



Ação de Microrganismos Eficientes (EM) no tratamento de água e efluentes: uma revisão meta-analítica

Action of Efficient Microorganisms (EM) in water and effluent treatment: a meta-analytic review

Alex Batista Trentin*, Deborah Catharine de Assis Leite†

RESUMO

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. 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 e Microsoft Excel. De forma geral, o resultado da meta-análise demonstra que os EM têm efeito na remediação de amostras ambientais, por meio da degradação de compostos ($E+ = -0.48$; $CI = -0.63, -0.22$), com principal efeito na degradação de amônio e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA). Se fazem necessárias mais análises para avaliar os motivos da heterogeneidade da pesquisa, bem como para avaliar o real efeito dos EMs em processos de remediação, contudo, este trabalho pode auxiliar novas tecnologias, mostrando os efeitos significativos e não significativos dos EMs em degradação de compostos.

Palavras-chave: Microrganismos Eficazes, Bokashi, Bioremediação.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of EMs on the remediation of water and sewage samples, through a literature review using meta-analysis methodology. The Web of Science, Scopus and PubMed databases were used for data collection, which were analyzed using the following software: Review Manager 5 and Microsoft Excel. In general, the meta-analysis result shows that EMs has an effect on the remediation of environmental samples, through the degradation of compounds ($E+ = -0.48$; $CI = -0.63, -0.22$), with main effect on the degradation of ammonium and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH). Further analyses are needed to evaluate the reasons for the heterogeneity of the research, as well as to evaluate the real effect of MS son in remediation processes, however, this work can help new technologies, showing the significant and non-significant effects of EMs on degradation of compounds.

Keywords: Effective microorganisms, Bokashi, Bioremediation

1 INTRODUÇÃO

A água é afetada diretamente pelo descarte de efluentes, principalmente por esgoto sanitário, o qual, por sua vez, por conter grande quantidade de matéria orgânica, dentre outros nutrientes, causa um desequilíbrio nos recursos hídricos onde é descartado (MANNARINO et al., 2013). As águas provenientes de esgoto sanitário e industrial também possuem em sua composição compostos recalcitrantes, capazes de interferir

* Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. PR, Brasil; a.trentinx@gmail.com

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. PR, Brasil; deborahleite@utfpr.edu.br



na ecologia do ambiente, bem como causar problemas nos animais e na saúde humana (SERRANO 2011). Assim, tem-se a necessidade do tratamento dos efluentes, para um futuro descarte nos corpos d'água, bem como da própria água para consumo humano.

Os micro-organismos eficientes ou eficazes (EMs) 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 as plantas, ao solo, dentre outras aplicações. Estes EMs nada mais são do que comunidades encontradas naturalmente em solos férteis e em plantas (BONFIM, 2011).

Os micro-organismos eficientes, conforme Bonfim (2011), pressupõem uma comunidade microbiana composta por Leveduras, que utilizam substâncias liberadas, sintetizam vitaminas e sendo capazes de ativar outros micro-organismos eficientes; Actinomicetos, capazes de controlar fungos e bactérias patogênicas; Bactérias ácido láticas, que produzem ácido e conseguem fermentar a matéria orgânica; Bactérias fotossintéticas: produtoras de vitaminas e nutrientes, aminoácidos, ácidos nucleicos, substâncias bioativas e açúcares. Com o passar dos anos, os EMs não tem sido mais utilizado apenas para agricultura, pesquisas realizadas estão descobrindo a atuação destes organismos em tratamentos de águas, efluentes e no controle de maus odores (CORREA et al, 2014).

O objetivo principal deste trabalho foi de avaliar o efeito dos EMs na remediação de água e efluentes por meio da degradação de compostos. Este processo se realizou a partir de uma avaliação da literatura por meio da meta-análise, método capaz de estudar estatisticamente os dados presentes na literatura, conseguindo apresentar o efeito sumário para pesquisas científicas.

