

ECOEPIDEMIOLOGIA DAS SUPERBACTÉRIAS URBANAS: PEQUENOS ANIMAIS COMO INDICADORES AMBIENTAIS DE RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA**ECOEPIDEMIOLOGY OF URBAN SUPERBACTERIA: SMALL ANIMALS AS ENVIRONMENTAL INDICATORS OF ANTIMICROBIAL RESISTANCE****ECOEPIDEMIOLOGÍA DE LAS SUPERBACTERIAS URBANAS: PEQUEÑOS ANIMALES COMO INDICADORES AMBIENTALES DE RESISTENCIA ANTIMICROBIANA**<https://doi.org/10.56238/ERR01v10n7-036>**João Paulo Yoshio Prado Cerqueira Kubota**

Doutorando em Ciência Animal

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

E-mail: jpyoshiok@gmail.com

Ana Paula de Moura Nardi

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Faculdade Cristo Rei (FACCRI)

E-mail: apdemouranardi@gmail.com

Apolônia Agnes Vilar de Carvalho Bulhões

Doutorado em Ciência Veterinária

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

E-mail: agnes.carvalho.14@gmail.com

Paula Fernanda Massini

Doutorado em Ciência Animal

Instituição: Universidade Estadual de Londrina (UEL)

E-mail: paulavetmassini@gmail.com

Douglas Sabino Leite de Oliveira Duarte

Graduado em Medicina Veterinaria

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

E-mail: douglassabino.duarte@gmail.com

Emilly Ravelly Lima Marinho

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade Federal de Roraima (UFRR)

E-mail: emillyrlmarinho@gmail.com

Aline Araújo da Costa

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade Castelo Branco (UCB)

E-mail: alinyacosta@gmail.com

Larissa Sá Teles Bertunes

Graduada em Medicina Veterinária

Instituição: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista do campus Botucatu (FMVZ- UNESP)

E-mail: l.bertunes@unesp.br

Vitória Fernanda Ferreira da Silva

Graduada em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade Estadual de Goiás (UEG)

E-mail: vitoriafernanda20@gmail.com

Jakelaine Lopes Paiva

Mestrado em Ciência Animal

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

E-mail: jakelainepaivamedvet@gmail.com

Luan Carlos Seger

Graduando em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ)

E-mail: luan.seger2014@gmail.com

Luana Cardoso da Silva

Pós Graduada em Saúde Pública

Instituição: Universidade de Pernambuco (UPE)

E-mail: lluuaacardoso@hotmail.com

RESUMO

A resistência antimicrobiana (RAM) tem se consolidado como um dos principais desafios globais para a saúde pública, especialmente devido à sua crescente disseminação em ambientes urbanos. Considerando que pequenos animais sinantrópicos mantêm estreita interação com resíduos humanos e locais de alta antropização, tornou-se relevante compreender seu papel na circulação ambiental de microrganismos multirresistentes. Objetivou-se, portanto, analisar a ecoepidemiologia da RAM em pequenos animais urbanos, avaliando sua potencialidade como indicadores ambientais da presença e dispersão de superbactérias. Para tanto, procedeu-se a uma revisão narrativa com elementos de revisão integrativa, baseada em estudos publicados entre 2000 e 2025, selecionados em bases científicas internacionais e analisados de forma temática e crítica. Desse modo, observou-se que roedores peridomésticos, marsupiais e aves sinantrópicas apresentam alta prevalência de enterobactérias e estafilococos resistentes, cuja ocorrência é diretamente influenciada pelo nível de antropização e pela qualidade ambiental. Os achados também revelaram lacunas metodológicas, como ausência de padronização e escassez de estudos longitudinais, que limitaram comparações mais amplas. Isso permitiu concluir que pequenos animais urbanos constituem sentinelas promissoras da RAM, mas sua

efetiva utilização em programas de monitoramento depende de avanços metodológicos e da integração ao escopo da abordagem One Health.

Palavras-chave: Antropização. Bioindicadores. One Health. Resistência Bacteriana. Vigilância Ambiental.

