

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ALEX BATISTA TRENTIN**

**AÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES (EM) NO TRATAMENTO  
DE ÁGUA E EFLUENTES: UMA ABORDAGEM CIENCIOMÉTRICA  
E META ANALÍTICA**

**DOIS VIZINHOS**

**2021**

**ALEX BATISTA TRENTIN**

**AÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES (EM) NO TRATAMENTO DE ÁGUA  
E EFLUENTES: UMA ABORDAGEM CIENCIOMÉTRICA E META ANALÍTICA**

**Action of Efficient Microorganisms (EM) in the treatment of water and effluents:  
scientometric and meta-analytical approach**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Licenciado em Ciências Biológicas da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Deborah Catharine de Assis Leite.

Coorientadoras: Fernanda Ferrari e Naiana Gabiatti.

**DOIS VIZINHOS**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença

**ALEX BATISTA TRENTIN**

**TÍTULO DO TRABALHO: SUBTÍTULO (SE HOUVER) PRECEDIDO DE DOIS  
PONTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Licenciado em Ciências Biológicas da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 10/dezembro/2021

---

Nédia de Castilhos Ghisi  
Doutora em Ciências Ambientais  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Wagner Luiz da Costa Freitas  
Doutor em Biotecnologia Ambiental  
Essencial WL

---

Fernanda Ferrari  
Doutora em Ciências Biológicas  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**DOIS VIZINHOS**

**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho foi uma tarefa que exigiu muita dedicação e, especialmente, muito tempo que eu não tinha disponível. Mas eu consegui somente pois tive a ajuda de pessoas extremamente importantes.

Agradeço a minha família, sem eles eu não teria realizado todos os meus desejos até o momento. Agradeço pelo apoio, pela confiança e por todo o amor que sempre me deram.

A minha orientadora, Deborah Catharine de Assis Leite, que teve que lutar muito durante todo esse nosso percurso juntos. Me ajudou em todas as minhas ideias malucas, em todos os eventos que propus em cima da hora. Tive a sorte de ser orientado por uma profissional incrível e uma pessoa maravilhosa.

As minhas coorientadoras, Fernanda Ferrari e Naiana Cristine Gabiatti, que confiaram no meu potencial e me auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho. Todas as conversas e dicas foram essenciais para o desenvolvimento do trabalho e para meu crescimento pessoal e profissional.

E por fim, agradeço aos meus amigos, que estiveram do meu lado me ouvindo reclamar e mesmo assim me deram todo o apoio. Em especial a Ingrid Hoeltgebaum Andrade Rocha, que esteve comigo todos os dias, mesmo com a distância, me ajudando, me fazendo rir e perceber que tudo vai dar certo; a Izabel Carolina Vargas Pinto Gogone que me deu forças em nossas caminhadas diárias; e a Patrícia de França Marins que sei que sempre posso contar em todos os momentos.

Muito obrigado!

*Só porque fomos derrotados uma vez não é motivo para não tentarmos novamente.*

- Harper Lee

## RESUMO

Microrganismos Eficientes (EM) são comunidades de microrganismos inicialmente estudados na agricultura devido aos efeitos destes na ciclagem de nutrientes, degradação de matéria orgânica e auxílio no crescimento de plantas. Contudo, os EM passaram a ser aplicados também na remediação de amostras ambientais, especialmente água e efluentes. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito dos EM na remediação de amostras de água e esgoto, através de uma revisão da literatura por meio da meta-análise e da cienciometria. As bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *PubMed* foram utilizadas para a coleta de dados, os quais foram analisados por meio dos softwares: Review Manager 5, R e MetaWin. Meta-análise de subgrupos, análise de heterogeneidade e meta-regressões foram desenvolvidas. As publicações sobre o tema iniciaram nos anos 2000 e tiveram ápice em 2020, bem como apresentaram distribuição geográfica em todos os continentes, mostrando que é uma área ainda em ascensão. De forma geral, o resultado da meta-análise demonstra que os EM têm efeito na remediação de amostras ambientais ( $E+ = -0.43$ ;  $CI = -0.63, -0.22$ ), com principal efeito na degradação de amônio e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA). O tipo de amostra, onde houve maior efeito de degradação de compostos, foi em esgoto bruto, possivelmente por estes sistemas possuírem alta carga orgânica. A partir da regressão foi possível visualizar relação significativa entre o aumento da concentração de EM e a melhoria do processo de degradação de compostos, uma vez que o efeito sumário se tornava maior e favorecendo o grupo experimental. Assim, este trabalho contribui para futuras pesquisas sobre o tema, servindo como um guia para novos estudos, uma vez que pode auxiliar na escolha dos parâmetros analisados, bem como no tipo de amostra tratada, ainda, novas análises são importantes para que se entenda a ação dos diferentes tipos de microrganismos na comunidade na remediação das amostras ambientais.

**Palavras-chave:** microrganismos eficazes; biorremediação; revisão sistemática.

## ABSTRACT

Efficient microorganisms (EM) are communities of microorganisms initially studied in agriculture due to their effects on nutrient cycling, organic matter degradation and plant growth. However, EM began to be applied also in the remediation of environmental samples, especially water and effluents. This study aimed to evaluate the effect of EM on the remediation of water and sewage samples, using a literature review through meta-analysis and scientometrics. The Web of Science, Scopus and PubMed databases were used for data collection, which were analyzed using the following software: Review Manager 5, R and MetaWin. Subgroup meta-analysis, heterogeneity analysis and meta-regressions were developed. Publications on the subject began in the 2000s and peaked in 2020, as well as showed geographic distribution on all continents, showing that it is an area still on the rise. In general, the meta-analysis result shows that EM has an effect on the remediation of environmental samples ( $E+ = -0.43$ ;  $CI = -0.63, -0.22$ ), with main effect on the degradation of ammonium and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (HPA). The type of sample, where there was the greatest effect of degradation of compounds, was in raw sewage, possibly because these system had high organic load. From the meta-regression it was possible to visualize a significant relationship between the increase in the concentration of EM and the improvement of the process of degradation of compounds, since the summary effect became greater and favoring the experimental group. Thus, this work contributes to future research on the subject, serving as a guide for further studies, since it can help in the choice of parameters analyzed, as well as in the type of sample treated, still, new analyzes are important to understand the action of different types of microorganisms in the community in the remediation of environmental samples.

**Keywords:** effective microorganisms; bioremediation; systematic review.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Relação entre descarte de efluentes, DQO e degradação ambiental .....	18
Figura 2 - Exemplo esquemático de estação de tratamento de água .....	23
Figura 3 - Flowchart do PRISMA, mostrando o fluxo de obtenção dos dados para inclusão na análise .....	32
Figura 4 - Evolução do número de publicações e citações entre 2000 e 2021. ....	33
Figura 5 - Distribuição global das pesquisas relacionadas a utilização de EM na remediação de amostras ambientais .....	34
Figura 6 - Forest plot da diferença das médias padronizadas dos diferentes parâmetros analisados.....	40
Figura 7 - Forest plot da diferença das médias padronizadas em relação ao tipo de amostra analisada.....	43
Figura 8 - Meta-regressão de efeitos e concentração de EM.....	45
Figura 9 - Gráficos de funil da análise geral (A) e subgrupos de parâmetros (B) e tipos de amostra (C).....	46



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrões de qualidade de água potável para o nitrogênio .....	19
Tabela 2 - Limites de fósforo total por categoria trófica em ambientes aquáticos .....	21
Tabela 3 - Países que realizaram financiamento de artigos, bem como percentual de trabalhos financiados entre 2007 e 2021 .....	35
Tabela 4 - Percentual de publicações por área de conhecimento .....	37
Tabela 5 - Dados de estudo, amostras, peso e heterogeneidade do subgrupo de parâmetros de análise.....	38
Tabela 6 - Dados de estudo, amostras, peso e heterogeneidade do subgrupo de tipos de amostra .....	42

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Degradação ambiental</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Poluição hídrica e descarte de esgoto</b>	<b>14</b>
2.2.1	Matéria orgânica	17
2.2.2	Nitrogênio	19
2.2.3	Fósforo	20
2.2.4	Compostos recalcitrantes	21
<b>2.3</b>	<b>Processos de tratamento de água</b>	<b>22</b>
2.3.1	Problemática do tratamento com cloro	23
2.3.2	Tratamentos biológicos	24
<b>2.4</b>	<b>Microrganismos eficientes</b>	<b>25</b>
2.4.1	Utilização de EM na biorremediação	25
<b>2.5</b>	<b>Revisão sistemática da literatura</b>	<b>26</b>
2.5.1	Cienciometria	27
2.5.2	Meta-análise	27
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Coleta de dados</b>	<b>28</b>
<b>3.2</b>	<b>Análise cienciométrica</b>	<b>29</b>
<b>3.3</b>	<b>Meta-análise</b>	<b>29</b>
3.3.1	Critérios de elegibilidade	29
3.3.1.1	Critérios de inclusão	29
3.3.1.2	Critérios de exclusão	30
3.3.2	Análise dos dados	30
3.3.3	Análise dos riscos de viés	30
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Levantamento bibliográfico e triagem dos trabalhos</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Análises sistemáticas da literatura</b>	<b>33</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise cienciométrica</b>	<b>33</b>
4.3.1	Evolução das publicações e citações	33
4.3.2	Número de publicações por países	34
4.3.3	Fomento de pesquisa por países	35
4.3.4	Áreas de conhecimento	36
<b>4.4</b>	<b>Meta-análise</b>	<b>37</b>

4.4.1	Resultados por parâmetros de análise .....	38
4.4.2	Resultados por tipo de amostra .....	41
<b>4.5</b>	<b>Análise de meta-regressão .....</b>	<b>44</b>
<b>4.6</b>	<b>Viés de publicação.....</b>	<b>45</b>
<b>4.7</b>	<b>Tendências e Limitações da pesquisa .....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO I</b>	<b>.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água, sendo produto indispensável ao consumo humano, bem como a diversos âmbitos sociais e industriais, possui elevada demanda, fato causado pelo grande crescimento populacional, além do exponencial aumento das quantidades necessárias pela agricultura (CETESB, 2019). Esta demanda causa, em países com poucas reservas deste recurso, situações de escassez, tornando-o ainda mais precioso, visto que por mais que o planeta Terra possua a maior parte de seu território coberto por água, somente uma pequena parcela (1%) está disponível à utilização humana.

Além da extrema necessidade por este recurso, ainda existe o fator poluição, que pode ser causado por diversas ações antrópicas, sendo que, dentro destas, uma das mais predominantes se dá pela liberação inadequada de esgoto sanitário em ambientes aquáticos (MANNARINO *et al.*, 2013). Grandes centros urbanos, industriais e setores agrícolas, além de demandarem deste recurso, ainda geram altas taxas de poluentes que são dispersos na água.

A demanda química e bioquímica de oxigênio e as concentrações de nitrogênio e fósforo são parâmetros que revelam a poluição dos recursos hídricos a partir de águas residuais não tratadas, interferindo nas características normais destes ambientes, desta forma, muitas vezes impedindo a potabilidade e a balneabilidade (ANA, 2017; BARRETO, 2013; ESTEVES, 2011). As águas provenientes de esgoto sanitário e industrial também possuem em sua composição compostos recalcitrantes, capazes de interferir na ecologia do ambiente, bem como causar problemas nos animais e na saúde humana.

Neste contexto, o tratamento da água dos ambientes aquáticos poluídos se torna extremamente importante, visando diminuir a escassez de água de boa qualidade nos cursos naturais, permitindo também a sua reutilização. Atualmente, os tratamentos de água adotados são a partir das ETA's (Estações de Tratamento de Água), entretanto os procedimentos utilizados nessas estações são baseados em aditivos químicos (TRATA BRASIL, 2019; CAESB, 2019). Sendo assim, a partir de processos biotecnológicos, já é possível a realização de alternativas biológicas, geralmente com a ação de microrganismos, para a melhora da qualidade da água.

Os microrganismos eficientes (EM) podem ser uma alternativa ao tratamento da água, sendo eles uma cultura mista envolvendo bactérias, fungos e leveduras que

atuam na ciclagem da matéria orgânica, permitindo a redução da carga orgânica presente no ambiente de interesse. Esses organismos têm sido estudados em diversas áreas do conhecimento, desde agricultura até mesmo recuperação de ambientes degradados (CORREA *et al.*, 2014).

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o estado-da-arte em relação às publicações utilizando EM para remediação de amostras ambientais, bem como avaliar o efeito destes organismos nos diferentes tipos de amostras (água e esgoto), além da efetividade da degradação de diferentes compostos. Este processo se realizou a partir de uma avaliação da literatura por meio da cienciometria e da meta-análise, método capaz de estudar estatisticamente os dados presentes na literatura, conseguindo apresentar o efeito geral das pesquisas realizadas, mostrando a eficiência dos EM na degradação de compostos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Degradação ambiental**

Considerando a lei federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, o meio ambiente pode ser definido como: “um conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. Neste sentido, sendo o meio ambiente o amparador de toda a vida, este tende a sofrer modificações de acordo com as mudanças e derivações dos indivíduos, mudanças estas que podem não interferir diretamente na estrutura ambiental, mas que também podem causar inferências nocivas (PINTO *et al.*, 2013).

Estas alterações podem causar uma degradação no ambiente, sendo essa uma depleção nos recursos naturais, inferindo nos elementos bióticos e abióticos, podendo alterar a distribuição de organismos, causando a superpopulação de alguns e a extinção de outros (MAURYA *et al.*, 2020). Outros âmbitos que também podem ser diretamente afetados pela degradação ambiental são: a saúde humana, uma vez que a população mundial utiliza constantemente os recursos naturais, como a água, por exemplo; redução na camada de ozônio, responsável pela proteção do planeta de raios ultravioleta; e também pode causar impactos econômicos, visto que existe a necessidade da recuperação destes ambientes degradados (CAVALCANTI, 2004; MORAES; JORDÃO, 2002).

A degradação ambiental pode atingir níveis críticos e catastróficos, causando danos irreversíveis e até mesmo a morte de indivíduos. Em 2012, foi estimado que 12,6 milhões de pessoas no planeta foram afetadas diretamente pelo ambiente (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME UNEP, 2016). A degradação dos ambientes está totalmente relacionada com a poluição dos mesmos, poluição esta causada por ações antrópicas, aumentando a concentração de nutrientes de forma exagerada e/ou inserindo compostos recalcitrantes no solo, na água e no ar (MORAES; JORDÃO, 2002).

### **2.2 Poluição hídrica e descarte de esgoto**

Em tempos de constante evolução dos processos tecnológicos e avanços consecutivos em todos os âmbitos industriais, os recursos naturais continuam sendo indispensáveis. Neste contexto, a água se apresenta como um recurso natural

limitante, uma vez que é necessária em inúmeros processos industriais, como por exemplo, industriais de papel, têxtil, bebidas e farmacêutica (MIERZWA; HESPANHOL, 2014). Porém, mesmo com todas essas aplicações necessárias para o contínuo funcionamento da sociedade atual, este recurso não é passível de um livre e ininterrupto acesso (GOMES, 2011).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), aproximadamente 97% da água no mundo é salgada, ou seja, impossibilitando o consumo direto, bem como o uso na agricultura, por exemplo. Sendo assim, restam apenas cerca de 3% de água doce, onde 99% encontram-se em geleiras ou é subterrânea. Em suma, apenas uma pequena porção da água mundial é passível de utilização pelo ser humano (1%). A Cetesb (2019) ainda aponta que somente 6% da água doce disponível no mundo destina-se ao consumo humano, afinal a irrigação corresponde a 73% do consumo e 21% vão para a indústria.

A poluição da água é fator conectado diretamente ao funcionamento do ambiente e se desenvolve a partir de alterações urbanas, industrialização, bem como no desmatamento florestal, que pode causar alterações nos cursos de rios e nas condições de vida dos mesmos (OLIVEIRA *et al.*, 2012). A qualidade da água disponível tem sido afetada com o passar dos anos, afinal as formas de utilização têm sido alteradas ao longo das décadas, além do aumento da industrialização, principalmente em grandes centros, bem como da exploração agrícola (PEREIRA, 2004). Muitos fatores podem acarretar na alteração da água, sendo estes, na maioria das vezes, resultados da poluição dos recursos hídricos.

A poluição pode ser de origem química: oriunda do descarte incorreto de resíduos industriais, resquícios de agrotóxicos utilizados em ambientes rurais, petróleo, dentre outros. Pode ser também, proveniente de fatores físicos: geralmente causada por alterações no aspecto físico, como a temperatura, a exemplo do descarte de água utilizada em processos industriais, que podem variar de 50°C a 70°C (MELLO, 2008), ou até mesmo na liberação incorreta de sólidos em suspensão, como nas indústrias de refinaria de petróleo, alterando fatores como a turbidez (SANTAELLA, 2009), não permitindo que os raios solares cheguem até certos pontos dos ambientes aquáticos.

Por fim, essas alterações também podem ser causadas no aspecto biológico: na grande maioria proveniente do esgoto doméstico disposto de forma irregular nos ambientes hídricos, sendo assim, havendo o aumento da matéria orgânica da água,

favorecendo a proliferação de microrganismos, muitas vezes patógenos ao ser humano (PEREIRA, 2004).

A poluição hídrica afeta não somente os recursos aquáticos, mas também fatores socioeconômicos, pois a falta de água potável pode afetar a saúde das pessoas, causando contaminações e doenças (APRILE, 2019). Grandes centros urbanos têm, por característica, uma maior geração de efluentes, estes, por sua vez, possuem altas concentrações de matéria orgânica, desta forma, ao serem descartados em rios e lagos geram a inutilização da água destes recursos para os seres humanos (MANNARINO *et al.*, 2013). Mesmo águas subterrâneas, sendo mais protegidas que as águas superficiais de rios e lagos, ainda são passíveis de contaminação (CETESB, 2019).

O exponencial crescimento da população, principalmente em grandes centros, resulta, por consequência, em um maior volume de esgoto sanitário produzido. O grande problema, neste contexto, é o mal gerenciamento dessas águas residuais que, muitas vezes, são destinadas aos recursos hídricos presentes nas regiões, sendo eles rios ou lagos (BARRETO *et al.*, 2013).

Toda a atividade que envolve a utilização de água é potencial geradora de efluente, permitindo, portanto, o desenvolvimento de esgoto. Este, se caracteriza pelo uso e descarte da água com alterações de suas propriedades. O esgoto pode ser de origem industrial, proveniente de fábricas e processos de produção, pode ser doméstico, oriundo de residências e pode ser pluvial, englobando a água da chuva. Sendo assim, ainda existe a denominação esgoto urbano, que envolve todos os efluentes originados em cidades (VON SPERLING, 1996).

O esgoto doméstico é caracterizado, de acordo com a Norma Brasileira NBR 9648/1986, como uma solução composta pela água utilizada para a higiene da população, lavagem de objetos e a água utilizada nos vasos sanitários para as necessidades fisiológicas humanas. A composição do esgoto é constituída, basicamente, por: água, nutrientes e matéria orgânica; e o descarte incorreto destes resíduos pode causar alterações químicas e biológicas nos ecossistemas aquáticos (VON SPERLING, 2005).

