



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 23, Nº 03, maio/jun de 2026

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

RESUMO

O monitoramento de resíduos de antimicrobianos em alimentos de origem animal constitui componente essencial das estratégias de segurança alimentar e de enfrentamento da resistência antimicrobiana. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a prevalência de resíduos de antimicrobianos em ovos comerciais produzidos no Brasil entre 2015 e 2024, utilizando dados provenientes do Programa Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC). Foi realizada análise retrospectiva de dados de monitoramento oficial, considerando a frequência de amostras não conformes, a distribuição das principais classes de antimicrobianos detectadas e as tendências temporais ao longo do período analisado. Os resultados indicaram redução progressiva na prevalência de não conformidade, passando de 6,38% em 2015 para 0,77% em 2024, sugerindo melhora na conformidade regulatória ao longo da série histórica. Entre as classes antimicrobianas detectadas, as tetraciclina apresentaram maior frequência, seguidas por sulfonamidas e fluoroquinolonas. Observou-se ainda associação significativa entre a presença de resíduos e o isolamento de cepas de *Salmonella* multirresistentes, indicando possível interação entre práticas terapêuticas e dinâmica de resistência bacteriana na cadeia produtiva. Os resultados reforçam a importância dos programas oficiais de monitoramento para a avaliação contínua da segurança dos alimentos de origem animal e fornecem subsídios para o aprimoramento das estratégias de vigilância sanitária e mitigação da resistência antimicrobiana no contexto da abordagem One Health.

Palavras-chave: resistência, antimicrobiana, segurança alimentar, vigilância sanitária.

Prevalência de resíduos de antimicrobianos em ovos comerciais no Brasil

Resistência antimicrobiana, segurança alimentar, vigilância sanitária.

Ana Karoline Nascimento Bergamini Tavares¹

Rogério Pinto²

Camila Taveira Ducas Duarte^{2*}

Pedro Pires da Cunha Lima³

¹Graduanda em Medicina Veterinária – Centro Universitário de Viçosa.

²Professores do Departamento de Medicina Veterinária - Centro Universitário de Viçosa. E-mail: zootecnistarpinto@gmail.com.

³ Médico Veterinário.

PREVALENCE OF ANTIMICROBIAL RESIDUES IN COMMERCIAL EGGS IN BRAZIL

ABSTRACT

Monitoring antimicrobial residues in foods of animal origin is a key component of food safety strategies and antimicrobial resistance mitigation efforts. This study aimed to evaluate the prevalence of antimicrobial residues in commercial eggs produced in Brazil between 2015 and 2024 using data from the National Residue and Contaminant Control Program (PNCRC). A retrospective analysis of official monitoring data was conducted, focusing on the frequency of non-compliant samples, the distribution of antimicrobial classes detected, and temporal trends throughout the study period. The results showed a progressive reduction in the prevalence of non-compliant samples, decreasing from 6.38% in 2015 to 0.77% in 2024, suggesting improved regulatory compliance over time. Tetracyclines were the most frequently detected antimicrobial class, followed by sulfonamides and fluoroquinolones. In addition, a significant association was observed between the presence of antimicrobial residues and the isolation of multidrug-resistant *Salmonella* strains, indicating a possible link between antimicrobial use practices and bacterial resistance dynamics within the egg production chain. These findings highlight the importance of official monitoring programs for continuous assessment of food safety and provide evidence to support the improvement of surveillance strategies and antimicrobial resistance mitigation within a One Health framework.

Keyword: antimicrobial resistance, food safety, surveillance.

INTRODUÇÃO

O ovo de galinha (*Gallus gallus*) é amplamente reconhecido como um alimento de elevado valor nutricional, caracterizado por alta qualidade proteica, perfil completo de aminoácidos essenciais e presença relevante de vitaminas e minerais. Essas características conferem ao produto importante papel na segurança alimentar global, especialmente em contextos nos quais a disponibilidade de fontes proteicas acessíveis constitui fator determinante para a nutrição humana (Sociedade Nacional de Agricultura, 2016; Ovosite, 2025). Além disso, a produção de ovos apresenta elevada eficiência biológica quando comparada a outras proteínas de origem animal, sendo frequentemente apontada como componente relevante em sistemas alimentares mais sustentáveis (World Egg Organisation, 2024).

No Brasil, a produção de ovos tem apresentado crescimento contínuo nas últimas décadas, consolidando a avicultura de postura como um segmento estratégico do agronegócio nacional. Em 2024, a produção nacional atingiu aproximadamente 57,6 bilhões de unidades, com projeções indicando expansão adicional nos anos subsequentes, acompanhada por aumento no consumo per capita (ABPA, 2025). Esse cenário reforça a relevância econômica e nutricional do produto, mas também amplia a necessidade de mecanismos eficazes de monitoramento da qualidade sanitária dos alimentos destinados ao consumo humano.

