS), Google Scholar, and Pubmed databases were used. For the development of the research, the following inclusion criteria were applied: articles published between 1998 to 2019, original or review, that were available in full and that presented important information about the theme. As it is an environmental problem and the problems linked to its emergence, the bioremediation technique uses microorganisms to solve the pollution problem. The bioremediation technique is shown to be highly effective in degrading oil and its derivatives, including in extreme environmental conditions such as large polluted areas.

Keywords: Bacteria. Depollution. Petroleum.

¹ Discente do curso de Biomedicina. Vithora72@gmail.com. Centro Universitário Doutor Leão Sampaio.

² Docente do curso de Biomedicina. Doutora Fabíola Fernandes Galvão Rodrigues. Fabiola@leaosampaio.edu.br. Centro Universitário Doutor Leão Sampaio.

1 INTRODUÇÃO

Com o advento industrial ao país, foi observado mudanças significativas na qualidade do meio ambiente, mudanças essas que representam temidos problemas a saúde pública das pessoas. O uso desregrado de elementos naturais para favorecimento do próprio ser humano tem levado cada vez mais o surgimento da poluição ambiental. A conciliação entre o desenvolvimento social e sustentabilidade tem despertado crescente necessidade de retenção da poluição ambiental (PEREIRA e FREITAS,2012).

Pensando em como controlar a poluição já existente, surgiram técnicas biológicas que causam significativos impactos ao meio ambiente, como a biorremediação, que utilização micro-organismos e/ou plantas para a descontaminação de ambientes aquáticos e terrestres. O uso de plantas no processo de despoluição pode ser feito por diversas técnicas como a fitorremediação onde é empregado plantas que possuam em suas características aversão total ao poluente (COUTINHO, et al. 2015).

A biorremediação consiste na deterioração bioquímica dos compostos poluentes por meio dos micro-organismos que são adicionados ou já estão presente no ambiente contaminado. Para favorecer o total êxito na biorremediação, técnicas como a bioventilação é utilizada, pois o uso de oxigênio enriquece a evolução e metabolismo dos micro-organismos. A metodologia da biorremediação associada a bioventilação apresenta-se como promissora em contaminação por petróleo e seus derivados como gasolina e óleo diesel (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010).

Para acontecer uma eficaz biorremediação é essencial o emprego correto das bactérias decompositoras das partículas contaminantes. Dessa forma, as bactérias irão decompor o poluente e gerar metabolitos para suprir sua necessidade energética. Os micro-organismo que tem apresentado boa atuação nessas situações, são as bactérias pertencentes ao grupo Gram negativas, como exemplo *Pseudomonas sp*, *Sphingomonas sp*. A atuação das bactérias deve ser feita em associação com duas ou mais espécies ou gêneros, assim favorecendo o processo de descontaminação (OLIVEIRA; ALVES, 2015).

O petróleo não refinado por se tratar de um composto de substâncias orgânicas e inorgânicas apresenta moléculas de hidrocarbonetos em sua constituição natural. O processo de refino tem como característica a quebra dos hidrocarbonetos, para que assim o óleo possa ser transformado em produtos como gasolina, querosene, gás liquefeito de petróleo entre outros. A obtenção do produto final, dependerá do processo de aquecimento que acontecerá durante refino do petróleo (ANP,2016)

Por ser um composto, a gasolina é obtida através do processo de destilação na forma de craqueamento, pois a mesma contém em sua estrutura química cadeias de hidrocarbonetos leves, tornando a sua viscosidade menor que as de outros elementos de derivados do petróleo. Utilizado como antideteriorante o álcool etílico pode ser um fator adulterante na composição da mesma (DE OLIVEIRA, LOUREIRO, 1998).

Nessa perspectiva, a biorremediação por se fundamentar na decomposição dos poluentes por intermédio de micro-organismos, é considerada uma técnica eficiente e

que gera menores problemas ao meio ambiente com seu uso quando comparada a outras técnicas existente. Dessa forma, a mesma surge como uma alternativa viável, pois é ecologicamente correta e de baixo custo operacional.

Esse estudo trata se de uma revisão integrativa onde o objetivo foi analisar o uso de bactérias na biorremediação de águas contaminadas por derivados de petróleo, onde os tópicos abordados incluíram os impactos ambientais causados e técnicas de despoluição como a biorremediação.

