



EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

BACTÉRIAS RESISTENTES A ANTIMICROBIANOS NA SUINOCULTURA: problemas ambientais e de saúde única

ANTIMICROBIAL RESISTANT BACTERIA IN SWINE FARMING: environmental and unique health problems

Gabriela Arkchimor Paes Santos^I
Marita Vedovelli Cardozo^{II}
Rose Maria Duda^{III}
Roberto Alves de Oliveira^{IV}

Área: Ciências Ambientais, Biológicas e Agrárias.

RESUMO

Os genes de bactérias resistentes são considerados contaminantes emergentes. O uso intensivo de antimicrobianos na produção de suínos confinados leva a uma grande pressão de seleção e de transferências de genes de resistência. A excreção desses fármacos nos dejetos desses animais pode ultrapassar 60%. Sendo assim, é evidente que a suinocultura tem um alto potencial poluidor, e o destino e tratamento dos dejetos da produção, merecem atenção. Os efeitos negativos da disseminação dos genes de resistência a antimicrobianos, afeta diretamente a microbiota do solo, quando ocorre o lançamento desses dejetos sem tratamento. E ainda, pode ser considerado um risco para a saúde pública, acarretando problemas relacionados a resistência bacteriana a antibióticos de uso humano. Esse trabalho é uma revisão bibliográfica, a qual tem o objetivo de demonstrar os principais problemas ambientais e de saúde única, das bactérias resistentes a antimicrobianos oriundos da produção intensiva de suínos. Nesse sentido, é notória a importância do tratamento dos dejetos da suinocultura, visando a remoção desses genes de resistência, no entanto ainda existem poucos estudos que mostrem eficiência na remoção desses contaminantes por métodos convencionais de tratamento.

Palavras-chave: Poluentes emergentes. Suínos. Antibióticos. Meio ambiente. Contaminação ambiental.

ABSTRACT

The genes of resistant bacteria are considered emerging contaminants. The intensive use of antimicrobials in the production of confined swine leads to great selection pressure and

^I Mestranda em Microbiologia Agropecuária, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: gabriela.paes@unesp.br.

^{II} Professora Dra. Marita Vedovelli Cardozo, Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade de Passos, Laboratório de Fisiologia de Microrganismos. E-mail: marita.vedovelli@unesp.br.

^{III} Professora Dra. Rose Maria Duda, Faculdade de Tecnologia “Nilo de Stéfani”, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: rose.duda@unesp.br

^{IV} Professor Dr. Roberto Alves de Oliveira, Laboratório de Saneamento Ambiental, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista (UNESP), faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: roberto.alves-oliveira@unesp.br.



EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

resistance gene transfers. The excretion of these drugs in the waste of these animals can exceed 60%. Therefore, it is evident that swine farming has a high polluting potential, and the destination and treatment of production waste deserve attention. The negative effects of the dissemination of antimicrobial resistance genes directly affect the soil microbiota, when these wastes are released without treatment. And yet, it can be considered a risk to public health, causing problems related to bacterial resistance to antibiotics for human use. This work is a bibliographic review, which aims to demonstrate the main environmental and unique health problems of antimicrobial-resistant bacteria from intensive swine production. In this sense, the importance of treating swine manure is notorious, aiming at the removal of these resistance genes, however, there are still few studies that show efficiency in the removal of these contaminants by conventional treatment methods.

Keywords: Emerging pollutants. Swine. Antibiotics. Environment. Environmental contamination.

Data de submissão do artigo: 19/07/2022.

Data de aprovação do artigo: 06/10/2022.

DOI:

1 INTRODUÇÃO

O uso de antimicrobianos na pecuária tem um papel fundamental na sanidade animal. Entretanto a utilização indiscriminada desses fármacos está sendo associada a seleção e disseminação de bactérias resistentes (MICHELON *et al.*, 2021).

A resistência antimicrobiana é uma preocupação crescente de saúde pública global e um risco ambiental considerável. Os genes de resistência são contaminantes emergentes, os quais precisam ser monitorados e mitigados (LI *et al.*, 2019).