Segundo ANA (2017), 9,1 toneladas de esgoto são geradas diariamente, no Brasil. Entretanto, somente 55% da população brasileira tem esgoto tratado adequadamente, onde destes 55%, apenas 43% têm o esgoto coletado e tratado, os 12% restantes se utilizam da fossa séptica. No Brasil, aproximadamente, 27% de toda população, em



2017, não possuía nenhum tipo de coleta e/ou tratamento do seu esgoto doméstico, sendo assim, todo este efluente é destinado, de forma incorreta, chegando até os recursos hídricos.

A parcela sul do país é onde encontram-se as regiões com maior quantidade de esgoto tratado, sendo estes 65%; já no Nordeste e Norte a parcela corresponde, respectivamente a 48% e 33% da população que possui esgoto coletado e tratado de forma devida. Adicionalmente, o maior problema encontra-se no Norte, onde, além da taxa de tratamento ser baixa, nesta região ainda se encontram inúmeros recursos hídricos passíveis de poluição pela má disposição das águas residuais (ANA, 2017).

O descarte do esgoto causa alteração em diversos parâmetros químicos, físicos e biológicos na água. Estes parâmetros são abordados nas legislações ambientais do país, sendo assim, precisam apresentar valores dentro das normas para que a água possa ser considerada utilizável (VON SPERLING, 2014).

### 2.2.1 Matéria orgânica

A matéria orgânica está naturalmente presente nos cursos d'água, uma vez que se encontra em todos os ambientes naturais (MENYA *et al.*, 2017). Contudo, o excesso de matéria orgânica influencia diretamente na qualidade da água, pois acarreta na redução do oxigênio dissolvido por oxidação, redução do pH e interfere na solubilidade de nutrientes (BUZUELLI; CUNHA-SANTINO, 2013). Assim, a análise da concentração de matéria orgânica é essencial para processos de tratamento de água.

A demanda química (DQO) e bioquímica de Oxigênio (DBO) são parâmetros utilizados para caracterizar o teor de matéria orgânica em amostras. A DBO é caracterizada pela quantidade de oxigênio necessária para a oxidação de matéria orgânica. Desta forma, quanto menor a carga baixa de matéria orgânica, menor a DBO, uma vez que é necessária a presença de oxigênio para a respiração dos organismos aeróbios (PEREIRA, 2004).

A DQO é análise química para identificar a demanda de oxigênio, a DQO mede os elementos com baixo número de oxidação, ou seja, os elementos redutores presentes na amostra (AQUINO; SILVA; CHERNICHARO, 2006). A DQO, portanto, se caracteriza basicamente pela quantidade de um oxidante específico reagindo com a

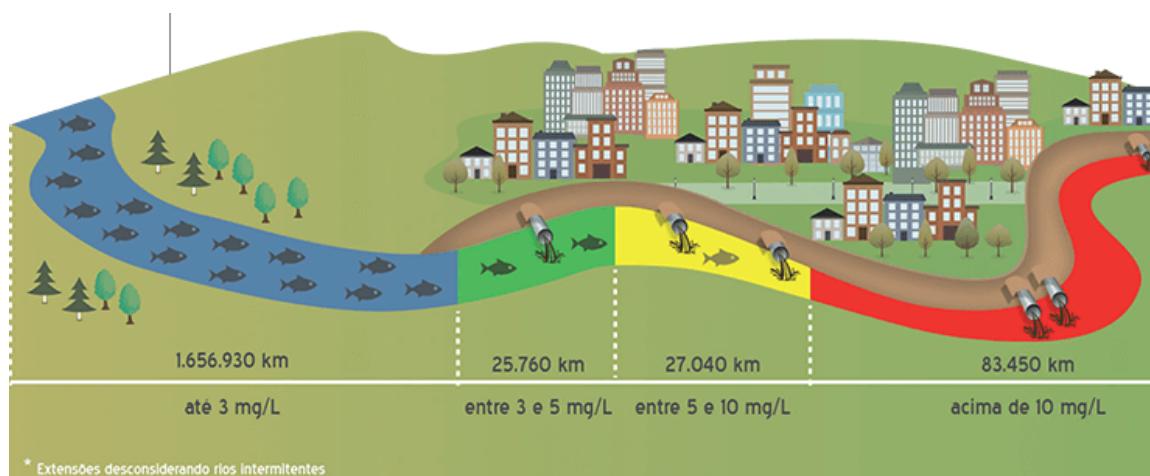
amostra, a quantidade desse oxidante é expressa em termos de oxigênio equivalente (SCHMITZ, 2004).

Segundo a resolução do CONAMA Nº 357/2005, que infere sobre diretrizes ambientais e padrões de lançamento de efluentes nos recursos hídricos, a Demanda Bioquímica de Oxigênio ideal para qualquer corpo d'água deve ser de até 3,0 mg/L de O<sub>2</sub> a 20°C. Sendo assim, pode-se afirmar que a quantidade de esgoto liberado e a presença de matéria orgânica na água são grandezas diretamente proporcionais, uma vez que ao se aumentar a disposição de esgoto, a taxa de matéria orgânica também aumentará.

Dados do Atlas Esgotos, da ANA (2017), apontam que 70% dos municípios brasileiros possuem remoção de, no máximo, 30% da carga orgânica gerada. Ou seja, os 70% restantes serão dispostos diretamente em recursos hídricos, aumentando drasticamente a DBO, não permitindo a proliferação de vida nestes corpos d'água.

A figura 1 representa um modelo esquemático de lançamento de efluentes em um rio, com os valores referentes de DBO em cada estágio, sendo assim, após o descarte destes resíduos os valores da demanda de oxigênio se tornam muito superiores ao de referência da resolução do CONAMA, fator este que altera visivelmente a presença de organismos aeróbios vivos no ecossistema, impossibilitando, também a utilização desta água pela população do local. Na região de 27.040 Km apresentada na imagem, a captação de água ainda pode ser realizada, porém somente com um tratamento avançado deste efluente (ANA, 2017).

**Figura 1- Relação entre descarte de efluentes, DQO e degradação ambiental**



Fonte: ANA (2017)

## 2.2.2 Nitrogênio

Segundo Pereira (2004) uma das formas de se identificar a contaminação dos recursos hídricos é a partir da concentração das diversas formas de nitrogênio presentes na água, mesmo eles sendo encontrados naturalmente em corpos d'água (ALABURDA, 1998). Afinal, o nitrogênio é necessário para o desenvolvimento do ciclo de vida de diversos organismos, pois os processos bioquímicos que necessitam oxidar as formas nitrogenadas, tendem a requerer grandes quantidades de oxigênio, aumentando assim a DBO do local (VON SPERLING, 1995). A tabela 1 apresenta os valores referentes aos padrões de qualidade de água, das formas de nitrogênio, segundo a Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017.

Apesar de o nitrogênio ser um nutriente de grande importância para os ecossistemas, quando disposto em altas concentrações nos recursos hídricos, este excessivo enriquecimento favorece uma alta proliferação de plantas na água, alterando as condições normais do curso d'água, nas quais não existe um excesso de organismos, processo este chamado de eutrofização. Este processo leva a alterações físicas e químicas na água, causa a diminuição do oxigênio dissolvido, favorecendo a proliferação de organismos anaeróbios e causando a morte dos aeróbios (BARRETO, 2013).

A matéria orgânica e proteica, juntamente com a ureia, são o que permitem as altas concentrações de nitrogênio nos esgotos. Normalmente este componente químico é encontrado na forma de carbonato de amônia, oriundo da hidrólise da ureia, hidróxido de amônia ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), resultado da oxidação biológica de matéria nitrogenada, nitritos, nitratos e nitrogênio orgânico (LOPES, 2015).

**Tabela 1 - Padrões de qualidade de água potável para o nitrogênio**

<b>Forma nitrogenada</b>	<b>Concentração (mg/L)</b>
<b>Nitrato</b>	10,0
<b>Nitrito</b>	1,0

---

<b>Nitrogênio amoniacal total</b>	3,7 – Para pH $\leq$ 7,5
	2,0 - Para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
	1,0 - Para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
	0,5 - Para pH $>$ 8,5

---

**Fonte: Adaptado da Portaria de consolidação nº 5 – Ministério do meio ambiente (2017)**

### 2.2.3 Fósforo

Da mesma forma que o nitrogênio, o fósforo é de extrema importância para a manutenção dos ecossistemas aquáticos. No esgoto, esse elemento pode ser oriundo da matéria orgânica, de fertilizantes e produtos de limpeza no geral. O fósforo é um dos elementos chave para o ciclo de vida de diversos organismos, por ser elemento importante da membrana celular e sua ausência pode inibir seu crescimento e funções metabólicas (LOPES, 2015).

Segundo Mistura (2015), o fósforo pode se apresentar na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico, sendo este último geralmente formado a partir de processos biológicos, principalmente relacionados a degradação da matéria orgânica. Esteves (2011) aposta que o fósforo é, muitas vezes, fator limitante à produtividade nas águas continentais, sendo apontado como um dos principais responsáveis pela eutrofização de recursos hídricos.

A disposição de resíduos com altas concentrações de fosfatos pode estimular o desenvolvimento de organismos fotossintetizantes, promovendo uma maior proliferação de espécies oportunistas, diminuindo assim a biodiversidade (PEREIRA, 2004; MERTEN, 2002). Desta forma, assim como o nitrogênio, o fósforo pode contribuir para o desencadeamento da eutrofização nos ecossistemas aquáticos. Segundo a resolução do CONAMA Nº 357/2005, a quantidade de Fósforo total em um ambiente aquático lântico não deve ultrapassar o valor de 0,020 mg/L, para ambientes intermediários 0,025 mg/L e para os ecossistemas aquáticos com características lólicas é de 0,1 mg/L. A tabela 2 apresenta limites para as diferentes categorias tróficas, no que se trata da quantidade de fósforo total, em média anual.

**Tabela 2 - Limites de fósforo total por categoria trófica em ambientes aquáticos**

<b>Categoria trófica</b>	<b>Média anual de fósforo total (<math>\mu\text{g L}^{-1}</math>)</b>
<b>Ultraoligotrófico</b>	$\leq 15,9$
<b>Oligotrófico</b>	$\leq 16.0-23.8$
<b>Mesotrófico</b>	23.9-36.7
<b>Eutrófico</b>	36.8-63.7
<b>Supereutrófico</b>	63.8-77.6
<b>Hipereutrófico</b>	$\geq 77.7$

Fonte: Adaptado de Cunha (2013)

#### 2.2.4 Compostos recalcitrantes

Além dos nutrientes em excesso, outra classe de compostos que podem estar presentes nos esgotos, principalmente origem industrial, são os recalcitrantes ou xenobióticos. Estes compostos, em geral, têm alto poder de permanência, uma vez que são estranhos ao ambiente, não são facilmente degradados (FRANTZ; ALDRICH; CHAKRABARTY, 1987). Alguns destes compostos podem causar danos ao ambiente, aos animais e até mesmo à saúde humana, mesmo quando dispostos em nível de concentração traço (GUPTA; THAKUR, 2017).

Compostos originados do descarte da exploração de petróleo são muito comuns em efluentes industriais e, em muitos casos, esses efluentes não passam por um processo de separação da água e do óleo antes do descarte, contaminando o ambiente com o óleo presente. Já existem tecnologias para acelerar a degradação do petróleo e derivados por meio de processos em aerobiose (VIEIRA; CAMMAROTA; CAMPORESE, 2003). Contudo, compostos da classe dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) são altamente recalcitrantes e possivelmente tóxicos para o ambiente e diferentes formas de vida, podendo ser carcinogênicos e/ou teratogênicos (BONFÁ, 2009).

Ainda, substâncias químicas originárias da indústria farmacêutica, ou até mesmo os remédios são encontrados com muita frequência em efluentes industriais e domésticos (CERON, 2011). Estudos já indicaram que muitos medicamentos podem interferir no metabolismo e no comportamento dos organismos, podendo desequilibrar as populações (DE CARVALHO *et al.*, 2009). Alguns compostos são de maior importância ambiental por conta da persistência no ambiente, como: analgésicos, anti-inflamatórios, hormônios, antiparasitas, antibióticos, dentre outros. Assim, sendo necessárias técnicas de tratamento para eliminar esses compostos (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006; MORLEY, 2009).

### **2.3 Processos de tratamento de água**

Para que a água de corpos hídricos poluídos possa ser utilizada, tanto para abastecimento urbano, quanto para outros fins, existe a necessidade de tratamento da mesma. Geralmente, em processos de tratamento de água são realizados tratamentos físicos e químicos, tornando assim a água potável para consumo e utilização. Segundo a Portaria de Consolidação nº 888 DE 04/05/2021, a água de consumo é “água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem”, caracterizada também pela distribuição coletiva. Esta portaria, também, estabelece diretrizes para a vigilância da qualidade de água nos estados e municípios brasileiros com o intuito de dar subsídio para a caracterização da qualidade da água de consumo no Brasil.

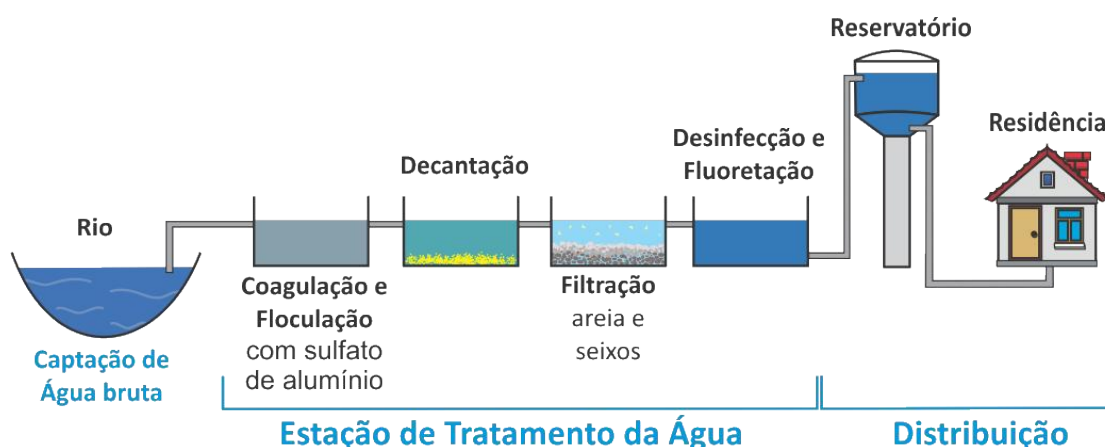
A água a ser tratada deve ser submetida a estação de tratamento de água (ETA) onde são realizados processos de purificação da água coletada, normalmente, em rios ou represas, com intenção de suprir a demanda populacional e industrial (TRATA BRASIL, 2019). Segundo a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (2019), a água tratada deve satisfazer aspectos higiênicos: com a remoção de organismos vivos, das substâncias nocivas, redução de impurezas e diminuição da quantidade de matéria orgânica disponível, e os aspectos estéticos: com a correção da cor, sabor e odor.

São vários os processos realizados pelas ETA, conforme apresenta a figura 2, visando maximizar os padrões de qualidade exigidos. Sendo assim, no início do processo são adicionados coagulantes químicos e alcalinizantes, para a correção do pH, permitindo uma maior coagulação das partículas e impurezas contidas na água,

tornando mais simples o processo de decantação, onde serão removidas e separadas do restante da água (CAESB, 2019).

A água decantada é submetida a processos de filtração, removendo assim impurezas que, porventura, restaram e então inicia-se a desinfecção. Esta ocorre por meio da adição de agentes físicos e químicos (cloro, ozônio, luz ultravioleta e íons de prata), desenvolvendo uma garantia de que a água saia da estação de tratamento livre da presença de micro-organismos que possam causar doenças. Por fim, para a água de abastecimento, existe a adição do flúor, este utilizado para redução da possibilidade de cáries na população (CAESB, 2019; TRATA BRASIL, 2019; FUNASA, 2012).

**Figura 2 - Exemplo esquemático de estação de tratamento de água**



Fonte: Massaranduba (2019)

### 2.3.1 Problemática do tratamento com cloro

O cloro é o principal agente de desinfecção de água utilizado em todo o globo. Este composto tem a capacidade de oxidar a matéria orgânica, bem como de exterminar os microrganismos presentes. Além de ser altamente efetivo, o cloro ainda se apresenta como uma forma de desinfecção de baixo custo, tornando sua utilização ainda mais interessante para a indústria de tratamento (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2014).

Contudo, mesmo com todas as benéficas deste tratamento, o cloro, quando reage com alguns tipos de compostos orgânicos, acaba formando trihalometanos (THM), como: triclorometano, bromodiclorometano, dibromoclorometano e tribromometano

(RISTOIU *et al.*, 2009). A reação se inicia no momento do contato e pode seguir ocorrendo enquanto existirem cloro livre e compostos orgânicos disponíveis (MEYER, 1994). A formação destes compostos na água pode causar danos à saúde humana e animal. Estudos realizados verificaram índices de aumento de câncer de cólon e bexiga, diretamente relacionados à concentração de THM presente na água, além de problemas de estômago e intestino (GOPAL *et al.*, 2007; GUO *et al.*, 2004; VILLANUEVA; KOGEVINAS; GRIMALT, 2001).

Desta forma, se faz necessário o desenvolvimento de novas tecnologias, buscando o tratamento da água com o menor impacto possível no ambiente e na saúde animal e humana.

### 2.3.2 Tratamentos biológicos

Com a evolução dos processos biotecnológicos e com a crescente demanda por procedimentos mais sustentáveis e “verdes”, outros tratamentos vêm surgindo para melhorar a qualidade da água que incluem a diminuição do uso de compostos químicos. Chao (2006) exemplifica o processo biológico de remoção dos fosfatos presentes nos recursos hídricos e efluentes. Essa tecnologia se desenvolve por meio da adição de microrganismos que, em condições aeróbias e anaeróbias utilizam deste fósforo presente no meio para seus processos metabólicos, e, após a redução deste elemento, os microrganismos são removidos e, conseqüentemente, ocorre uma redução na carga de fósforo presente, por conta da bioacumulação realizada pelos organismos.

A biorremediação ocorre, em muitos casos, a partir da bioacumulação de compostos químicos presentes no ecossistema. Este processo biológico envolve a absorção de compostos químicos e armazenamento destes nas células do organismo. Este processo está ligado diretamente a biomagnificação, onde ocorre um aumento excessivo de compostos no ecossistema, permitindo assim a acumulação mais rápida (VOOTSAS; MAGOULAS; TASSIOS, 2002).

Estes processos de biorremediação são tratados com as evoluções tecnológicas, afinal, este tipo de processo consegue minimizar a quantidade de poluentes nos ecossistemas sem que haja a necessidade de grandes adições de produtos químicos, bem como utilizando-se de processos com baixa oneração (VOOTSAS; MAGOULAS; TASSIOS, 2002).



## 2.4 Microrganismos eficientes

Os Microrganismos eficientes (EM) começaram a ser estudados na década de 1970, na universidade de Ryukyus, Okinawa, Japão (NAMSIVAYAM; NARENDRAKUMAR; KUMAR, 2011). Estes organismos estão inseridos no grupo dos organismos regenerativos, ou seja, são capazes de produzir diversas substâncias capazes de conferir utilidade às plantas, ao solo, dentre outras aplicações. Estes EM nada mais são do que comunidades encontradas naturalmente em solos férteis e em plantas (BONFIM, 2011).