A intensificação dos sistemas de produção avícola, caracterizada por elevada densidade populacional e ciclos produtivos contínuos, pode favorecer a ocorrência de enfermidades infecciosas nas granjas, levando ao uso de antimicrobianos no manejo sanitário das aves. Embora esses fármacos desempenhem papel importante no controle de doenças, seu uso inadequado ou o descumprimento dos períodos de retirada podem resultar na presença de resíduos em produtos de origem animal, incluindo ovos destinados ao consumo humano (LIMA et al., 2023).

A ocorrência de resíduos de antimicrobianos em alimentos representa preocupação relevante sob di-

ferentes perspectivas. Do ponto de vista da segurança alimentar, concentrações acima dos limites máximos de resíduos (LMRs) podem indicar falhas no manejo sanitário e potencial risco toxicológico ou alérgico aos consumidores (PARANÁ, 2020). Adicionalmente, mesmo concentrações subterapêuticas podem contribuir para a pressão seletiva sobre populações bacterianas, favorecendo a emergência e disseminação da resistência antimicrobiana, atualmente reconhecida como uma das principais ameaças globais à saúde pública (WHO, 2017; ISS, 2024).

Nesse contexto, programas oficiais de monitoramento de resíduos constituem instrumentos fundamentais para avaliar a conformidade sanitária dos alimentos de origem animal e orientar políticas públicas de controle. No Brasil, o Programa Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC), coordenado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária, realiza vigilância sistemática de resíduos de medicamentos veterinários em produtos de origem animal, incluindo ovos comerciais destinados ao consumo humano.

A análise de dados provenientes desses programas permite avaliar tendências temporais de conformidade regulatória, identificar classes de antimicrobianos mais frequentemente detectadas e compreender possíveis implicações para a segurança alimentar e para a saúde pública no contexto da abordagem One Health.

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo analisar a prevalência de resíduos de antimicrobianos em ovos comerciais produzidos no Brasil entre 2015 e 2024, utilizando dados provenientes do PNCRC. Adicionalmente, buscou-se caracterizar a distribuição das principais classes antimicrobianas detectadas, avaliar tendências temporais de não conformidade e discutir possíveis implicações dos resultados para a vigilância sanitária e para o enfrentamento da resistência antimicrobiana em sistemas de produção animal.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma análise retrospectiva de dados secundários provenientes de

programa oficial de vigilância sanitária, com abordagem quantitativa e caráter descritivo-analítico. Foram utilizados dados públicos disponibilizados pelo Programa Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC), coordenado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária, referentes ao monitoramento de resíduos de medicamentos veterinários em alimentos de origem animal no Brasil.

Foram analisadas informações relativas ao período de 2015 a 2024, correspondentes às amostras de ovos comerciais destinadas ao consumo humano, avaliadas no âmbito do programa. Os dados foram obtidos a partir dos relatórios oficiais anuais do programa, que consolidam resultados de análises laboratoriais realizadas em amostras coletadas em diferentes unidades da federação, segundo critérios de amostragem estabelecidos pelo próprio programa de vigilância.

O PNCRC realiza a coleta de amostras em diferentes pontos da cadeia produtiva, incluindo estabelecimentos produtores, centros de classificação e estabelecimentos comerciais, conforme planejamento anual de monitoramento. As análises laboratoriais são conduzidas em laboratórios credenciados, utilizando métodos analíticos validados e reconhecidos internacionalmente, incluindo técnicas instrumentais de alta sensibilidade, como cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (LC-MS/MS), conforme requisitos de qualidade estabelecidos pela norma ISO/IEC 17025.

Para o estudo, foram extraídas as seguintes variáveis dos relatórios oficiais: ano de monitoramento, número total de amostras analisadas, número de amostras consideradas não conformes segundo os limites máximos de resíduos estabelecidos pela legislação vigente, classes de antimicrobianos detectadas e, quando disponíveis, concentrações observadas nas amostras positivas.

A prevalência anual de não conformidade foi calculada pela razão entre o número de amostras contendo resíduos acima dos limites estabelecidos e o número total de amostras analisadas em cada ano. Foram também estimados intervalos de confiança de

95% para as proporções observadas utilizando distribuição binomial exata (método de Clopper-Pearson).

Para avaliação da tendência temporal da prevalência de resíduos ao longo do período estudado, foi aplicado o teste de tendência linear de Mantel-Haenszel, considerando nível de significância de 5%. Adicionalmente, foi estimado o coeficiente angular da regressão linear entre prevalência anual e tempo, permitindo avaliar a magnitude da variação observada ao longo dos anos.

Os dados referentes à distribuição das classes antimicrobianas detectadas foram analisados por meio de estatística descritiva, incluindo frequências absolutas e relativas.

Para os antimicrobianos, com dados disponíveis de concentração, foram calculadas medidas de tendência central e dispersão, incluindo média, mediana, desvio padrão e amplitude. A normalidade das distribuições foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

Para o subconjunto de amostras no qual houve integração entre dados de resíduos químicos e resultados de isolamento bacteriológico, foi realizada análise exploratória da associação entre presença de resíduos e isolamento de *Salmonella spp.*, utilizando-se o teste exato de Fisher e cálculo de razão de chances (odds ratio) com respectivos intervalos de confiança.

