

INFLUÊNCIA DOS MICROPLÁSTICOS SOBRE POPULAÇÕES BACTERIANAS: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Paulo Rogério Moreira da Silva ¹
Robenilda Moreira da Silva ²

RESUMO

Microplásticos (MPs) são partículas de plástico degradado com diâmetro menor que 5 mm que tornaram-se um problema mundial por se acumularem em vários ambientes, podendo trazer consequências para os ecossistemas e para os seres humanos, principalmente devido aos microrganismos fixados à sua superfície. Com isso em mente, realizou-se a presente revisão literária, na qual objetivou-se encontrar quais alterações os microplásticos poderiam causar sobre populações bacterianas, assim como especificar quais e como seriam modificadas essas bactérias. Para tanto, utilizou-se a base de dados Google Scholar com os termos *microplastics* e *bacteria*, analisando-se 20 artigos em inglês do período 2014-2019. Os resultados mostram que as características físico-químicas dos microplásticos, como hidrofobicidade e rugosidade superficial, e, principalmente, fatores ambientais determinam o tipo de colonização bacteriana. As bactérias do filo Proteobacteria possuem uma tendência maior a colonizar microplásticos. Já no filo Firmicutes, a família Bacillaceae têm seu crescimento facilitado devido à capacidade de degradação de MPs. Foram encontradas bactérias patogênicas na superfície de microplásticos, em particular da classe Gammaproteobacteria (Vibrionaceae, Enterobacteriaceae e Pseudomonadaceae). Os microplásticos também podem facilitar o surgimento de bactérias resistentes a antibióticos através de seleção bacteriana, compartilhamento de plasmídeos e aumento do gene *int1*. Portanto, é preciso discutir estratégias que diminuam o impacto dos microplásticos nos ecossistemas.

Palavras-chave: Microplásticos, polímeros, biofilmes, resistência bacteriana.

INTRODUÇÃO

Polímeros são amplamente utilizados em nossa vida diária, sendo consumidos 280 milhões de toneladas de plásticos anualmente. Devido à sua durabilidade, os resíduos plásticos se tornaram resíduos urbanos, entrando no ambiente, se acumulando nos mares e na terra e tornando-se um problema global de crescente preocupação (ZHU et al., 2018). Os polímeros sintéticos são pouco degradáveis no ambiente marinho, mas tornam-se frágeis e, posteriormente, quebram-se em pequenas partículas, chamadas de microplásticos (KIRSTEIN et al., 2016), partículas de plástico ubíquas com diâmetro menor que 5 mm (TENDER et al., 2015).

¹ Graduando do Curso de Bacharelado em Farmácia da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, paulormdasilva2012@gmail.com;

² Graduanda do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, rbnilda@gmail.com;

Os microplásticos (MPs) são originários de duas fontes: microplásticos primários (plásticos fabricados intencionalmente para aplicações domésticas e/ou industriais específicas, como esfoliantes faciais, *pellets* de resina usados na indústria de plásticos e cremes dentais) e microplásticos secundários (formados pela quebra de itens plásticos maiores sob radiação ultravioleta (UV) ou abrasão mecânica) (HOELLEIN et al., 2017; AUTA et al., 2018).

Esferas de microplásticos de cosméticos, usados em produtos de limpeza facial, roupas sintéticas, pasta de dentes e esfoliantes, alcançam o ecossistema marinho através de sistemas de drenagem domésticos e industriais e estações de tratamento de águas residuais. Além disso, os macrolásticos originados nos depósitos de lixo são decompostos em fragmentos menores e podem ser transportados para os mares, levando à poluição por microplásticos (TENDER et al., 2015; HOELLEIN et al., 2017; AUTA et al., 2018).

A acumulação ambiental de resíduos de plástico estimulou um rápido desenvolvimento de pesquisas em ecossistemas do mundo todo (HOELLEIN et al., 2017). A presença de microrganismos no plástico marinho foi documentada pela primeira vez em 1972, quando as diatomáceas do Mar dos Sargaços foram identificadas em fragmentos de plástico e bactérias gram-negativas em forma de bastão foram isoladas de esférulas de poliestireno (TENDER et al., 2015). Além disso, existe uma necessidade de identificar aqueles microrganismos que são preferencialmente capazes de colonizar e interagir com superfícies plásticas, em oposição aos generalistas que podem colonizar outras superfícies (por exemplo, vidro ou metal) no ambiente aquático (HARRISON et al., 2014).