Os microrganismos eficientes, conforme Bonfim (2011), pressupõem uma comunidade microbiana composta por leveduras, que utilizam substâncias liberadas, sintetizam vitaminas e sendo capazes de ativar outros microrganismos eficientes; actinomicetos, capazes de controlar fungos e bactérias patogênicas; Bactérias ácido lácticas, que produzem ácido e conseguem fermentar a matéria orgânica; Bactérias fotossintéticas: produtoras de vitaminas e nutrientes, aminoácidos, ácidos nucléicos, substâncias bioativas e açúcares. Com o passar dos anos, os EM não têm sido utilizados apenas para fins agrônômicos, pesquisas realizadas têm verificado a atuação destes organismos em tratamentos de águas, efluentes e no controle de maus odores (CORREA *et al.*, 2014).

A partir de seu descobrimento, estes organismos foram submetidos a variados testes para as mais diversas aplicações, especialmente na agricultura. Em diversos países, incluindo o Brasil, os microrganismos eficientes foram diagnosticados como extremamente hábeis na ciclagem da matéria orgânica, sendo capazes de aprimorar a produção de alimentos, a qualidade dos mesmos, bem como na conservação do meio ambiente (BONFIM, 2011).

Atualmente já existem empresas realizando o comércio destes microrganismos, e os mesmos já são tratados como um novo tipo de tecnologia. Dentre as diversas aplicações estão: agricultura, na compostagem de resíduos orgânicos, melhoramento do solo e saúde de plantas; produção animal, com a diminuição da produção de metano e eliminação de mau cheiro; Indústria e meio ambiente, com o tratamento de efluentes e na melhora da qualidade de água (EM<sup>TM</sup>, 2019).

### 2.4.1 Utilização de EM na biorremediação

Uma vez que os EM são degradadores de matéria orgânica, estes microorganismos se tornam uma alternativa para o tratamento de corpos hídricos contaminados com altas cargas orgânicas, sendo passíveis de utilização para restauração da qualidade da água de rios e lagos (ZAKARIA; GAIROLA; SHARIFF, 2010; SZYMANSKI; PATTERSON, 2003).

Estes organismos podem atuar na fixação do nitrogênio, auxiliando no controle destes compostos quando em excesso. Agem na inibição do desenvolvimento de patógenos no ecossistema e na degradação de resíduos agrotóxicos, além de serem eficazes na solubilização de fosfatos, fato este também pertinente para utilização em biorremediação de ambientes aquáticos degradados (TEIXEIRA, 2017).

Pesquisas utilizando EM no tratamento de esgoto sanitário conseguiram apresentar redução significativa na demanda bioquímica de oxigênio (DBO) presente nos efluentes (NAMSIVAYAM *et al.*, 2011). Kannan e Kumar (2012), apresentam que os EM, utilizados para o tratamento do esgoto, foram capazes de oxidar as substâncias orgânicas presentes nas amostras utilizadas.

Rashid e West (2007) também utilizaram a tecnologia de microrganismos eficientes no tratamento de efluentes, sendo que após os experimentos realizados, foram obtidos um total de 94% de redução da demanda bioquímica de oxigênio nas amostras analisadas, diminuição de 44% e 43% nas concentrações de  $\text{NH}_4$  e  $\text{NH}_3$ , respectivamente e, também, uma redução de 71% na contagem da bactéria *Escherichia coli* e 63% nos coliformes totais analisados. Sendo assim, a partir desta pesquisa, foi possível perceber que os EM foram capazes de melhorar a qualidade do efluente utilizado, sem a adição de produtos químicos.

Sendo assim, os EM demonstram potencial em realizar processos de biorremediação, sendo passíveis de utilização em uma alternativa biológica para o tratamento de água e resíduos.

## **2.5 Revisão sistemática da literatura**

A revisão sistemática da literatura se baseia em sínteses dos documentos publicados relacionados a um tema específico, utilizando método científico, de forma objetiva e reproduzível (GALVÃO; SAWADA; TREVIZAN, 2004). Possibilitando um resumo de estudos sobre determinado assunto, a revisão sistemática permite uma

visualização macro dos conhecimentos, uma vez que os mesmos são englobados e sintetizados em um único documento (MANCINI, 2007).

A revisão sistemática se destaca em relação às revisões narrativas convencionais por conta da reprodutibilidade, bem como a diminuição do viés de pesquisa, uma vez que deve contar com um método científico consolidado (DONATO; DONATO, 2019). Ainda, a revisão sistemática pode auxiliar no direcionamento de futuros estudos, uma vez que pode evidenciar o conhecimento de lacunas de pesquisa, bem como o potencial de métodos, dependendo da abordagem utilizada (GONÇALVES; NASCIMENTO; NASCIMENTO, 2015).

### 2.5.1 Cienciometria

A avaliação dos conhecimentos acumulados, bem como a quantificação da ciência se torna uma tarefa de extrema importância quando se existe um grande número de publicações de um certo tema. A cienciometria entra como um ramo de estudo voltado para a quantificação da ciência, mostrando a relevância dos estudos, a evolução e dispersão, bem como os âmbitos super explorados e as lacunas (MOOGHALI *et al.*, 2011; PARRA; COUTINHO; PESSANO, 2019).

A análise cienciométrica é realizada a partir de diversos indicadores ou medidas, intuindo um panorama geral do estado da arte sobre uma área específica. Os principais parâmetros analisados são: número de trabalhos; coautorias; instituição; país de publicação; agência de fomento; citações; fator de impacto do periódico; potenciais e limitações; áreas de conhecimento; e palavras-chave. Ainda, a análise cienciometria permite a identificação e visualização das lacunas e tendências dentro do campo de conhecimento (MEDEIROS *et al.*, 2021).

Sendo a análise cienciométrica um estudo multidimensional, diversos indicadores são utilizados em conjunto, permitindo conhecer o crescimento e desenvolvimento da ciência (FILIPPO *et al.*, 2020). Ainda, avaliações específicas, sobre os temas, podem ser realizadas, como por exemplo os tipos de estudo voltados a eficiência energética; causas de poluição ambiental; interações entre drogas e o organismo humano; dentre outros (KRINGEL; MALKUSCH; LÖTSCH, 2021; ROSLEE *et al.*, 2021; YOUSIF *et al.*, 2018)

### 2.5.2 Meta-análise

Com a grande aumento no número de publicações ao longo dos anos, algumas formas de análise sistemática dessa literatura foram desenvolvidas, com o intuito de sintetizar e conhecer o avanço das pesquisas em determinada área (LOVATTO *et al.*, 2007).

A meta-análise consiste em uma revisão pautada na verificação estatística de dados previamente publicados, com o intuito principal de visar aplicação em situações práticas, auxiliando a parte experimental da ciência. Sucintamente, uma meta-análise tem como principal objetivo a extração de dados numéricos de diversos documentos publicados e analisar estatisticamente os efeitos verificados nestes trabalhos, criando, portanto, uma média geral e padronizada para o efeito estudado (BICUDO, 2014; LUIZ, 2002).

A partir deste tipo de análise é possível desenvolver, utilizando somente dados já publicados, respostas para perguntas que necessitam de processos experimentais e onerosos. Neste sentido, a partir das bases de dados de trabalhos científicos, é possível coletar informações e avaliar efeitos a partir de métodos estatísticos na análise sistemática (TALLANT, 1987).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Coleta de dados**

Os documentos utilizados para a realização das análises foram retirados das bases de dados: *Web of Science* (WoS), *Scopus* e *PubMed*, utilizando sempre todos os anos abrangidos em cada base, entre 1945 até o mês de julho de 2021, permitindo a busca por todos os idiomas abrangidos pelas bases de dados.

Os termos utilizados para busca intuíram abranger as diferentes nomenclaturas utilizadas para os microrganismos eficientes, bem como termos relacionados à qualidade de água e esgoto, visando encontrar estudos totalmente direcionados à remediação de ambientes ou efluentes. foram utilizados os termos: ("effective microorganism\*" OR "efficient microorganism\*" OR "effective micro-organism\*" OR "efficient micro-organism\*" OR "EM technology" OR Bokashi) AND ("chemical oxygen demand" OR "biological oxygen demand" OR COD OR BOD OR "bioremediation" OR "biological remediation" OR biodegradation OR wastewater OR sludge OR sewage OR effluent OR "grey water" OR greywater).

Após a busca nas bases de dados utilizando os termos, uma análise manual teve que ser realizada, com intuito de selecionar somente os artigos relacionados ao tema de busca, bem como contendo informações necessárias para realização da meta-análise. Para tal processo, alguns critérios de elegibilidade foram desenvolvidos, seguindo o protocolo PRISMA (MOHER *et al.*, 2009).

### **3.2 Análise cienciométrica**

A análise cienciométrica dos dados foi realizada a partir da revisão manual de todos os documentos, visando incluir somente aqueles com objetivo geral voltado a utilização de EM no tratamento de água e efluentes. Após a revisão, os dados bibliométricos foram coletados e exportados para o *Software Microsoft Excel*.

Uma vez que três bases de dados foram utilizadas, os índices cienciométricos foram selecionados de forma parcial, intuindo utilizar as mesmas métricas disponíveis em todas as bases. Assim, foram analisados: a evolução do número de publicações e citações por ano; publicações por países; o fomento da pesquisa por países; bem como as principais áreas de conhecimento onde os documentos estavam alocados.

### **3.3 Meta-análise**

#### **3.3.1 Critérios de elegibilidade**

Os critérios de elegibilidade desenvolvidos buscaram incluir documentos totalmente voltados ao processo de biorremediação utilizando microrganismos eficientes, que apresentassem todos os dados necessários para o desenvolvimento das análises meta-analíticas, bem como excluir documentos que fugiam do tema, ou apresentavam dados faltantes para a análise estatística, como o número amostral ou desvio padrão.

##### **3.3.1.1 Critérios de inclusão**

Os critérios que intuíram incluir documentos elegíveis para a meta-análise se basearam na necessidade da apresentação dos seguintes dados:

- a) O tipo de amostra analisada;
- b) A concentração de microrganismos eficientes;
- c) Os parâmetros analisados;

- d) O tempo de análise;
- e) Média dos resultados dos parâmetros analisados (DBO, DQO, pH, amônio, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, fosfato e fósforo total) do grupo controle e grupo experimental;
- f) Número amostral;
- g) Desvio padrão ou Erro padrão ;

### 3.3.1.2 Critérios de exclusão

Da mesma forma, critérios de exclusão foram desenvolvidos, buscando remover documentos que:

- a) Não apresentassem dados numéricos essenciais para análise;
- b) Fugissem do tema de remediação de água ou efluentes;
- c) Não apresentassem o texto completo;

### 3.3.2 Análise dos dados

Após a seleção dos documentos elegíveis para a análise, os dados foram extraídos para o software Microsoft Excel, por somente um autor, para a tabulação numérica e desenvolvimento de gráficos de distribuição das pesquisas por ano e por localidade. A meta-análise foi desenvolvida a partir da diferença das médias padronizadas, utilizando a fórmula das diferenças das médias padronizadas.

Os dados de diferença das médias padronizadas foram obtidos a partir de análises realizadas no software Review Manager 5, onde também foi calculada a heterogeneidade dos resultados. Visto que a heterogeneidade alta apresenta uma diferença considerável entre os resultados de estudos, foram desenvolvidas também análises por meio de subgrupos, essencialmente dividindo os dados por parâmetro de análise e tipo de amostra (HIGGINS *et al.*, 2006). Por fim, ainda foram realizadas, a partir do software R, meta-regressões buscando encontrar fatores que aumentam a heterogeneidade dos resultados, como a concentração de microrganismos aplicados.

### 3.3.3 Análise dos riscos de viés

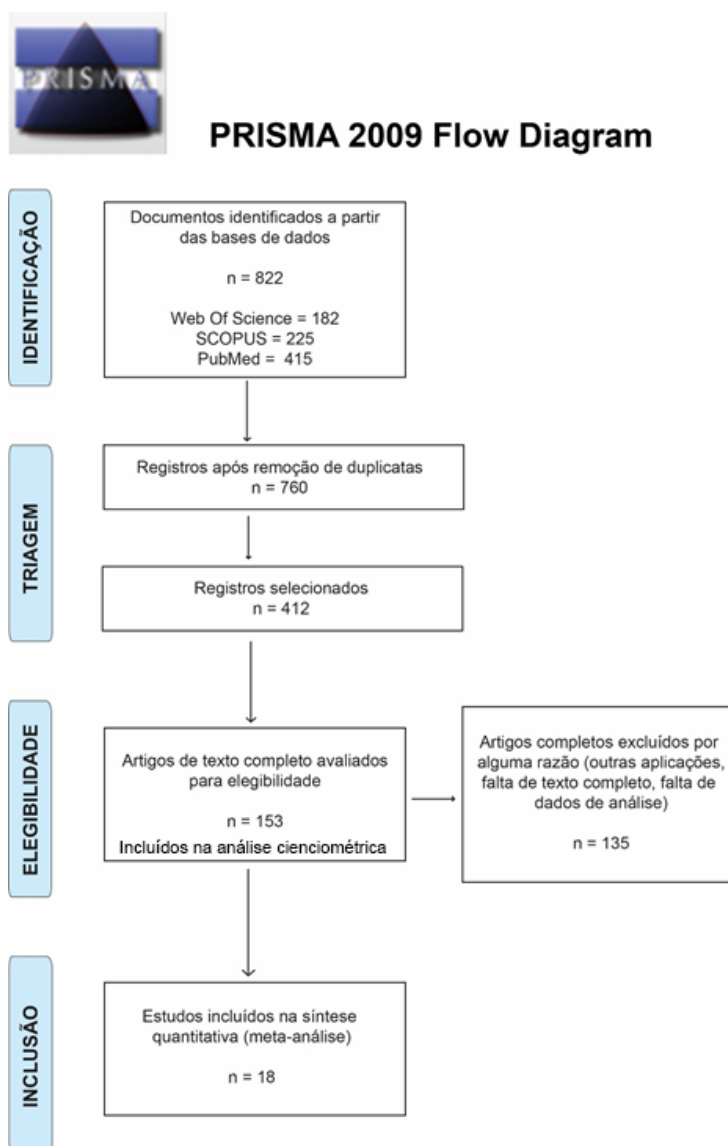
Intuindo calcular o viés da pesquisa, gráficos de funil para todos os subgrupos foram desenvolvidos, a partir do software Review Manager 5, bem como análise dos “*Fail-Safe Numbers*”, a partir do método de Rosenthal’s, o qual apresenta a quantidade de estudos necessários para refutar o resultado de uma meta-análise, calculado a partir do software Meta Win.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.4 Levantamento bibliográfico e triagem dos trabalhos

Inicialmente foi encontrado o total de 822 documentos nas buscas utilizando os dois conjuntos de termos nas três bases de dados. Contudo, após a realização das filtragens buscando somente os documentos voltados a EM na remediação de água e efluentes, 153 documentos restaram para a análise cientométrica (95 a partir da WoS, 37 da Scopus e 21 da PubMed). Ainda, após avaliação dos critérios de elegibilidade, 18 trabalhos foram incluídos na meta-análise, conforme figura 3.

**Figura 3 - Flowchart do PRISMA, mostrando o fluxo de obtenção dos dados para inclusão na análise**



Fonte: Adaptado de PRISMA (2009)



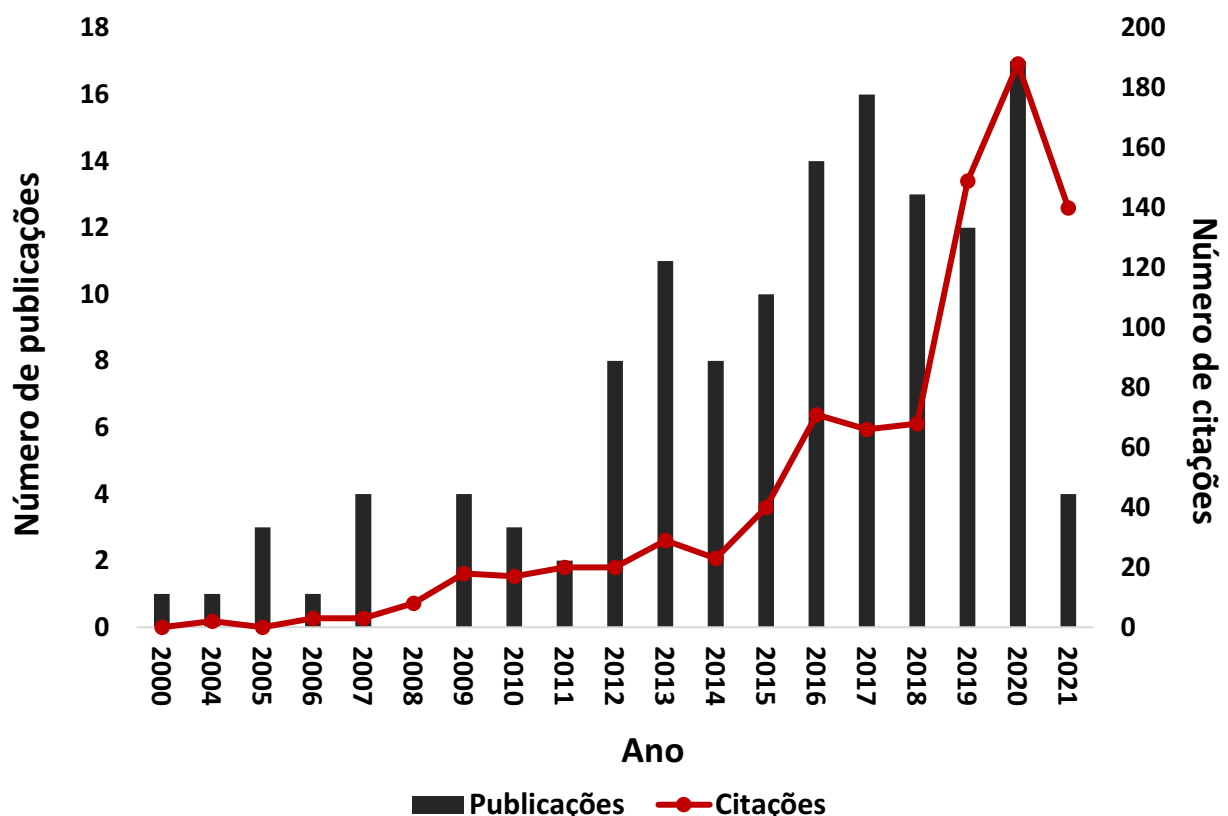
### 3.5 Análises sistemáticas da literatura

### 3.6 Análise cienciométrica

#### 3.6.1 Evolução das publicações e citações

As publicações utilizando EM para fins de remediação e degradação iniciaram nos anos 2000, tendo um aumento de publicações e citações desde então, conforme figura 4. O objetivo inicial da utilização destes organismos era relacionado à agricultura, com pesquisas iniciadas nos anos 1970 (HIGA; WIDIDANA, 1991). Contudo, com o avanço na utilização dos EM estimou-se que os efeitos de degradação de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes pudessem ser aplicados em processos de tratamento de efluentes (EKPEGHERE *et al.*, 2012).