Nesse sentido, é notável que a suinocultura é uma atividade com potencial para a disseminação de genes de resistência a antimicrobianos, em razão do uso generalizado de antibióticos, metais potencialmente tóxicos e biocidas nas rações (LI *et al.*, 2022).

Na pecuária, os antibióticos são utilizados para prevenir e tratar doenças, promover o crescimento e melhorar a produtividade animal. Os metabólitos desses fármacos são excretados nas fezes e na urina, sendo frequente a detecção de produtos farmacêuticos em várias matrizes ambientais, como em águas superficiais, subterrâneas, solos e sedimentos. Os antibióticos podem afetar organismos terrestres e aquático, além da possibilidade de levar ao desenvolvimento de cepas de microrganismos resistentes (WATANABE *et al.*, 2010).

A principal ameaça da presença de antibióticos no ambiente é o desenvolvimento e proliferação de genes de resistência a antibióticos (ARGs) e bactérias resistentes a antibióticos (ARB) (AZIZ *et al.*, 2022). Nesse sentido, os efeitos adversos dos ARGs incluem sofrimento humano, doenças e morte. Podendo aumentar o custo geral e resultar em atrasos no tratamento e na incapacidade de curar infecções. A evolução e a disseminação de organismos multirresistentes aceleraram dramaticamente nos últimos 50 anos, possivelmente em razão do uso mais difundido de antibacterianos (FRIEDMAN; TEMKIN; CARMELI, 2016).

Aproximadamente 66667 toneladas de antibióticos são atualmente usadas na pecuária em todo o mundo a cada ano. A poluição generalizada com resíduos de antibióticos através da aplicação terrestre de dejetos animais não tratados é cada vez mais percebida como um



EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

problema. Isso é atribuído principalmente à atividade antibacteriana que pode afetar a estrutura e a função das comunidades microbianas dos solos (MENZ *et al.*, 2019).

Dessa forma, o presente trabalho, exemplifica os efeitos negativos da disseminação de genes de resistência a antimicrobianos na produção de suínos, e quais as possíveis alternativas para mitigar esses problemas, através de uma revisão da literatura, aborda a ocorrência de genes de resistência a antimicrobianos na suinocultura, o qual tem como objetivo elucidar os problemas ambientais e de saúde única causados pela sua disseminação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O aumento da resistência antimicrobiana em patógenos humanos e animais é uma preocupação global e seu controle é um dos objetivos da saúde pública. Bactérias portadoras de genes resistentes de animais podem ser transmitidas aos humanos por contato direto através da cadeia alimentar ou indiretamente através do meio ambiente (PISSETTI *et al.*, 2021).

Vários países proibiram o uso de todos os antimicrobianos para a promoção do crescimento de animais para alimentação e eliminaram ou reduziram o uso daqueles classificados como antimicrobianos de importância crítica de maior prioridade para fins profiláticos e terapêuticos (FANG *et al.*, 2019). Uma alta proporção (30-90%) de antibióticos não são absorvida pelo trato gastrointestinal de humanos e animais (SARMAH *et al.*, 2006) e ainda, bactérias que abrigam ARGs são frequentemente detectadas em dejetos suínos. Geralmente, os principais e mais comuns antibióticos em águas residuais de suínos são as tetraciclina, sulfonamidas e macrolídeos (CHENG *et al.*, 2018).

As bactérias desenvolvem resistência a antibióticos por três métodos: liberando enzimas de degradação de antibióticos, produzindo as bombas de efluxo ou modificando os alvos de ligação aos antibióticos. Uma vez que as bactérias se tornam resistentes, sua disseminação começa por dois mecanismos básicos, ou seja, transferência gênica vertical e transferência gênica horizontal (AZIZ *et al.*, 2022).

Nesse sentido, os tratamentos para dejetos oriundos da suinocultura e da pecuária de modo geral, foram originalmente projetadas para remover amônia e fósforo de alta concentração para a proteção das águas a jusante contra a eutrofização (LAN *et al.*, 2019).