Esclarecer quais os impactos dos microplásticos é o primeiro passo para a discussão e elaboração de soluções eficazes para esse problema que cresce cada vez mais no mundo inteiro. Com isso em mente, foi realizada a presente revisão literária, na qual objetivou-se encontrar quais alterações os microplásticos poderiam causar sobre populações bacterianas, assim como especificar quais e como seriam modificadas essas bactérias.

METODOLOGIA

Considerando todos essa problemática, realizou-se a presente revisão literária, utilizando-se a base de dados Google Scholar com os termos em inglês *microplastics* e *bacteria*. Foram obtidos 4050 resultados, aproximadamente. No entanto, a fim de diminuir o número de artigos e encontrar os mais atuais, optou-se por pesquisar apenas artigos em inglês da faixa de

anos 2014-2019, obtendo-se, aproximadamente, 2880 resultados. Por fim, a partir dos títulos e resumos analisados, 20 artigos foram escolhidos para compor esta revisão.

DESENVOLVIMENTO

Para realizar uma revisão da literatura é necessário a elaboração de uma síntese pautada em diferentes tópicos, os quais produzem uma visão ampla sobre o conhecimento. A revisão pode ser considerada como o primeiro passo para a construção do conhecimento científico, uma vez que a partir dela surgem novas teorias, assim como se encontram oportunidades para o início e preparação de determinadas pesquisas (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011).

Os artigos de revisão são uma forma de pesquisa que fazem uso de fontes bibliográficas ou eletrônicas, a fim de obterem um conjunto de pesquisas e seus resultados (ROTHER, 2007). Assim, a revisão é um método de pesquisa criterioso, empregado para fornecer os melhores conhecimentos produzidos sobre um dado problema de pesquisa (ERCOLE; MELO; ALCOFORADO, 2014).

Geralmente, os estudos incluídos nessas revisões têm o foco da pesquisa em estudos experimentais, tentando superar vieses em cada uma das etapas (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010; ERCOLE; MELO; ALCOFORADO, 2014). Um de seus propósitos é justamente resumir uma evidência concernente a um problema (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011).

As revisões literárias são particularmente úteis para reunir conteúdos de um conjunto de pesquisas que foram realizadas separadamente, cujos resultados tanto podem ser conflitantes quanto coincidentes, bem como identificar temas que necessitam de evidência e apresentar estudos relevantes sobre um assunto específico. Suas conclusões podem ser levadas para a prática clínica, tornando-se, dessa forma, um passo essencial para a prática baseada em evidência (SAMPAIO; MANCINI, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As bactérias podem usar o plástico como veículo de transporte e sobreviver em ambientes onde normalmente não são detectadas. Até o momento, a abordagem de sequenciamento filogenético sugere que novos tipos de bactérias se desenvolvem em microplásticos, conseguindo se fixar à sua superfície e, desse modo, são transportados por

longas distâncias. As propriedades físico-químicas do próprio plástico podem afetar a fixação das bactérias, seja como uma superfície hidrofóbica sólida para ancorá-las, seja fornecendo recursos nutricionais seletivos para a degradação metabólica por espécies específicas (TENDER et al., 2015; HOELLEIN et al., 2017).

