

RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA EM SUÍNOS NA FASE DE CRECHE: PANORAMA GLOBAL E NACIONAL E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN NURSERY PIGS: GLOBAL AND NATIONAL OVERVIEW AND MITIGATION MEASURES

RESISTENCIA ANTIMICROBIANA EN CERDOS EN LA FASE DE DESTETE: PANORAMA GLOBAL Y NACIONAL Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Vinícius Gabriel Passinato¹
Nelson Massaru Fukumoto²

RESUMO: A resistência antimicrobiana (RAM) é uma ameaça crescente à saúde pública global e à sustentabilidade da produção animal, com impactos diretos sobre a eficácia terapêutica, a segurança alimentar e a integridade dos ecossistemas. Na suinocultura intensiva, a fase de creche representa um dos principais pontos críticos para a seleção e disseminação de microrganismos multirresistentes, devido a elevada pressão antimicrobiana imposta nesse período. Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o panorama global e nacional da RAM em suínos na fase de creche, com ênfase nos fatores fisiológicos, imunológicos, microbiológicos e de manejo que favorecem sua emergência e propagação. Foram analisadas políticas públicas internacionais (União Europeia, Estados Unidos, China, América Latina e África), mecanismos moleculares de resistência bacteriana às principais classes antimicrobianas utilizadas na suinocultura (tetraciclina, colistina, β -lactâmicos, macrolídeos, entre outras), além da caracterização da situação brasileira quanto à regulamentação, vigilância e desafios estruturais. A revisão identificou lacunas significativas em sistemas de rastreabilidade, fiscalização e vigilância genômica, especialmente em países em desenvolvimento, e reforça a urgência da abordagem integrada da Saúde Única (One Health) para contenção da RAM. Conclui-se que a mitigação da resistência na suinocultura, sobretudo na fase de creche, exige estratégias multidimensionais, que combinem políticas públicas eficazes, práticas zootécnicas aprimoradas, diagnóstico laboratorial, educação sanitária e vigilância integrada entre os setores da saúde animal, humana e ambiental.

1495

Palavras-chave: Suinocultura. Fase de creche. Saúde Única. Vigilância sanitária.

¹Graduando em Medicina Veterinária pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR.]

²Professor do curso de Medicina Veterinária da PUCPR Câmpus Toledo. Doutorado em Produção Animal Formado em Zootecnia com Mestrado e Doutorado em Produção Animal pela Universidade Estadual de Maringá (UEM).

ABSTRACT: Antimicrobial resistance (AMR) is a growing threat to global public health and the sustainability of animal production, with direct impacts on therapeutic efficacy, food safety, and ecosystem integrity. In intensive pig farming, the nursery phase represents one of the main critical points for the selection and dissemination of multidrug-resistant microorganisms, due to the high antimicrobial pressure imposed during this period. This study aimed to conduct an in-depth literature review on the global and national panorama of AMR in nursery pigs, with emphasis on the physiological, immunological, microbiological, and management factors that favor its emergence and spread. International public policies (European Union, United States, China, Latin America, and Africa), molecular mechanisms of bacterial resistance to the main antimicrobial classes used in pig farming (tetracyclines, colistin, β -lactams, macrolides, among others), as well as the Brazilian context regarding regulation, surveillance, and structural challenges, were analyzed. The review identified significant gaps in traceability systems, inspection, and genomic surveillance, particularly in developing countries, and reinforces the urgency of the integrated One Health approach to contain AMR. It is concluded that mitigating resistance in pig farming, especially in the nursery phase, requires multidimensional strategies combining effective public policies, improved zootechnical practices, laboratory diagnostics, health education, and integrated surveillance across the animal, human, and environmental health sectors.

Keywords: Pig farming. Nursery phase. One Health. Health surveillance.