**Figura 4 - Evolução do número de publicações e citações entre 2000 e 2021.**



Fonte: Autor (2021)

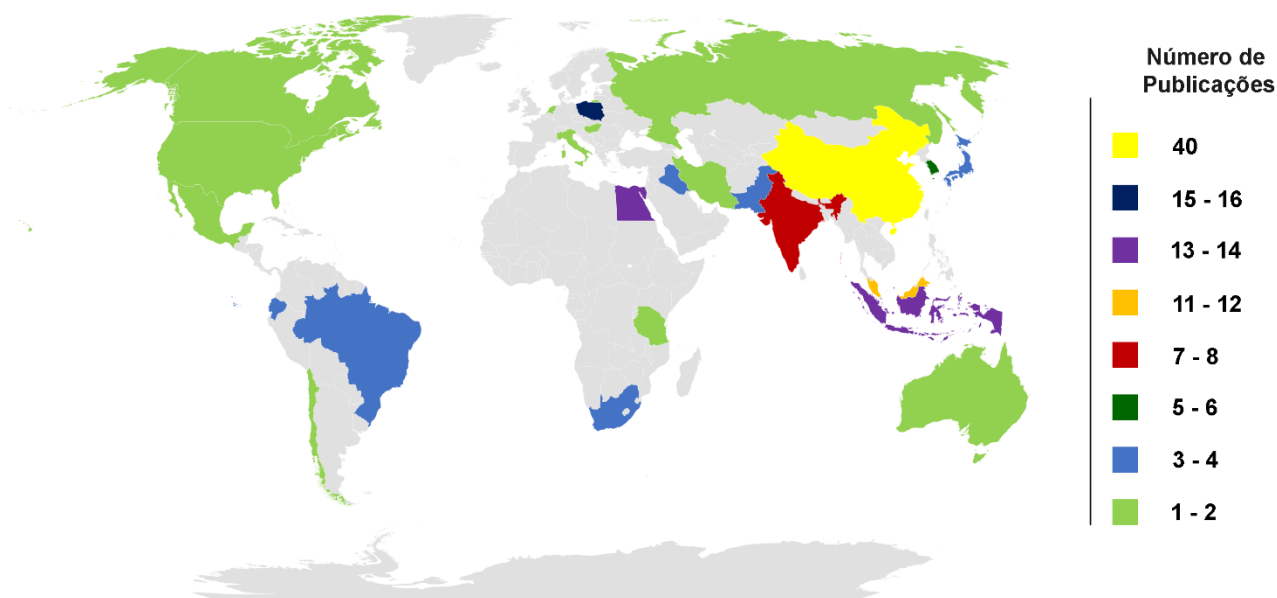
O número de publicações variou ao longo dos anos, com quedas e picos, sendo o ápice em 2020, com 17 publicações no ano. Em relação às citações, os números

tiveram uma evolução mais homogênea, com um crescimento progressivo e poucas quedas, sendo o ápice também em 2020, com 188 citações. Este crescimento e maior volume de publicação em anos mais recentes sugerem que essa área de pesquisa ainda se encontra em ascensão, com novas pesquisas e tecnologias sendo desenvolvidas.

### 3.6.2 Número de publicações por países

É possível visualizar, a partir da distribuição geográfica das publicações, uma dispersão em todo o globo, havendo publicações em todos os continentes, como apresenta a figura 5. Os maiores números se encontram na Ásia, Europa e África, sendo a China o país com maior taxa de publicações utilizando os EM para fins de remediação. Seguindo a China, a Polônia, Indonésia, Egito e Malásia representam os 5 países com maior número de estudos publicados sobre o tema, respectivamente.

**Figura 5 - Distribuição global das pesquisas relacionadas a utilização de EM na remediação de amostras ambientais**



Fonte: Autor (2021)

As primeiras pesquisas com intuito de verificar os efeitos dos EM no tratamento de ambientes e amostras foram desenvolvidas a partir da aplicação de Bokashi, técnica essa baseada em bolas de lama impregnadas com os microrganismos eficientes usadas como um método de dispersão gradativa dos microrganismos, geralmente

para tratamentos *in situ* (PARK *et al.*, 2016; VICENTE *et al.*, 2020; ZAKARIA; GAIROLA; SHARIFF, 2010a). Estes estudos iniciaram também na Ásia, continente berço da tecnologia EM, assim, é compreensível que o maior número de publicações no tema se encontre nos países asiáticos. Com o passar do tempo, a tecnologia se dispersou para outros países e continentes, fato este evidenciado pelas parcerias entre pesquisadores de diferentes países, além dos focos de análise voltados a realidade dos diferentes locais (LURLING; TOLMAN; EUWE, 2009; TING *et al.*, 2013; ZAKARIA; GAIROLA; SHARIFF, 2010b).

### 3.6.3 Fomento de pesquisa por países

No total, 52 documentos foram financiados por alguma instituição de fomento, e dentre esse montante, mais da metade recebeu incentivo de agências chinesas. A tabela 3 apresenta o percentual de trabalhos financiados por países, dentre estes 52 documentos. Somente a Fundação Nacional de Ciências Naturais da China (NSFC) fomentou aproximadamente 15% dos trabalhos financiados, a partir de 2009 até a atualidade.

No caso da China, a relação entre número de publicações e número de trabalhos fomentados é diretamente proporcional, uma vez que mais de 50% dos trabalhos dentro do conjunto de dados são chineses. A dominância das agências chinesas no financiamento dos trabalhos provavelmente se dá pelo incentivo do país no setor ambiental, uma vez que o país tem desenvolvido diversas políticas públicas de regulação ambiental ao longo dos anos (SONG; WANG; ZHANG, 2020). Ainda, em 2017 a China investiu cerca de 1750 bilhões de yuans em pesquisa e desenvolvimento, mais de três vezes do que investido em 2008 (461 bilhões) (LUO; SALMAN; LU, 2021).

**Tabela 3 - Países que realizaram financiamento de artigos, bem como percentual de trabalhos financiados entre 2007 e 2021**

<b>País</b>	<b>Percentual de trabalhos fomentados</b>
China	52,5%
Malásia	10,0%

Polônia	10,0%
Indonésia	7,5%
Brasil	5,0%
Coréia	5,0%
África do sul	2,5%
México	2,5%
Índia	2,5%
Egito	2,5%

---

**Fonte: Autor (2021)**

A Polônia e a Malásia se encontram em segundo lugar quanto ao número de trabalhos fomentados. Estes países estão dentre os que mais publicam, ocupando o segundo e terceiro lugares, corroborando com o fato de que o financiamento aumenta o número de estudos e publicações. A Malásia é um dos 40 países com maior índice de inovação global em 2021, marcado com incentivo para o desenvolvimento ambiental e para a pesquisa científica (WIPO, 2021). A Polônia também conta com programas de incentivo à pesquisa e desenvolvimento, especialmente no cuidado ambiental, sendo o 37º país com melhor índice de performance ambiental em 2020, com principais incentivos nos recursos d'água e tratamento de resíduos (HSU; ZOMER, 2016; WIPO, 2021).

Ainda, de acordo com a OECD (2021) a China e a Polônia apresentam crescimento na relação entre PIB e financiamento da pesquisa e desenvolvimento, principalmente a partir de 2008. Em 2019, a China investiu 2,23% do seu PIB na pesquisa, cerca de 52% de aumento. Já a Polônia teve avanço de 120% a partir de 2008, com investimento de 1,32% do PIB na pesquisa e desenvolvimento.

#### 3.6.4 Áreas de conhecimento

As principais áreas de conhecimento onde os documentos estão alocados são voltadas para as ciências ambientais, onde estão conectadas diretamente outras categorias, como engenharias, química e biotecnologia. A área de ciências ambientais é onde se encontram documentos desde o primeiro ano de publicação até a atualidade, uma vez que é onde se concentra o objetivo principal dos documentos. A

tabela 4 apresenta as principais áreas de conhecimento, bem como o percentual de documentos vinculados a elas.

Ao longo do tempo novas áreas têm se mostrado presentes nas pesquisas, em destaque a ciências dos materiais, com publicações iniciadas em 2012 e crescimento até a atualidade, com objetivos essencialmente na imobilização dos microrganismos para melhor controle da dispersão em ambientes (AN *et al.*, 2018; MAO *et al.*, 2015). Outra tendência de pesquisa nos anos mais atuais é na degradação de compostos recalcitrantes, como corantes, pesticidas e agrotóxicos, metais pesados, bem como soluções compostas por anéis aromáticos, envolvendo as áreas agrícolas, químicas, entre outras (BORUSZKO, 2017; MAZURKIEWICZ *et al.*, 2020; THILLAINAYAGAM *et al.*, 2021; TING *et al.*, 2013)

**Tabela 4 - Percentual de publicações por área de conhecimento**

<b>Área de conhecimento</b>	<b>Percentual de documentos</b>
<b>Ciências Ambientais</b>	29,67%
<b>Engenharias</b>	21,43%
<b>Agricultura e Ciências Biológicas</b>	9,90%
<b>Energia e Combustíveis</b>	8,24%
<b>Engenharia Química</b>	7,69%
<b>Ciências da Terra</b>	7,14%
<b>Química</b>	6,04%
<b>Bioquímica e Biotecnologia</b>	4,94%
<b>Física</b>	3,30%
<b>Ciência dos Materiais</b>	1,65%

Fonte: Autor (2021)

### 3.7 Meta-análise

O resultado geral da meta-análise apresentou uma diferença das médias padronizadas negativa e significativa, ou seja, favorecendo o efeito do grupo experimental sobre o controle. Efeito sumário (E+) foi de -0.43, apresentando um intervalo de confiança (CI) entre -0.63 a -0.22, com um valor de  $p < 0.00001$ . Sendo

assim, é possível visualizar, a partir dos dados gerais, que os microrganismos foram eficientes na remediação das amostras, uma vez que se tem um resultado negativo, significativo e que não cruza o nulo. O Anexo I apresenta a tabela com a identificação e dados extraídos dos documentos utilizados para análise meta-analítica.

Contudo, o resultado geral apresentou um valor 44% de  $I^2$ , para a heterogeneidade, com um  $X^2$  de 340,97, valor este considerado médio, se aproximando dos 50%, dados considerados esperados, uma vez que a ação dos microrganismos e características das amostras ambientais apresentam variabilidade. Uma vez que a heterogeneidade demonstra uma divergência entre os resultados de cada trabalho, a análise de subgrupos foi desenvolvida, com intuito de buscar um nível mais próximo da homogeneidade dos dados, para que assim a média geral se torne mais exata (PEREIRA; GALVÃO, 2014).

### 3.7.1 Resultados por parâmetros de análise

Dentre os parâmetros utilizados nos estudos para a análise do efeito de remediação e degradação utilizando microrganismos eficientes, nove foram encontrados. Sendo os principais, com maior número de publicações utilizadas, parâmetros voltados a nutrientes encontrados em água e efluentes: fosfato, amônio e nitrogênio total. Além da demanda química e biológica de oxigênio. Parâmetros estes já esperados em maior quantidade, uma vez que diversos estudos apontam a aplicação da utilização de EM no tratamento de recursos hídricos, inclusive auxiliando na melhoria do índice de qualidade de água (IQA), caracterizado pelos parâmetros:  $O_2$ , coliformes termotolerantes, pH, DBO, temperatura, NT, PT, turbidez e resíduos totais (ANA, 2020; WAHID; AZMAN, 2016; ZAKARIA; GAIROLA; SHARIFF, 2010b).

Alguns outros parâmetros como: pH, Oxigênio dissolvido (OD) e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) também foram analisados. A tabela 3 apresenta os parâmetros, o respectivo número de estudos utilizados e o número amostral para cada parâmetro, além dos valores para a heterogeneidade de cada subgrupo, sendo possível visualizar ainda o peso de cada subgrupo dentro da análise geral.

### **Tabela 5 - Dados de estudo, amostras, peso e heterogeneidade do subgrupo de parâmetros de análise**

Parâmetro	Estudos	Amostras	Peso (%)	Heterogeneidade		
				$\chi^2$	<i>gl</i>	$I^2$ (%)
<b>DBO</b>	7	72	7,8	18,70	9	52
<b>DQO</b>	7	168	29,7	57,18	41	28
<b>pH</b>	7	98	9	30,10	16	47
<b>Amônio</b>	6	149	16,3	125,28	49	61
<b>Nitrogênio Total</b>	6	79	15,2	40,42	23	43
<b>OD</b>	5	100	12,2	21,90	20	9
<b>HPA</b>	3	18	0,5	5,46	5	8
<b>Fosfato</b>	3	22	0,9	12,53	8	36
<b>Fósforo Total</b>	3	39	8,4	12,66	12	5

*gl = graus de liberdade*

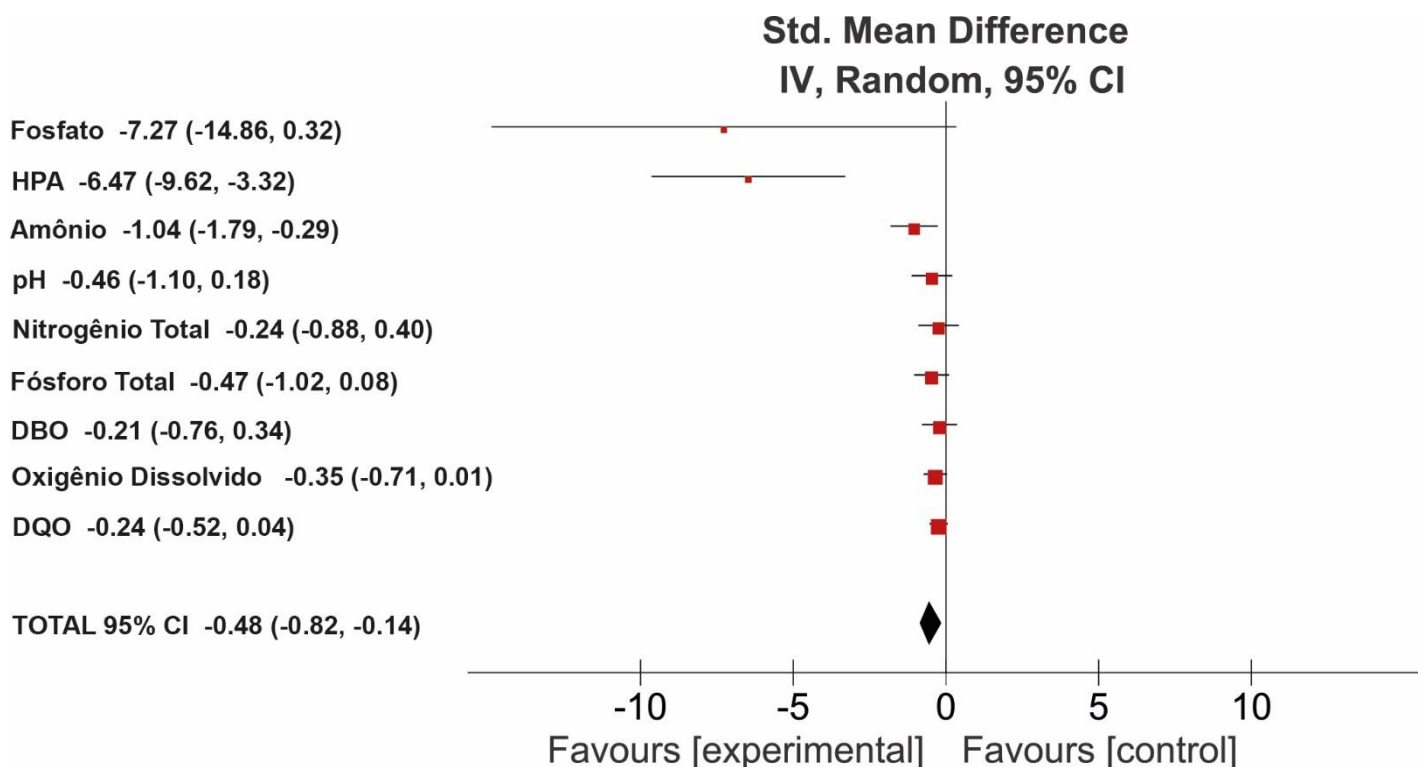
Fonte: Autor (2021)

A presença das bactérias ácido-lácticas e leveduras na composição dos EM faz com que a mineralização do carbono orgânico seja uma tarefa simples, fato este estudado desde as primeiras aplicações de EM no solo, auxiliando o crescimento da planta devido a liberação dos compostos orgânicos presentes no solo, por meio da degradação realizadas pelos microrganismos (FATUNBI; NCUBE, 2009; SCHENCK ZU SCHWEINSBERG-MICKAN; MÜLLER, 2009; VALARINI *et al.*, 2003). Neste sentido, a aplicação de EM na redução da carga orgânica em ambientes aquáticos se torna uma alternativa viável, uma vez que resultados positivos já foram verificados em publicações, principalmente em locais com o descarte de esgoto sanitário (FIRDAUS; AZMAN, 2018; WAHID; AZMAN, 2016; ZAKARIA; GAIROLA; SHARIFF, 2010a).

Todos os parâmetros analisados tiveram resultado geral negativo, ou seja, favorecendo o grupo experimental, mostrando que os microrganismos eficientes foram capazes de realizar a redução dos compostos, conforme figura 6. Contudo, para a maior parte dos parâmetros, o intervalo de confiança cruzou o nulo, implicando que, estatisticamente, não houve diferença entre o grupo controle e experimental. Para o

amônio e HPA foi possível visualizar um efeito significativo, negativo e que não teve o cruzamento do nulo, sendo estes os fatores que estatisticamente tiveram efeito favorecendo o grupo experimental.

**Figura 6 - Forest plot da diferença das médias padronizadas dos diferentes parâmetros analisados**



Fonte: Autor (2021)

De forma geral, o efeito da utilização de microrganismos na remediação de amostras foi positivo, com o melhor efeito para o amônio, uma vez que o efeito foi significativo, o peso do parâmetro na média geral é alto e o intervalo de confiança baixo. Amônia e amônio são compostos muito ligados à eutrofização de ambientes, neste sentido a remoção destes compostos, quando em excesso, é essencial para o tratamento (LANANAN *et al.*, 2014). É estimado que os EM tenham a capacidade de eliminar o amônio por meio de processos fermentativos, essencialmente por meio das bactérias ácido-láticas, que podem auxiliar na retenção e/ou utilização do nitrogênio amoniacal, por meio de processos de nitrificação e oxidação do amônio (AMOO; BABALOLA, 2017; NUENGJAMNONG; LUANGTONGKUM, 2014).



O segundo composto com efeito positivo na biodegradação por EM foram os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA), geralmente presentes em lodos de esgoto industrial. Compostos estes muito estudados atualmente, essencialmente em processos de remediação ambiental, uma vez que são altamente recalcitrantes e tem capacidade de acumulação até mesmo em organismos vivos, podendo ser tóxicos dependendo do peso molecular (SOUSA, 2016). Estudos avaliaram que em processos fermentativos anaeróbicos, os EM tiveram a capacidade de diminuir em 10% a carga de HPA, com maior efetividade nos compostos com 3 anéis aromáticos (BORUSZKO, 2017).

A variação entre os compostos estudados corrobora diretamente com as áreas de conhecimento estudadas, uma vez que variam de nutrientes normalmente encontrados no ambiente, como fósforo, nitrogênio e carbono orgânico, trabalhos geralmente publicados em periódicos com enfoque nas ciências ambientais. Mas também é possível visualizar diversos estudos voltados à degradação de compostos recalcitrantes, como por exemplo os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, na maior parte das vezes em periódicos com enfoque na química.

Em relação a heterogeneidade do subgrupo, não houve diferença entre a heterogeneidade total entre os estudos ( $X^2 = 343,32$ ;  $gl = 191$ ;  $I^2 = 44\%$ ). Mesmo não sendo um valor elevado para a heterogeneidade, ainda se aproxima do valor médio (50%), sendo assim, o subgrupo de parâmetros de análise não foi o suficiente para explicar as diferenças de resultados entre os estudos. Por tal motivo um subgrupo com os diferentes tipos de amostra também foi realizado.