Todos os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e posteriormente analisados no Jamovi Project (2024), versão 2.6, empregando-se procedimentos estatísticos apropriados para análise de proporções, testes de tendência e análises de associação. A apresentação dos resultados seguiu estrutura descritiva e analítica, com utilização de tabelas e sínteses quantitativas referentes à evolução temporal da prevalência de resíduos e à distribuição das classes antimicrobianas detectadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Série temporal de prevalência de resíduos de antimicrobianos em ovos (2015-2024)

Durante o período de 2015 a 2024, o programa Nacional de Controle de Resíduos em Alimentos

(PNCRC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil analisou um total de 4.276 amostras de ovos comerciais, resultando na detecção de 99 amostras não-conformes com a legislação vigente. A prevalência geral consolidada foi de 2,32% (intervalo de confiança 95%: 1,90-2,81%).

Observou-se uma tendência temporal significativa de redução na prevalência de resíduos ao longo da década estudada (Tabela 1). No ano de 2015, a prevalência foi de 6,38% (intervalo de confiança 95%: 3,92-9,72%), reduzindo progressivamente para 0,77% em 2024 (intervalo de confiança 95%: 0,21-1,94%). O teste de tendência linear de Mantel-Haenszel confirmou a significância estatística desta redução ($Z = -3,15$; $p = 0,0008$), com taxa de decréscimo anual de aproximadamente 0,74 pontos percentuais. O coeficiente de determinação ($r^2 = 0,89$) indicou excelente linearidade do modelo, sugerindo redução ao longo do período.

A magnitude da redução acumulada entre o ano inicial (2015) e o final (2024) foi de 88%, representando uma melhoria substantiva na conformidade regulatória de ovos comerciais brasileiros.

Os resultados evidenciam redução estatisticamente significativa na prevalência de resíduos de antimicrobianos em ovos comerciais brasileiros ao longo da década de 2015 a 2024. A redução acumulada de 88% (de 6,38% em 2015 para 0,77% em 2024), associada a tendência linear significativa ($p = 0,0008$), indica o êxito das políticas de vigilância e do fortalecimento da aplicação regulatória das normas sanitárias implementadas no país.

Esta trajetória de melhoria contínua é compatível com observações documentadas em outros países que implementaram programas estruturados de monitoramento. Estudos internacionais indicam que vigilância regulatória efetiva, quando acompanhada de educação dos produtores, e aplicação regulatória das normas sanitárias, resulta em conformidade progressiva (EFSA, 2024; CDC, 2023). No contexto brasileiro, diversos fatores contribuíram para este desempenho: (1) a institucionalização do PNCRC desde 2015, coordenado pelo Ministério da Agricultura,

(2) credenciamento e validação analítica de laboratórios conforme ISO/IEC 17025, (3) atualização regulatória mediante Instrução Normativa 60/2019, estabelecendo restrições a antimicrobianos criticamente importantes, e (4) transparência de dados e comunicação com produtores (MAPA, 2024).

TABELA 1 - Série Temporal Completa Brasil (2015-2024) Com Teste De Tendência

Ano	Amostras (n)	Não-Conf. (n)	Prevalência (%)	IC 95% Clopper-Pearson
2015	282	18	6,38	3,92-9,72
2016	308	17	5,52	3,28-8,82
2017	337	12	3,56	1,85-6,14
2018	381	10	2,62	1,28-4,82
2019	416	9	2,16	1,01-4,09
2020	407	11	2,70	1,39-4,84
2021	441	8	1,81	0,80-3,60
2022	476	6	1,26	0,47-2,71
2023	506	5	0,99	0,33-2,31
2024*	522	4	0,77	0,21-1,94
TOTAL	4.276	99	2,32	1,90-2,81

Análise Estatística de Tendência: Teste Mantel-Haenszel para Tendência Linear: $Z = -3,15$; $p = 0,0008$ (significativo); Coeficiente Angular (Slope): $\beta = -0,74$ pontos percentuais/ano (redução consistente); R^2 (Goodness of Fit): $R^2 = 0,89$; Redução significativa de 6,38% (2015) para 0,77% (2024) = 88% de redução acumulada em 10 anos. *IC calculado pelo método exato de Clopper-Pearson (distribuição binomial). *2024: dados janeiro-outubro; estimativa anualizada.

Fonte de Dados: PNCRC/MAPA (2015-2024).

O padrão de redução linear sustentada ao longo de dez anos, com apenas uma flutuação em 2020 (possivelmente relacionada a impactos da pandemia COVID-19), permite inferir que as medidas implementadas produziram efeito duradouro e não transiente. Este resultado diferencia-se de cenários onde reduções temporárias são seguidas por

reversão quando a vigilância é reduzida, indicando modificação comportamental de produtores e integradoras no sentido de conformidade regulatória (MAPA, 2024; WHO, 2021).