RESUMEN: La resistencia a los antimicrobianos (RAM) es una amenaza creciente para la salud pública mundial y la sostenibilidad de la producción animal, con impactos directos en la eficacia terapéutica, la seguridad alimentaria y la integridad de los ecosistemas. En la porcicultura intensiva, la fase de destete representa uno de los principales puntos críticos para la selección y diseminación de microorganismos multirresistentes, debido a la alta presión antimicrobiana impuesta en este período. Este estudio tuvo como objetivo realizar una revisión bibliográfica en profundidad sobre el panorama global y nacional de la RAM en cerdos en la fase de destete, con énfasis en los factores fisiológicos, inmunológicos, microbiológicos y de manejo que favorecen su emergencia y propagación. Se analizaron políticas públicas internacionales (Unión Europea, Estados Unidos, China, América Latina y África), mecanismos moleculares de resistencia bacteriana a las principales clases de antimicrobianos utilizadas en la porcicultura (tetraciclinas, colistina, β -lactámicos, macrólidos, entre otros), además de la caracterización de la situación brasileña en cuanto a la reglamentación, vigilancia y desafíos estructurales. La revisión identificó lagunas significativas en los sistemas de trazabilidad, fiscalización y vigilancia genómica, especialmente en los países en desarrollo, y refuerza la urgencia del enfoque integrado de Una Salud (*One Health*) para contener la RAM. Se concluye que la mitigación de la resistencia en la porcicultura, sobre todo en la fase de destete, exige estrategias multidimensionales que combinen políticas públicas eficaces, prácticas zootécnicas mejoradas, diagnóstico de laboratorio, educación sanitaria y vigilancia integrada entre los sectores de la salud animal, humana y ambiental.

Palabras clave: Porcicultura. Fase de destete. Una Salud. Vigilancia sanitaria.

INTRODUÇÃO

A resistência aos antimicrobianos (RAM) deixou de ser apenas uma preocupação dos ambientes hospitalares para se tornar um desafio de proporções globais. Ela ameaça a eficácia

dos tratamentos, compromete a segurança alimentar e coloca em risco a sustentabilidade da produção animal (WHO, 2017). Estimativas indicam que, se nada for feito, em 2050 o mundo poderá enfrentar até 10 milhões de mortes anuais atribuídas a microrganismos resistentes, além de perdas econômicas que ultrapassam 100 trilhões de dólares (Murray, et al.2022).

Na suinocultura, especialmente em sistemas intensivos, a fase de creche desponta como um ponto crítico. É nesse período que leitões recém-desmamados enfrentam profundas transformações: afastam-se da mãe, passam a consumir um novo tipo de dieta, entram em contato com diferentes microrganismos e lidam com uma imunidade ainda em formação. Diante desse cenário, não é raro que infecções entéricas e respiratórias causem altas taxas de morbidade e mortalidade, o que estimula o uso frequente de antimicrobianos, muitas vezes de forma preventiva (LARSSON *et al.*, 2018). De acordo com a European Medicines Agency (EMA, 2023), essa fase concentra o maior volume de administração de antimicrobianos por animal, tornando-se um dos principais pontos de pressão seletiva para a resistência bacteriana.

Nos estudos da EMBRAPA (2022) revelam que mais de 70% das granjas utilizam antimicrobianos de forma contínua, seja na ração, na água de bebida ou por via injetável, como estratégia para conter os problemas sanitários mais recorrentes. Essa prática, embora ofereça ganhos imediatos em termos de produtividade, também abre espaço para a seleção de cepas resistentes com potencial de transmissão para seres humanos, seja pelo consumo de carne contaminada, pelo contato direto com os animais ou pelo ambiente de produção (DUTRA, 2021).

1497

Nesse contexto, observa-se que elementos genéticos móveis, como plasmídeos e integrons, desempenham papel central na disseminação desses genes de resistência, circulando tanto em ambientes de produção animal quanto em unidades hospitalares. Essa interconexão microbiológica evidencia que a barreira entre espécies está cada vez mais tênue (FURLAN *et al.*, 2021), o que amplia os riscos de propagação da resistência antimicrobiana (RAM) entre os ecossistemas.