2 MÉTODO

2.1 Coleta de Dados

Os documentos utilizados para a realização do revisão meta-analítica foram retirados das bases de dados: Web of Science, SCOPUS e PubMed, utilizando sempre todos os anos abrangidos em cada base, entre 1976 até o mês de julho de 2021. Os termos utilizados para busca intuíram abranger as diferentes nomenclaturas utilizadas para os micro-organismos eficientes, bem como termos relacionados a qualidade de água e esgoto, visando encontrar estudos totalmente direcionados a remediação de ambientes ou efluentes. Sendo assim, foram utilizados os termos: ("effective microorganism*" OR "efficient microorganism*" OR "effective microorganism*" 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).

2.2 Critérios de Elegibilidade

Os critérios que intuíram incluir documentos elegíveis para a meta-análise se basearam na necessidade da apresentação dos seguintes dados: O tipo de amostra analisada; a concentração de EMs; o tempo de análise; média dos resultados do grupo controle e experimental; número amostral; desvio padrão ou erro padrão.



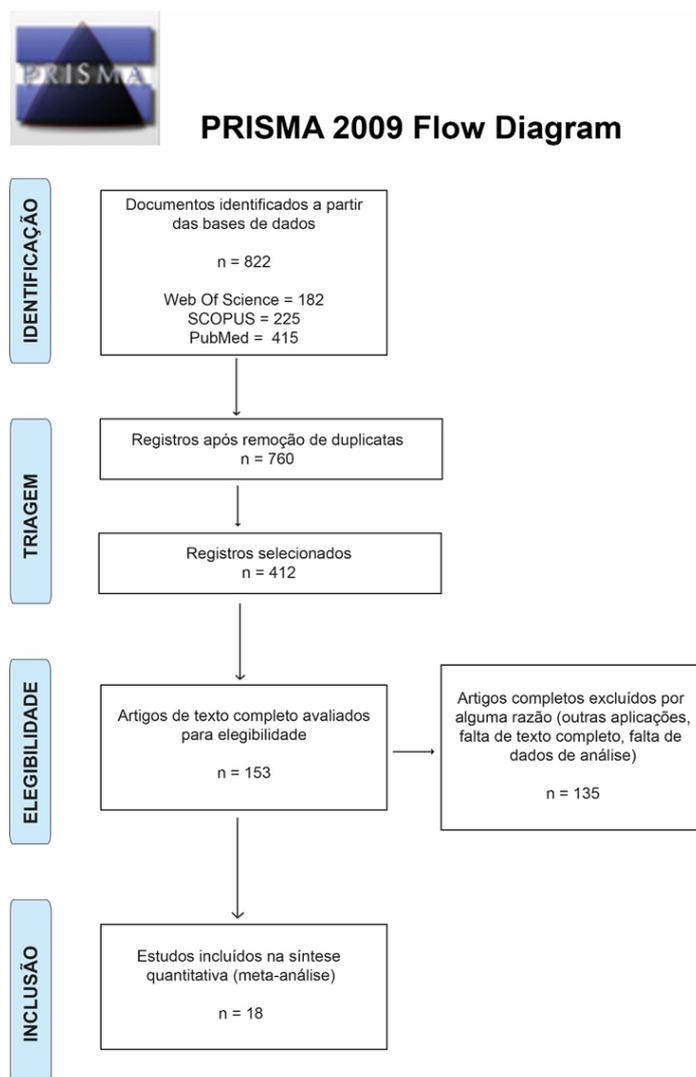
2.3 Análise de dados

Após a seleção dos documentos elegíveis para a análise, os dados foram extraídos para o software Microsoft Excel, para a tabulação numérica. A meta-análise foi desenvolvida a partir da diferença das médias padronizadas dentro dos diferentes parâmetros de análise realizados nos estudos, utilizando a fórmula de Hedges'd no software *Review Manager 5*.