2.0 DESENVOLVIMENTO

2.1 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR POLUIÇÃO

Segundo Pereira e Freitas (2012), os impactos ambientais vêm se mostrando cada vez mais graves e com maior frequência por motivos como o constante crescimento da população, e a grande evolução industrial. Com isso, a problemática ligada a conduta antrópica tem alcançado proporções trágicas sendo observadas por meio de deformações na propriedade dos solos, ar e água. A atuação das indústrias acarreta em grandes impactos devido a eliminação de resíduos tóxicos gerados pelas mesmas. De acordo com Da Silva et al. (2012), impacto ambiental constitui-se em qualquer modificação nas características próprias do ecossistema, podendo ser resultada da alteração dos processamentos sociais, ocasionado por intervenção humana.

Diante dos inúmeros conhecimentos empíricos associados ao saber tecnológico, a exploração das reservas naturais é cada vez mais comum de ser encontrada nas sociedades. Sendo assim, acarreta no progressivo uso dos recursos naturais, levantando discussões relativas ao meio ambiente, sabendo da sua vitalidade. Dessa maneira, surgiram técnicas como a biorremediação para de forma natural ou estimulada combater ou remediar contaminações presentes no ambiente (DE LIMA et al., 2015).

A contaminação dos efluentes se tornou um problema desafiador, pois com o surgimento do mesmo surgiram fatores como, a racionalização da água que vem se tornando cada vez mais comum em razão da grande quantidade de poluentes encontrada em estações de tratamento (ETA). Observa-se constantemente o advento de matéria orgânica em corpo d'água gerando uma abundância de fenômenos como, uso de O₂ e eutroficação das nascentes, ademais acarretando mudança no sabor e cheiro da água. A

modificação na cor e turbidez associado ao aparecimento de óleos e insumos sobrenadando gera uma gama de inconveniências para a ETA alterando a composição do manancial (PEREIRA; FREITAS, 2012).

Segundo De Lima et al. (2015); com a contaminação de biosistemas eivados por derivados de carbono e petróleo, as comunidades microbiológicas podem desenvolver técnicas para utilizar os poluentes como fonte de energia e continuar a sobre vida. Para isso, a estratégia de utilização dos hidrocarbonetos e derivados do petróleo pelos micro-organismos é largamente disseminada entre distintas populações microbianas.

Diferentes gêneros e espécie de bactérias hidrocarbonoclasticas encontram se isoladas (bactérias que tem a competência de fragmentar cadeias de hidrocarbonetos), a maior parte existentes em meios aquáticos.

Diante o exposto, a carência de água e de todas as questões relacionadas ao ecossistema, foi observado a necessidade de racionalizar as fontes e expandir novas técnicas de tratamento dos corpos de águas contaminadas, para que assim essas sejam capazes de serem descontaminadas e sua utilização volte a ser empregada. Técnicas como a biorremediação, mostram uma crescente quantidade de estudos relacionados ao tema em consequência dos inúmeros benefícios procedentes da técnica, referindo-se especialmente a grande eficácia, ao custo de operação reduzido e a relativa segurança trazida ao meio ambiente onde irá acontecer o processo de biorremediação (DE ARAÚJO, 2017).

2.2 TÉCNICAS DE DESPOLUIÇÃO

De acordo com Da Silveira; Tatto; Mandai (2016), dentre as técnicas biológicas existentes para solucionar contaminação de solos e águas destaca-se a fitorremediação como uma tecnologia emergente que se define como a seleção e uso de espécie de plantas para remover, modificar e deteriorar os contaminantes presentes em solos e sistemas de águas. Segundo Tavares (2013), a vegetação se adequa as situações extremas sendo que determinadas espécies tem a competência de interação simbiótica entre distintos organismos colaborando para a adaptação em solos de diferentes pH, na presença ou ausência de nutrientes.