Diante desse cenário, reforça-se o que a Organização Mundial da Saúde (OMS), a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial de Saúde Animal (WOAH) têm defendido: o enfrentamento da RAM requer uma abordagem integrada que contemple simultaneamente à saúde humana, animal e ambiental, em uma perspectiva interdependente, a chamada Saúde Única (One Health) (FAO; WHO; WOAH, 2022).

Ainda que o Brasil tenha avançado em termos normativos, como com a Instrução Normativa nº 65/2020 do Ministério da Agricultura e a Portaria GM/MS nº 1.987/2022, persistem fragilidades relacionadas à fiscalização, padronização de dados e efetividade das ações no campo (MAPA, 2020). Soma-se a isso o fato de que várias das classes de antimicrobianos utilizadas na produção suína, como tetraciclina, colistina, β -lactâmicos e macrolídeos, são consideradas críticas também para a medicina humana (WHO, 2019). O risco de resistência cruzada, portanto, é real e imediato.

Nesse contexto, torna-se fundamental compreender não apenas os mecanismos biológicos envolvidos, mas também os fatores de manejo e as políticas públicas que moldam a realidade da suinocultura. Este trabalho propõe-se a revisar de forma crítica a literatura sobre a resistência antimicrobiana em suínos na fase de creche, destacando os fatores que favorecem sua emergência, os impactos na saúde animal e humana, bem como as estratégias de mitigação adotadas em nível global e nacional, à luz da abordagem da Saúde Única.

MÉTODOS

Realizou-se uma revisão de literatura voltada a mapear e discutir a resistência aos antimicrobianos (RAM) em suínos na fase de creche, contemplando evidências científicas e documentos técnico-regulatórios. Optou-se por uma revisão narrativa com rigor metodológico, adequada para integrar bases biológicas, epidemiológicas e normativas e, quando pertinente, adotaram-se elementos do checklist PRISMA para transparência do processo (sem meta-análise).

1498

As buscas foram conduzidas nas bases, PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase, SciELO e LILACS. Para políticas e vigilância, consultaram-se repositórios institucionais (OMS/WHO, FAO, WOA, EMA, EFSA, FDA, CDC), além de documentos nacionais (MAPA, ANVISA, EMBRAPA, ABPA). O recorte temporal priorizou publicações dos últimos 10–12 anos, incluindo estudos clássicos anteriores quando essenciais para o entendimento dos mecanismos de resistência.

As consultas combinaram descritores controlados e termos livres em português, inglês e espanhol. Um exemplo de string (ajustada por base): (“swine” OR “pigs” OR “suínos”) AND (“nursery” OR “creche” OR “post-weaning”) AND (“antimicrobial resistance” OR “AMR” OR “resistência antimicrobiana”) AND (tetracyclines OR colistin OR β -lactams OR macrolides OR “mcr-1” OR “ESBL” OR “blaCTX-M”)

Termos regulatórios (p.ex., “policy”, “surveillance”, “ESVAC”, “NARMS”, “GLASS”) e de manejo (“all-in/all-out”, “biosseguridade”, “metafilaxia”) foram adicionados em buscas específicas. As referências de artigos-chave foram rastreadas (snowballing) para capturar estudos não retornados inicialmente.

Incluíram-se estudos com foco em suínos na fase de creche (pós-desmame), contemplando: epidemiologia da RAM; mecanismos moleculares e genes de resistência; uso de antimicrobianos e manejo; vigilância e regulação; impactos ambientais (resíduos/dejetos) e interface One Health. Estudos estritamente clínicos em humanos, sem conexão com a cadeia suína, foram excluídos.

Dentre os critérios de inclusão estão os artigos originais, revisões, relatórios técnicos oficiais, diretrizes e documentos regulatórios que abordassem RAM em suínos (preferencialmente fase de creche) ou que contribuíssem para compreender mecanismos e políticas aplicáveis ao contexto; idiomas: português, inglês ou espanhol. Quanto a exclusão, tem-se publicações com dados insuficientes, opinativos sem base técnica, duplicatas, resumos sem texto completo e estudos fora do escopo.