3 RESULTADOS

3.1 Resultado das Buscas

Figura 1 – Flowchart do PRISMA mostrando o fluxo de obtenção dos dados para inclusão na análise



Fonte: Autor (2021)



3.2 Meta-análise

O resultado geral dos dados apresentou uma diferença média significativa e negativa ($E+ = -0,48$), ou seja, favorecendo o grupo experimental, enfatizando a ação dos EMs na remediação de compostos, ainda o intervalo de confiança não cruzou o nulo ($CI = -0,63$ a $-0,22$), com um valor de $p < 0.00001$. Sendo assim, de forma geral os EMs tiveram efeito significativo no tratamento das amostras estudadas.

Dentre os parâmetros utilizados nos estudos para a análise do efeito de remediação e degradação utilizando microrganismos eficientes, 9 foram encontrados. Sendo os principais, com maior número de publicações utilizadas, parâmetros voltados a nutrientes encontrados em água e efluentes: Fosfato, amônio e nitrogênio. Além da demanda química e biológica de oxigênio. Parâmetros estes já esperados em maior quantidade, uma vez que diversos estudos apontam a ação de EMs na degradação da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em amostras ambientais (WAHID; AZMAN, 2016).

Alguns outros parâmetros como: pH, Oxigênio dissolvido (OD) e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) também foram analisados. A tabela 1 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 1 – Dados de estudo, amostras, peso e heterogeneidade dos parâmetros de análise

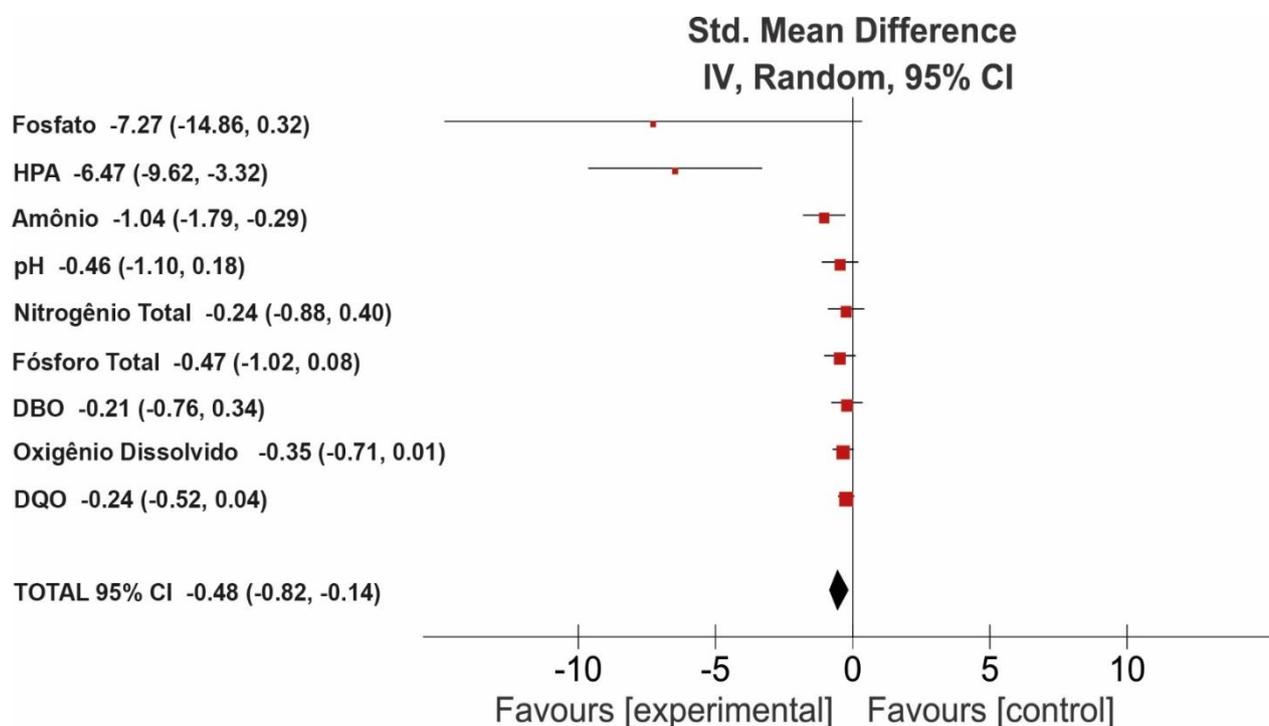
Parâmetro	Estudos	Amostras	Peso (%)	Heterogeneidade		
				χ^2	<i>gl</i>	I^2 (%)
DBO	7	72	7,8	18,70	9	52
DQO	7	168	29,7	57,18	41	28
pH	7	98	9	30,10	16	47
Amônio	6	149	16,3	125,28	49	61
Nitrogênio Total	6	79	15,2	40,42	23	43
OD	5	100	12,2	21,90	20	9
HPA	3	18	0,5	5,46	5	8
Fosfato	3	22	0,9	12,53	8	36
Fósforo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