Atualmente, os processos de tratamento biológico representam uma estratégia promissora para remover efetivamente antibióticos e ARGs. Esses processos de tratamento biológico incluem digestão anaeróbica, compostagem aeróbica, métodos eletroquímicos e métodos de lixiviação biológica. Portanto, para uma remoção efetivamente dos dejetos provenientes da suinocultura, é necessária uma combinação de diferentes tecnologias (ZAREI-BAYGI *et al.*, 2021).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este trabalho é uma revisão bibliográfica integrativa, na qual foram utilizados métodos explícitos e sistemáticos para analisar tendências, sintetizar resultados, identificar e avaliar não só estudos primários como revisões teóricas. A base de dados utilizada para pesquisa foi a Science Direct. O critério de escolha dos artigos foram a data de publicação (últimos vinte anos), fator de impacto da revista e número de citações dos manuscritos. As palavras chaves:



EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

Poluentes emergentes, Suínos, Antibióticos, Meio ambiente, Contaminação ambiental, foram utilizadas para pesquisa dos artigos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resistência aos antibióticos foi listada como um problema ambiental emergente com uma séria ameaça à saúde pública. É evidente a necessidade de estudos aprofundados em alternativas de tratamento de dejetos da suinocultura, levando em consideração não apenas a redução da matéria orgânica e nutrientes, mas também na redução contaminantes emergentes, como os genes de resistência a antimicrobianos.

O processo biológico tem sido considerado como uma técnica dominante para a remoção de nutrientes de águas residuárias de suinocultura, como manta de lodo anaeróbio de fluxo ascendente (UASB), processo aeróbio anaeróbio combinado (A/O), reator em batelada sequencial (SBR) e wetlands construídos (CWs) (CHENG *et al.*, 2020). Biotecnologias são empregadas como medidas corretivas para reduzir os impactos ambientais do esterco suíno antes de sua aplicação no solo. De fato, a agricultura intensiva pode incentivar sua aplicação, pois o custo será distribuído por um volume maior de produção e os agricultores também terão benefícios em razão da produção de biogás, promovendo a economia circular. Nesse sentido, o emprego dessa técnica requer controle adequado de variantes que afetam a remoção desses genes de resistência, como é o caso da temperatura (ZAHEDI *et al.*, 2022).

Nos últimos anos, essas técnicas convencionais foram empregadas com sucesso para remover contaminantes orgânicos de águas residuais de suínos, mas apenas alguns estudos focaram na redução de antibióticos e ARGs (MA *et al.*, 2018).

5 CONCLUSÃO

A ocorrência de genes de resistência a antibióticos na suinocultura é um problema ambiental que pode afetar diretamente a saúde pública, nesse sentido é fundamental políticas públicas para o controle e restrição do uso indiscriminado de antimicrobianos na produção animal, e acima de tudo, o estudo de tratamentos adequados e destinação correta dos dejetos gerados nos sistemas de produção animal. A biossorção e a biodegradação são apontadas como principais mecanismos de remoção desses poluentes emergentes por processos biológicos. Biorreatores de membrana, reatores anaeróbios e a integração de processos biológicos com processos de oxidação avançados, são tecnologias promissoras para esse fim. Dessa forma, é de extrema importância pesquisas voltadas a elucidar quais as alternativas de tratamento que teriam real potencial para reduzir de maneira eficiente, segura e sustentável.

REFERÊNCIAS

AZIZ, A. *et al.* Anaerobic digestion in the elimination of antibiotics and antibiotic-resistant genes from the environment – A comprehensive review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 1 fev. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343721014007>. Acesso em: 4 jun. 2022.



EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

BAKER-AUSTIN, C. *et al.* Co-selection of antibiotic and metal resistance. **Trends in Microbiology**, v. 14, abr. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2006.02.006>. Acesso em: 10 jul. 2022.