Segundo Coutinho et al. (2015), para se alcançar êxito no processo de

fitorremediação é preciso fazer uso de plantas que possuam em suas características a competência de absorção, amplo conjunto radicular, alto índice de desenvolvimento, e que desfrute de grande objeção ao poluente. Para a eficácia total dessa metodologia, se faz necessário o contato entre planta, poluente e solo, visto que os micro-organismos como as plantas dispõem de formas dissemelhantes quanto a retirada, bloqueio ou conversão do poluente existente.

Conforme Tavares (2013), a técnica da *Pump and Treat* (bombeamento e tratamento hídrico), trata-se dá forma física de descontaminação de águas poluídas encontradas em regiões saturadas, por meio de reservatórios de extração de água. O seu tratamento acontece sob o solo (*on-site*), sendo capaz de ser conduzido para um sistema externo ao local poluído (*off-site*), empregando diferentes técnicas com o intuito de alcançar o estágio de despoluição aceitável de acordo com as legislações vigentes. Em geral, o emprego dessa tecnologia é usado atrelado a outras técnicas de descontaminação, para que assim o tempo de despoluição possa ser reduzido.

O uso da tecnologia da biossorção, que tem como base o emprego de resquícios da agroindústria para a remoção de contaminantes em sítios biológicos, desperta grande interesse pela comunidade científica, pois acarretam grandes benefícios, entre eles o baixo custo operacional, o emprego de materiais biossorbentes, reutilização natural como forma de remediação de água poluídas por resíduos químicos, dessa forma restringindo as consequências ao ambiente. Perante o exposto, estudos são realizados com o objetivo de definir metodologias mais adequadas na extração de metais pesados e tóxicos, na procura de utensílios alternativos que proporcione a despoluição de corpos d'água (GONÇALVES JÚNIOR, 2013).

2.3 BIORREMEDIAÇÃO

A biorremediação fundamenta-se na decomposição bioquímica dos poluentes por intermédio de micro-organismos e/ou plantas presentes ou adicionados no local onde ocorre a contaminação. Em casos como esse, a intervenção pode ser realizada de dois modos: *Ex-situ* (*off-site*), onde a descontaminação é realizada fora do local de origem, dessa forma exige escavação e remoção de solos e águas poluídas. Através dessa técnica é possível analisar os fatores interferentes do meio. A segunda forma de trabalho é a fase *in-situ* (*on-sittu*) onde a descontaminação é feita no local contaminado.

Essa forma de biorremediação possibilita a viabilidade econômica se confrontado com a primeira opção de tratamento. O processo *in-situ* causa menores consequências ao ambiente provenientes da remediação da área contaminada (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010).

De acordo com Oliveira; Alves (2015), micro-organismos são agentes executores competentes na degradação de poluentes, perante a sua competência de erradicar ou alterar os contaminadores presentes no local. A composição química dos contaminantes orgânicos tem grande atuação na capacidade de como os micro-organismos metabolizam estas moléculas, sobretudo quando se trata dos índices de dilatação da biodegradação, pois certos complexos orgânicos são facilmente biodegradados enquanto os demais são recalcitrantes.

Conforme Francisco; Queiroz, (2018), o emprego de certas técnicas de biorremediação com micro-organismos autóctones, isto é, do respectivo local, sem nenhuma intervenção de técnicas de remediação tais como: biorremediação intrínseca ou natural, vem se mostrando a cada dia mais frequente. Através do acréscimo de fontes estimulantes tais como, O₂ por meio da bioventilação, e biosurfactantes como glicolípídeos, lipopetídeos, ácido graxo e outros, para que assim possam interagir com a microbiota local e acontecer a descontaminação de forma total ou parcial.

A biorremediação de forma artificial, também conhecida como bioestimulação é o processo de modificação do local afetado com intuito de se obter melhores condições para remoção dos poluentes e ativação dos micro-organismos que serão utilizados no processo de descontaminação. Há diferentes condições que influenciam no processo de biorremediação, tais como forma e quantidade do material causador da poluição e o tipo de contaminante. Outro fator que está associado é a adição de nutrientes que quando necessário deve-se fomentar o emprego microbiano típico da região (BAPTISTA; CAMMAROTA; FREIRE, 2013).