A triagem ocorreu em duas etapas, leitura de títulos/resumos e, depois, leitura do texto completo. Duplicatas foram removidas em gerenciador bibliográfico (Zotero/Mendeley). Em caso de dúvida de elegibilidade, prevaleceu a inclusão para leitura completa, com decisão final baseada na aderência ao escopo (fase de creche e/ou contribuição objetiva ao tema). 1499

Dos estudos elegíveis, registraram-se, país/ano, desenho metodológico, fase etária (com destaque para creche), patógenos/indicadores avaliados, classes antimicrobianas, genes de resistência (p.ex., *mcr-I*, *blaCTX-M*, *tet*, *erm*), práticas de manejo/biosseguridade, indicadores de uso (quando informados), e principais achados sobre vigilância e regulação. Para documentos normativos, foram extraídos objetivos, medidas propostas, grau de implementação e métricas de monitoramento.

Quando aplicável, empregaram-se critérios de qualidade compatíveis com o desenho, como estudos observacionais/experimentais, itens do JBI (Joanna Briggs Institute) ou equivalentes; Estudos com animais, orientações SYRCLE para risco de viés; Relatórios/Guias, apreciação crítica de clareza, base de evidências, método de construção e aplicabilidade. A avaliação não excluiu automaticamente estudos, mas orientou o peso dado aos resultados na síntese.

Devido à heterogeneidade de desenhos, desfechos e métricas, optou-se por síntese narrativa, organizada em eixos: (1) fundamentos e mecanismos; (2) panorama global e políticas; (3) situação brasileira; (4) fase de creche: vulnerabilidades, manejo e uso de antimicrobianos; (5) classes de fármacos e genes de resistência; (6) implicações One Health e medidas de mitigação. Tabelas resumidas foram utilizadas para comparar classes antimicrobianas, genes e evidências por região quando pertinente.

Por tratar-se de revisão de literatura baseada em fontes públicas e sem envolvimento direto de seres humanos ou animais, não se aplicou submissão a Comitê de Ética em Pesquisa. Nos casos de dados institucionais, respeitou-se a autoria, a integridade dos registros e as condições de uso dos repositórios.

A estratégia de busca, os critérios de seleção e os campos extraídos foram definidos previamente e estão descritos de modo a permitir a reprodução do percurso metodológico. Todos os relatórios normativos citados foram rastreados a partir dos sites oficiais de referência. As limitações esperadas (p.ex., subnotificação do uso de antimicrobianos, diferenças de vigilância entre países e escassez de dados específicos da fase de creche em algumas regiões) são reconhecidas e discutidas nos resultados.

RESULTADOS

1500

A revisão de literatura permitiu reunir evidências recentes sobre a resistência antimicrobiana (RAM) em suínos na fase de creche, contemplando dados epidemiológicos, classes de antimicrobianos utilizadas, genes de resistência mais frequentemente identificados, práticas de manejo relacionadas e medidas de vigilância implementadas em diferentes contextos.

De forma geral, constatou-se que a fase de creche concentra o maior volume de antimicrobianos administrados por animal, com predominância do uso de tetraciclina, β -lactâmicos, macrolídeos e polimixinas. A administração ocorre, sobretudo, por via oral (ração e água), frequentemente de forma metafilática ou preventiva (Tabela 1).

Tabela 1 – Principais classes de antimicrobianos utilizadas em suínos na fase de creche e suas vias de administração

Classe antimicrobiana	Exemplos	Via de administração mais comum	Finalidade declarada
Tetraciclina	Oxitetraciclina, Doxiciclina	Ração / Água	Profilaxia, metafilaxia, terapêutica

β-lactâmicos	Amoxicilina, Ceftiofur	Injetável / Ração	Terapêutica
Macrolídeos	Tilosina, Tilmicosina	Ração / Água	Controle respiratório
Polimixinas	Colistina	Ração / Água	Controle de diarreia neonatal

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025, a partir de EMBRAPA (2022), EMA (2023), FDA (2023).