ABSTRACT

Antimicrobial resistance (AMR) has become one of the main global challenges for public health, especially due to its increasing spread in urban environments. Considering that small synanthropic animals interact closely with human waste and highly anthropized areas, it has become important to understand their role in the environmental circulation of multidrug-resistant microorganisms. The objective was, therefore, to analyze the ecoepidemiology of AMR in small urban animals, evaluating their potential as environmental indicators of the presence and dispersion of superbugs. To this end, a narrative review with elements of integrative review was conducted, based on studies published between 2000 and 2025, selected from international scientific databases and analyzed thematically and critically. Thus, it was observed that peridomestic rodents, marsupials, and synanthropic birds have a high prevalence of resistant enterobacteria and staphylococci, whose occurrence is directly influenced by the level of anthropization and environmental quality. The findings also revealed methodological gaps, such as a lack of standardization and a scarcity of longitudinal studies, which limited broader comparisons. This led to the conclusion that small urban animals are promising sentinels for AMR, but their effective use in monitoring programs depends on methodological advances and integration into the scope of the One Health approach.

Keywords: Anthropization. Bioindicators. One Health. Bacterial Resistance. Environmental Surveillance.

RESUMEN

La resistencia antimicrobiana (RAM) se ha consolidado como uno de los principales retos mundiales para la salud pública, especialmente debido a su creciente propagación en entornos urbanos. Teniendo en cuenta que los pequeños animales sinantrópicos mantienen una estrecha interacción con los residuos humanos y los lugares altamente antropizados, se ha vuelto relevante comprender su papel en la circulación ambiental de microorganismos multirresistentes. Por lo tanto, el objetivo fue analizar la ecoepidemiología de la RAM en pequeños animales urbanos, evaluando su potencial como indicadores ambientales de la presencia y dispersión de superbacterias. Para ello, se realizó una revisión narrativa con elementos de revisión integrativa, basada en estudios publicados entre 2000 y 2025, seleccionados en bases científicas internacionales y analizados de forma temática y crítica. De este modo, se observó que los roedores peridomésticos, los marsupiales y las aves sinantrópicas presentan una alta prevalencia de enterobacterias y estafilococos resistentes, cuya aparición está directamente influenciada por el nivel de antropización y la calidad ambiental. Los hallazgos también revelaron lagunas metodológicas, como la ausencia de estandarización y la escasez de estudios longitudinales, lo que limitó las comparaciones más amplias. Esto permitió concluir que los pequeños animales urbanos constituyen centinelas prometedores de la RAM, pero su uso efectivo en programas de monitoreo depende de avances metodológicos y de la integración en el ámbito del enfoque One Health.

Palabras clave: Antropización. Bioindicadores. One Health. Resistencia Bacteriana. Vigilancia Ambiental.

1 INTRODUÇÃO

A resistência antimicrobiana (RAM) constitui uma das mais relevantes crises sanitárias contemporâneas, caracterizando-se como um fenômeno complexo e multisectorial que ameaça a saúde humana, animal e ambiental. O surgimento e a propagação de microrganismos resistentes são resultado do uso intensivo e, muitas vezes, inadequado de antimicrobianos em humanos, animais de produção e de companhia, além da disposição de resíduos farmacológicos no meio ambiente, o que favorece a seleção de cepas com características de resistência. Além disso, a RAM já atingiu níveis pandêmicos e está ligada ao crescimento da morbidade, mortalidade e despesas globais com saúde, apresentando projeções preocupantes para as próximas décadas (Doyle *et al.*, 2025).

Nesse cenário, a estratégia One Health se sobressai ao unir os elementos humano, animal e ambiental para entender a dinâmica ecoepidemiológica da RAM. No entanto, apesar dos progressos, ainda há uma lacuna considerável na integração sistemática de dados ambientais e da fauna silvestre e sinantrópica nos programas de monitoramento. Estudos recentes mostram que a RAM está presente em grande parte da vida selvagem e que o nível de antropização de um ecossistema tem impacto direto na quantidade de bactérias resistentes em animais de vida livre (Vittecoq *et al.*, 2016; Ramey *et al.*, 2021).

Diversos estudos indicam que pequenos mamíferos urbanos, particularmente roedores peridomésticos e marsupiais, têm alta propensão para adquirir e disseminar bactérias multirresistentes, em virtude de sua intensa interação com resíduos humanos, esgoto, lixo doméstico e ambientes hospitalares. *Rattus norvegicus* e *Rattus rattus*, por exemplo, são identificados como relevantes reservatórios de enterobactérias resistentes, como *Escherichia coli* produtora de β-lactamases de espectro estendido (ESBL), *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA) e outros patógenos de importância clínica (Uea-Anuwong *et al.*, 2023; Uea-Anuwong *et al.*, 2024).