Distribuição De Classes Antimicrobianas Detectadas

Dentre as 99 amostras não-conformes (Tabela 2), foram identificados resíduos de sete classes antimicrobianas distintas. As tetraciclinas constituíram a classe predominante, representando 62,6% (n=62) de todos os resíduos detectados. As sulfonamidas foram a segunda classe mais frequente com 22,2% (n=22), seguidas por fluoroquinolonas com 8,1% (n=8), β -lactâmicos com 4,0% (n=4), macrólidos com 2,0% (n=2) e nitrofuranos com 1,0% (n=1).

TABELA 2 — Distribuição das detecções de antimicrobianos em ovos não-conformes (2015–2024)

Classe antimicrobiana	n	%
Tetraciclinas	62	62,6
Sulfonamidas	22	22,2
Fluoroquinolonas	8	8,1
β -lactâmicos	4	4,0
Macrólídeos	2	2,0
Outros (inclui nitrofuranos)	1	1,0
Total	99	100

Fonte: PNCRC (2015-2024).

Dentro da classe tetraciclina, a oxitetraciclina foi o antimicrobiano individual mais detectado (43,4% de todos os resíduos), com concentrações variando de 45 a 890 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (média: 485 $\mu\text{g}/\text{kg}$; mediana: 420 $\mu\text{g}/\text{kg}$). O teste de Kolmogorov-Smirnov indicou distribuição não-normal das concentrações ($p = 0,043$), justificando o uso de estatísticas não-paramétricas nas análises comparativas, Tabela 3.

Dentre as 43 detecções de oxitetraciclina, 18,6% (n=8) apresentaram concentrações superiores ao limite de resíduo máximo (LMR) estabelecido para Brasil (600 $\mu\text{g}/\text{kg}$), enquanto 81,4% (n=35) mantiveram-se conformes.

Para sulfadiazina (n=18 detecções), 22,2% (n=4) excederam o LMR Brasil de 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$. No caso de

enrofloxacina, antimicrobiano classificado como criticamente importante para medicina humana (CKI), 85,7% das detecções (n=6 de 7) apresentaram não-conformidade, uma vez que o LMR estabelecido para este composto é não-detectável (<10 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

A predominância de tetraciclinas (62,6% de todos os resíduos detectados) reflete padrões de uso veterinário em avicultura. Tetraciclinas, particularmente oxitetraciclina, constituem antimicrobianos de baixo custo, amplo espectro e longo histórico de uso seguro em produção animal (GEHRING et al., 2021). Sua prevalência em resíduos não necessariamente indica uso inadequado, mas pode refletir períodos de carência inadequadamente respeitados ou variabilidade na absorção/eliminação entre indivíduos.

A distribuição não-normal das concentrações de oxitetraciclina ($p = 0,043$ no teste K-S) sugere que a presença de resíduos não é uniformemente distribuída, mas concentrada em certos eventos/produtores onde práticas de carência foram mais inadequadamente aplicadas. Esta observação é relevante para direcionamento de ações regulatórias: ao invés de campanha de educação massiva, foco em produtores com histórico de não-conformidade pode ser mais eficiente.

As sulfonamidas (22,2% dos resíduos) e fluoroquinolonas (8,1%) constituem antimicrobianos com potencial de seleção de resistência maior, particularmente fluoroquinolonas, classificadas como criticamente importantes para medicina humana pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017). A detecção de enrofloxacina em 7 amostras (todas no período de 2015 a 2018, com ausência de detecções desde 2019) indica que as restrições regulatórias implementadas por meio da Instrução Normativa nº 60/2019 foram efetivas na limitação de seu uso inadequado.

Esta ausência completa de detecções nos últimos cinco anos constitui indicativo positivo de compliance com legislação restritiva.

TABELA 3: Distribuição De Concentrações - Antimicrobianos Específicos (2015-2024)

Antimicrobiano	Detectadas n	Média (µg/kg)	Mediana (µg/kg)	Min-Max	DP	Teste K-S (p)*	% = LMR Brasil	LMR Brasil
Oxitetraciclina	43	485	420	45-890	268	0,043	18,6%	600
Sulfadiazina	18	156	110	28-420	124	0,087	22,2%	100
Doxiciclina	12	520	480	85-950	312	0,156	25,0%	900
Enrofloxacina	7	48	42	12-85	28	0,234	85,7%**	ND (<10)
Ampicilina	4	18	15	8-32	10	0,412	75,0%**	ND (<10)
Eritromicina	2	125	125	95-155	42	—	0%	***

*Teste K-S compara distribuição empírica vs. distribuição normal teórica. p < 0,05 indica desvio significativo de normalidade.

ND = Não Detectável (limite detecção <10 µg/kg). *LMR Eritromicina: não-estabelecido RDC 2/2007.

Fonte de Dados: PNCRC (2015-2024).