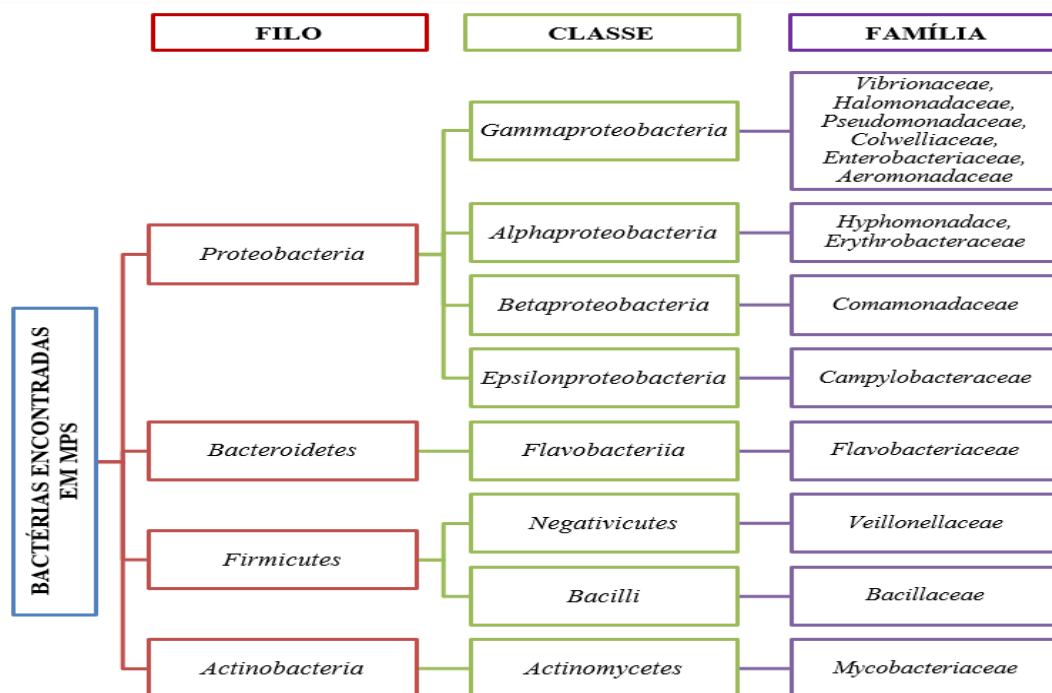
Fatores como rugosidade superficial e hidrofobicidade assumem um papel importante na colonização de polietileno (PE), poliestireno (PS) e biofilmes de madeira em estações costeiras (OBERBECKMANN; KREIKEMEYER; LABRENZ, 2018). A variação da hidrofobicidade do substrato, por exemplo, pode causar diferenças na estrutura de biofilme da comunidade. Dessa forma, o filo Proteobacteria possui uma preponderância maior a colonizar plásticos, em comparação com os Bacteroidetes e Actinobacteria, os quais são mais comuns em vidros (OGONOWSKI et al., 2018). Assim, o trabalho de Sun, X. et al. (2018) torna-se ainda mais relevante por terem descoberto que, embora não tenham causado estresse oxidativo, microplásticos em altas concentrações são capazes de inibir o crescimento da *Halomonas alkaliphila*, uma das Proteobacteria mais importantes para o ciclo do nitrogênio de ambientes marinhos.

Duas famílias do filo Proteobacteria são abundantes exclusivamente em MPs, nomeadamente Hyphomonadaceae (principalmente *Hyphomonas*) e Erythrobacteraceae (principalmente *Erythrobacter*), sendo esta última associada à degradação de hidrocarbonos aromáticos policíclicos. O uso eficiente de nutrientes e a capacidade de se unir firmemente a superfícies lisas fazem com que os membros das Hyphomonadaceae sejam os principais candidatos a colonizar os microplásticos. As Erythrobacteraceae, por outro lado, destacam-se pela produção de carotenoides e bacterioclorofila A, que são benéficas para uma vida sobre detritos plásticos flutuantes (OBERBECKMANN; KREIKEMEYER; LABRENZ, 2018).

Os parâmetros da superfície, no entanto, são em geral secundários à influência ambiental, desempenhando principalmente um papel nos estágios de colonização inicial. Alternativamente, os fatores ambientais têm uma influência mais forte na conformação das associações de MPs. Em relação à ligação inicial, por exemplo, são os fatores ambientais que determinam o filme de condicionamento. Vários parâmetros, incluindo concentrações de nutrientes, salinidade e temperatura contribuem para moldar as comunidades microbianas em PE e PS (OBERBECKMANN; KREIKEMEYER; LABRENZ, 2018).

A partir dos artigos analisados, foram encontradas espécies bacterianas não-patogênicas e patogênicas que tiveram o crescimento facilitado ou dificultado pelos microplásticos. Suas principais famílias, classes e filos estão resumidos na figura 1.