Segundo Weber; Santos, (2013), uma forma de favorecer o êxito da biorremediação *in situ* é a través da técnica de bioventilação onde fundamenta-se no emprego de oxigênio na fonte de contaminação, favorecendo assim a evolução e metabolismo dos micro-organismos. Essa metodologia é muito empregada na remediação de substâncias como o petróleo, incluindo os seus subprodutos como gasolina, querosene e diesel. A utilização dessa técnica se dá em contaminantes com peso molecular mediano, pois produtos com baixo peso tendem a volatilizar

rapidamente.

O processo de biorremediação oferece vantagens sob outras formas de remediação de acordo com Coriolano; Moraes Filho, (2016). Essa técnica é biologicamente correta, pois não interfere na harmonia dos ecossistemas, aspirando apenas a biodegradação dos componentes poluidores, assim sendo reduz a concentração e/ou toxicidade. Portanto, para que a biorremediação mostre o seu melhor resultado, é preciso a união da concepção de coeficientes específicos do local, para que assim não ocorra situações inesperadas, como, a formação de metabólitos tóxicos e o surgimento de circunstâncias ambientais opostas ao esperado tais como: elevação do pH, temperatura imprópria, até o surgimento de metais pesados em proporções tóxicas que iniba o ciclo microbiano.

Para que a biorremediação ocorra de maneira segura são necessárias a tomada de algumas decisões tais como: a análise do ambiente, a espécie de poluente, as ameaças ao local e a legislação em vigor. A fase de iniciação dos estudos constitui-se na definição do tipo e quantidade do contaminante, assim sendo por meio de análises biológicas, geológicas, geofísicas e hidrológicas do sítio poluído. Os primeiros testes biológicos devem acontecer em laboratórios sendo o principal objetivo a total degradação do poluente. Para a realização dos mesmos utiliza-se dois testes: o bioestimulo que equivale a acréscimo de nutrientes e/ou surfactantes e o bioaumento pela junção de culturas de micro-organismos biodegradadores. A partir dos resultados conquistados sabe-se qual a técnica de biorremediação mais indicada para resolução do caso (CORIOLANO; MORAIS FILHO, 2016).

Mesmo mostrando-se promissora, a biorremediação vem afirmando que existe motivos para que haja preocupação com o seu emprego. Por se tratar de um processo que utiliza por base micro-organismos existe uma fração de desvantagens atreladas ao uso de biorremediação e se faz indispensável mais estudos para o aperfeiçoamento da técnica. As preocupações notáveis são: transformação incompleta, há a probabilidade que os poluentes não se tornem completamente substâncias inofensivas. A biorremediação limita-se apenas aos componentes biodegradáveis. Não são todos os constituintes que são sensíveis a esse tipo de degradação. Além de que é um trabalho que requer tempo, onde processos já tradicionais como, remoção de solos ou escavação são realizados de forma mais rápida (CATARINO, 2017).

2.4 DERIVADOS DE PETRÓLEO

O petróleo não refinado é composto de elementos orgânicos e inorgânicos onde há o predomínio de hidrocarbonetos do tipo alcalinos simples e aromáticos de estruturas complexas. Esse óleo é uma composição natural, que consiste majoritariamente em hidrocarbonetos, decorrentes orgânicos sulfurados, nitrogenados e/ou oxigenados e metais pesados como níquel (Ni) e vanádio (V) (DE MELLO, 2008).

Essa substância composta por hidrocarbonetos devem ser desagregada por múltiplas técnicas para a formação dos seus derivados, sendo esse utilizado por usuários e indústrias de modo geral. No processo de refino, o mesmo é aquecido com a finalidade de separar as cadeias de hidrocarbonetos. Cada estrutura da cadeia possui uma peculiaridade distinta, o que a torna essencial para a formação dos derivados. Baseado na matéria prima, é obtido os principais produtos: gás de petróleo, gás liquefeito de petróleo, gasolina, querosene, óleo diesel, óleo lubrificante (ANP,2016).

O refino do petróleo fundamenta-se na cisão das moléculas por meio da temperatura elevada a qual é submetido. Dar-se a essa técnica o nome de destilação fracionada, sendo realizada da seguinte forma: entre 20° a 60°C é obtido gás natural, entre 40° a 200°C a obtenção é de gasolina para se obter óleo diesel é necessário alcançar uma temperatura entre 250° a 350°C. Tais elementos, adquiridos no decorrer do refino, são tratados para serem transformados em produtos finais (VISION,2019).