### 3.7.2 Resultados por tipo de amostra

Ao total, 5 diferentes tipos de amostra foram utilizados, sendo a água de reuso com maior número de estudos, seguido pelo esgoto bruto, o lodo de esgoto, água e petróleo, respectivamente. A tabela 6 apresenta o número de estudos, número de amostras, bem como a heterogeneidade para cada grupo amostral. O subgrupo de amostras se torna indispensável, uma vez que a carga de nutrientes presente no esgoto bruto é extremamente divergente da carga presente nos recursos hídricos, por exemplo. Além do mais, o petróleo e o lodo de esgoto industrial apresentam compostos diferentes da água de reuso urbana.

**Tabela 6 - Dados de estudo, amostras, peso e heterogeneidade do subgrupo de tipos de amostra**

Parâmetro	Estudos	Amostras	Peso (%)	Heterogeneidade		
				$X^2$	<i>gl</i>	$I^2$ (%)
<b>Água de reuso</b>	6	114	14,1	87,69	37	58
<b>Esgoto</b>	4	333	52,8	50,78	54	0
<b>Lodo</b>	4	177	23,8	131,4	52	60
<b>Água</b>	3	85	9,2	15,62	33	0
<b>Petróleo</b>	1	3	NA	NA	NA	NA

*gl = graus de liberdade*      *NA = não se aplica*

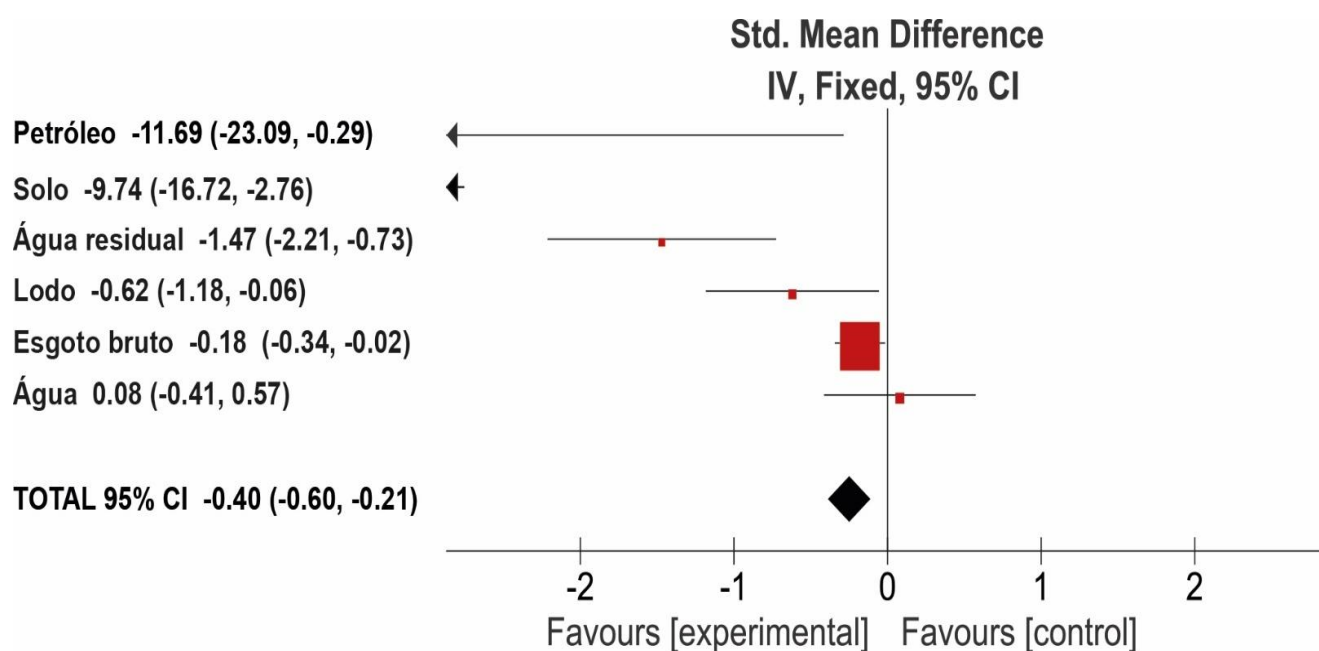
**Fonte: Autor (2021)**

O efeito geral no subgrupo permaneceu negativo, significativo e não cruzando o nulo, conforme figura 7. A água, nesta análise, foi o único parâmetro que se apresentou positivo, contudo, o intervalo de confiança cruzou o nulo, assim, considera-se que não houve diferença significativa entre os grupos controle e experimental. A maior diferença média se deu para o petróleo, entretanto o intervalo de confiança foi alto.

O efeito mais significativo foi para o esgoto bruto, o qual favoreceu o grupo experimental, bem como teve maior peso no efeito geral, uma vez que o número de amostras utilizadas nos estudos foi mais elevado. Um dos motivos desta elevada eficácia na remediação de esgoto bruto é a alta carga orgânica presente neste tipo de efluente, sendo entre 20-30% de carbono orgânico (SOMMERS, 1977). O lodo também se apresenta como uma ótima amostra para processos de remediação

utilizando EM, essencialmente pelo alto teor de nutrientes presentes, como carbono orgânico e inorgânico, nitrogênio e fósforo (CARVALHO *et al.*, 2015).

**Figura 7 - Forest plot da diferença das médias padronizadas em relação ao tipo de amostra analisada**



**Fonte: Autor (2021)**

Ainda, a maior quantidade de trabalhos sobre esgoto bruto foi publicada pela Polônia, principalmente no que se refere ao estudo da degradação de compostos recalcitrantes. Este fato, pode estar relacionado principalmente ao fato de a Polônia ser um dos 20 principais países que investem no tratamento de resíduos e esgoto, além de ser um país com alto teor de exposição a metais pesados, uma vez que os solos do país contam com grande concentração destes compostos, além da poluição atmosférica e hídrica (HSU; ZOMER, 2016; SZYMANOWSKA *et al.*, 1999; STRZYSZCZ; MAGIERA, 1998).

Diversos experimentos avaliaram a eficácia dos EM na remediação de ambientes e amostras com alta concentração de fósforo (LI *et al.*, 2020; RASHED; MASSOUD, 2015; SURYAWAN *et al.*, 2019). Esta intensa atividade se deve pelo acúmulo de fósforo pelos EM devido às necessidades metabólicas (WANG *et al.*, 2019). Em condições favoráveis, com grande concentração de oxigênio dissolvido, os EM

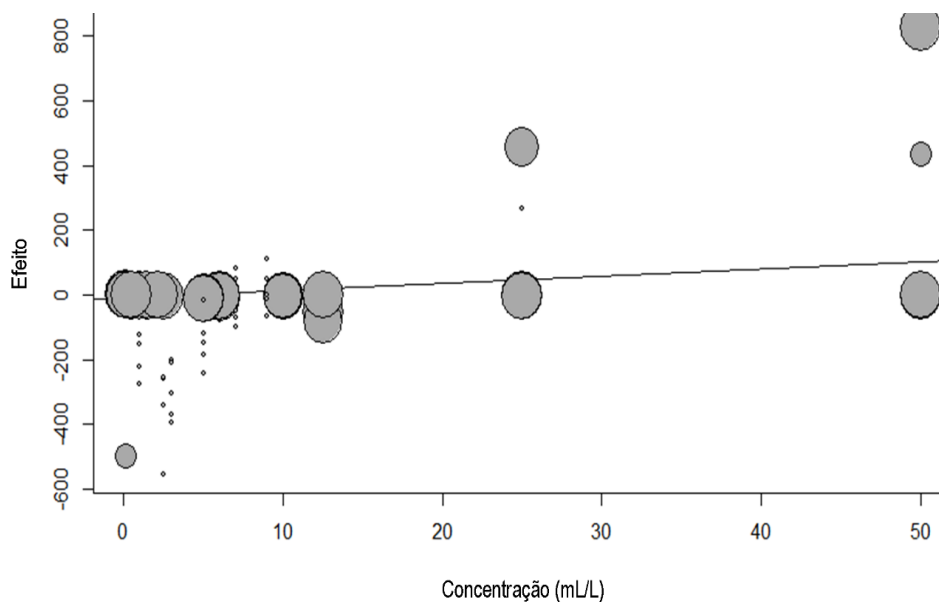
armazenam o fósforo na forma de polihidroxicarbonatos, diminuindo a concentração de fosfatos nos ambientes (MOHAMAD *et al.*, 2017; OEHMEN *et al.*, 2006).

A heterogeneidade do subgrupo apresentou um valor inferior à dos resultados gerais ( $X^2 = 297,51$ ;  $gl = 180$ ;  $I^2 = 39\%$ ). Sendo assim, é possível considerar que o tipo de amostra interfere significativamente nos resultados de biodegradação, fato facilmente constatado pela diferença de nutrientes e compostos presentes nos diferentes tipos de ambientes e amostras. Ainda, como foi possível visualizar na tabela 6 alguns parâmetros não apresentaram diferença entre si, ou seja, sendo totalmente homogêneos, no efeito de análise aleatório.

### 3.8 Análise de meta-regressão

Mesmo com a diminuição da heterogeneidade na aplicação dos subgrupos, ainda existe heterogeneidade na pesquisa, assim, uma análise de meta-regressão foi utilizada para auxiliar na busca pela fonte de heterogeneidade. Nesta análise, foram utilizadas as informações sobre a concentração de EM em relação ao efeito avaliado nos diferentes estudos. A figura 8 apresenta a regressão, onde o tamanho dos círculos representa o peso dos diferentes estudos.

É possível visualizar que a concentração de microrganismos em mL/L e o efeito na degradação de compostos são grandezas diretamente proporcionais ( $p < 0,001$ ). Essa variação proporcional ocorre devido a quantidade de microrganismos em diferentes concentrações. Estudos já avaliaram o efeito do tamanho do inóculo, bem como da concentração de soluções microbianas em experimentos de remediação, degradação, dentre outros tipos de análise, sendo possível visualizar uma clara melhora no processo na utilização de inóculos maiores, permitindo uma melhor degradação de compostos, principalmente em químicos recalcitrantes. Contudo, alguns experimentos mostraram a presença da concentração e tamanho de inóculo ideal, sendo entre 30 e 50 ml/L de inóculo microbiano, com aproximadamente a  $10^{10}$  UFC/mL, onde o excesso de microrganismos diminui a eficiência do processo (BARBOSA *et al.*, 2014; GERMANO DE ALMEIDA, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2010; ADELAJA; KESHAVARZ; KYAZZE, 2013; MISHRA; JYOT; KUHAD; LAL, 2001; WALTER *et al.*, 2005).

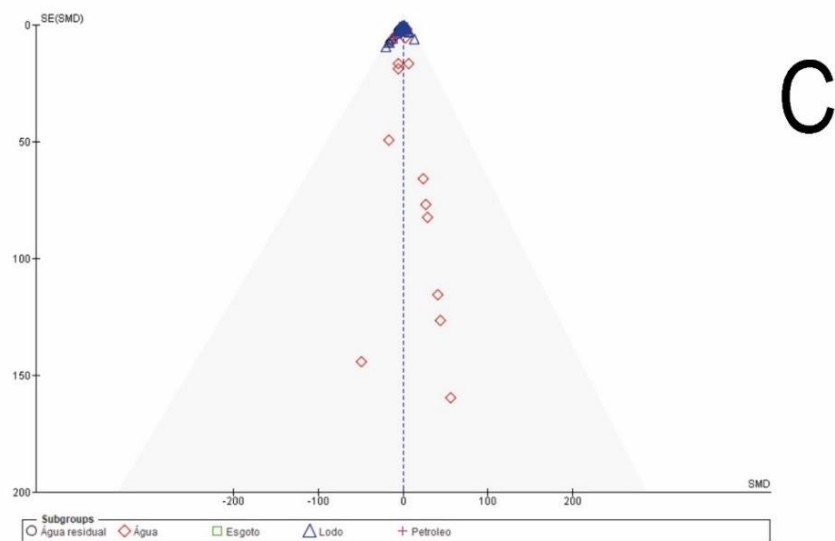
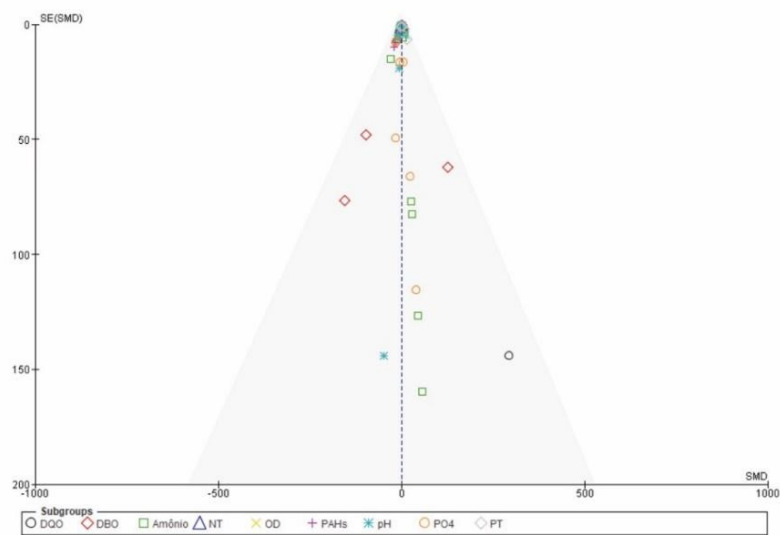
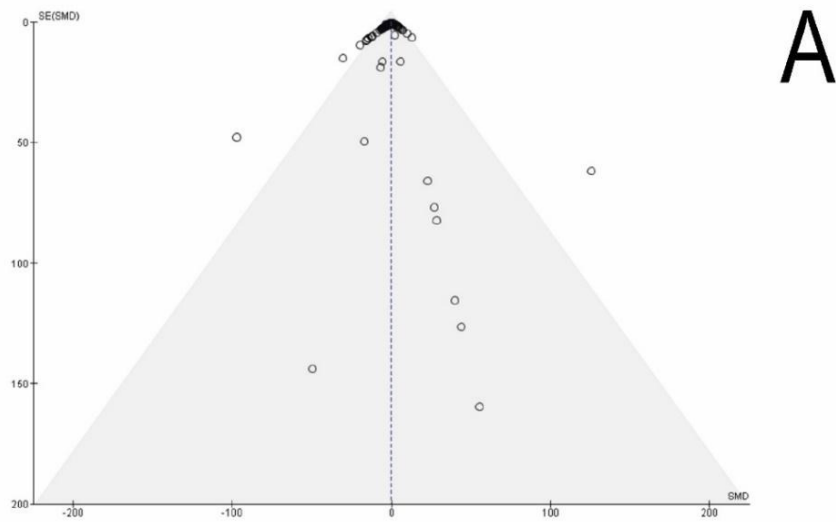
**Figura 8 - Meta-regressão de efeitos e concentração de EM**

**Fonte: Autor (2021)**

### 3.9 Viés de publicação

Alguns indicativos de viés podem ser visualizados nesta análise, essencialmente porque muitos estudos que utilizaram os EM para processos de degradação e remediação não atendiam os critérios de inclusão, principalmente no que se refere aos dados numéricos de desvio padrão ou erro padrão. A figura 9 apresenta os gráficos de funil, onde o eixo x representa o efeito dos tratamentos e o y o erro padrão. Em geral a ausência de viés é representada pela simetria na disposição dos estudos no gráfico, formando um funil invertido (PRADO, 2010). Na imagem, pode-se ver os gráficos de funil do resultado geral (A), bem como do subgrupo de parâmetros analisados (B) e de tipos de amostras (C).

**Figura 9 - Gráficos de funil da análise geral (A) e subgrupos de parâmetros (B) e tipos de amostra (C)**



Fonte: Autor (2021)

O viés de publicação é uma distorção dos efeitos estimados de uma meta-análise, seja por estudos insuficientes, limitações de idioma, falta de dados, dentre outros (THORNTON; LEE, 2000). Ainda, o viés de publicação é intensificado pela falta de publicação de resultados não significativos, uma vez que são considerados falhas de pesquisa, o que faz com que exista a realização de um mesmo estudo, com resultado não significativo, por pesquisadores diferentes (MLINARIC; HORVAT; SMOLCIC, 2017). O gráfico de funil é a forma mais utilizada para a avaliação do viés em revisões meta-analíticas. Nos três gráficos analisados é possível visualizar uma assimetria, fato este que pressupõe a presença de um viés de publicação nos dados (PETERS *et al.*, 2008).

Contudo, não é indicado o uso do gráfico de funil somente para a avaliação do viés, uma vez que fatores como a heterogeneidade podem afetar diretamente no gráfico e não necessariamente indicar um desvio nos resultados (MACASKILL; WALTER; IRWIG, 2001). O método “*Fail-Safe numbers*” de Rosenthal também foi utilizado, mostrando que, para que o efeito sumário deste conjunto de dados se tornar não significativo, seriam necessários mais 7205,5 estudos realizados. Assim, por mais que se tenha uma assimetria nos gráficos de funil, esta análise não pode ser considerada enviesada, uma vez que seriam necessários aproximadamente 47 vezes mais publicações do que os documentos elegíveis encontrados (FRAGKOS; TSAGRIS; FRANGOS, 2014; LIN; CHU, 2018).

### **3.10 Tendências e Limitações da pesquisa**

Foi possível visualizar que os países asiáticos ainda concentram grande parte dos estudos utilizando os EM na remediação de amostras ambientais (aproximadamente 52%), essencialmente por conta de a Ásia ser o berço da tecnologia EM, bem como pelo alto teor de incentivo financeiro na pesquisa e desenvolvimento desta região (LURLING; TOLMAN; VAN OOSTERHOUT, 2010; SONG; WANG; ZHANG, 2020). Assim, visualiza-se que, por mais que pesquisas envolvendo este tema sejam realizadas a bastante tempo, ainda existe o crescimento no número de pesquisas ao longo do tempo, principalmente mostrando que as tendências utilizando a tecnologia EM na Ásia, ainda é voltada para a degradação e ciclagem de nutrientes.

Com a dispersão da tecnologia é possível visualizar que as tendências em outros países estão relacionadas com as necessidades locais, como por exemplo na Polônia

onde o tratamento de esgoto bruto, bem como a degradação de compostos recalcitrantes (WIPO, 2021). Ainda, tecnologias voltadas ao suporte e dispersão dos EM no ambiente também se tornam tendências em pesquisas recentes (ARIFF; LIYANA; WASTEWATER, 2017; YOON *et al.*, 2018)

Contudo, mesmo que exista poucos indicativos de viés de publicação, a pesquisa pode apresentar algumas limitações de idiomas, uma vez que artigos asiáticos podem ser publicados nos idiomas locais, criando uma barreira tanto para a análise estatística em relação aos resultados numéricos dos trabalhos, bem como aos indicativos cienciométricos.

A falta de informações sobre as espécies de microrganismos presentes nas comunidades de EM é fator limitante das pesquisas, uma vez que existe a necessidade do entendimento dos organismos que estão agindo no processo de remediação, visto que a comunidade pode não apresentar indivíduos aptos para tal processo. Contudo, somente um trabalho publicado realiza a caracterização molecular de EM utilizados (SANTOS, *et al.*; 2020).