No Brasil, a situação não é distinta. Estudos realizados em parques urbanos de Belo Horizonte mostraram a presença de *Clostridioides difficile* toxigênico, estafilococos multirresistentes e outros microrganismos significativos em roedores e marsupiais de vida livre. Isso indica que essas espécies podem funcionar como sentinelas ambientais, refletindo a contaminação microbiológica dos ambientes urbanos (Santana *et al.*, 2022). De forma semelhante, estudos internacionais indicam que roedores e musaranhos podem servir como bioindicadores da pressão seletiva causada por ações humanas, especialmente em regiões onde há interação entre populações humanas, agropecuária e fauna local (Rumi *et al.*, 2025).

Além dos roedores, aves sinantrópicas, como pombos urbanos (*Columba livia*), também carregam enterobactérias multirresistentes e têm sido amplamente estudadas como possíveis vetorais e

1 0 0
1 1 0
1 0 0
1 0 1 0 1 1 0 0
1 1 1 1 0 0
1 0 0 1 0 0
1 0 1 0 0 1 0 0
1 0 1 0 1

1 0 0 1 0 0
1 1 0 1 1 0
1 0 0 1 0 0
1 0 1 0 1 1 0 1 0 0
1 1 1 0 0 1 1 1 1
1 0 0 1 1 0 1 0 0
1 0 1 1 0 0 1 0 0
1 0 1 0 1

sentinelas de contaminação ambiental, reforçando a necessidade de compreender a RAM sob uma perspectiva ecoepidemiológica ampliada (Kowalczyk *et al.*, 2021; Guimarães *et al.*, 2017).

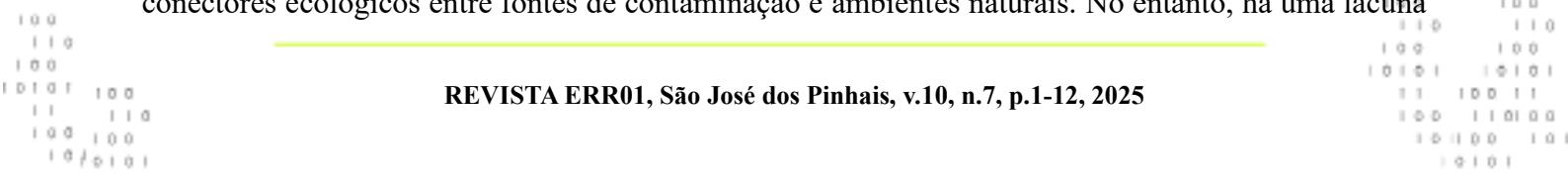
Dada a crescente presença de bactérias resistentes em pequenos animais urbanos e a falta de pesquisas que conectem essas informações aos sistemas de monitoramento ambiental e epidemiológico, é fundamental entender como esses animais podem atuar como indicadores ambientais da resistência antimicrobiana. Essa metodologia permite identificar áreas críticas de contaminação, localizar possíveis fontes de dispersão de genes de resistência e apoiar a criação de políticas públicas mais eficientes (Benavides *et al.*, 2024; Corrêa *et al.*, 2022).

Neste contexto, este estudo procura responder se pequenos animais urbanos podem servir como indicadores ecoepidemiológicos da presença e circulação de superbactérias no ambiente, destacando sua relevância para o fortalecimento da vigilância integrada da resistência antimicrobiana sob a abordagem One Health. Portanto, o objetivo deste estudo é investigar a ecoepidemiologia da resistência antimicrobiana em pequenos animais urbanos, identificando as bactérias resistentes mais comuns nessas espécies, descrevendo seus perfis fenotípicos e genotípicos, avaliando o impacto da antropização na prevalência de microrganismos multirresistentes, comparando evidências nacionais e internacionais e analisando a utilidade desses animais como indicadores ambientais em programas de monitoramento da RAM.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A resistência antimicrobiana é frequentemente caracterizada como um fenômeno biológico e social de alta complexidade, decorrente de redes interligadas que envolvem o uso de antimicrobianos, ecologia microbiana, pressão seletiva ambiental e circulação de agentes infecciosos entre humanos, animais e ecossistemas (Doyle *et al.*, 2025). Nos últimos dez anos, houve um progresso significativo na compreensão da RAM como um processo ecoepidemiológico, em que a interação entre fatores ambientais e dinâmicas populacionais dos hospedeiros é fundamental para o surgimento de cepas resistentes. Estudos mostram que a presença de genes de resistência não está limitada a ambientes clínicos, mas é encontrada de forma significativa no solo, na água, em resíduos urbanos e na microbiota de animais selvagens (Ramey *et al.*, 2021).

