



Trajetórias aéreas: do impacto da Covid-19 ao alerta da gripe aviária

José Roberto Pinho de Andrade Lima

Docente na Escola Superior de Defesa e pesquisador na Universidade Católica de Brasília.

Dreyd Rodrigues Medeiros

Discente do curso de Medicina Veterinária, Universidade Católica de Brasília.

Amanda Caroline Marques Saúde

Pós-doutoranda da Escola Superior de Defesa.

Marcelo Henrique Soller Ramada

Docente na Universidade Católica de Brasília.

1. Introdução

A pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2 revelou ao mundo as vulnerabilidades do sistema global de saúde pública diante de agentes infecciosos emergentes (TAYLOR, 2024). Desde seu início, em 2019, até a declaração da Organização Mundial da Saúde (OMS) tornando a crise uma emergência de saúde pública internacional, em 2020, a pandemia expôs lacunas nos sistemas mundiais de vigilância, capacidade de resposta e infraestrutura de saúde. Com mais de 6 milhões de mortes relatadas até o final de 2022, a crise teve impactos globais profundos nas economias, nos sistemas educacionais e nas estruturas sociais.

Atualmente, as consequências do SARS-CoV-2 ainda são uma preocupação mundial. No entanto, estudiosos acreditam que o alerta iniciado com o cenário pandêmico de 2019 não será único. Os alertas sobre a possibilidade de um cenário pandêmico causado pelo vírus da gripe aviária H5N1 não são novidades entre cientistas de todo o globo. Já em 2006, uma grande patogenicidade era observada para este vírus, com mais de 100 infecções severas identificadas em humanos (O GLOBO, 2024; JONG e HIEN, 2006).

Estudos indicam que, além da alta letalidade, o H5N1 possui alto potencial de mutações, tornando as cepas ainda mais perigosas (CDC, 2024). Este artigo explora as lições aprendidas com a pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2 e demonstra como elas podem ser aplicadas na mitigação de riscos associados às cepas do vírus H5N1. Para isso, serão abordados temas como avanços científicos na prevenção e resiliência a cenários pandêmicos,

estratégias de vigilância, problemáticas relacionadas às desigualdades globais e a importância da colaboração internacional na prevenção de pandemias.

2. A ameaça do H5N1

Os vírus do gênero *Influenza* fazem parte da família *Orthomyxoviridae*, a qual é caracterizada por infectar principalmente aves, suínos e mamíferos em geral. Por fazerem parte de um gênero muito disseminado, acredita-se que há um ponto genético facilitador para que estes vírus apresentem uma alta taxa de mutação, levando a uma grande variedade de cepas (RUIZ, 2010). Esses vírus apresentam material genético composto por fitas simples de RNA, além de a alta disseminação facilitar que um mesmo hospedeiro apresente contaminação por mais de uma cepa ao mesmo tempo. Dessa forma, as cepas podem trocar material genético, provavelmente por recombinação, gerando uma nova cepa, ainda desconhecida (RUIZ, 2010 e PARDO-ROA, 2025).

Já em 2006, autores descreveram a importância de se observar a interação entre aves e humanos. Jong e Hien (2006) discutiram o primeiro grande cenário pandêmico descrito por cepas de *Influenza*, a chamada "Gripe Espanhola", em 1918. Neste cenário, mais de 100 milhões de pessoas foram a óbito. Cenários menores foram descritos em 1957 e 1968. Nestes três cenários, a *Influenza A* se apresentou como um fator chave no desenvolvimento de cepas mutantes entre aves e humanos (JONG e HIEN, 2006).

Atualmente, a H5N1, uma cepa que historicamente circula em aves, já causou surtos

esporádicos em humanos, com uma taxa de mortalidade estimada entre 50% e 60%. Estes surtos foram descritos como infecções humanas advindas do contato humano-ave, o que diminui a disseminação da cepa infecciosa (CDC, 2024). A alta letalidade, combinada com a possibilidade de mutações que gerem sua transmissibilidade entre humanos, coloca o H5N1 no radar como uma ameaça pandêmica iminente.

Uma outra vertente traz a preocupação com a detecção de cepas de H5N1 em suínos. Em 2004, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) relatou a detecção do H5N1 em suínos naquele país. Desse modo, este fato se torna alarmante, uma vez que os suínos representam uma espécie altamente exposta a variedades virais, possibilitando que diversos vírus entrem em contato e aumentem a chance de recombinação do material genético durante uma infecção simultânea, resultando em novas variantes e gerando um cenário incerto e possivelmente desastroso (MILLER, 2024; PARDO-ROA, 2025).