Figura 1 – Principais filos, classes e famílias de bactérias encontradas em microplásticos



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Em estudo de Tender et al. (2015), uma espécie de Mycobacteriaceae, *Mycobacterium frederiksbergense*, chamou a atenção, devido à sua alta abundância (21-29%) em *pellets* de praia de cor amarela e azul. Notavelmente, o *M. frederiksbergense* é conhecido por sua capacidade de degradação de diversos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, como o antraceno. O antraceno é usado principalmente para a produção de antraquinona, um precursor para a síntese de corantes utilizado, principalmente, para a coloração de *pellets* de resina. Assim, a presença de antraceno poderia explicar a alta abundância de *M. frederiksbergense* em *pellets* azuis e amarelos.

Um perigo para a saúde humana e ambiental é o enriquecimento de bactérias patogênicas na microflora intestinal quando ingeridas por determinadas espécies marinhas. A pesquisa de Zhu et al. (2018) revela que a exposição microplástica alterou significativamente a comunidade microbiana do intestino do colêmbolo *Folsomia candida*. Colêmbolos são microartrópodes que se alimentam de lixo e microbiota da terra para promover a decomposição orgânica e o ciclo de nutrientes. No intestino dessa espécie, os MPs diminuíram a abundância relativa de Bacteroidetes (de 29,7 para 2,0%) e aumentou a abundância relativa de Firmicutes (de 11,2 para 34,0%). Além disso, dentro dos Firmicutes, a família Bacillaceae aumentou drasticamente após a exposição microplástica (de 1,5 a 20,6%). A diminuição de Bacteroidetes

e aumento de Firmicutes também foi encontrado em testes semelhantes com o peixe-zebra (JIN et al., 2018).

É possível que o aumento de espécies bacterianas de Firmicutes, especialmente da família Bacillaceae, seja explicado pela sua capacidade de usarem os MPs para o seu crescimento, assim como bactérias Gram-positivas pertencentes ao filo *Actinobacteria* (*Microbacterium awajiense*, *Rhodococcus jostii*, *Mycobacterium vanbaalenii* e *Streptomyces fulvissimus*) (LWANGA et al., 2018). A colonização de *Actinobacteria*, assim como de *Proteobacteria*, *Cyanobacteria* e *Bacteroidetes*, é comum em microplásticos de sítios aquáticos (JIANG et al., 2018; OGONOWSKI et al., 2018).

Já no solo, Lwanga et al. (2018) perceberam que 60% dos microplásticos de polietileno de baixa densidade decaíram após 21 dias na presença de bactérias dos filos Firmicutes e *Actinobacteria*. Contudo, no solo esterilizado por radiação gama, sem bactérias, não houve decaimento durante o mesmo período. Ademais, a distribuição do tamanho de partícula de MPs com as bactérias foi significativamente reduzida, e vários compostos voláteis, como octadecano, eicosano, docosano e tricosano, foram detectados no solo não estéril.

Essa formação de alcanos pode ser vista como um produto da quebra das longas cadeias de carbono dos MPs de polietileno de baixa densidade e já foi encontrada na degradação de polietileno por *Pseudomonas spp.*, espécie com abundância significativamente maior em microplásticos do que em material orgânico de rios urbanos (MCCORMICK et al., 2016). As espécies de *Pseudomonas* possuem alta versatilidade metabólica e são difundidas principalmente em habitats aquáticos (JIANG et al., 2018), possuindo relação com a biodegradação de uma variedade de polímeros plásticos, incluindo álcool polivinílico e polipropileno.

Além delas, foram encontradas alta abundância de *Flavobacteriaceae* e *Comamonadaceae* em MPs quando comparados com sedimentos de rios, sendo as sequências do gênero *Flavobacterium* as mais comuns (90% das sequências de *Flavobacteriaceae*), possivelmente por causa da sua habilidade de degradação de nylon (HOELLEIN et al., 2017). *Flavobacterium* é considerado um patógeno comum e pode causar doenças em vários tipos diferentes de peixes (JIN et al., 2018).