Do ponto de vista teórico, a abordagem **One Health** estrutura essa visão sistêmica ao integrar saúde humana, animal e ambiental, reconhecendo que a disseminação de bactérias resistentes segue o fluxo de interações ecológicas e sociais (Doyle *et al.*, 2025). Autores como Benavides *et al.* (2024) destacam que, apesar de a contribuição de animais silvestres para a disseminação da RAM ainda ser subestimada, há um amplo consenso de que esses animais desempenham um papel crucial como conectores ecológicos entre fontes de contaminação e ambientes naturais. No entanto, há uma lacuna



significativa: poucos países incluem efetivamente a fauna silvestre em seus programas de vigilância de RAM, o que restringe a capacidade de monitoramento ambiental e a detecção precoce de patógenos emergentes.

2.1 RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA COMO FENÔMENO ECOEPIDEMIOLÓGICO

A literatura especializada mostra que os fatores ambientais têm um impacto significativo na distribuição espacial da RAM, especialmente em áreas urbanizadas. Ambientes altamente antropizados, como regiões adjacentes a hospitais, estações de tratamento de esgoto, aterros sanitários, mercados e granjas, exibem uma maior presença de resíduos farmacêuticos e microrganismos resistentes, gerando “zonas quentes” de pressão seletiva (Vittecoq *et al.*, 2016). Nesses lugares, a fauna sinantrópica atua como intermediária ecológica, tendo contato direto com resíduos contaminados e adquirindo cepas resistentes que podem ser espalhadas pela mobilidade desses animais (Ramey *et al.*, 2021).

Estudos como o de Vittecoq *et al.* (2021) oferecem respaldo teórico ao emprego de animais silvestres como sinais de contaminação ambiental, apontando que os padrões temporais e espaciais de RAM na fauna espelham a magnitude das ações humanas. Ademais, o estudo de Ramey *et al.* (2021) mostra que a seleção de genes de resistência pode acontecer até em ecossistemas distantes, embora com uma frequência bem menor do que a registrada em regiões urbanas e agrícolas. Isso reforça a ideia de que a antropização é o principal impulsionador da expansão da RAM.

2.2 ROEDORES URBANOS COMO SENTINELAS AMBIENTAIS DA RAM

Os roedores peridomésticos, um dos grupos animais mais pesquisados, têm sua ecologia comportamental colocando-os em contato direto com resíduos humanos. A revisão de Uea-Anuwong *et al.* (2023), uma das mais abrangentes sobre o assunto, mostra que *Rattus norvegicus* e *Rattus rattus* são hospedeiros comuns de enterobactérias multirresistentes, como *Escherichia coli* produtora de ESBL, *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA), Enterococos resistentes à vancomicina (VRE) e enterobactérias resistentes à colistina. Isso faz com que esses animais sejam modelos confiáveis para estimar os níveis de contaminação locais.

Em pesquisa posterior, Uea-Anuwong *et al.* (2024) corroboram o conceito de “particionamento ecológico” da RAM: roedores capturados em áreas urbanas, fazendas e estábulos exibiram perfis de resistência diferentes, indicando que cada ambiente deixa uma “assinatura fenotípica e genotípica” na microbiota dos animais. Esse achado é crucial para a ecoepidemiologia, pois sugere que roedores podem funcionar como mapas vivos da distribuição da RAM, expondo gradientes de contaminação ao longo da paisagem.



No cenário brasileiro, Santana *et al.* (2022) evidenciaram a ocorrência de estafilococos multirresistentes e *Clostridioides difficile* toxigênico em roedores e marsupiais em parques urbanos de Belo Horizonte. A relevância desta pesquisa está no fato de que até mesmo áreas verdes, teoricamente menos sujeitas à pressão humana, mostraram microrganismos característicos de ambientes hospitalares, indicando possíveis fluxos de contaminação entre diversos compartimentos urbanos.