CHENG, D. L. *et al.* Problematic effects of antibiotics on anaerobic treatment of swine wastewater. **Bioresource Technology**, v. 263, 1 set. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085241830659X>. Acesso em: 7 jun. 2022.

CHENG, D. *et al.* A critical review on antibiotics and hormones in swine wastewater: Water pollution problems and control approaches. **Journal of Hazardous Materials**, v. 387, abr. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438941931636X>. Acesso em: 3 jul. 2022.

FANG, J. *et al.* Antimicrobial resistance profiles and characteristics of integrons in *Escherichia coli* strains isolated from a large-scale centralized swine slaughterhouse and its downstream markets in Zhejiang, China. **Food Control**, v. 95, jan. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713518303992>. Acesso em: 2 jun. 2022.

FRIEDMAN, N. D.; TEMKIN, E.; CARMELI, Y. The negative impact of antibiotic resistance. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 22, 1 maio 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1198743X15010289>. Acesso em: 19 jul. 2022.

LAN, L. *et al.* High removal efficiency of antibiotic resistance genes in swine wastewater via nanofiltration and reverse osmosis processes. **Journal of Environmental Management**, v. 231, p. 439–445, 1 fev. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718312076>. Acesso em: 10 jun. 2022.

LI, N. *et al.* The persistence of antimicrobial resistance and related environmental factors in abandoned and working swine feedlots. **Environmental Pollution**, v. 255, dez. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749119323942>. Acesso em: 22 set. 2022.

LI, X. *et al.* Metagenomic evidence for co-occurrence of antibiotic, biocide and metal resistance genes in pigs. **Environment International**, v. 158, 1 jan. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412021005249>. Acesso em: 3 jul. 2022.

MA, Z. *et al.* Long-term low dissolved oxygen accelerates the removal of antibiotics and antibiotic resistance genes in swine wastewater treatment. **Chemical Engineering Journal**, v. 334, p. 630–637, 15 fev. 2018. Disponível em:



EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894717317576>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MENZ, J.; OLSSON, O.; KÜMMERER, K. Antibiotic residues in livestock manure: Does the EU risk assessment sufficiently protect against microbial toxicity and selection of resistant bacteria in the environment? **Journal of Hazardous Materials**, v. 379, 5 nov. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31279308/>. Acesso em: 5 jun. 2022.

MICHELON, W. *et al.* Microalgae produced during phycoremediation of swine wastewater contains effective bacteriostatic compounds against antibiotic-resistant bacteria. **Chemosphere**, v. 283, 1 nov. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521017409>. Acesso em: 10 jul. 2022.

PISSETTI, C. *et al.* Antimicrobial resistance in commensal *Escherichia coli* and *Enterococcus* spp. isolated from pigs subjected to different antimicrobial administration protocols. **Research in Veterinary Science**, v. 137, p. 174–185, 1 jul. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034528821001417>. Acesso em: 5 jun. 2022.

SARMAH, A. K.; MEYER, M. T.; BOXALL, A. B. A. A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (VAs) in the environment. **Chemosphere**, v. 65, out. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653506003213>. Acesso em: 10 jul. 2022.

WATANABE, N. *et al.* Use and environmental occurrence of antibiotics in freestall dairy farms with manured forage fields. **Environmental Science and Technology**, v. 44, n. 17, p. 6591–6600, 1 set. 2010. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es100834s>. Acesso em: 4 jul. 2022.

ZAHEDI, S. *et al.* Anaerobic treatment of swine manure under mesophilic and thermophilic temperatures: Fate of veterinary drugs and resistance genes. **Science of the Total Environment**, v. 818, 20 abr. 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34793799/>. Acesso em: 5 jul. 2022.

ZAREI-BAYGI, A.; SMITH, A. L. Intracellular versus extracellular antibiotic resistance genes in the environment: Prevalence, horizontal transfer, and mitigation strategies. **Bioresource Technology**, 1 jan. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33254446/>. Acesso em: 19 jul. 2022.