Ainda, a partir da meta-análise pode-se ver uma tendência na realização de trabalhos voltados ao tratamento de amostras de esgoto, uma vez que o número amostral foi superior aos outros tipos de amostral, bem como foi possível analisar que compostos como o amônio e os HPA são mais passíveis de degradação pelos EM. Neste sentido, existe a necessidade de avaliar os diferentes parâmetros em subgrupos individuais, buscando compreender como os organismos afetam diretamente em cada parâmetro analisado.



#### 4 CONCLUSÃO

Os EM têm sido estudados ao longo dos anos devido ao alto potencial de degradação de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e mineralização de compostos recalcitrantes. A partir dos anos 2000 diversos estudos têm focado na utilização destas comunidades microbianas no tratamento de água e efluentes.

Utilizando a cienciometria, foi possível verificar que esta utilização para os EM está em ascensão, devido a distribuição geográfica das publicações, abrangendo todos os continentes, bem como os picos de publicações e citações em anos atuais. Foi possível observar, ainda, que os países com maior taxa de investimento em pesquisa apresentaram maior número de publicações.

De modo geral os EM têm efeito positivo e significativo na degradação de compostos e nutrientes. No subgrupo de parâmetros de análise, o Amônio e os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) foram os compostos que apresentam maior potencial de remediação utilizando EM, uma vez que foram os únicos que o intervalo de confiança não cruzou o nulo. E, para os tipos de amostra, somente a água obteve cruzamento do nulo, e o esgoto bruto teve o melhor efeito, devido às altas cargas de matéria orgânica e nutrientes presentes.

Por fim, é possível concluir que os EM se mostram efetivos na remediação de água e efluentes, essencialmente quando se utiliza inóculo de tamanho ideal ( $10^{10}$  UFC/mL), bem como analisa-se parâmetros como amônio e compostos recalcitrantes em amostras com maior teor de nutrientes e matéria orgânica. Desta forma, este estudo se comporta como uma ferramenta para futuras análises experimentais visando a aplicação de Microrganismos Eficientes em processos de biorremediação e biodegradação, contudo devido às possíveis limitações do estudo, novas análises são importantes, essencialmente utilizando mais bases de dados como referência.

## 5 REFERÊNCIAS

- ABNT. **Estudo da concepção de Sistemas de esgoto sanitário – NBR 9648/1986.** Rio de Janeiro.
- Agência Nacional de água – ANA. **Atlas Brasil: Abastecimento urbano de água.** Brasília, 2010.
- Agência Nacional de água – ANA. **Atlas esgotos: Despoluição de bacias hidrográficas.** Brasília, 2017.
- ADELAJA, Oluwaseun; KESHAVARZ, Tajalli; KYAZZE, Godfrey. Enhanced biodegradation of phenanthrene using different inoculum types in a microbial fuel cell. **Engineering In Life Sciences**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 218-228, 8 fev. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/elsc.201300089>.
- ALABURDA, Janete; NISHIHARA, Linda. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Rev. Saúde Pública**, 32 (2): 160-5, 1998
- AMOO, Adenike Eunice; BABALOLA, Olubukola Oluranti. Ammonia-oxidizing microorganisms: Key players in the promotion of plant growth. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 935–947, 2017. ISSN: 07189516. DOI: 10.4067/S0718-95162017000400008.
- AN, Yong Zhen; WANG, Chun Hua; MIAO, Peng; WANG, Xiao Xu; LIANG, Jie Ying; LIU, Jie. Improved decontamination performance of biofilm system using carbon fibers as carriers for microorganisms. **Xinxing Tan Cailiao/New Carbon Materials**, [S. l.], v. 33, n. 2, p. 188–192, 2018. ISSN: 10078827. DOI: 10.1016/S1872-5805(18)60334-8. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S1872-5805\(18\)60334-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1872-5805(18)60334-8).
- ANA. **ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA).** 2020. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-idade-aguas.aspx>.
- APRILE, Jurema. **Contaminação das águas.** 2019. Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/contaminacao-das-aguas-poluicao-causa-80-das-mortes-em-paises-pobres.htm>. Acesso em 25 set. 2019.
- AQUINO, Sérgio F; SILVA, Silvana Q; CHERNIACHARO, Carlos A. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (dco) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. **Engenharia sanitária e ambiental**. v. 11, n. 4. out-dez, 2006
- ARIFF, Mohd; LIYANA, Nurul; WASTEWATER, Textile. The Effectiveness EM Mudball and Banana Peels for Textile Wastewater Treatment. [S. l.], v. 01009, p. 1–5, 2017.
- BARBOSA, I. M. V; PINHEIRO, T. M. A.; TAKARADA, C. S.; SÁ, E. M.; ROSA, P. L.; CARDOSO, V. L.; FILHO, U. C. OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA FERMENTAÇÃO DE SORO PARA PRODUÇÃO DE PROBIÓTICO DE *Lactobacillus acidophilus*: CONDIÇÕES DE pH, TAMANHO DO INÓCULO E

CONCENTRAÇÃO DO SORO NO CRESCIMENTO CELULAR. *In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA INICIAÇÃO CIENTÍFICA 2014, Anais [...].* [s.l: s.n.] p. 0–4.

BARRETO, Luciano Vieira et al. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 16, n. 9, p.2165-2180, 2013.

BICUDO, Maria Aparecida Viggiani. Meta-análise: seu significado para a pesquisa qualitativa. **Revemat: revista eletrônica de educação matemática**, [S. l.], v. 9, n. 0, p. 7, 2014. ISSN: 1981-1322. DOI: 10.5007/1981-1322.2014v9nespp7.

BONFÁ, Maricy Raquel Lindenbah. Degradação de Compostos Aromáticos por Microrganismos Halofílicos e Aplicação destes na Biorremediação da Água de Produção de Petróleo. [S. l.], p. 136, 2009.

BONFIM, Filipe P. G. et al. **Caderno dos microrganismos eficientes (EM)**. 2 ed. Viçosa, 2011.

BORENSTEIN, Michael; HEDGES, L. V; HIGGINS, J. P. T.; ROTHSTEIN, H. R. **Introduction to Meta-Analysis**. [s.l: s.n.]. ISBN: 9780470057247.

BORUSZKO, Dariusz. Research on the influence of anaerobic stabilization of various dairy sewage sludge on biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons PAHs with the use of effective microorganisms. **Environmental Research**, [S. l.], v. 155, p. 344–352, 2017. ISSN: 00139351. DOI: 10.1016/j.envres.2017.02.019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935117303031>.

BRASIL. Congresso Nacional. **LEI Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Jan. 2007

BRASIL. Conselho Nacional do meio ambiente – CONAMA. **Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Seção 1, pág. 70-71. Jan. 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do meio ambiente – CONAMA. **Resolução Nº 357 de 17 de março de 2005**. pág. 58-63. Mar. 2005.

BRASIL. Ministério da saúde. **Portaria de Consolidação nº 5 DE 28/09/2017**.

BRASIL. Ministério da saúde. **PORTARIA MS Nº 2.914/2011**. Out. 2012.

BUZELLI, Giovanna M; CUNHA-SANTINO, Marcela B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 8, n.1, 2013.

CARVALHO, Cristina Silva; RIBEIRINHO, Victor Sanches; DE ANDRADE, Cristiano Alberto; GRUTZMACHER, Priscila; PIRES, Adriana Marlene Moreno. Composição química da matéria orgânica de lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 413–419, 2015. ISSN: 19810997. DOI: 10.5039/agraria.v10i3a5174.

- CAVALCANTI, Clóvis. Economia e Ecologia: Problemas da Governança Ambiental no Brasil. **Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica**, [S. l.], v. 1, n. 0, p. 1-10-10, 2004. ISSN: 2385-4650.
- CERON, Luciano Peske. Contaminação de água por descarte de fármacos. **Revista Tae**, [S. l.], n. 1, 2011. Disponível em: <http://www.revistatae.com.br/artigos.asp?id=5&fase=c>.
- CETESB. **Poluição das águas subterrâneas**. 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/poluicao-das-aguas-subterraneas/>. Acesso em 25 set. 2019.
- CHAO, Iara Regina Soares. **Remoção de fósforo de efluentes de estações de tratamento biológico de esgotos utilizando lodo de estação de tratamento de água**. 2006. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- CORREA, C. Z. et al. **Coleta, ativação e aplicação de Microrganismos Eficientes (EM's) no tratamento de esgoto sanitário**. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis, out. de 2014.
- CUNHA, Daniele C. **Modelagem, simulação e otimização de biorreatores de leito fixo para fermentação/bioprocessamento em estado sólido**. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2009.
- CUNHA, Davi G. F.; CALIJURI, Maria do C.; LAMPARELLI, Marta C. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSItsr). **Ecological Engineering** 60 (2013) 126-134
- DE CARVALHO, Eduardo Viviani; FERREIRA, Elena; MUCINI, Luciano; SANTOS, Carmenlucia. Aspectos legais e toxicológicos do descarte de medicamentos. **Revista Brasileira de Toxicologia**, [S. l.], v. 22, n. 1-2, p. 1-8, 2009. ISSN: 14152983.
- DONATO, Helena; DONATO, Mariana. Stages for undertaking a systematic review. **Acta Medica Portuguesa**, [S. l.], v. 32, n. 3, p. 227-235, 2019. ISSN: 16460758. DOI: 10.20344/amp.11923.
- EKPEGHERE, Kalu I.; KIM, Byung Hyuk; SON, Hee Seong; WHANG, Kyung Sook; KIM, Hee Sik; KOH, Sung Cheol. Functions of effective microorganisms in bioremediation of the contaminated harbor sediments. **Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering**, [S. l.], v. 47, n. 1, p. 44-53, 2012. ISSN: 10934529. DOI: 10.1080/10934529.2012.629578.
- ESTEVEZ, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- FATUNBI, A. O. O.; NCUBE, L. Activities of Effective Microorganism (EM) on the Nutrient Dynamics of Different Organic Materials Applied to Soil. **American-Eurasian Journal of Agronomy**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 26-35, 2009.

- FENT, Karl; WESTON, Anna A.; CAMINADA, Daniel. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. **Aquatic Toxicology**, [S. l.], v. 76, n. 2, p. 122–159, 2006. ISSN: 0166445X. DOI: 10.1016/j.aquatox.2005.09.009.
- FILIPPO, Daniela De; LASCURAIN, María Luisa; PANDIELLA-DOMINIQUE, Andres; SANZ-CASADO, Elias. Scientometric analysis of research in energy efficiency and citizen science through projects and publications. **Sustainability (Switzerland)**, [S. l.], v. 12, n. 12, 2020. ISSN: 20711050. DOI: 10.3390/su12125175.
- FIRDAUS, Ahmad; AZMAN, Shamila. Improvement of Sungai Sebulung water quality using Effective Microorganism. **International Journal of Engineering and Technology(UAE)**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 59–61, 2018. ISSN: 2227524X. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.9.15275.
- FRAGKOS, Konstantinos C.; TSAGRIS, Michail; FRANGOS, Christos C. Publication Bias in Meta-Analysis: Confidence Intervals for Rosenthal's Fail-Safe Number. **International Scholarly Research Notices**, [S. l.], v. 2014, p. 1–17, 2014. ISSN: 2356-7872. DOI: 10.1155/2014/825383.
- FRANTZ, Betsy; ALDRICH, Teri; CHAKRABARTY, A. M. Microbial degradation of synthetic recalcitrant compounds. **Biotechnology Advances**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 85–99, 1987. ISSN: 07349750. DOI: 10.1016/0734-9750(87)90005-X.
- FUNASA. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa**. Funasa. Brasília, 2014.
- FUNASA. **Manual de fluoretação da água para consumo humano**. 1 ed. Brasília, 2012
- FUNASA. **Manual prático de Análise de água**. 4 ed. Brasília, 2013
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades. **Utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela FUNASA**, [S. l.], p. 40, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br>.
- GALVÃO, Cristina Maria; SAWADA, Namie Okino; TREVIZAN, Maria Auxiliadora. REVISÃO SISTEMÁTICA: RECURSO QUE PROPORCIONA A INCORPORAÇÃO DAS EVIDÊNCIAS NA PRÁTICA DA ENFERMAGEM. [S. l.], v. 12, n. 3, p. 549–556, 2004. Disponível em: [www.eerp.usp.br/rlaenf](http://www.eerp.usp.br/rlaenf). Acesso em: 1 nov. 2021.
- GERMANO DE ALMEIDA, Darne. Produção, Caracterização E Aplicação De Biossurfactante Como Agente De Remediação Em Ambiente Marinho. **Acta Veterinaria Brasilica**, [S. l.], p. 142, 2017. ISSN: 19815484.
- GOMES, Marco A. F. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã**. 2011. Disponível em: [http://webmail.cnpma.embrapa.br/down\\_hp/464.pdf](http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf). Acesso em 26 set. 2019
- GONÇALVES, Hortência de Abreu; NASCIMENTO, Marilene Batista da Cruz; NASCIMENTO, Kathia Cilene Santos. Revisão Sistemática e metanálise: níveis de evidência e validade científica. **Revista Eletrônica Debates em Educação**

- Científica e Tecnológica**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 193–211, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/197150437.pdf>.
- GOPAL, Krishna; TRIPATHY, Sushree Swarupa; BERSILLON, Jean Luc; DUBEY, Shashi Prabha. Chlorination byproducts, their toxicodynamics and removal from drinking water. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 140, n. 1–2, p. 1–6, 2007. ISSN: 03043894. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.10.063.
- GUO, H.; LEE, S. C.; CHAN, L. Y.; LI, W. M. Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments. **Environmental Research**, [S. l.], v. 94, n. 1, p. 57–66, 2004. ISSN: 00139351. DOI: 10.1016/S0013-9351(03)00035-5.
- GUPTA, Asmita; THAKUR, Indu Shekhar. Treatment of Organic Recalcitrant Contaminants in Wastewater. **Biological Wastewater Treatment and Resource Recovery**, [S. l.], p. 3–16, 2017. DOI: 10.5772/66346.
- HIGA, Teruo; WIDIDANA, G. N. The Concept and Theories of Effective Microorganisms T. Higa and G. N. Wididana University of the Ryukyus, Okinawa, Japan. **Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming**, [S. l.], p. 118–124, 1991.
- HIGGINS, J. P. T.; THOMPSON, S. G. T.; DEEKS, J. J.; ALTMAN, Douglas G. Measuring inconsistency in knowledgebases. **Journal of Intelligent Information System**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 159–184, 2006. ISSN: 09259902. DOI: 10.1007/s10844-006-2974-4.
- HSU, Angel; ZOMER, Alisa. Environmental Performance Index. **Wiley StatsRef: Statistics Reference Online**, [S. l.], p. 1–5, 2016. DOI: 10.1002/9781118445112.stat03789.pub2.
- KANNAN, Doraipandian; KUMAR, Sindhu Vaishnavi. Effective Microorganisms used in Domestic Effluent Treatment System. **Balwois**, Ohrid, n. p.1-5, maio 2012.
- KRINGEL, Dario; MALKUSCH, Sebastian; LÖTSCH, Jörn. Drugs and epigenetic molecular functions. A pharmacological data scientometric analysis. **International Journal of Molecular Sciences**, [S. l.], v. 22, n. 14, 2021. ISSN: 14220067. ISBN: 4969630143. DOI: 10.3390/ijms22147250.
- LANANAN, Fathurrahman; ABDUL HAMID, Siti Hajar; DIN, Wan Nur Sakinah; ALI, Nora'aini; KHATOON, Helena; JUSOH, Ahmad; ENDUT, Azizah. Symbiotic bioremediation of aquaculture wastewater in reducing ammonia and phosphorus utilizing Effective Microorganism (EM-1) and microalgae (*Chlorella* sp.). **International Biodeterioration and Biodegradation**, [S. l.], v. 95, n. PA, p. 127–134, 2014. ISSN: 09648305. DOI: 10.1016/j.ibiod.2014.06.013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.06.013>.
- LI, Xiaotian; GUO, Qizhong; WANG, Yintang; XU, Junzeng; WEI, Qi; CHEN, Lina; LIAO, Linxian. Enhancing nitrogen and phosphorus removal by applying effective microorganisms to constructed wetlands. **Water (Switzerland)**, [S. l.], v. 12, n. 9, p. 1–14, 2020. ISSN: 20734441. DOI: 10.3390/w12092443.

- LIN, Lifeng; CHU, Haitao. Quantifying publication bias in meta-analysis. **Biometrics**, [S. l.], v. 74, n. 3, p. 785–794, 2018. ISSN: 15410420. DOI: 10.1111/biom.12817.
- LOPES, Erik G. **Estudo comparativo de metodologias de DQO aplicada ao controle ambiental e de processos**. In: Congresso Metrologia. Fortaleza, 2017
- LOPES, Thiara R. **Caracterização do esgoto sanitário e lodo proveniente de reator anaeróbio e de lagoas de estabilização para avaliação da eficiência na remoção de contaminantes**. 2015. Dissertação (Mestrado em tecnologias ambientais) – Pós-graduação em tecnologias ambientais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2015.
- LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; ANDRETTA, I.; CARVALHO, A. D.; HAUSCHILD, L. Meta-análise em pesquisas científicas: enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S. l.], v. 36, n. suppl, p. 285–294, 2007. ISSN: 1516-3598. DOI: 10.1590/s1516-35982007001000026.
- LUO, Yusen; SALMAN, Muhammad; LU, Zhengnan. Heterogeneous impacts of environmental regulations and foreign direct investment on green innovation across different regions in China. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 759, p. 143744, 2021. ISSN: 18791026. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143744. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143744>.
- LURLING, Miquel; TOLMAN, Yora; EUWE, Marieke. Mitigating cyanobacterial blooms: How effective are “effective microorganisms”? **Lakes and Reservoirs: Research and Management**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 353–363, 2009. ISSN: 13205331. DOI: 10.1111/j.1440-1770.2009.00416.x.
- LURLING, Miquel; TOLMAN, Yora; VAN OOSTERHOUT, Frank. Cyanobacteria blooms cannot be controlled by Effective Microorganisms (EM®) from mud- or Bokashi-balls. **Hydrobiologia**, [S. l.], v. 646, n. 1, p. 133–143, 2010. ISSN: 00188158. DOI: 10.1007/s10750-010-0173-3.
- MACASKILL, Petra; WALTER, Stephen D.; IRWIG, Les. A comparison of methods to detect publication bias in meta-analysis. **Statistics in Medicine**, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 641–654, 2001. ISSN: 02776715. DOI: 10.1002/sim.698.
- management. **Modelling for Environment’s Sake: Proceedings of the 5th Biennial Conference of the International Environmental Modelling and Software Society, iEMs 2010**, [S. l.], v. 1, n. May 2014, p. 80–87, 2010 b. ISBN: 9788890357411.
- MANNARINO, Camille Ferreira et al. Avaliação de impactos do efluente do tratamento combinado de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico sobre a biota aquática. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 18, n. 11, p.3235-3243, nov. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-81232013001100014>.
- MAO, X.; SHAO, X.; YIN, C.; WANG, L.; CHANG, T.; WANG, W. Effects of nanosilica immobilised microbes on NH<sub>4</sub>-N removal of aquaculture effluent. **Materials Research Innovations**, [S. l.], v. 19, p. S5600–S5605, 2015. ISSN: 1433075X. DOI: 10.1179/1432891714Z.0000000001161.