2.5 Micro-organismos usados na biorremediação

De acordo Pont (2016), existem cerca de uma centena de espécies de micro-organismos entre bactérias e fungos, que possuem a capacidade de empregar os hidrocarbonetos de petróleo e derivados como fonte de energia para o seu metabolismo. Em circunstâncias em que não há contaminação por petróleo e seus derivados, a concentração desses micro-organismos heterotróficos é de aproximadamente 0,1 a 1,0%. Em condições de contaminação, os níveis de micro-organismos presentes no local variam de 1,0 a 10%. Contudo, as propriedades do óleo e de seus elementos os índices de degradação microbiana são influenciados pelas condições em que o ambiente se encontra, tais como temperatura, quantidade de nutrientes e oxigênio, pH, quantidade de sal, e a constituição e quantidade de micro-organismos presentes.

Conforme Oliveira; Alves, (2015), entre as bactérias usadas no processo de biorremediação destacam-se as espécies do gênero *Pseudomonas* sp, *Sphingomonas* sp, *Mycobacterium* sp, *Microbacterium* sp e *Gordonia* sp, nessa classificação. Foi observado que a degradação dos poluentes em ambiente natural ou em laboratório, não tem a capacidade de ser realizada por uma só espécie bacteriana. Os contaminantes são compostos por múltiplos tipos de hidrocarbonetos e nenhum micro-organismo tem a capacidade de degradação individual dos poluentes presentes no meio ambiente poluído, fazendo necessário o uso de duas ou mais espécies para obter o êxito esperado.

A espécie *Pseudomonas* sp tem a capacidade de deteriorar as moléculas de petróleo e seus subprodutos para assim suprir suas necessidades de carbono e energia, na existência do oxigênio degradam dois por vez de uma molécula de petróleo. A cepa da espécie *Pseudomonas putida*, foi a pioneira a ser formada geneticamente e patenteada para esse fim. Essa bactéria possui a competência de metabolizar quatro hidrocarbonetos de petróleo não refinado: cânfora, octano, xileno e naftaleno. Foi percebido uma forma de acelerar o processo de biodegradação de contaminantes através da adição de substâncias como fertilizantes e/ou surfactantes bem como nitrogênio, fósforo sendo biofortificantes onde acontece a contaminação, assim estimulando e aperfeiçoando o trabalho de decomposição dos componentes tóxicos (WEBER; SANTOS, 2013).

De acordo com Jacques et al. (2007), para que um micro-organismo use os compostos de hidrocarbonetos como fonte de carbono e energia para o seu desenvolvimento, se faz indispensável que o mesmo tenha em sua constituição o grupo de enzimas que são capazes de transformar a complexa molécula dos hidrocarbonetos em intermediários comuns a suas vias metabólicas. Muitas rotas metabólicas de deterioração dos hidrocarbonetos já são conhecidas em diversos micro-organismos, entretanto, a que se tem mais estudos são as do metabolismo aeróbico que é exercido pelas bactérias e os fungos lignolíticos e não lignolíticos. No mecanismo bacteriano, a forma de obtenção de oxigênio através dos hidrocarbonetos ocorre através da enzima dioxigenase, que reconhece a molécula de hidrocarboneto e adiciona dois átomos de oxigênio quebrando a estabilidade da molécula.