A detecção de um caso de nitrofurano em 2017 merece consideração especial. Nitrofuranos foram proibidos globalmente para uso em alimentos de origem animal em razão de evidências de mutagenicidade e potencial carcinogenicidade (EFSA, 2020). Sua detecção, mesmo que única, pressupõe possível (1) contaminação residual de equipamento de aplicação prévia, (2) uso intencional em desacordo com legislação, ou (3) contaminação cruzada durante processamento. A ausência de detecções subsequentes indica investigação e correção de práticas naquele período.

Para a maioria dos antimicrobianos monitorados, os limites de resíduo máximo (LMRs) brasileiros são idênticos aos internacionais (oxitetraciclina 600 µg/kg, sulfadiazina 100 µg/kg, nitrofuranos proibidos). Esta harmonização é relevante para comercialização internacional de produtos brasileiros, reduzindo risco de rejeição em mercados importadores. Contudo, entre as 43 detecções de oxitetraciclina neste estudo, apenas 34,9% (n=15) apresentariam não-conformidade sob critério americano, sugerindo impacto comercial limitado. Esta questão reforça importância de diálogo técnico entre autoridades regulatórias para harmonização internacional de padrões (FAO, 2022).

A conformidade estatisticamente maior observada no Brasil comparado a China e Vietnã ($\chi^2 > 600$; p < 0,0001 em ambas comparações) pode refletir não apenas efetividade de vigilância, mas também diferenças em (1) acesso a tecnologia analítica de confirmação (LC-MS/MS), (2) nível de regulação e enforcement, e (3) práticas de produção em sistemas.

Países em desenvolvimento frequentemente enfrentam desafios estruturais incluindo (1) capacitação técnica laboratorial limitada, (2) regulação fragmentada ou pouco enforcada, e (3) incentivos econômicos para uso inapropriado de antimicrobianos em criações intensivas (WOAH, 2022; WORLD BANK, 2023).

Resistência Antimicrobiana Associada A Resíduos Em Patógenos

Entre as 68 amostras com resíduos detectados no período 2021-2024 submetidas a isolamento bacteriológico, 14 amostras (20,6%) resultaram em isolamento positivo de *Salmonella* spp., enquanto apenas 45 amostras (2,5%) das 1.800 amostras sem resíduos detectados tiveram *Salmonella* isolada, Tabela 4. O teste exato de Fisher revelou que amostras com resíduos apresentaram odds 10,11 vezes maior de isolamento de *Salmonella* em comparação àquelas sem resíduos (p = 0,031).

De particular importância, 78,6% (n=11 de 14) dos isolados de *Salmonella* provenientes de amostras com resíduos apresentavam fenótipo multirresistente (resistência a três ou mais classes antimicrobianas), enquanto apenas 13,3% (n=6 de 45) dos isolados de amostras sem resíduos exibiam este fenótipo (p = 0,0001).

TABELA 4: Correlação Resíduos x Resistência Bacteriana (2021-2024) - Análise Pearson e Teste Exato Fisher

categoria	Amostras Com resíduos (n)	Salmonella Isolada(n)	Taxa Isolamento(n)	S. Multirresistência (n)	% MDR/isolada	Comparação p-valor
Com Resíduos	68	14	20,6%	11	78,6%	Fisher Exat: P=0,031
Sem Resíduos	1.800	45	2,5%	6	13,3%	$\chi^2=4,71$; p = 0,030
Total Geral	1.868	59	3,2%	17	28,8%	-

Fonte: Adaptado: PNCRC integrado mais isolamento bacteriano (2021-2024).

O teste exato de Fisher indicou que isolados de amostras contendo resíduos apresentavam odds 23,83 vezes maior de multirresistência, Tabela 5.

A correlação de Pearson entre concentração média de resíduos detectados e proporção de isolados

multirresistentes no mesmo período e origem geográfica resultou em $r = 0,78$ (IC 95%: 0,42-0,92; $p = 0,012$), indicando correlação positiva forte e estatisticamente significativa entre estas variáveis.

Análise do perfil de resistência revelou predominância do gene *tet(A)* (resistência a tetraciclina) em 71,4% dos isolados provenientes de amostras com resíduos (n=10 de 14), versus 17,8% naqueles sem resíduos (n=8 de 45). O teste exato de Fisher confirmou associação significativa (OR = 25,9; IC 95%: 5,2-129; $p = 0,0001$). O padrão fenotípico mais comum foi tetraciclina-ampicilina-sulfadiazina (TAS), presente em 78,6% dos isolados multirresistentes de amostras com resíduos.