- MASSARANDUBA. **Processo de tratamento de água**. 2019. Disponível em: <http://www.aguasdemassarandubasc.com.br/institucional/processo-de-tratamento-de-agua>. Acesso em 26 set. 2019
- MAURYA, P. K.; ALI, S. A.; AHMAD, A.; ZHOU, Q.; DA SILVA CASTRO, J.; KHANE, E.; ALI, A. An introduction to environmental degradation: Causes, consequence and mitigation. **Environmental Degradation: Causes and Remediation Strategies**, [S. l.], n. January, p. 1–20, 2020. DOI: 10.26832/aesa-2020-edcrs-01.
- MAZURKIEWICZ, Jakub; MAZUR, Agata; MAZUR, Robert; CHMIELOWSKI, Krzysztof; CZEKAŁA, Wojciech; JANCZAK, Damian. The process of microbiological remediation of the polluted słoneczko reservoir in poland: For reduction of water pollution and nutrients management. **Water (Switzerland)**, [S. l.], v. 12, n. 11, p. 1–19, 2020. ISSN: 20734441. DOI: 10.3390/w12113002.
- MEDEIROS, Clarice D. E.; FERREIRA, Chaves; GUATIMOSIM, Rafaela Ferreira; LUIZA, A. N. A.; TELES, Silva. **Medidas cienciométricas**. [s.l: s.n.]. ISBN: 9786599414206.
- MELLO, Lilian C. **Influência de variáveis de processo no desempenho de torre de resfriamento**. Dissertação (Engenharia). Universidade de São Paulo. 2008
- MENYA, E.; OLUPOT, P.W.; STORZ, H.; LUBWAMA, M.; KIROS, Y.. Production and performance of activated carbon from rice husks for removal of natural organic matter from water: a review. **Chemical Engineering Research And Design**, [S.L.], v. 129, p. 271-296, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2017.11.008>.
- MEYER, Sheila T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 99–110, 1994. ISSN: 0102-311X. DOI: 10.1590/s0102-311x1994000100011.
- MIERZWA, José C. HESPANHOL, Ivanildo. **Água na indústria: Uso racional e reuso**. Oficina de textos: São Paulo, 2014
- MISHRA, Sanjeet; JYOT, Jeevan; KUHAD, Ramesh C.; LAL, Banwari. Evaluation of Inoculum Addition To Stimulate In Situ Bioremediation of Oily-Sludge-Contaminated Soil. **Applied And Environmental Microbiology**, [S.L.], v. 67, n. 4, p. 1675-1681, abr. 2001. American Society for Microbiology. <http://dx.doi.org/10.1128/aem.67.4.1675-1681.2001>.
- MISTURA, Marcelo. **Caracterização e monitoramento da qualidade da água do Lago Municipal de Dois Vizinhos, Lago Dourado**. Monografia (Licenciatura em química). Universidade Federal da Fronteira Sul. 2015
- MOHAMAD, K. A.; MOHD, S. Y.; SARAH, R. S.; MOHD, H. Z.; RASYIDAH, A. Total nitrogen and total phosphorus removal from brackish aquaculture wastewater using effective microorganism. **AIP Conference Proceedings**, [S. l.], v. 1885, 2017. ISSN: 15517616. ISBN: 9780735415652. DOI: 10.1063/1.5002321.



- MOHER, David; LIBERATI, Alessandro; TETZLAFF, Jennifer; ALTMAN, Douglas G.; GROUP, The Prisma. Preferred Reporting ItEM for Systematic Reviews and Meta-Analyses : The PRISMA Statement. [S. l.], v. 6, n. 7, 2009. ISBN: 2006062298. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- MOOGHALI, A.; ALIJANI, R.; KARAMI, N.; KHASSEH, A. Scientometric Analysis of the Scientometric Literature. **International Journal of Information Science and Management**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 19–31, 2011. ISSN: 20088302.
- MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzani. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, [S. l.], v. 36, n. 3, p. 370–374, 2002. DOI: 10.1590/s0034-89102002000300018.
- MORLEY, Neil J. Environmental risk and toxicology of human and veterinary waste pharmaceutical exposure to wild aquatic host-parasite relationships. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 161–175, 2009. ISSN: 13826689. DOI: 10.1016/j.etap.2008.11.004.
- NAMSIVAYAM, S. Karthick Raja; NARENDRAKUMAR, G.; KUMAR, J. Arvind. Evaluation of Effective Microorganism (EM) for treatment of domestic sewage. **Journal Of Experimental Sciences**, Chennai, v. 2, n. 7, p.30-32, 2011.
- NUENGJAMNONG, Chackrit; LUANGTONGKUM, Taradon. Effects of effective microorganisms on growth performances, ammonia reduction, hematological changes and shedding of Salmonella enterica and Campylobacter spp. in broilers. **Thai Journal of Veterinary Medicine**, [S. l.], v. 44, n. 1, p. 15–22, 2014. ISSN: 01256491.
- OEHMEN, Adrian; SAUNDERS, Aaron M.; VIVES, M. Teresa; YUAN, Zhiguo; KELLER, Jürg. Competition between polyphosphate and glycogen accumulating organisms in enhanced biological phosphorus removal systEM with acetate and propionate as carbon sources. **Journal of Biotechnology**, [S. l.], v. 123, n. 1, p. 22–32, 2006. ISSN: 01681656. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2005.10.009.
- OLIVEIRA, Paulo Costa de; DUTRA, Andressa Moraes; CERUTI, Fabiane Cristina. Qualidade das Águas Superficiais e o Uso da Terra: Estudo de Caso Pontual em Bacia Hidrográfica do Oeste do Paraná. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.32-43, 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.005>.
- PARK, Gun Seok; KHAN, Abdur Rahim; KWAK, Yunyoung; HONG, Sung Jun; JUNG, Byung Kwon; ULLAH, Ihsan; KIM, Jong Guk; SHIN, Jae Ho. An improved effective microorganism (EM) soil ball-making method for water quality restoration. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 1100–1107, 2016. ISSN: 16147499. DOI: 10.1007/s11356-015-5617-x.
- PARRA, Maurício Rodrigues; COUTINHO, Renato Xavier; PESSANO, Edward Frederico Castro. Um Breve Olhar Sobre a Cienciometria: Origem, Evolução, Tendências E Sua Contribuição Para O Ensino De Ciências. **Revista Contexto & Educação**, [S. l.], v. 34, n. 107, p. 126–141, 2019. ISSN: 0102-8758. ISBN: 0000000221. DOI: 10.21527/2179-1309.2019.107.126-141.

- PEREIRA, Régis S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista eletrônica de recursos hídricos**. v.1, n.1 p. 20-36. Porto alegre, 2004.
- PETERS, Jaime L.; SUTTON, Alex J.; JONES, David R.; ABRAMS, Keith R.; RUSHTON, Lesley. Contour-enhanced meta-analysis funnel plots help distinguish publication bias from other causes of asymmetry. **Journal of Clinical Epidemiology**, [S. l.], v. 61, n. 10, p. 991–996, 2008. ISSN: 08954356. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2007.11.010.
- PINTO, Nelson G. M.; CORONEL, Daniel A.; LOPES, Mygre M.; SILVA, Rodrigo A. A degradação ambiental no brasil: uma análise das evidências empíricas. In: SEMINÁRIO DE JOVENS PESQUISADORES EM ECONOMIA E DESENVOLVIMENTO 2013, **Anais [...]**. [s.l: s.n.] p. 1–16.
- PRADO, Aline D. **Associação entre anticorpos anticardioplipina e pré-eclâmpsia: revisão sistemática da literatura e metanálise**. Dissertação (Mestrado em Medicina e Ciências da Saúde) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010
- RASHED, Ehab M.; MASSOUD, Mohamed. The effect of effective microorganisms (EM) on EBPR in modified contact stabilization system. **HBRC Journal**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 384–392, 2015. ISSN: 1687-4048. DOI: 10.1016/j.hbrcj.2014.06.011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hbrcj.2014.06.011>.
- RASHID, M. T.; WEST, J.. Dairy Wastewater Treatment with Effective Microorganisms and Duckweed for Pollutants and Pathogen Control. **Wastewater Reuse–risk Assessment, Decision-making And Environmental Security**, [s.l.], p.93-102, 2007. Springer Netherlands. [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-6027-4\\_10](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-6027-4_10).
- RF, Sampaio; MANCINI MC, E. ESTUDOS DE REVISÃO SISTEMÁTICA: UM GUIA PARA SÍNTESE CRÍTICA DA EVIDÊNCIA CIENTÍFICA. **Rev. bras. fisioter**, [S. l.], p. 83–89, 2007. ISSN: 1413-3555. Disponível em: [www.bireme.br](http://www.bireme.br). Acesso em: 1 nov. 2021.
- RISTOIU, Dumitru; VON GUNTEN, Urs; MOCAN, Aurel; CHIRA, Romeo; SIEGFRIED, Barbara; HAYDEE KOVACS, Melinda; VANCEA, Sidonia. Trihalomethane formation during water disinfection in four water supplies in the Somes river basin in Romania. **Environmental science and pollution research international**, [S. l.], v. 16 Suppl 1, 2009. ISSN: 16147499. DOI: 10.1007/s11356-009-0100-1.
- RODRIGUES, Kelly; BASTOS VIDAL, Carla; VINÍCIUS FREIRE ANDRADE, Marcus; RONALD PESSOA-WANDERLEY PROFESSOR ME, Carlos; CRISTINA SILVEIRA DUARTE, Iolanda; MARINHO PROFESSOR DRA, Glória. Influência Da Glicose E Da Concentr. Do Inóculo Fúngico No Tratam. De Efluente Da Castanha De Caju
- Influência Da Glicose E Da Concentração Do Inóculo Fúngico No Tratamento De Efluente Da Castanha De Caju. [S. l.], n. 1, p. 41–51, 2010.

- ROSLEE, Ahmad Fareez Ahmad; AHMAD, Siti Aqlima; GOMEZ-FUENTES, Claudio; SHAHARUDDIN, Noor Azmi; KHALIL, Khalilah Abdul; ZULKHARNAIN, Azham. Scientometric analysis of diesel pollutions in antarctic territories: A review of causes and potential bioremediation approaches. **Sustainability (Switzerland)**, [S. l.], v. 13, n. 13, 2021. ISSN: 20711050. DOI: 10.3390/su13137064.
- SANTAELLA, Sandra T. et al. Tratamento de efluentes de refinaria de petróleo em reatores com *Aspergillus niger*. **Eng Sanit Ambient**. v.14 n.1. jan/mar 2009. 139-148
- SCHENCK ZU SCHWEINSBERG-MICKAN, Mario; MÜLLER, Torsten. Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic-matter decomposition, and plant growth. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [S. l.], v. 172, n. 5, p. 704–712, 2009. ISSN: 14368730. DOI: 10.1002/jpln.200800021.
- SCHMITZ, Angela C. **Avaliação comparativa de metodologias de análise de demanda química de oxigênio - DQO**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004
- SOMMERS, L. E. Chemical Composition of Sewage Sludges and Analysis of Their Potential Use as Fertilizers. **Journal of Environmental Quality**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 225–232, 1977. ISSN: 0047-2425. DOI: 10.2134/jeq1977.00472425000600020026x.
- SONG, Malin; WANG, Shuhong; ZHANG, Hongyan. Could environmental regulation and R&D tax incentives affect green product innovation? **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 258, p. 120849, 2020. ISSN: 09596526. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120849. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120849>.
- SOUSA, Cinthia Lemos Reial. Determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em água e material particulado em suspensão na Baía de Todos os Santos e Aratu. [S. l.], p. 0–88, 2016.
- SURYAWAN, I. Wayan Koko; PRAJATI, Gita; AFIFAH, Anshah Silmi; APRITAMA, Muhammad Rizki; ADICITA, Yosef. Continuous Piggery Wastewater Treatment With Anaerobic Baffled Reactor (Abr) By Bio-Activator Effective Microorganisms (Em4). **Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 1, 2019. ISSN: 2579-9150. DOI: 10.25105/urbanenvirotech.v3i1.5095.
- STRZYSZCZ, Z.; MAGIERA, T.. Magnetic susceptibility and heavy metals contamination in soils of Southern Poland. **Physics And Chemistry Of The Earth**, [S.L.], v. 23, n. 9-10, p. 1127-1131, 1998. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0079-1946\(98\)00140-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0079-1946(98)00140-2).
- SZYMANSKI, Nathan; A PATTERSON, Robert. Effective Microorganisms (EM) and wastewater system. **Future Directions For On-site System**, Armidale, p.347-354, out. 2003.

- SZYMANOWSKA, A.; SAMECKA-CYMERMAN, A.; KEMPERS, A.J.. Heavy Metals in Three Lakes in West Poland. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [S.L.], v. 43, n. 1, p. 21-29, maio 1999. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1006/eesa.1998.1747>.
- TALLANT, Steven H. **Meta-analysis**. [s.l.: s.n.]. v. 9 ISSN: 15409481. ISBN: 0892326360. DOI: 10.1300/J009v09n03\_06.
- TEIXEIRA, Nilva Teresinha; WITT, Lucas de; SILVA FILHO, Paulo Roberto Ribeiro da. Microrganismos de regeneração nas propriedades químicas do solo, desenvolvimento e produção de milho. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 14, n. 2, p.72-80, jul. 2017.
- TERA AMBIENTAL. **Estação de Tratamento de Esgoto: conheça as principais etapas**. 2018. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/estacao-de-tratamento-de-esgoto-etapas-dos-tratamentos>. Acesso em 01 dez. 2019
- TERA AMBIENTAL. **Saiba a diferença entre esgoto sanitário e efluentes industriais**. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/314718/saiba-a-diferen-a-entre-esgoto-sanit-rio-e-efluente-industrial>. Acesso em 30 nov. 2019
- THILLAINAYAGAM, Bhagavathi Pushpa; SARAVANAN, Praveen; RAVINDIRAN, Gokulan; JOSEPHRAJ, Jegan. Continuous sorption of methylene blue dye from aqueous solution using effective microorganisms-based water hyacinth waste compost in a packed column. **Biomass Conversion and Biorefinery**, [S. l.], n. January, 2021. ISSN: 21906823. ISBN: 1339902001. DOI: 10.1007/s13399-020-01208-9.
- THORNTON, Alison; LEE, Peter. Publication bias in meta-analysis: Its causes and consequences. **Journal of Clinical Epidemiology**, [S. l.], v. 53, n. 2, p. 207–216, 2000. ISSN: 08954356. DOI: 10.1016/S0895-4356(99)00161-4.
- TING, Adeline Su Yien; RAHMAN, Nurul Hidayah Abdul; ISA, Mohamed Ikmal Hafiz Mahamad; TAN, Wei Shang. Investigating metal removal potential by Effective Microorganisms (EM) in alginate-immobilized and free-cell forms. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 147, p. 636–639, 2013. ISSN: 18732976. DOI: 10.1016/j.biortech.2013.08.064. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.08.064>.
- TRATA BRASIL. **Saneamento e saúde: água. 2019**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>. Acesso em: 09 de set. 2019.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME UNEP. Healthy Environment, Healthy People. **Public Health**, [S. l.], v. 119, n. 11, p. 952–953, 2016. ISBN: 9211169437.
- VALARINI, P. J.; ALVAREZ, M. C. D.; GASCÓ, J. M.; GUERRERO, F.; TOKESHI, H. Assessment of Soil Properties By Organic Matter and Em-Microorganism. [S. l.], n. 1, p. 519–525, 2003.

- VICENTE, Nelma Ferreira de Paula; MARAFELI, Érica Alves Marques; OLIVEIRA, Júlia Assunção de Castro; TOMITA, José Luiz Choiti; PICCOLI, Roberta Hilsdorf. Uma revisão bibliográfica sobre bokashi dos últimos 20 anos. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 10, p. e279108339, 2020. ISSN: 2525-3409. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8339. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8339>.
- VIEIRA, Daniela Sayão; CAMMAROTA, Magali Christe; CAMPORESE, Eliana Flávia Sérvulo. Redução de contaminantes presentes na água de produção de Petróleo. **2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás**, [S. l.], 2003.
- VILLANUEVA, C. M.; KOGEVINAS, M.; GRIMALT, J. O. Chlorination of drinking water in Spain and bladder cancer. **Gaceta sanitaria / S.E.S.P.A.S**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 48–53, 2001. ISSN: 15781283. DOI: 10.1016/S0213-9111(01)71517-8. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0213-9111\(01\)71517-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0213-9111(01)71517-8).
- VON SPERLING, Marcos. **Introdução a qualidade de água e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte, 2014.
- VOUTSAS, Epaminondas; MAGOULAS, Kostis; TASSIOS, Dimitrios. Prediction of the bioaccumulation of persistent organic pollutants in aquatic food webs. **Chemosphere**, [s.l.], v. 48, n. 7, p.645-651, ago. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0045-6535\(02\)00144-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0045-6535(02)00144-3).
- WAHID, Wahidah; AZMAN, Shamila. Improvement of Water Quality using Effective Microorganisms. **Environmental Engineering and Hydrology**, [S. l.], v. 3, p. 57–66, 2016.
- WALTER, Monika; BOYD-WILSON, Kirsty; BOUL, Lawrence; FORD, Chris; MCFADDEN, Derek; CHONG, Bob; PINFOLD, James. Field-scale bioremediation of pentachlorophenol by *Trametes versicolor*. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [S.L.], v. 56, n. 1, p. 51-57, jul. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2005.05.003>.
- WANG, Liangkai; SHAO, Xiaohou; XU, Ming; CHEN, Shuang. Bioremediation of nitrogen-and phosphorus-polluted aquaculture sediment by utilizing combined immobilized effective microorganisms and sediment aeration technology. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, [S. l.], v. 12, n. 6, p. 192–201, 2019. ISSN: 19346352. DOI: 10.25165/j.ijabe.20191206.4904.
- WIPO. **Global Innovation Index 2021**. [s.l: s.n.]. ISBN: 9789280532494. Disponível em: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_gii\\_2021.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf).
- YOON, Hyung-sun; LIM, Ik-hyun; SEO, Seong-gyu; CHOI, Jeongdong; PARK, Won-chun; KIM, Eun-sik. Environmental Applications of Nano-Sized Recycled Aggregates : The Effect of Sterilization and Adsorption. [S. l.], v. 18, n. 3, p. 2113–2116, 2018. DOI: 10.1166/jnn.2018.14941.
- YOUSIF, N. et al. No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. **Journal of Physical Therapy Science**, [S. l.], v. 9, n.

1, p. 1–11, 2018. ISSN: 0915-5287. ISBN: 1111111111. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.07.010><http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2014.07.001><https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.08.006><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24582474><https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.12.007>

ZAKARIA, Zuraini; GAIROLA, Sanjay; SHARIFF, Noresah Mohd. Effective microorganisms (EM) technology for water quality restoration and potential for sustainable water resources and management. **Modelling for Environment's Sake: Proceedings of the 5th Biennial Conference of the International Environmental Modelling and Software Society, iEMs 2010**, [S. l.], v. 1, p. 80–87, 2010 a. ISBN: 9788890357411.

ZAKARIA, Zuraini; GAIROLA, Sanjay; SHARIFF, Noresah Mohd. Effective microorganisms (EM) technology for water quality restoration and potential for sustainable water resources and

ZAKARIA, Zuraini; GAIROLA, Sanjay; SHARIFF, Noresah Mohd. Effective Microorganisms (EM) Technology for Water Quality Restoration and Potential for Sustainable Water Resources and Management. **International Environmental Modelling And Software Society**, Penang, p.1-8, 2010.