Somam-se a essas espécies, a cepa 27 de *Bacillus sp.*, a qual apresentou boa capacidade de degradação de microplásticos de polipropileno, sendo capaz de reduzir em 4,0% o peso de polipropileno (PP), e a cepa 36 de *Rhodococcus sp.*, que ocasionou a maior perda de peso observada, reduzindo o peso em 6,4%, após 40 dias de avaliação da biodegradação (AUTA et

al., 2018). As bactérias Gram-positivas *Brevibacillus borstelensis* e *Rhodococcus ruber* também possuem a capacidade de degradar o esqueleto de carbono (LWANGA et al., 2018). Ainda sobre os bacilos, as bactérias de mangues *B. cereus* e *B. gottheilii* apresentam boa adequabilidade para a degradação de microplásticos, podendo a *B. gottheilii* degradar uma grande variedade de MPs (polietileno – PE, polietileno tereftalato – PET, polipropileno – PP, e poliestireno – PS) (AUTA; EMENIKE; FAUZIAH, 2017).

Entretanto, em pesquisa com o anelídeo *Arenicola marina*, não foram encontradas bactérias patogênicas enriquecidas em poliestireno nas fezes do animal. Tal fato pode ser explicado pela atividade lítica de seu fluido intestinal, causando a remoção de 95% das células bacterianas (KESY et al., 2016). Ressalta-se que ainda são necessários mais estudos sobre a ingestão de MPs contaminados por espécies animais, com o intuito de esclarecer qual seria seu impacto no meio ambiente.

Embora esses achados de espécies de microrganismos não estejam diretamente relacionados ao aparecimento de doenças, na presente revisão também foram encontrados artigos cujo foco eram bactérias patogênicas. Em um deles, a maioria das partículas coletadas no Mar do Norte e no Mar Báltico indicava colonização por várias biota. Das 41 cepas analisadas, 22 foram identificadas como *Vibrio spp.*, treze cepas foram identificadas como *V. parahaemolyticus* (59%), seis como *V. fluvialis* (27%) e uma como *V. alginolyticus* (5%). Pela primeira vez, detectou-se *V. parahaemolyticus* exclusivamente em partículas de polietileno, polipropileno e poliestireno (KIRSTEIN et al., 2016).

Espécies do gênero *Vibrio* pertencem à classe Gammaproteobacteria e são muito abundantes em sedimentos, estuários e águas costeiras marinhas. Vibrios são organismos Gram-negativos, quimiorganotróficos em forma de bastonete e anaeróbios facultativos. Especialmente *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* e *V. cholerae* são conhecidos como patógenos humanos relacionados à água, causando infecções de feridas associadas a banhos recreativos, septicemia ou diarreia após a ingestão de alimentos contaminados (KIRSTEIN et al., 2016).

No entanto, comparando-se com a colonização bacteriana sobre a superfície da madeira e de outras partículas naturais da água, a colonização em polietileno (PE) e poliestireno (PS) apresenta concentrações menores de bactérias *Vibrio* (OBERBECKMANN; KREIKEMEYER; LABRENZ, 2018). Além disso, não foram encontradas sequências de *Vibrio* em amostras de MPs provenientes de rios urbanos (MCCORMICK et al., 2016), provavelmente devido a parâmetros ambientais que interferem na formação de biofilmes dessa espécie, como temperatura e salinidade.

À classe Gammaproteobacteria também pertence o gênero *Cowellia*, que, assim como o *Arcobacter* da classe Epsilonproteobacteria, domina as associações bacterianas associadas a polietileno de baixa densidade (HARRISON et al., 2014). Ainda sobre essa classe, uma espécie foi identificada pela primeira vez na superfície de MPs no estudo de Virłek et al. (2017). Trata-se da *Aeromonas salmonicida syn Haemophilus piscium*, uma das bactérias invasoras mais prejudiciais da Europa, sendo responsável por causar infecções em peixes (furunculose). O mesmo estudo alerta sobre a grande concentração de microplásticos no norte do Mar Adriático, os quais, associados a *A. salmonicida*, aumentariam a ocorrência de doenças em peixes.

Nos microplásticos, também há abundância relativa de Enterobacteriaceae, família que compreende vários gêneros potencialmente patogênicos ao trato gastrointestinal em humanos. Todavia, essa abundância permanece baixa quando relacionada aos níveis de colonização que estão fora e dentro das estações de tratamento de águas residuais – ETAR (OBERBECKMANN; KREIKEMEYER; LABRENZ, 2018).