A negligência do USDA em responder prontamente à disseminação do H5N1, que agora afeta bovinos e até humanos, é apontada como um fator agravante. A inação permitiu a expansão do vírus para 16 estados, gerando impacto econômico e risco de mutações perigosas (MILLER, 2024).

Segundo o referido departamento, vacas leiteiras testaram positivo para a variante D1.1 do vírus H5N1, comum em aves. A infecção foi detectada inicialmente no estado de Nevada, aumentando preocupações sobre a expansão da epizootia e o risco de pandemia (FOLHA DE SÃO PAULO, 2025a). Este fato corrobora os alertas sobre o risco de obtenção de cepas adaptadas a novas espécies, como por exemplo, a partir de infecções por mais de uma cepa.

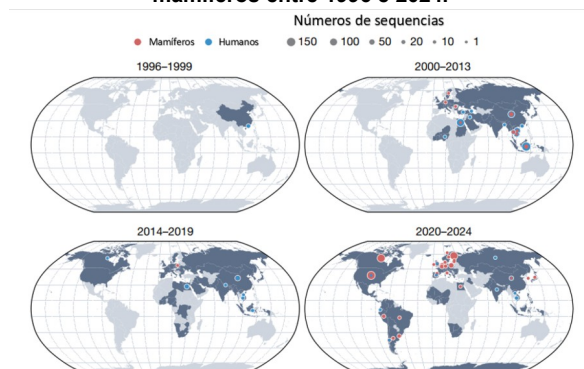
Uma outra cepa do H5N1 já circulava em fazendas americanas desde o ano passado, com mais de 950 casos em 16 estados e infecção leve em trabalhadores rurais. No entanto, a D1.1 tem sido associada a casos mais graves em humanos, incluindo a primeira morte registrada nos EUA em janeiro. A nova variante já foi identificada em aves selvagens, granjas e mamíferos. Em bovinos, foram

relatados sintomas como febre, afecções respiratórias leves e redução da produção de leite. Especialistas temem que a disseminação entre mamíferos possa facilitar mutações, aumentando o risco de contaminação humana (FOLHA DE SÃO PAULO, 2025b).

De acordo com *El País*, entre 2024 e 2025, os Estados Unidos registraram 66 infecções humanas e uma morte relacionadas ao vírus H5N1. O vírus também foi detectado em mais de 11.500 aves selvagens e afetou mais de 156 milhões de aves domésticas no país. Além disso, foram identificados 959 surtos em rebanhos bovinos. A disseminação do vírus entre diferentes espécies aumenta o risco do surgimento de mutações que facilitem a transmissão entre humanos (SALA, 2025).

A Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) classifica o risco atual do H5N1 como "moderado", mas destaca que o vírus tem evoluído constantemente desde 1996, infectando um número crescente de espécies aviárias e mamíferos. A constante evolução do vírus pode acarretar maior infectividade entre humanos (SALA, 2025). A figura abaixo demonstra um resumo das contaminações observadas por cepas de *Influenza A*.

Figura 1 - Distribuição geográfica de cepas de Influenza de grande Patogenicidade (HPAI H5) em aves e mamíferos entre 1996 e 2024.



Fonte: *The global H5N1 influenza panzootic in mammals* (Peacock, 2025). Em cinza escuro, foram indicados os países com cepas de HPAI H5 que tem suas sequências disponíveis em banco de dados (GISAID) especificamente de linhagens encontradas na China em 1996. Em círculos azul (humanos) e vermelho (mamíferos não-humanos) foram desenhados em tamanho proporcional ao número de sequências H5 GISAID para cada país e tempo em que ocorreram as infecções.

Embora não haja evidências de transmissão pelo ar de humano para humano até o momento, a

situação está sendo monitorada de perto por autoridades de saúde pública e pesquisadores. Estudos estão em andamento para entender melhor a evolução do vírus e avaliar o potencial de mutações que possam facilitar a transmissão aérea entre humanos (SALA, 2025).