## 6 ANEXO I

Tabela 7 – Dados dos documentos utilizados para realização da meta-análise

DOI	AUTOR	ANO	CONC.	TIPO	PARÂM.	NE	ME	SDE	NC	MC	SDC
	DIN	2015	5 ML/L	Esgoto	COD	3	479,298	6,931	3	444,562	70,703
	DIN	2015	5 ML/L	Esgoto	COD	3	465,403	4,486	3	427,194	68,969
	DIN	2015	5 ML/L	Esgoto	COD	3	138,929	20,420	3	194,492	14,532
	DIN	2015	5 ML/L	Esgoto	COD	3	361,210	34,712	3	316,053	68,561
	DIN	2015	5 ML/L	Esgoto	COD	3	451,509	42,428	3	465,403	89,716
	DIN	2015	5 ML/L	Esgoto	COD	3	663,369	60,745	3	646,001	80,944
10.1016/j.ibiod.2014.06.013	LANANAN	2014	0.5ML/L	Água residual	PO4	3	0,917	0,114	3	5,207	0,319
	LANANAN	2014	1.5ML/L	Água residual	PO4	3	0,619	0,035	3	5,207	0,319
	LANANAN	2014	2.5ML/L	Água residual	PO4	3	0,995	0,093	3	5,207	0,319
0.12911/22998993/99787	BORUSZKO	2019	2.5ML/L	Lodo	PAHs	3	1123	54,4	3	1383,7	48,5
	BORUSZKO	2019	2.5ML/L	Lodo	PAHs	3	893,7	29,2	3	1149	42,8
	BORUSZKO	2019	2.5ML/L	Lodo	PAHs	3	240	19,4	3	795,3	25,1
	BORUSZKO	2019	2.5ML/L	Lodo	PAHs	3	171	10,7	3	514	22,2
10.25165/j.ijabe.20191	WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	OD	3	1,7	0,12	3	1,69	0,11
	WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	OD	3	1,47	0,13	3	1,59	0,11
	WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	OD	3	0,81	0,28	3	1,611	0,09
	WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	OD	3	0,4	0,15	3	1,41	0,11
	WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	OD	3	0,41	0,24	3	1,3	0,12
	WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	OD	3	0,51	0,25	3	1,123	0,17
	WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	OD	3	0,49	0,29	3	1,074	0,19
	WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	OD	3	0,42	0,2	3	0,98	0,1
	WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH4	3	5,37	0,65	3	3,18	0,65
	WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH4	3	3,16	0,3	3	3,34	0,26
	WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH4	3	4,38	0,39	3	3,97	0,28

WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH4	3	5,29	0,47	3	4,16	0,34	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH4	3	4,51	0,27	3	4,36	0,29	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH4	3	4,04	0,33	3	4,97	0,52	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH4	3	3,73	0,36	3	5,27	0,5	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH4	3	3,71	0,34	3	5,32	0,21	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH3	3	0,49	0,1	3	0,49	0,08	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH3	3	0,55	0,096	3	0,43	0,11	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH3	3	0,98	0,144	3	0,4	0,11	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH3	3	1,37	0,16	3	0,43	0,08	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH3	3	1,63	0,17	3	0,4	0,1	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH3	3	1,2	0,1	3	0,39	0,09	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH3	3	1,34	0,2	3	0,37	0,11	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NH3	3	1,27	0,3	3	0,35	0,13	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NT	3	10,82	1,01	3	10,2	0,75	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NT	3	12,9	1,16	3	10,9	0,84	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NT	3	10,55	0,89	3	11,26	0,48	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NT	3	9,24	1,02	3	11,78	1,9	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NT	3	8,69	0,98	3	12,33	1,03	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NT	3	8,71	1,42	3	12,22	1,15	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NT	3	8,69	0,75	3	12,96	1,02	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	NT	3	9,46	1,11	3	13,24	0,89	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	PT	3	0,25	0,04	3	0,25	0,03	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	PT	3	0,39	0,05	3	0,43	0,05	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	PT	3	0,48	0,05	3	0,58	0,06	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	PT	3	0,53	0,05	3	0,59	0,04	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	PT	3	0,58	0,04	3	0,66	0,03	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	PT	3	0,64	0,05	3	0,65	0,03	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	PT	3	0,66	0,03	3	0,69	0,04	
WANG	2019	0.5ML/L	Lodo	PT	3	0,67	0,03	3	0,25	0,02	
10.1080/10962247.2018.1552215	WANG-DIAO	2019	6ML/L	Lodo	pH	3	5,59	0	3	5,87	0,02



	WANG-DIAO	2019	6ML/L	Lodo	TOC	3	297,65	6,36	3	376,81	89,91
	WANG-DIAO	2019	6ML/L	Lodo	NT	3	33,47	0,58	3	41,17	0,39
	WANG-DIAO	2019	6ML/L	Lodo	PT	3	21,93	0,41	3	20,23	0,17
	WANG-DIAO	2019	6ML/L	Lodo	PAHs	3	4,17	0,07	3	6,43	0,34
10.1007/978-1-4020-6027-4_10	WEST	2005	0.1ml/l	Água residual	DBO	3	40,2	2,01	3	53,6	2,01
	WEST	2005	0.1ml/l	Água residual	NH4	3	38,08	2,665	3	3	57,12
	WEST	2005	0.1ml/l	Água residual	NO3	3	3,819	0,42	3	4,221	0,38
	WEST	2005	0.1ml/l	Água residual	PT	3	15,95	1,565	3	18,026	1,87
	MAALIM	2013	5ML/L	Água residual	COD	3	35,4633	3,546	3	54,74	7,38
10.25165/j.ijabe.20191206.4904	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NH4	3	50,48	1,99	3	50,09	2,11
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NH4	3	48,37	2,51	3	44,27	4,36
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NH4	3	49,29	3,44	3	42,29	3,04
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NH4	3	20,48	6,47	3	40,57	4,63
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NH4	3	13,48	3,83	3	40,57	5,42
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NH4	3	15,59	5,55	3	41,23	2,38
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NH4	3	13,084	3,44	3	39,25	3,31
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NH4	3	12,69	2,51	3	32,59	3,04
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NT	3	55,8	2,67	3	55,29	3,26
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NT	3	52,63	3,25	3	51,35	4,88
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NT	3	50,83	3,26	3	41,24	3
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NT	3	48,95	6,77	3	38,5	4,43
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NT	3	45,44	3,94	3	37,64	3,68
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NT	3	36,87	4,28	3	38,33	4,37
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NT	3	32,33	4,87	3	37,73	3,77
	SHAO	2019	0.9ml/l	Água residual	NT	3	33,27	3,68	3	38,5	3,26
	CHMIELOWSKI	2020	5X106 UFC/ML	Água residual	pH	10	8,26	1,84	10	8,71	2,29
	CHMIELOWSKI	2020	5X106 UFC/ML	Água residual	pH	10	6,68	0,22	10	7,07	0,39
	CHMIELOWSKI	2020	5X106 UFC/ML	Água residual	pH	10	7,66	1,47	10	7,33	1,49
	CHMIELOWSKI	2020	5X103 UFC/ML	Água residual	pH	10	8,81	2,14	10	8,71	2,29
	CHMIELOWSKI	2020	5X103 UFC/ML	Água residual	pH	10	6,95	0,28	10	7,07	0,39

CHMIELOWSKI	2020	5X103 UFC/ML	Água residual	pH	10	7,63	1,42	10	7,33	1,49				
CHMIELOWSKI	2020	5X106 UFC/ML	Água residual	O2	10	5,39	2,11	10	5,18	1,66				
CHMIELOWSKI	2020	5X106 UFC/ML	Água residual	O2	10	4,21	0,25	10	4,31	0,21				
CHMIELOWSKI	2020	5X106 UFC/ML	Água residual	O2	10	2,8	1,4	10	3,2	1,33				
CHMIELOWSKI	2020	5X103 UFC/ML	Água residual	O2	10	5,18	1,93	10	5,18	1,66				
CHMIELOWSKI	2020	5X103 UFC/ML	Água residual	O2	10	4,26	0,41	10	4,31	0,21				
CHMIELOWSKI	2020	5X103 UFC/ML	Água residual	O2	10	2,57	1,53	10	3,2	1,33				
CHMIELOWSKI	2020	5X106 UFC/ML	Água residual	COD	10	212,119	10,203	10	217,251	5,735				
CHMIELOWSKI	2020	5X106 UFC/ML	Água residual	COD	10	147,925	49,052	10	174,690	39,026				
CHMIELOWSKI	2020	5X106 UFC/ML	Água residual	COD	10	90,629	38,526	10	74,504	51,721				
CHMIELOWSKI	2020	5X103 UFC/ML	Água residual	COD	10	225,796	11,358	10	217,251	5,735				
CHMIELOWSKI	2020	5X103 UFC/ML	Água residual	COD	10	194,746	77,061	10	174,690	39,026				
CHMIELOWSKI	2020	5X103 UFC/ML	Água residual	COD	10	85,803	28,590	10	74,504	51,721				
CHMIELOWSKI	2020	5X106 UFC/ML	Água residual	BOD5	10	81,193	39,307	10	77,879	42,621				
CHMIELOWSKI	2020	5X106 UFC/ML	Água residual	BOD5	10	115,993	4,507	10	115,367	5,133				
CHMIELOWSKI	2020	5X106 UFC/ML	Água residual	BOD5	10	76,361	44,139	10	96,147	24,353				
CHMIELOWSKI	2020	5X103 UFC/ML	Água residual	BOD5	10	60,973	59,527	10	77,879	42,621				
CHMIELOWSKI	2020	5X103 UFC/ML	Água residual	BOD5	10	116,451	4,049	10	115,367	5,133				
CHMIELOWSKI	2020	5X103 UFC/ML	Água residual	BOD5	10	78,891	41,609	10	96,147	24,353				
10.1088/1755-1315/404/1/012026				IRNAWATI	2020	12.5ML/L	Água residual	COD	3	81,64	0,01	3	136,05	0,07
				IRNAWATI	2020	25 ML/L	Água residual	COD	3	593,82	1,77	3	136,05	0,07
				IRNAWATI	2020	50 ML/L	Água residual	COD	3	964,05	0,21	3	136,05	0,07
				IRNAWATI	2020	12.5ML/L	Água residual	BOD	3	20,91	0,95	3	102,95	0,09
				IRNAWATI	2020	25 ML/L	Água residual	BOD	3	370,2	83,95	3	102,95	0,09
				IRNAWATI	2020	50 ML/L	Água residual	BOD	3	540,87	3,94	3	102,95	0,09
				IRNAWATI	2020	12.5ML/L	Água residual	pH	3	7,35	0,02	3	7,36	0,02
				IRNAWATI	2020	25 ML/L	Água residual	pH	3	7,55	0,01	3	7,36	0,02
				IRNAWATI	2020	50 ML/L	Água residual	pH	3	7,11	0,01	3	7,36	0,02
				IRNAWATI	2020	12.5ML/L	Água residual	NH4	3	1,69	0,39	3	3,24	0,01
				IRNAWATI	2020	25 ML/L	Água residual	NH4	3	0,73	0,44	3	3,24	0,01

	IRNAWATI	2020	50 ML/L	Água residual	NH4	3	0,24	0,11	3	3,24	0,01
10.1016/j.bjm.2016.12.011	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	2,36	0,64	3	2,3	0,61
	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	3,31	0,71	3	5,8	0,66
	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	5,8	0,55	3	8,82	0,6
	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	8,01	0,42	3	10,13	0,48
	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	7,56	0,41	3	9,12	0,5
	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	5,15	0,63	3	9,18	0,64
	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	4,97	0,63	3	8,57	0,93
	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	4,84	0,74	3	8,54	0,77
	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	4,52	0,58	3	8,12	0,74
	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	4,42	0,61	3	7,97	0,66
	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	4,28	0,61	3	8,07	0,85
	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	4,15	0,48	3	7,84	0,51
	ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	4,01	0,5	3	7,87	0,58
ZHAO	2016	10ML/L	Esgoto	NH3	3	4,1	0,61	3	7,84	0,71	
10.1109/ESIAT.2009.381	TANG	2010	0.5ML/L	Água	NH4	3	0,403	0,197	3	0,421	0,232
	TANG	2010	0.5ML/L	Água	NO2	3	0,013	0,016	3	0,009	0,018
	TANG	2010	0.5ML/L	Água	NO3	3	0,026	0,032	3	0,025	0,028
	TANG	2010	0.5ML/L	Água	PO4	3	0,544	0,459	3	0,492	0,395
	TANG	2010	0.5ML/L	Água	NT	3	2,956	1,467	3	2,183	1,413
	TANG	2010	0.5ML/L	Água	PT	3	0,981	0,47	3	0,881	0,374
	TANG	2010	0.5ML/L	Água	COD	3	16,7	0,06	3	16,23	0,6
10.1002/jctb.4674	PARK	2016	50ML/L	Água	pH	3	6,5	0,06	3	7,3	0,04
	PARK	2016	50ML/L	Água	pH	3	7	0,03	3	7,3	0,02
	PARK	2016	50ML/L	Água	OD	3	6,4	0,01	3	6,3	0,03
	PARK	2016	50ML/L	Água	OD	3	6,3	0,02	3	6,3	0,01
	PARK	2016	50ML/L	Água	PT	3	0,55	0,02	3	0,59	0,08
	PARK	2016	50ML/L	Água	PT	3	0,55	0,01	3	0,56	0,03
	PARK	2016	50ML/L	Água	NT	3	4,6	0,1	3	4,5	0
	PARK	2016	50ML/L	Água	NT	3	4,5	0,01	3	4,5	0,07

	PARK	2013	0.14 ML/L	Água	pH	2	9,31	0,008	2	9,42	0,011
	PARK	2013	0.43 ML/L	Água	pH	2	8,73	0,002	2	9,42	0,011
	PARK	2013	1 ML/L	Água	pH	2	7,81	0,001	2	9,42	0,011
	PARK	2013	1.43 ML/L	Água	pH	2	7,83	0,001	2	9,42	0,011
	PARK	2013	2.14 ML/L	Água	pH	2	7,85	0,001	2	9,42	0,011
	PARK	2013	0.14 ML/L	Água	OD	2	9,65	0,001	2	6,87	0,001
	PARK	2013	0.43 ML/L	Água	OD	2	8,5	0,001	2	6,87	0,001
	PARK	2013	1 ML/L	Água	OD	2	8,4	0,001	2	6,87	0,001
	PARK	2013	1.43 ML/L	Água	OD	2	7,73	0,001	2	6,87	0,001
	PARK	2013	2.14 ML/L	Água	OD	2	6,33	0,001	2	6,87	0,001
	PARK	2013	0.14 ML/L	Água	PO4	2	0,24	0,001	2	0,17	0,001
	PARK	2013	0.43 ML/L	Água	PO4	2	0,21	0,001	2	0,17	0,001
	PARK	2013	1 ML/L	Água	PO4	2	0,18	0,001	2	0,17	0,001
	PARK	2013	1.43 ML/L	Água	PO4	2	0,14	0,001	2	0,17	0,001
	PARK	2013	2.14 ML/L	Água	PO4	2	0,16	0,001	2	0,17	0,001
	PARK	2013	0.14 ML/L	Água	NH3	2	0,04	0,003	2	0,03	0,003
	PARK	2013	0.43 ML/L	Água	NH3	2	0,17	0,003	2	0,03	0,003
	PARK	2013	1 ML/L	Água	NH3	2	0,32	0,003	2	0,03	0,003
	PARK	2013	1.43 ML/L	Água	NH3	2	0,26	0,003	2	0,03	0,003
	PARK	2013	2.14 ML/L	Água	NH3	2	0,18	0,003	2	0,03	0,003
10.4172/1948-5948.1000051	MONICA	2011	1ML/L	Esgoto	COD	3	448,56	68,39	3	571,26	69,36
	MONICA	2011	1ML/L	Esgoto	COD	3	325,86	116,67	3	549,14	114,66
	MONICA	2011	1ML/L	Esgoto	COD	3	215,23	122,7	3	488,8	124,71
	MONICA	2011	1ML/L	Esgoto	COD	3	293,68	112,64	3	444,5	112,66
	MONICA	2011	1ML/L	Esgoto	COD	3	337,93	98,57	3	408,3	94,54
	MONICA	2011	3 ML/L	Esgoto	COD	3	368,103	64,37	3	571,26	69,36
	MONICA	2011	3 ML/L	Esgoto	COD	3	181,03	118,67	3	549,14	114,66
	MONICA	2011	3 ML/L	Esgoto	COD	3	94,54	124,91	3	488,8	124,71
	MONICA	2011	3 ML/L	Esgoto	COD	3	138,79	114,21	3	444,5	112,66
	MONICA	2011	3 ML/L	Esgoto	COD	3	199,14	94,54	3	408,3	94,54

	MONICA	2011	5 ML/L	Esgoto	COD	3	452,59	66,39	3	571,26	69,36
	MONICA	2011	5 ML/L	Esgoto	COD	3	305,75	122,67	3	549,14	114,66
	MONICA	2011	5 ML/L	Esgoto	COD	3	305,75	124,69	3	488,8	124,71
	MONICA	2011	5 ML/L	Esgoto	COD	3	295,7	114,62	3	444,5	112,66
	MONICA	2011	5 ML/L	Esgoto	COD	3	392,24	90,48	3	408,3	94,54
	MONICA	2011	7 ML/L	Esgoto	COD	3	520,98	164,94	3	571,26	69,36
	MONICA	2011	7 ML/L	Esgoto	COD	3	450,57	154,88	3	549,14	114,66
	MONICA	2011	7 ML/L	Esgoto	COD	3	418,39	56,32	3	488,8	124,71
	MONICA	2011	7 ML/L	Esgoto	COD	3	492,81	116,67	3	444,5	112,66
	MONICA	2011	7 ML/L	Esgoto	COD	3	488,79	90,53	3	408,3	94,54
	MONICA	2011	9 ML/L	Esgoto	COD	3	573,26	68,39	3	571,26	69,36
	MONICA	2011	9 ML/L	Esgoto	COD	3	537,07	118,68	3	549,14	114,66
	MONICA	2011	9 ML/L	Esgoto	COD	3	424,64	139,2	3	488,8	124,71
	MONICA	2011	9 ML/L	Esgoto	COD	3	492,82	119,7	3	444,5	112,66
	MONICA	2011	9 ML/L	Esgoto	COD	3	518,96	96,27	3	408,3	94,54
10.1109/ESIAT.2009.381	TANG-WANG	2009	0.2 ML/L	Petróleo	TPH	3	2,888	0,033	3	3,669	0,068
10.2134/jeq2015.11.0568	BASTAMI	2013	0.5 ml/L	Lodo	pH	5	7,4	0,1	5	7,8	0,1
	BASTAMI	2013	0.5 ml/L	Lodo	pH	5	7,4	0,2	5	7,8	0
	BASTAMI	2013	0.5 ml/L	Lodo	NH4	5	0,9	0,09	5	0,8	0,08
	BASTAMI	2013	0.5 ml/L	Lodo	NH4	5	0,8	0,08	5	1	0,12
	BASTAMI	2013	0.5 ml/L	Lodo	NT	5	4,9	0,3	5	4,5	0,17
	BASTAMI	2013	0.5 ml/L	Lodo	NT	5	4	0,17	5	4,5	0,27