2.3 AVES SINANTRÓPICAS COMO RESERVATÓRIOS E INDICADORAS DE POLUIÇÃO MICROBIOLÓGICA

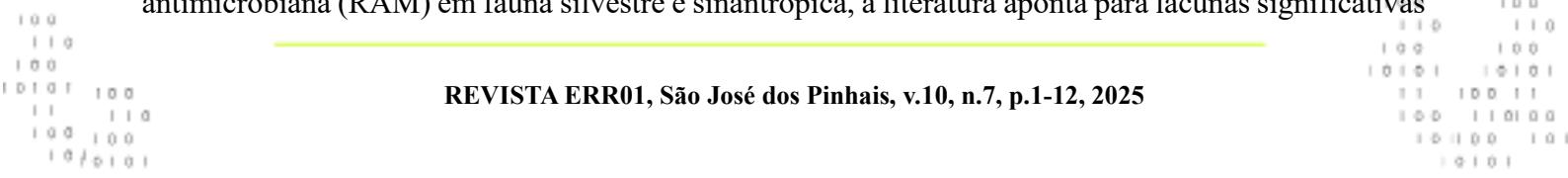
Além dos pequenos mamíferos, aves sinantrópicas, como os pombos (*Columba livia*), têm sido identificadas como relevantes portadores de enterobactérias multirresistentes em várias partes do mundo. Pesquisas como as de Kowalczyk *et al.* (2021) e Guimarães *et al.* (2017) corroboram a presença de *E. coli* patogênicas multirresistentes em pombos, incluindo linhagens *E. coli* patogênica extraintestinal (ExPEC) e ESBL de alta relevância clínica. A extensa mobilidade dessas aves, combinada com sua alta dependência de recursos urbanos, faz com que sejam transmissores eficazes de bactérias resistentes entre diversos locais da cidade, evidenciando seu papel como sentinelas de risco microbiológico urbano. Esse conjunto de evidências forma uma base teórica robusta para considerar aves e pequenos mamíferos como indicadores ambientais da RAM, permitindo inferir padrões de contaminação e direcionar estratégias de vigilância.

2.4 INTERFACES HUMANO-ANIMAL E ECOLOGIA DA RESISTÊNCIA

Pesquisas como a de Rumi *et al.* (2025) ampliam o debate ao identificar que pequenos mamíferos capturados em interfaces humano-lavoura, humano-hospital ou humano-comércio apresentam maior prevalência de bactérias multirresistentes. Seus achados reforçam a hipótese de que a pressão seletiva exercida pelo uso de antimicrobianos, seja na medicina humana, na veterinária ou na agricultura, tende a se refletir rapidamente em populações animais que transitam nesses ambientes. Outro ponto crítico identificado em diversas pesquisas é a possibilidade de circulação bidirecional de bactérias resistentes, isto é, *spillover* (contaminação da fauna por microrganismos provenientes de humanos e ambientes antropizados) e *spillback* (o retorno de cepas resistentes da fauna para humanos). Embora ainda pouco explorado, esse mecanismo pode gerar ciclos persistentes de transmissão, dificultando o controle da RAM (Benavides *et al.*, 2024).

2.5 LACUNAS E DESAFIOS NA LITERATURA

Embora tenha havido progressos teóricos e empíricos na compreensão da resistência antimicrobiana (RAM) em fauna silvestre e sinantrópica, a literatura aponta para lacunas significativas



que dificultam a utilização desses animais como indicadores ambientais. A ausência de padronização metodológica nos estudos é um dos principais obstáculos, uma vez que empregam variadas técnicas de amostragem, diferentes unidades de análise e parâmetros distintos para caracterizar ambientes e níveis de antropização. Essa diversidade torna mais difíceis as comparações abrangentes e impede a realização de sínteses sólidas sobre padrões globais de RAM na fauna (Vittecoq *et al.*, 2016).

Outro desafio é a falta de estudos longitudinais que possam acompanhar as tendências ao longo do tempo em relação à aquisição, manutenção e perda de resistência em populações animais. Pesquisas de curto prazo oferecem apenas “instantâneos” da situação local, sem possibilidade de deduzir a dinâmica temporal ou rotas de transmissão persistentes. Revisões recentes apontaram essa limitação, enfatizando a necessidade urgente de séries históricas e monitoramentos contínuos para entender a evolução da RAM no ambiente (Ramey *et al.*, 2021).