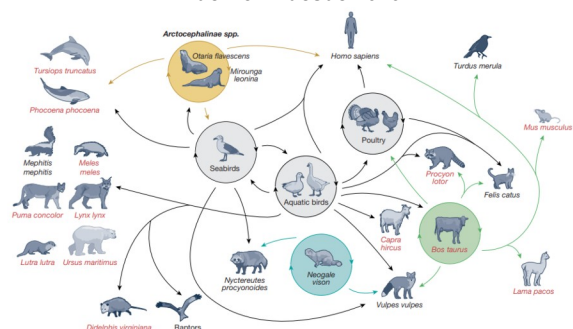
Como precaução, o Reino Unido já começou a estocar vacinas contra a gripe aviária, segundo o jornal *The Telegraph* (2024). Essa abordagem proativa reflete as lições aprendidas durante a pandemia de COVID-19, quando a falta de preparação inicial contribuiu para a rápida disseminação do SARS-CoV-2 (SALA, 2025).

3. Vigilância genômica e avanços tecnológicos

Atualmente, a gripe aviária é transmitida principalmente através do contato direto com aves ou superfícies contaminadas. No entanto, como demonstrado na Figura 1 e discutido no tópico acima, a alta disseminação do vírus e sua alta capacidade de mutação podem gerar uma variedade que permita a transmissão (possivelmente via aérea) entre humanos. Nesse ponto, historicamente, vírus com alta taxa de disseminação entre humanos apresentam grande potencial pandêmico (PEACOCK, 2025).

Como fator de prevenção e resiliência, o monitoramento de casos e cepas emergentes permite uma resposta rápida a possíveis cenários pandêmicos. Dessa forma, a vigilância genômica desempenha um papel fundamental na identificação e monitoramento de variantes virais. A Figura 2 demonstra o poder de disseminação do vírus H5N1 em diferentes espécies, incluindo aves, humanos e mamíferos não humanos.

Figura 2 - Ecologia multi-hospedeiro para cepas de H5N1 desde 2020



Fonte: *The global H5N1 influenza panzootic in mammals* (PEACOCK, 2025). Pássaros aquáticos selvagens são reservatórios naturais para H5N1. As setas indicam o

mecanismo de *spillover* entre espécies hospedeiras. As setas cíclicas indicam uma transmissão dentro da espécie hospedeira. Novos hospedeiros mamíferos, com transmissão dentro da espécie estão marcados em amarelo (mamíferos marinhos da América do Sul), verde (gado leiteiro americano) e azul (*vison* europeu), as setas da mesma cor representam um novo *spillover* de espécies que receberam o vírus para novas espécies, possivelmente via intermediários não testados. Os nomes de animais em vermelho representam espécies hospedeiras onde o IAV foi detectado durante os surtos (baseado em dados de sequências genéticas, não sorológicos).

Uma outra preocupação é a quantidade de viroses sazonais às quais a espécie humana tem sido exposta. Em uma mesma linha racional há a possibilidade de troca de material genético entre cepas de H5N1 e cepas de vírus já adaptados transmitidos em contatos humano-humano, facilitando a mutação de cepas H5N1 para o mesmo método de transmissão (PARDO-ROA, 2025). Nesse sentido, mesmo cadeias curtas de transmissão humano-humano aumentam o risco de adaptação do vírus aos humanos, particularmente quando são necessárias múltiplas mutações ou coinfeção com vírus sazonais (PEACOCK, 2025).

Durante a pandemia de COVID-19, a capacidade de sequenciar rapidamente genomas virais permitiu a detecção de novas variantes e a adaptação de intervenções, como vacinas e tratamentos. Essa tecnologia está sendo aplicada ao H5N1 com esforços para rastrear mutações que possam aumentar o risco de transmissão entre humanos (IDE, 2024).

Além disso, pesquisadores estão explorando a viabilidade de vacinas baseadas em mRNA para o H5N1, tendo em vista serem uma abordagem que demonstrou grande eficácia contra o SARS-CoV-2. No entanto, a prevenção e a resiliência a cenários pandêmicos exigem mais do que avanços tecnológicos no desenvolvimento de fármacos. Como ressaltado pela Comissão de Supervisão da Câmara dos EUA (COMMITTEE ON OVERSIGHT AND GOVERNMENT REFORM, 2024), é essencial investir em infraestrutura de saúde pública, fortalecer os sistemas de vigilância global e promover a colaboração internacional.