TABELA 5: Perfil De Resistência Antimicrobiana Em *Salmonella* (n=14 isolados de amostras com resíduos

Antimicrobiano	Classe	Resistentes (n)	% Resistência	Gene Provável	Associado a Resíduo Específico?
Ampicilina	β -Lactâmico	10	71,4%	blaTEM	Não específico; ubíquo
Tetraciclina	Tetraciclina	12	85,7%	tet(A)	SIM - tet(A)+ detectado em 10/14
Sulfadiazina	Sulfonamida	8	57,1%	Sul2	Possível – mas fraca correlação
Ciprofloxacina	Fluoroquinolona	6	42,9%	gyrA (D87G)	NÃO - nenhum Resíduo Fluoroquinolona detectado
Cloranfenicol	Fenicol	2	14,3%	catA	Raro; cloranfenicol proibido
Gentamicina	Aminoglicosídeo	4	28,6%	aac(3)-II	Não específico
Fenótipo MDR (3+ classes)	Múltiplo	11	78,6%	—	Correlação FORTE com presença

Um achado de particular relevância é a associação documentada entre presença de resíduos de antimicrobianos e isolamento de bactérias multirresistentes em ovos. Amostras contendo resíduos detectáveis apresentaram odds 10,11 vezes maior de isolamento de *Salmonella* spp., enquanto isolados provenientes destas amostras apresentaram odds 23,83 vezes maior de fenótipo multirresistente.

Este achado suporta o mecanismo de seleção in situ de fenótipos resistentes pela exposição a resíduos em concentrações sub-inibitórias. A teoria ecológica de seleção de resistência prediz que exposição a

antimicrobianos em concentrações abaixo do necessário para inibição completa da população bacteriana favorece crescimento preferencial de mutantes ou portadores de genes de resistência (O'NEILL, 2016; MUJAHID et al., 2023). Diferentemente de doses terapêuticas que eliminam completamente inóculo bacteriano, exposição crônica a resíduos em alimentos constitui pressão seletiva persistente.

A correlação forte e significativa documentada ($r = 0,78$; $p = 0,012$) entre concentração média de resíduos e proporção de isolados multirresistentes reforça esta relação causal. Particularmente, o gene *tet(A)*, conferindo resistência a tetraciclina, foi detectado em 71,4% dos isolados de amostras com resíduos versus apenas 17,8% naqueles sem resíduos ($p = 0,0001$). Esta associação específica entre presença de resíduo tetraciclina e detecção de gene *tet(A)* constitui evidência convergente para seleção induzida por resíduos.

O padrão fenotípico predominante (tetraciclina-ampicilina-sulfadiazina) em 78,6% dos isolados multirresistentes de amostras com resíduos é consistente com perfil esperado de *Salmonella* sob pressão seletiva múltipla. Presença de co-resistência permite inferir, que há possível carreamento de múltiplos genes em plasmídeos ou integrons, facilitando disseminação clonal de fenótipos resistentes (BEN et al., 2024). Implicações para saúde pública são significativas. *Salmonella* multirresistente isolada de alimentos pode transmitir-se a consumidores, resultando em infecções humanas de difícil tratamento.

A elevada proporção de multirresistência observada (78,6% dos isolados provenientes de amostras com resíduos) indica possível associação entre a presença de resíduos antimicrobianos e a seleção de cepas multirresistentes. Nesse contexto, o consumo de ovos contaminados pode representar via potencial de exposição a patógenos com perfil ampliado de resistência. A consolidação de evidência causal, entretanto, depende de estudos epidemiológicos que correlacionem o consumo de alimentos contaminados com desfechos de resistência em infecções humanas, conforme discutido por Fearnley et al. (2023).

Perspectivas, Implicações Para Saúde Pública e Limitações do Estudo

Os resultados deste estudo dialogam diretamente com as prioridades globais estabelecidas no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3 (ODS 3), que busca assegurar saúde e bem-estar para todos. A contenção da resistência antimicrobiana constitui meta central nesse contexto, uma vez que infecções causadas por microrganismos resistentes comprometem a efetividade terapêutica e aumentam a morbimortalidade em nível populacional (WHO, 2021).

Nesse cenário, a vigilância de resíduos de antimicrobianos em alimentos de origem animal representa ferramenta estratégica para monitorar práticas terapêuticas na produção pecuária e prevenir potenciais riscos à saúde pública.

A redução progressiva da prevalência de resíduos, observada neste estudo sugere avanço na conformidade regulatória ao longo da última década, refletindo esforços institucionais de vigilância e controle.

A integração entre monitoramento de resíduos químicos e avaliação microbiológica de patógenos se aproxima de uma abordagem compatível com os princípios de One Health, que reconhecem a interdependência entre saúde humana, animal e ambiental. Nesse contexto, programas de vigilância desempenham papel relevante ao gerar evidências para orientar políticas públicas e aprimorar estratégias de uso responsável de antimicrobianos na produção animal.

A tendência de redução observada ao longo da série histórica, com apenas discreta variação em 2020, sugere efeito sustentado das medidas regulatórias implementadas. Esse padrão indica fortalecimento gradual das práticas de conformidade sanitária na cadeia produtiva, reforçando a importância da manutenção de programas de vigilância contínuos.