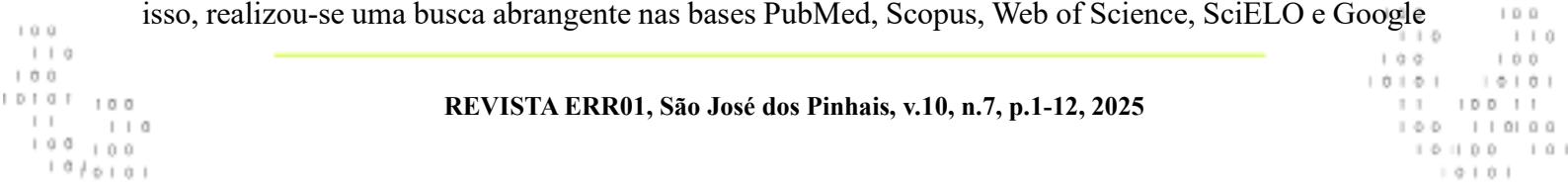
Há também a ausência de integração sistemática dos achados sobre fauna sentinela aos programas nacionais de vigilância da RAM. Apesar da abordagem One Health sugerir essa integração, a maioria dos países, inclusive os que possuem grande biodiversidade, ainda não inclui dados de fauna silvestre ou sinantrópica em sua vigilância oficial. Isso dificulta a identificação de fontes ambientais de contaminação e o monitoramento de sua evolução (Benavides *et al.*, 2024).

Além disso, ainda existem desafios metodológicos para distinguir entre fontes primárias e secundárias de contaminação. A literatura aponta que, apesar de haver evidências sólidas de spillover, a confirmação de spillback, ainda é incipiente e escassamente documentada. Pesquisas apontam que esse processo é viável, porém necessita de dados e métodos que possam seguir rotas de transmissão precisas (Benavides *et al.*, 2024).

Por último, há uma falta de estudos genômicos completos que possibilitem o rastreamento preciso das rotas de transmissão entre animais, humanos e meio ambiente. Apesar da expansão dos estudos metagenômicos e de sequenciamento de nova geração, ainda são escassos os trabalhos que utilizam essas tecnologias de maneira comparativa e integrada para rastrear os fluxos bidirecionais de genes de resistência. Revisões recentes enfatizam a importância de integrar métodos genômicos e de alta resolução para entender como diversas espécies, habitats e pressões seletivas influenciam a circulação da RAM (Laborda *et al.*, 2022).

3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa com elementos de revisão integrativa, construída com o objetivo de analisar criticamente a produção científica referente ao papel de pequenos animais urbanos como indicadores ecoepidemiológicos da resistência antimicrobiana (RAM). Para isso, realizou-se uma busca abrangente nas bases PubMed, Scopus, Web of Science, SciELO e Google



Scholar, complementada por documentos técnico-científicos de organismos internacionais e pelos artigos completos disponibilizados previamente. A estratégia de busca utilizou descritores em português, inglês e espanhol, combinados por operadores booleanos, incluindo termos como “resistência antimicrobiana”, “ecoepidemiologia”, “fauna urbana”, “wildlife”, “urban rodents”, “synanthropic birds” e “bioindicators”, de modo a garantir ampla recuperação de estudos relevantes publicados entre 2000 e 2025.

Estudos empíricos e revisões que investigaram a presença de bactérias resistentes em pequenos mamíferos ou aves sinantrópicas foram considerados elegíveis, assim como aqueles que examinaram os fatores ecológicos e ambientais relacionados à presença e disseminação da RAM. Foram excluídos estudos puramente clínicos, pesquisas laboratoriais sem conexão ambiental, textos sem acesso integral e documentos que não passaram pela revisão científica. Após a seleção do material, foram realizadas leituras exploratórias, seletivas e analíticas dos estudos, seguidas da organização temática dos resultados. Esses resultados abordaram aspectos como espécies estudadas, locais de captura, métodos de detecção microbiológica, níveis de antropização, dinâmica de transmissão (incluindo spillover e spillback) e capacidade dos animais como sentinelas ambientais.

A análise dos dados foi realizada de acordo com os princípios da revisão integrativa, o que possibilitou a identificação de padrões, recorrências e divergências entre os estudos, além da síntese crítica das evidências presentes na literatura. Ademais, procurou-se identificar as limitações metodológicas inerentes aos estudos originais, principalmente a diversidade de técnicas utilizadas, a falta de estudos longitudinais e a não padronização na vigilância de RAM em fauna, aspectos que limitam comparações diretas e generalizações mais abrangentes. Como este estudo se baseia apenas em dados secundários, não houve participação de seres humanos ou animais, o que dispensou a necessidade de submissão a comitês de ética. No entanto, os princípios de integridade científica, transparência metodológica e precisão interpretativa foram rigorosamente respeitados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da literatura científica revelou um conjunto sólido de evidências que destaca a função de pequenos animais urbanos como indicadores ecoepidemiológicos da RAM. De maneira geral, constatou-se que a prevalência e diversidade de bactérias resistentes em fauna sinantrópica estão intimamente ligadas ao nível de antropização dos ambientes. Isso demonstra que esses organismos respondem de forma sensível à pressão seletiva imposta pelas atividades humanas. Estudos demonstram que roedores peridomésticos e marsupiais urbanos carregam uma ampla gama de microrganismos multirresistentes, incluindo *Escherichia coli* produtora de ESBL, *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA) e outras enterobactérias de relevância clínica, especialmente