Em rios urbanos, biofilmes colonizadores de MPs flutuantes apresentaram alta abundância das famílias Campylobacteraceae, Aeromonadaceae e Veillonellaceae. A família Campylobacteraceae é responsável por vários casos associados a infecções gastrointestinais humanas, como gastroenterites; a família Aeromonadaceae inclui múltiplas espécies associadas a doenças humanas; e membros da família Veillonellaceae são comumente associados ao trato intestinal de humanos (MCCORMICK et al., 2014, 2016; HOELLEIN et al., 2017). A capacidade dos MPs de contribuir para a formação de biofilmes que transportam bactérias patogênicas para rios constitui uma ameaça potencial para saúde humana e ecossistêmica, mas ainda não se sabe se eles podem persistir após uma exposição prolongada às condições ambientais dos rios.

Ainda, merece atenção o fato de os microplásticos poderem favorecer o aparecimento de bactérias resistentes a antibióticos. Sun, M. et al. (2018) observaram que a tetraciclina usada em fertilizantes de solo teve a sua bioacessibilidade e dissipação reduzidas devido aos microplásticos provenientes dos filmes de plásticos usados em estufas. Isso se deve aos MPs possuírem uma estrutura porosa e alta área superficial específica, que leva à sua capacidade de adsorver poluentes orgânicos, nesse caso, a tetraciclina. Além disso, nas partículas microplásticas houve pressão seletiva sobre bactérias nativas. Pesquisas como essa são importantes, uma vez que há embalagens de antibióticos feitas de plásticos, as quais, quando descartadas, podem induzir o processo de resistência bacteriana.

Ademais, a resistência pode ser originada a partir do compartilhamento de plasmídeos. Foi comprovado que a frequência de transferência de plasmídeos é significativamente maior em MPs do que na água circundante. Isso se deve a combinação de uma nova superfície que se degrada vagarosamente, aproximando o contato entre microrganismos e, portanto, a conjugação do plasmídeo, com a seleção de bactérias possuidoras de genes resistentes a antibióticos (ARIAS-ANDRES et al., 2018).

Um desses genes, o *int1*, teve sua abundância aumentada em biofilmes de microplásticos. No entanto, para esse estudo, utilizou-se altas concentrações de MPs, diferindo, assim, das condições da natureza. Dessa forma, faz-se necessário observar a abundância de *int1* em microplásticos sob condições totalmente naturais (ECKERT et al., 2018). Todavia, o alerta para a transmissão de plasmídeos que abrigam genes de resistência a antibióticos através de microplásticos ainda é válido, uma vez que os mesmos são transportados para regiões distantes, ocupando novos nichos ecológicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados na presente revisão literária, foram revelados quais populações bacterianas possuem seu crescimento alterado pelo contato com os microplásticos. Parâmetros físico-químicos da superfície dos MPs e, principalmente o ambiente, podem afetar a formação dos biofilmes. Em geral, as bactérias que obtêm um favorecimento a sua colonização e crescimento são aquelas capazes de degradar o esqueleto de carbono e, assim, obter produtos essenciais à sua sobrevivência.

Merece especial atenção os achados de espécies patogênicas em microplásticos. Essas espécies podem ser transportadas para várias regiões e, dessa forma, serem responsáveis pelo aparecimento de doenças em humanos e animais. Ainda, a facilitação da transmissão e da ocorrência de resistência bacteriana a antibióticos ocasionada pelos microplásticos serve como um alerta para a saúde mundial. Portanto, são necessárias a discussão de estratégias eficazes que diminuam o impacto desses produtos na natureza e na vida humana.

REFERÊNCIAS

ARIAS-ANDRES, M. et al. Microplastic pollution increases gene exchange in aquatic ecosystems. **Environmental Pollution**, [s.l.], v. 237, p. 253-261, 2018.

AUTA, H.S.; EMENIKE, C.U.; FAUZIAH, S. H. Screening of Bacillus strains isolated from mangrove ecosystems in Peninsular Malaysia for microplastic degradation. **Environmental Pollution**, [s.l.], v. 231, n. November, p. 1552-1559, 2017.

AUTA, H. S. et al. Growth kinetics and biodeterioration of polypropylene microplastics by Bacillus sp. and Rhodococcus sp. isolated from mangrove sediment. **Marine Pollution Bulletin**, [s.l.], v. 127, n. November, p. 15-21, 2018.

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. de A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, Belo Horizonte, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.