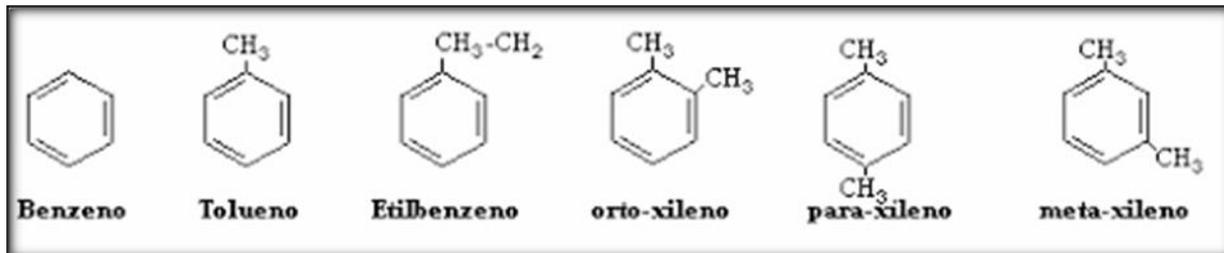
2.6 Gasolina

Segundo Lopes (2004), a composição da gasolina é por hidrocarbonetos de

constituição heterogênea com moléculas contendo de 4 a 12 átomos de carbono apresentando ebulição entre 40° e 200°C. A sua obtenção através do refino do petróleo, acontece por craqueamento catalítico. A gasolina brasileira dispõe de uma porcentagem de álcool etílico anidro, de acordo com a vigente legislação, atuando como antidetonante da gasolina. A alteração da mesma acontece por acréscimo de variadas substâncias, sendo encontrado com mais frequência o álcool acima da porcentagem exigida por lei e diversos solventes de uso industrial.

A gasolina é um misto de mais de 200 hidrocarbonetos adquiridos por destilação e craqueamento do petróleo. Por apresentar cadeias de átomos mais leves de 4 a 12 átomos de carbono, a mesma apresenta maior volatilidade e menor viscosidade quando comparado a outros derivados do petróleo, elementos esses que conferem a mesma maior mobilidade e por consequência, elevada capacidade de impacto no ecossistema. Dos hidrocarbonetos constituintes os que geram maior apreensão são: benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (orto, meta e para) demonstrados na Figura 1, por apresentarem maior solubilidade e toxicidade que os demais (DE OLIVEIRA, LOUREIRO, 1998).

Figura 1: Representação química do benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (orto, para e meta).



Fonte: < <https://www.researchgate.net>>.

3.0 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado a partir de uma revisão de literatura feita com artigos encontrados e selecionados nas bases de dados Scientific Electronic Library (SCIELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Google acadêmico, e Pubmed, utilizando os seguintes descritores: água, biorremediação, micro-organismos e petróleo. Para o desenvolvimento da pesquisa foram aplicados os seguintes critérios de inclusão: artigos publicados entre 1998 a 2019, originais ou de revisão, que estivessem disponíveis na íntegra e que apresentassem importantes informações acerca do tema. Os critérios de exclusão foram: artigos repetidos, e artigos que não contemplavam a

biorremediação. No levantamento bibliográfico foram obtidos 40 artigos onde foram selecionados e minuciosamente lidos e analisados 21 (52,6%), as informações evidenciadas nos trabalhos se apresentam com eficiência para o alcance dos objetivos deste trabalho científico.

4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de biorremediação, consiste na degradação de poluentes orgânicos, devendo ser iniciada com uma abrangente pesquisa hidrológica, geoquímica e microbiológica da área contaminada. A depender da conjuntura da região, a cinética da biorremediação fará com o que a degradação dos compostos aconteça de forma rápida ou devagar. Devidamente estudada as circunstâncias do meio, caberá agora selecionar qual grupo de microorganismo irá ser empregado para a realização da referida técnica.

A técnica de biorremediação se mostra ter grande eficácia na degradação de petróleo e seus derivados, incluindo em condições ambientais extremas como grandes áreas poluídas. O mesmo pode ser comprovado através dos trabalhos publicados pela comunidade científica, demonstrando a relevância da técnica. Não obstante a presença de algumas intervenções como fatores ambientais e condições nutricionais, mostra que o emprego da técnica assegura um menor custo benefício e eficiência na degradação dos compostos poluentes, o que tem levado o emprego da tecnologia em diversos países desenvolvidos.

Conseqüentemente, e imprescindível que o profissional que irá realizar a reabilitação da área contaminada, formule um plano de descontaminação, contendo informações como o tipo de material contaminante, delimitação da contaminação, avaliação da microbiota já existente no local, e risco e benefício do emprego da biorremediação. Com todas essas informações coletadas, é possível o início da técnica e a obtenção de êxito ao fim do processo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A, J; AUGUSTO, F; JARDIM, I, C, S, F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética química**, v. 35, p. 17- 43. 2010.

ANP, AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS Petróleo e derivados 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 16/10/2019.