gl = graus de liberdade

Fonte: Autor (2021)

Todos os parâmetros analisados tiveram geral negativo, ou seja, favorecendo o grupo experimental, mostrando que os microrganismos eficientes foram capazes de realizar a redução dos compostos, conforme figura 2. 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 2 – Forest plot de análise do subgrupo de parâmetros analisados



Fonte: Autor (2021)

O melhor efeito na aplicação dos EMs foi para o amônio, uma vez que o resultado apresentado foi significativo, o peso do parâmetro na média geral é alto e o intervalo de confiança baixo. Amônia e amônio são compostos muito ligados a 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). Ainda, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA), compostos presentes em lodos industriais, também apresentaram valor significativo e negativo. Estudos apresentaram que os EMs tem capacidade de diminuir em 10% a carga de HPA em compostos com 3 anéis aromáticos, por meio de processos fermentativos anaeróbicos (BORUSZKO, 2017).

4 CONCLUSÃO

De forma geral, a partir da revisão meta-analítica, pode-se avaliar que os EMs tem capacidade de auxiliar em processos de remediação de ambientes, essencialmente na degradação de compostos e ciclagem de nutrientes, como apresentado por diversas pesquisas, as habilidades fermentativas dos EMs promovem a degradação e mineralização de compostos, se tornando assim uma ótima alternativa para o tratamento



biológico de água e efluentes. Contudo, grande parte dos parâmetros analisados cruzaram o nulo, desta forma não havendo diferença estatística entre o grupo experimental e controle. Ainda, avaliou-se que a heterogeneidade de algumas análises se mostrou alta, sendo necessário portanto identificar novos padrões, a partir de outros subgrupos ou até mesmo de meta-regressões, com o intuito de verificar as fontes de heterogeneidade na pesquisa. Por fim, esse trabalho poderá embasar novas pesquisas que envolvam a utilização de EMs em processos de biorremediação, sendo, ainda, necessários mais estudos além de análises mais aprofundadas para avaliar o real impacto dos organismos na degradação de compostos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos (UTFPR-DV) pelo fomento à pesquisa por meio da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- AMOO, Adenike Eunice; BABALOLA, Olubukola Oluranti. Ammonia-oxidizing microorganisms: Key players in the promotion of plant growth. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 17, n. 4, p. 935–947, 2017.
- BONFIM, Filipe P. G. et al. **Caderno dos microrganismos eficientes (EM)**. 2 ed. Viçosa, 2011.
- 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**, v. 155, p. 344–352, maio 2017.
- 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.
- LANANAN, Fathurrahman et al. Symbiotic bioremediation of aquaculture wastewater in reducing ammonia and phosphorus utilizing Effective Microorganism (EM-1) and microalgae (*Chlorella* sp.). **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 95, n. PA, p. 127–134, 2014.
- 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.
- 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.
- SERRANO, D.; SUÁREZ, S.; LEMA, J.M.; OMIL, F.. Removal of persistent pharmaceutical micropollutants from sewage by addition of PAC in a sequential membrane bioreactor. **Water Research**, [S.L.], v. 45, n. 16, p. 5323-5333, out. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2011.07.037>.
- WAHID, Wahidah; AZMAN, Shamila. Improvement of Water Quality using Effective Microorganisms. **Environmental Engineering and Hydrology**, v. 3, p. 57–66, 2016.