ECKERT, E. M. et al. Microplastics increase impact of treated wastewater on freshwater microbial community. **Environmental Pollution**, [s.l.], v. 234, p. 495-502, 2018.

ERCOLE, F.; MELO, L. S. de; ALCOFORADO, C. L. G. C. Revisão integrativa versus revisão sistemática. **Reme: Revista Mineira de Enfermagem**, Belo Horizonte, v. 18, n. 1, p. 9-11, 2014.

HARRISON, J. P. et al. Rapid bacterial colonization of low-density polyethylene microplastics in coastal sediment microcosms. **Bmc Microbiology**, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 1-15, 2014.

HOELLEIN, T. J. et al. Longitudinal patterns of microplastic concentration and bacterial assemblages in surface and benthic habitats of an urban river. **Freshwater Science**, [s.l.], v. 36, n. 3, p. 491-507, 2017.

JIANG, P. et al. Microplastic-associated bacterial assemblages in the intertidal zone of the Yangtze Estuary. **Science of the Total Environment**, [s.l.], v. 624, n. December, p. 48-54, 2018.

JIN, Y. et al. Polystyrene microplastics induce microbiota dysbiosis and inflammation in the gut of adult zebrafish. **Environmental Pollution**, [s.l.], v. 235, p. 322-329, abr. 2018.

KESY, K. et al. Polystyrene influences bacterial assemblages in *Arenicola marina*-populated aquatic environments in vitro. **Environmental Pollution**, [s.l.], v. 219, p. 219-227, 2016.

KIRSTEIN, I. V. et al. Dangerous hitchhikers? Evidence for potentially pathogenic *Vibrio* spp. on microplastic particles. **Marine Environmental Research**, [s.l.], v. 120, p. 1-8, 2016.

LWANGA, E. H. et al. Decay of low-density polyethylene by bacteria extracted from earthworm's guts: A potential for soil restoration. **Science of the Total Environment**, [s.l.], v. 624, p.753-757, 2018.

MCCORMICK, A. R. et al. Microplastic is an abundant and distinct microbial habitat in an urban river. **Environmental Science & Technology**, [s.l.], v. 48, n. 20, p. 11863-11871, 2014.

_____. Microplastic in surface waters of urban rivers: concentration, sources, and associated bacterial assemblages. **Ecosphere**, [s.l.], v. 7, n. 11, p.1-22, nov. 2016.

OBERBECKMANN, S.; KREIKEMEYER, B.; LABRENZ, M. Environmental factors support the formation of specific bacterial assemblages on microplastics. **Frontiers In Microbiology**, [s.l.], v. 8, p. 1-12, 2018.

OGONOWSKI, M. et al. Evidence for selective bacterial community structuring on microplastics. **Environmental Microbiology**, [s.l.], v. 20, n. 8, p. 2796-2808, 2018.

ROTHER, E. T. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Escola Paulista de Enfermagem**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 5-6, 2007.

SAMPAIO, RF; MANCINI, MC. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Rev. bras. fisioter.**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

SOUZA, M. T. de; SILVA, M. D. da; CARVALHO, R. de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo)**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010.

SUN, M. et al. Changes in tetracycline partitioning and bacteria/phage-comediated ARGs in microplastic-contaminated greenhouse soil facilitated by sophorolipid. **Journal of Hazardous Materials**, [s.l.], v. 345, n. November, p. 131-139, 2018.

SUN, X. et al. Toxicities of polystyrene nano- and microplastics toward marine bacterium *Halomonas alkaliphila*. **Science of the Total Environment**, [s.l.], v. 642, p. 1378-1385, 2018.

TENDER, C. A. de et al. Bacterial Community Profiling of Plastic Litter in the Belgian Part of the North Sea. **Environmental Science & Technology**, [s.l.], v. 49, n. 16, p. 9629-9638, 2015.

VIRLEK, Manca Kovač et al. Microplastics as a vector for the transport of the bacterial fish pathogen species *Aeromonas salmonicida*. **Marine Pollution Bulletin**, [s.l.], v. 125, n. 1-2, p. 301-309, 2017.

ZHU, D. et al. Exposure of soil collembolans to microplastics perturbs their gut microbiota and alters their isotopic composition. **Soil Biology and Biochemistry**, [s.l.], v. 116, n. January, p. 302-310, 2018.