BAPTISTA, J.S; CAMMAROTA, M; FREIRE, D, D. Avaliação da bioestimulação em

solos argilosos contaminados por petróleo. **2º congresso brasileiro de p&d em petróleo & gás**. Universidade Federal do Rio de Janeiro/Escola de Química/Departamento de Engenharia Bioquímica Laboratório de Tecnologia Ambiental. 2013.

CORIOLOANO, A, C, F; MORAIS FILHO. M, C. Biorremediação, uma alternativa na utilização em áreas degradadas pela indústria petrolífera. **HOLOS**. v. 7. 2016.

COUTINHO, P, W, R; et al. Alternativas de remediação e descontaminação de solos: biorremediação e fitorremediação **Nucleus**. v.12. 2015.

DA SILVA, S, A, F; et al. **Caracterização de impactos ambientais causados por um vazadouro na cidade de Mogéiro – PB**. 2012. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br>>. Acesso em: 22/09/2019.

DA SILVEIRA, L, R; TATTO, J; MANDAI, P. Biorremediação: considerações gerais e características do processo. **Engenharia Ambiental**. v. 13, p. 32-47. 2016.

DE ARAÚJO, A, H, C. **O tratamento de águas através da biorremediação – uma revisão de literatura**. Disponível em<<https://www.aguanosemiarido.com.br>>. 2017. Acesso em: 01/09/2019.

DE LIMA, A, S, B; et al. A biorremediação como técnica de tratamento de efluentes contaminados por petróleo. **Bluecher Chemitry Proceedings**. v. 3. 2015.

DE OLIVEIRA, L, I; LOUREIRO, C, O. **Contaminação de aquíferos por combustíveis orgânicos em belo horizonte: avaliação preliminar**. 1998. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org>>. Acesso em:17/10/2019.

FRANCISCO, W, C; DE QUEIROZ, T, M. Biorremediação. **Nucleus**. v. 15. 2018.

GONÇALVES JÚNIOR, A, C. Descontaminação e monitoramento de águas e solos na região amazônica utilizando materiais adsorventes alternativos, visando a remoção de metais pesados tóxicos e pesticidas. **Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia**. v. 6, p. 105 – 113. 2013.

JACQUES, R, J, S; et al. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Ciência Rural**. v. 37, p.1192-1201. 2007.

LOPES, A, R. **Avaliação do efeito da adição dos solventes sobre as propriedades da gasolina automotiva comercializadas no interior do Paraná**. Trabalho apresentado a Universidade Federal do Paraná, para obtenção do título de mestre em engenharia de produtos químicos. 2004.

MELLO, D. **Caracterização do resíduo formado em motor automotivo à gasolina por meio de técnicas analíticas**. Trabalho apresentado a universidade de São Paulo, como requisito a obtenção em mestre em tecnologia nuclear e materiais. 2008.

OLIVEIRA, R; ALVES, F. **Diversidade microbiana utilizada na biorremediação de solos contaminados por petróleo e derivados**. Trabalho apresentado ao Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix, como requisito para obtenção de Título de

Licenciatura em Ciências Biológicas. 2015.

PEREIRA, A, R, B; DE FREITAS, D, A, F. Uso de micro-organismos para a biorremediação de ambientes impactados. **Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 6, p. 975 – 1006. 2012.

PONT, G, D. **A biorremediação como ferramenta para recuperação de ecossistemas aquáticos contaminados por hidrocarbonetos de petróleo.** 2016. Disponível em: <<https://gia.org.br/portal>>. Acesso em 31/08/2019.

RESEARCHGATE. **Estrutura química dos hidrocarbonetos.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/Estrutura-quimica-dos-hidrocarbonetos-monoaromaticos-benzeno-tolueno>. Acesso em: 30/10/2019.

TAVARES, S, R, L. **Técnicas de Remediação.** 2013. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em 06/9/2019.

VISION. **Petróleo e derivados.** 2019. Disponível em<<<http://www.grupovision.com.br>>. Acesso em 16/10/2019.

WEBER, B, D; SANTOS, A, A. Utilização da biorremediação como ferramenta para o controle da degradação ambiental causada pelo petróleo e seus derivados. **Engenharia Ambiental**. v. 10, p. 114-133. 2013.