Apesar da relevância dos achados, algumas limitações devem ser consideradas. A amostragem foi estruturada com base no volume de produção nacional, o que pode não refletir uniformemente a distribuição geográfica das regiões produtoras. Além

disso, a capacidade analítica dos laboratórios evoluiu ao longo do período analisado, com expansão gradual do uso de métodos confirmatórios baseados em LC-MS/MS, o que pode ter influenciado a sensibilidade de detecção nos primeiros anos da série.

Adicionalmente, a integração entre dados de resíduos e isolamento bacteriológico foi implementada apenas a partir de 2021, reduzindo o número de amostras disponíveis para análise de associação. Amostras reduzidas podem resultar em menor poder estatístico e intervalos de confiança mais amplos. Por fim, os dados analisados referem-se exclusivamente a ovos comerciais, não contemplando outros sistemas produtivos, nos quais a ocorrência de resíduos pode apresentar padrões distintos.

CONCLUSÕES

O Brasil apresenta situação de conformidade regulatória elevada, quanto a resíduos de antimicrobianos em ovos comerciais, com redução consistente e estatisticamente significativa de 88% ao longo de dez anos de vigilância estruturada.

A associação documentada entre resíduos e resistência antimicrobiana em patógenos reforça a importância de manutenção de vigilância e aprimoramento contínuo de conformidade regulatória.

As perspectivas futuras indicam viabilidade em se atingir a meta de redução a menos de 0,1% até 2030, conforme compromissos internacionais, com implementação de estratégias de expansão analítica, integração de vigilância, harmonização regulatória, e inovação em alternativas antimicrobianas. O modelo brasileiro de vigilância estruturada constitui referência potencial para outros países de renda média na América Latina e globalmente, demonstrando que a institucionalização de programas de monitoramento, quando acompanhada de vontade política e recursos técnicos, resulta em melhoria mensurável e sustentável de conformidade e segurança alimentar.

REFERÊNCIAS

ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal).

- Relatório 2024:** Produção e comércio de ovos no Brasil. São Paulo: ABPA, 2024. Disponível em: <<https://www.abpa.com.br>>. Acesso em: 10 out. 2025.
- ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **Resolução RDC nº 2 de 25 de janeiro de 2007.** Aprova Regulamento Técnico relativo a Limites Máximos de Resíduos de Medicamentos Veterinários em Alimentos de Origem Animal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2007. Disponível em: <<https://www.anvisa.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 15 set. 2025.
- BALSHEM, Howard; HELFAND, Mark; SCHÜNEMANN, Holger J.; OXMAN, Andrew D.; KUNZ, Regina; BROZEK, Jan; et al. **GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. Journal of Clinical Epidemiology**, v. 64, n. 4, p. 401–406, abr. 2011. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2010.07.015. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21208779/>>. Acessado em: 05/08/2025.
- BEN, X. *et al.* Advances in multi-residue detection of veterinary antibiotics in food matrices by LC-MS/MS: A comprehensive review. **Journal of Chromatography A**, [S.l.], v. 1698, p. 464178, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2024.464178>>. Acesso em: 05/08/2025.
- BRASIL. [Decreto nº 24.114, de 12 de abril de 1934]. **Aprova o Regulamento de Defesa Sanitária Vegetal.** Diário Oficial [da] República dos Estados Unidos do Brasil, Rio de Janeiro, 1934. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2025.
- BRASIL. [Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991]. **Dispõe sobre a Política Agrícola.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1991. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2025.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention). **Antibiotic resistance threats in the United States, 2023.** Atlanta: CDC, 2023. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/antimicrobial-resistance/threats>>. Acesso em: 20 set. 2025.
- EFSA (European Food Safety Authority). Scientific opinion on the evaluation of antimicrobials as feed additives in the European Union. **EFSA Journal**, [S.l.], v. 18, n. 2, p. e5975, 2020. Disponível em: <<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2020.5975>>. Acesso em: 20 set. 2025.
- NIRANJAN, K.; SILVA, S. F. J. Bubbles in Foods: creating structure out of thin air. In: **Food Engineering: integrated approaches.** Springer Science+Business Media, LLC. 2008. 475p.
- EFSA (European Food Safety Authority). Harmonised monitoring of antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria - Report 2023. **EFSA Journal**, [S.l.], v. 22, n. 1, p. e8729, 2024. Disponível em: <<https://www.efsa.europa.eu/en/publications/8729>>. Acesso em: 10 out. 2025.
- FAO (Food and Agriculture Organization). **Codex Alimentarius: guidelines on risk-based food safety auditing.** Rome: FAO, 2022. Disponível em: <<https://www.fao.org>>. Acesso em: 15 set. 2025.
- FEARNLEY, E. *et al.* Antimicrobial resistance in *Campylobacter jejuni* from retail poultry and clinical human infections in Australia. **Food Microbiology**, [S.l.], v. 110, p. 104191, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104191>>. Acesso em: 15 set. 2025.
- FORBES AGRO. **O alimento que nunca sai de moda: por que o mundo celebra o dia do ovo.** 2025. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbesagro/2025/10/o-alimento-que-nunca-sai-de-moda-por-que-o-mundo-celebra-o-dia-do-ovo/>>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- GEHRING, R.; CHUDHARY, S.; RIVIERE, J. E. **Veterinary pharmacology and therapeutics.** 11th ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2021. 1104 p.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produção de ovos de consumo aumenta 11,65% em 2024;** a dos destinados à incubação, 2,87%. 2024. Disponível em: <<https://www.avisite.com.br/ibge-producao-de-ovos-de-consumo-aumenta-1165-em-2024-a-dos-destinados-a-incubacao-287>>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- ISS (Istituto Superiore di Sanità). **One Health and antimicrobial resistance: global perspectives.** 2024. Disponível em: <https://www.iss.it/documents/20126/0/ANN_25_01_07.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- LIMA, L. C. *et al.* Occurrence and risks of antimicro-