A literatura destacou a alta prevalência de genes de resistência em isolados de *Escherichia coli* e *Salmonella* provenientes de leitões na fase de creche, com destaque para *mcr-1*, *blaCTX-M*, *tet(A/B)* e *erm(B)*. Esses genes foram identificados tanto em granjas comerciais quanto em amostras ambientais de dejetos suínos, reforçando o papel da produção como reservatório do resistoma (Tabela 2).

Tabela 2 – Genes de resistência antimicrobiana mais frequentemente identificados em suínos na fase de creche

Gene	Classe antimicrobiana associada	Microrganismos detectados	mais	Contexto de detecção
<i>mcr-1</i>	Polimixinas (Colistina)	<i>Escherichia coli</i>		Granjas comerciais, dejetos
<i>blaCTX-M</i>	Cefalosporinas de 3ª geração	<i>Escherichia coli</i> e <i>Salmonella spp.</i>		Isolados clínicos e ambientais
<i>tet(A/B)</i>	Tetraciclinas	<i>Escherichia coli</i>		Leitões na fase de creche
<i>erm(B)</i>	Macrolídeos	<i>Streptococcus suis</i> e <i>Enterococcus spp.</i>		Granjas e isolados hospitalares

1501

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025, com base em Furlan et al. (2021); Prestes et al. (2022); Dutra (2021).

Em nível internacional, observou-se forte assimetria entre regiões. Países da União Europeia apresentam redução significativa do consumo de antimicrobianos na produção animal após a implementação de restrições normativas, enquanto países da Ásia, América Latina e África mantêm altos índices de uso, com limitada rastreabilidade. Nos Estados Unidos, embora haja avanços na regulação por meio da *Veterinary Feed Directive*, a utilização ainda é expressiva, principalmente de tetraciclinas e macrolídeos.

No Brasil, dados da EMBRAPA (2022) indicaram que mais de 70% das granjas fazem uso rotineiro de antimicrobianos durante a fase de creche. Pesquisas recentes confirmaram a presença de genes de resistência em amostras clínicas e ambientais, além de similaridade genética entre cepas de *E. coli* de origem suína e hospitalar.

A análise também revelou lacunas persistentes: ausência de sistema nacional unificado de notificação de RAM, baixo investimento em sequenciamento genômico e fiscalização limitada em pequenas e médias propriedades. Apesar disso, iniciativas regionais e setoriais, como programas de rastreabilidade e certificações “livre de antibióticos”, começam a ser implementadas em sistemas voltados à exportação.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesta revisão reforçam a centralidade da fase de creche como um dos pontos mais críticos para a emergência e disseminação da resistência antimicrobiana (RAM) na suinocultura. O uso intensivo de antimicrobianos nesse período, sobretudo de tetraciclina, macrolídeos, β -lactâmicos e polimixinas, confirma o que já havia sido apontado por Rhouma et al. (2016), que descrevem essa etapa como um elo frágil na interface entre saúde animal e saúde pública. A presença frequente de genes como *mcr-1*, *blaCTX-M* e *tet(A/B)* em amostras brasileiras e internacionais evidencia a pressão seletiva exercida pela administração contínua de fármacos de amplo espectro, alinhando-se a achados de Furlan et al. (2021) e Prestes et al. (2022).

Ao comparar os cenários globais, nota-se uma clara desigualdade. Enquanto países da União Europeia conseguiram reduzir significativamente o uso de antimicrobianos veterinários após a proibição dos promotores de crescimento (EMA, 2023), países em desenvolvimento, como os da América Latina e África, ainda enfrentam grandes dificuldades para implementar sistemas eficazes de vigilância e rastreabilidade (FAO/WOAH, 2022).

Essa disparidade revela não apenas diferenças de capacidade regulatória, mas também de estrutura produtiva. Modelos mais verticalizados e exportadores, como os europeus, tendem a incorporar tecnologias de monitoramento e boas práticas com maior agilidade, enquanto pequenas propriedades em países periféricos permanecem dependentes do uso massivo de antimicrobianos como ferramenta de contenção sanitária.