em áreas com intensa atividade humana, resíduos urbanos e proximidade de hospitais ou mercados (Uea-Anuwong *et al.*, 2023; Santana *et al.*, 2022). Esses achados são coerentes com pesquisas conduzidas em diferentes países, que confirmam o acúmulo de resistência em populações de pequenos mamíferos expostas a ambientes altamente modificados (Rumi *et al.*, 2025).

Além dos roedores, as aves sinantrópicas, especialmente os pombos (*Columba livia*), desempenham um papel significativo como indicadoras de contaminação ambiental. Pesquisas nacionais e internacionais indicam que esses animais hospedam *E. coli* multirresistentes, incluindo cepas que carregam os genes CTX-M, TEM e SHV. Além disso, eles podem disseminar microrganismos resistentes em áreas urbanas devido à sua alta mobilidade e convivência próxima com ambientes antropizados (Kowalczyk *et al.*, 2021; Guimarães *et al.*, 2017). A soma dessas evidências indica que pequenos mamíferos e aves sinantrópicas atuam como bioindicadores eficazes da presença de superbactérias em áreas urbanas, possibilitando o monitoramento dos gradientes de contaminação e a identificação de possíveis fontes de poluição microbiológica.

A análise combinada dos estudos também indicou que a RAM em fauna urbana segue um padrão espacial previsível: ambientes mais antropizados apresentam maior prevalência de microrganismos resistentes, enquanto regiões remotas tendem a apresentar níveis reduzidos de resistência. Estudos como os de Vittecoq *et al.* (2016) e Ramey *et al.* (2021) indicam uma forte correlação entre impacto humano, densidade populacional, manejo inadequado de resíduos e presença de bactérias resistentes em animais silvestres. Essa tendência é corroborada por pesquisas que revelam assinaturas genéticas únicas em enterobactérias isoladas de roedores oriundos de ambientes urbanos, agrícolas ou naturais. Isso indica que diferentes ecossistemas exercem diferentes pressões seletivas sobre a microbiota (Uea-Anuwong *et al.*, 2024).

Outro aspecto importante identificado na literatura refere-se às possíveis vias de transmissão entre fauna urbana, seres humanos e ambientes alterados. Existem evidências sólidas de spillover, processo em que microrganismos resistentes originados em ambientes antropizados são transferidos para a fauna, ao passo que as informações sobre spillback são escassas e pouco conclusivas (Benavides *et al.*, 2024). No entanto, pesquisas indicam que espécies sinantrópicas, devido à sua ecologia comportamental e proximidade com os seres humanos, podem funcionar como pontes epidemiológicas que facilitam a transferência de genes de resistência entre diversos compartimentos ambientais.

Apesar de os resultados indicarem de maneira consistente o potencial dos pequenos animais como sentinelas ambientais, a discussão destaca significativas limitações metodológicas nos estudos examinados. Entre essas limitações estão a falta de padronização na coleta e análise de amostras, a ausência de projetos longitudinais que possibilitem a avaliação da evolução temporal da resistência e a falta de dados genômicos comparativos que permitam o rastreamento preciso das rotas de transmissão.

(Vittecoq *et al.*, 2016; Laborda *et al.*, 2022). Essas restrições limitam a habilidade de estabelecer relações causais e comparar resultados entre diversas regiões e espécies. Portanto, apesar de a literatura atual fornecer subsídios valiosos, há lacunas que precisam ser preenchidas para fortalecer a vigilância ambiental e melhorar as estratégias integradas de monitoramento da RAM.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo evidenciou que pequenos animais urbanos, como roedores peridomésticos, marsupiais e aves sinantrópicas, apresentam elevada prevalência de bactérias multirresistentes, refletindo diretamente o impacto das atividades humanas sobre o ambiente. Esses organismos demonstraram forte potencial como sentinelas ecoepidemiológicas, uma vez que sua microbiota responde de forma sensível à pressão seletiva causada pela urbanização, pelo manejo inadequado de resíduos e pelo uso intensivo de antimicrobianos. Dessa forma, tais espécies podem atuar como bioindicadores valiosos da circulação de superbactérias em diferentes pontos da paisagem urbana, contribuindo para a identificação de áreas críticas de contaminação e para a compreensão das rotas ambientais de disseminação da resistência antimicrobiana.