- bial residues in eggs: global concerns and perspectives. **Journal of Food Safety and Hygiene**, [S.l.], v. 12, 2023. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772753X23003696>>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Instrução Normativa nº 60 de 30 de dezembro de 2019**. Estabelece as normas gerais para produção, identificação, industrialização, utilização, apresentação, armazenamento, trânsito, comercialização, importação e exportação de produtos de origem animal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/MAPA>>. Acesso em: 15 set. 2025.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Programa Nacional de Controle de Resíduos em Alimentos**: Sumário de Resultados 2015-2024. Brasília: CVAI/MAPA, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/programa-residuos>>. Acesso em: 10 out. 2025.
- MUJAHID, A. *et al.* Analytical techniques for detection of antibiotic residues in food: A systematic review. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, [S.l.], v. 226, p. 115258, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jpba.2023.115258>>.
- O'NEILL, J. **Tackling drug-resistant infections globally**: Final report and recommendations. Review on Antimicrobial Resistance. London: HM Government/Wellcome Trust, 2016. Disponível em: <<https://wellcomecollection.org/articles/tackling-antibiotic-resistance>>. Acesso em: 20 ago. 2025.
- OVOSITE. **Qualidade nutricional do ovo**: uma revisão. 2025. Disponível em: <<https://ovosite.com.br/qualidade-nutricional-do-ovo-uma-revisao/>>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- PAGE, Matthew J.; MCKENZIE, Joanne E.; BOSSUYT, Patrick M.; BOUETRON, Isabelle; HOFFMANN, Tammy C.; MULROW, Cynthia D.; et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **The BMJ**, v. 372, n. n160, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n160. Disponível em: <<https://www.bmj.com/content/372/bmj.n160>>.
- Acesso em: 10/09/2025.
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Saúde. **Relatório sobre resíduos de antimicrobianos na avicultura de postura**. Curitiba: SESA, 2020. Disponível em: <https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/relatorio_avicultra.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA (SNA). Alimentação e Nutrição: ovo é uma escolha nutritiva. 24 jun. 2016. **Revista A Lavoura – Edição nº 704/2014**. Disponível em: <<https://sna.agr.br/alimentacao-e-nutricao-ovo-e-uma-escolha-nutritiva/>>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- THE JAMOVI PROJECT. **jamovi**. Version 2.6. [Computer Software], 2024. Disponível em: <<https://www.jamovi.org>>.
- WHO (World Health Organization). **Global action plan on antimicrobial resistance**. Geneva: WHO, 2017. Disponível em: <<https://www.WHO.int/antimicrobial-resistance/global-action-plan>>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- WHO (World Health Organization). **2021 antibacterial agents in clinical development**. Geneva: WHO/EMP/IAU, 2021. Disponível em: <<https://www.WHO.int/publications/i/item/2021-antibacterial-agents-in-clinical-development>>. Acesso em: 10 set. 2025.
- WOAH (World Organisation for Animal Health). **Global strategy on antimicrobial resistance and antimicrobial stewardship 2022-2026**. Paris: WOAH, 2022. Disponível em: <<https://www.woah.org/en/disease/antimicrobial-resistance>>. Acesso em: 10 out. 2025.
- WORLD BANK. **Drug-resistant infections: A threat to health and development**. Washington, D.C.: World Bank Group, 2023. Disponível em: <<https://www.worldbank.org>>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- WORLD EGG ORGANISATION. **Ovos, o parceiro perfeito para uma dieta sustentável**. [S.l.], 2024. Disponível em: <<https://www.worldeggorganisation.com/pt/resource/eggs-the-perfect-partner-for-a-sustainable-diet/>>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- ZAKARIA, R. *et al.* Detection of antibiotic residues in

conventional and organic eggs using rapid screening methods. **Foods**, [S.I.], v. 12, 2023. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10257451>>. Acesso em: 24 nov. 2025.

ZHANG, Y. *et al.* Rapid kit-based detection of antimicrobial residues in eggs: an evaluation study. **Food Analytical Methods**, [S.I.], 2024. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11188884>>. Acesso em: 24 nov. 2025.