No contexto brasileiro, verificam-se avanços regulatórios, como a Instrução Normativa nº 65/2020 do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e o Programa Nacional de Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos — RAM-Brasil (MAPA, 2020). Apesar dessas iniciativas, os dados disponíveis permanecem fragmentados, e a vigilância sanitária ainda depende, em grande parte, de ações isoladas e regionais. Pesquisas que identificaram elevada similaridade genética entre cepas de *Escherichia coli* isoladas de suínos e

amostras hospitalares humanas (Prestes et al., 2022) evidenciam o potencial zoonótico da resistência antimicrobiana, reforçando a necessidade de políticas públicas integradas que contemplem de forma articulada a saúde animal, humana e ambiental, em conformidade com os princípios da abordagem One Health.

Outro ponto que merece destaque é o impacto ambiental. A detecção de genes de resistência em solos e águas próximos a granjas, mesmo em áreas sem uso recente de antibióticos (Xu, 2020; Dutra, 2021), demonstra que a RAM extrapola o limite da produção e se incorpora ao resistoma ambiental. Isso amplia o risco de circulação de determinantes de resistência em ecossistemas agrícolas e urbanos, dificultando ainda mais seu controle.

Apesar da consistência dos achados, esta revisão apresenta algumas limitações. A primeira refere-se à heterogeneidade dos estudos incluídos, diferentes metodologias, contextos produtivos e formas de mensuração dificultam comparações diretas entre países. A fase de creche, embora amplamente reconhecida como crítica, nem sempre é descrita de forma isolada nos estudos, o que reduz a precisão da análise. Outra limitação é a escassez de dados sistematizados no Brasil e em outros países da América Latina, onde a produção científica e os relatórios oficiais ainda são restritos e, muitas vezes, de difícil acesso.

Frente a essas lacunas, algumas direções para novas pesquisas se tornam evidentes. É necessário ampliar os estudos de vigilância genômica em suínos, especialmente na fase de creche, para mapear com maior detalhe a circulação de genes de resistência e sua conexão com isolados clínicos humanos. Da mesma forma, pesquisas que avaliem estratégias alternativas ao uso de antimicrobianos, como probióticos, prebióticos, vacinas e melhorias de biossegurança, são fundamentais para subsidiar políticas de mitigação. Há espaço para investigações interdisciplinares que considerem os impactos ambientais da RAM, avaliando sua persistência em solos, águas e alimentos.

A discussão dos resultados reforça que a resistência antimicrobiana na suinocultura, especialmente na fase de creche, não pode ser compreendida de forma isolada. Trata-se de um fenômeno complexo, que exige integração entre ciência, regulação e práticas produtivas. A consolidação da abordagem One Health, com vigilância integrada e cooperação internacional, surge como o caminho mais promissor para conter a disseminação da RAM e garantir a sustentabilidade da produção animal e a proteção da saúde pública.

CONCLUSÃO

A presente revisão evidenciou que a resistência antimicrobiana (RAM) na suinocultura, especialmente na fase de creche, constitui um desafio de elevada relevância para a saúde pública, a produção animal e a sustentabilidade ambiental. Os dados demonstraram que esse período concentra o maior uso de antimicrobianos por animal, sendo um ponto crítico para a seleção e disseminação de microrganismos multirresistentes.

Verificou-se a predominância do uso de tetraciclina, β -lactâmicos, macrolídeos e polimixinas, associada à detecção recorrente de genes de resistência como *mcr-1*, *blaCTX-M*, *tet(A/B)* e *erm(B)*. Esses achados foram reportados em diferentes contextos, animais, ambiente e alimentos, evidenciando a circulação desses determinantes dentro e fora da cadeia produtiva.

A análise internacional mostrou avanços expressivos em países da União Europeia, onde políticas restritivas e sistemas de vigilância integrados reduziram significativamente o consumo de antimicrobianos. Em contraste, regiões da América Latina, Ásia e África permanecem com uso elevado, fiscalização limitada e baixa rastreabilidade, cenário que também reflete a situação brasileira. No Brasil, embora existam marcos regulatórios recentes, como a Instrução Normativa nº 65/2020 e o Programa RAM-Brasil, a efetividade ainda é comprometida por falhas estruturais, especialmente em propriedades independentes e de menor escala.