No entanto, as limitações identificadas na literatura, como a ausência de padronização metodológica, a raridade de estudos longitudinais e a carência de análises genômicas comparativas, continuam a ser um obstáculo para a implementação bem-sucedida deste modelo de vigilância. É imprescindível expandir e unir os esforços de pesquisa, reforçando as abordagens ecoepidemiológicas e integrando dados ambientais aos programas de monitoramento da RAM, principalmente no contexto da perspectiva One Health. Portanto, embora a utilização de pequenos animais urbanos como indicadores ambientais seja promissora, é necessário fazer progressos estruturados para que se torne uma ferramenta eficaz de monitoramento e apoio a políticas públicas de saúde.

REFERÊNCIAS

BENAVIDES, J. A.; RAMEY, A. M.; et al. Wildlife, One Health and AMR: reviewing evidence and identifying opportunities for surveillance. *Journal of Applied Microbiology*, v. 136, n. 1, p. 1–18, 2024.

CORRÊA, F. B.; HEITZ, C.; LANGER, M.; et al. Integrating wildlife into antimicrobial resistance surveillance: challenges and perspectives. *One Health*, v. 15, p. 100–125, 2022.

DOYLE, M. M.; BENAVIDES, J. A.; MILLER, R. S.; et al. Making sense of sentinels: Wildlife as the One Health bridge for environmental antimicrobial resistance surveillance. *Journal of Applied Microbiology*, v. 138, n. 2, p. 257–275, 2025.

GUIMARÃES, M. B.; RIBEIRO, M. G.; LAGUNA, I. G.; et al. Captive and free-living urban pigeons (*Columba livia*) from Brazil as carriers of multidrug-resistant pathogenic *Escherichia coli*. *The Veterinary Journal*, v. 219, p. 65–67, 2017.

KOWALCZYK, M.; GAJEWSKA, J.; WITKOWSKI, L.; et al. Pigeons as carriers of clinically relevant multidrug-resistant pathogens. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 8, p. 664226, 2021.

LABORDA, L.; ALFARO, V.; CUADRADO-SUÁREZ, M.; et al. Wildlife and antibiotic resistance: A systematic review. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, v. 12, p. 873989, 2022.

RAMEY, A. M.; HERZIG, C. T.; et al. Antimicrobial resistance in wildlife: implications for public health. *Current Biology*, v. 31, n. 23, p. R1406–R1420, 2021.

RUMI, S. E.; RAHMAN, M.; KHAN, M. S. R.; et al. Prevalence and risk factors of antimicrobial resistance patterns of *Staphylococcus* spp. and *Escherichia coli* in rodents and shrews at human–animal interfaces in Chattogram, Bangladesh. *PLOS ONE*, v. 20, n. 7, p. e0327857, 2025.

SANTANA, F. M.; SILVA, R. O. S.; DUTRA, L. M.; et al. *Clostridioides difficile* and multidrug-resistant staphylococci in free-living rodents and marsupials in urban parks of Belo Horizonte, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 53, p. 1167–1177, 2022.

UEA-ANUWONG, N.; KAEWKASIKUL, P.; TONGKHUM, M.; et al. Antimicrobial resistance in bacteria isolated from peridomestic *Rattus* species: A scoping review (2000–2021). *One Health*, v. 17, p. 100503, 2023.

UEA-ANUWONG, N.; THONGKLAO, P.; KAEWCHAROEN, P.; et al. Environmental drivers of antimicrobial resistance in rodent microbiota across urban–rural gradients. *Environment International*, v. 184, p. 1075279, 2024.

VITTECOQ, M.; GODREUIL, S.; PRUGNOLLE, F.; et al. Antimicrobial resistance in wildlife. *Journal of Applied Ecology*, v. 53, n. 2, p. 519–529, 2016.

VITTECOQ, M.; GODREUIL, S.; DUVALLET, G.; et al. Wildlife as indicators of anthropogenic antimicrobial contamination across space and time. *Current Biology*, v. 31, n. 23, p. R1406–R1420, 2021.