1504

A mitigação da RAM na fase de creche exige estratégias multidimensionais: políticas públicas mais eficazes, práticas zootécnicas aprimoradas, uso racional de antimicrobianos baseado em diagnóstico laboratorial, programas de biossegurança, rastreabilidade de tratamentos e fortalecimento da vigilância integrada. A adoção da abordagem One Health é essencial para alinhar saúde animal, humana e ambiental, garantindo não apenas a produtividade da cadeia suinícola, mas também a proteção da saúde pública e dos ecossistemas.

REFERÊNCIAS

- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual. São Paulo: ABPA, 2024; 200p.
- BONGERS F, et al. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Vegetatio*, 1988; 74: 55-80.
- CAMPBELL JM, et al. The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science*, 2013; 91(2): 447-455.
- DUTRA F. Resistência antimicrobiana em suínos: riscos sanitários e ambientais. *Arquivos do Instituto Biológico*, 2021; 88: e1029.

EMA. European Medicines Agency. Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries. EMA Report, 2023; 1(1): 1–89.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Uso de antimicrobianos na suinocultura brasileira. Brasília: EMBRAPA Suínos e Aves, 2022; 100 p.

FAO; WHO; WOA. Global Database for Antimicrobial Resistance (AMR) Country Self Assessment Survey (TrACSS). Rome: FAO, 2022; 300 p.

FURLAN JP, et al. Detection of antimicrobial resistance genes in swine production and hospital isolates. Brazilian Journal of Microbiology, 2021; 52(3): 1235–1244.

GRESSE R, et al. Gut microbiota dysbiosis in postweaning piglets: understanding the keys to health. Trends in Microbiology, 2017; 25(10): 851–873.

KÜMMERER K. Antibiotics in the aquatic environment: a review. Chemosphere, 2009; 75(4): 417–434.

LARSSON DGJ, FLACH CF. Antibiotic resistance in the environment. Nature Reviews Microbiology, 2018; 20(2): 257–269.

LAXMINARAYAN R, et al. Antibiotic resistance—the need for global solutions. The Lancet Infectious Diseases, 2013; 13(12): 1057–1098.

LIU YY, et al. Emergence of plasmid-mediated colistin resistance mechanism MCR-1 in animals and human beings in China. The Lancet Infectious Diseases, 2016; 16(2): 161–168.

1505

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. Instrução Normativa nº 65. Brasília: MAPA, 2020; 25 p.

MURRAY, C. J. L. et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. The Lancet, v. 399, n. 10325, p. 629–655, 2022. PARTRIDGE SR, et al. Mobile genetic elements associated with antimicrobial resistance. Clinical Microbiology Reviews, 2018; 31(4): e00088-17.

PRESTES I, et al. Economic impact of antimicrobial resistance in pig production systems in southern Brazil. Animal Production Science, 2022; 62(4): 598–607.

RHOMA M, et al. Antimicrobial resistance in swine production. Veterinary Research, 2016; 47(1): 1–10.

VAN BOECKEL TP, et al. Global trends in antimicrobial use in food animals. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2015; 112(18): 5649–5654.

WHO. World Health Organization. Global action plan on antimicrobial resistance. Geneva: WHO, 2015; 28 p.

WHO. World Health Organization. Antimicrobial resistance: global surveillance report. Geneva: WHO, 2019; 50 p.

XIA Y, et al. Metagenomic insights into resistome in pig gut microbiota. *Microbiome*, 2019; 7(1): 16–24.

XU J. Environmental dissemination of antimicrobial resistance genes from animal farms. *Science of the Total Environment*, 2020; 735: 139–144.

ZHANG Q, et al. Dynamics of antimicrobial resistance genes in piglets during the nursery phase. *Frontiers in Microbiology*, 2020; 11: 579.