4. Desafios: O impacto das mudanças ambientais e da desigualdade social

Mudanças ambientais e práticas agrícolas intensivas têm contribuído para o aumento da emergência de zoonoses. A destruição de habitats naturais e o aumento do contato entre humanos e animais selvagens criam oportunidades para a transmissão de patógenos. Segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde da Bahia (2024), a detecção precoce de vírus em populações de aves silvestres e de criação é fundamental para prevenir a disseminação de doenças como o H5N1. Além disso, práticas negligentes no setor agrícola, como a omissão do USDA em impor restrições à movimentação de animais infectados, demonstram a necessidade urgente de políticas mais eficazes (MILLER 2024).

Outro desafio significativo é a desigualdade no acesso a recursos de saúde. Durante a pandemia de COVID-19, países de baixa e média renda enfrentaram dificuldades desproporcionais na obtenção de vacinas, medicamentos e equipamentos médicos. Isso não apenas prolongou a duração da pandemia, mas também exacerbou disparidades econômicas e sociais globais (TAYLOR, 2024).

Além da desigualdade no acesso a recursos de saúde, a falta de gestão eficaz de riscos também agrava os impactos das crises sanitárias em países mais vulneráveis. De acordo com o Banco Mundial, a incapacidade de antecipar e responder a choques como pandemias pode resultar em perdas significativas para o desenvolvimento, aprofundando a pobreza e a desigualdade global. Investir em sistemas de saúde resilientes e em estratégias de mitigação de riscos é essencial para reduzir os efeitos desproporcionais de futuras emergências sanitárias e garantir uma resposta mais equitativa (BANCO MUNDIAL, 2014).

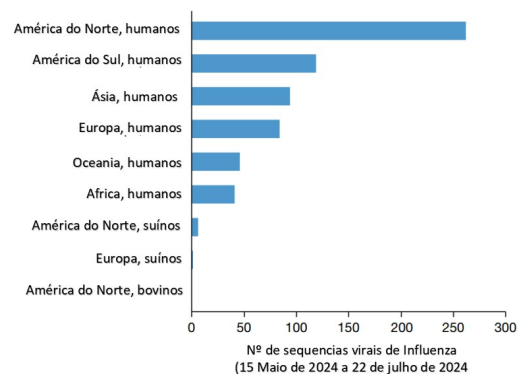
5. Importância da Colaboração Internacional

Durante a pandemia de COVID-19, vimos esforços significativos, como o programa COVAX, destinado a garantir acesso equitativo às vacinas. Embora tenha enfrentado desafios, o programa

destacou a importância de iniciativas multilaterais para enfrentar crises de saúde globais.

Além das medidas imediatas, é necessário investir em educação e conscientização pública. A pandemia de COVID-19 revelou os perigos da desinformação, que minaram a confiança nas vacinas e nas autoridades de saúde. Estratégias de comunicação eficazes serão essenciais para promover a adesão às medidas de saúde pública em futuras crises (TAYLOR, 2024). O gráfico abaixo (Figura 3) demonstra o cenário atual das cepas já encontradas em diversos países e evidencia parte da problemática encontrada com a distribuição global de cepas.

Figura 3 - Número de sequências genômicas de Influenza vírus coletado entre 15 de maio de 2024 e 22 de julho de 2024



Fonte: *The global H5N1 influenza panzootic in mammals* (PEACOCK, 2025). As barras indicam o número de amostras coletadas de humanos e animais que estão disponíveis no banco e dados GISAID até 22 de julho de 2024. Os números não incluem sequências virais desconhecidas.

Além da distribuição equitativa de vacinas e da conscientização pública, a colaboração internacional desempenha um papel crucial na vigilância epidemiológica e no compartilhamento de dados. O monitoramento global do H5N1 exige que países e organizações troquem informações em tempo real sobre surtos em animais e humanos, permitindo respostas rápidas e coordenadas. A Organização Mundial da Saúde e a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) ressaltam que sistemas robustos de vigilância, aliados a redes internacionais de pesquisa, são essenciais para detectar mutações do vírus que possam aumentar o risco de transmissão entre humanos. O fortalecimento dessa cooperação global



pode garantir que estratégias de contenção sejam mais eficazes e adaptáveis às realidades locais (WHO, 2024).

6. Conclusão

Em última análise, as lições aprendidas com a pandemia de SARS-CoV-2 devem servir como base para uma abordagem mais robusta e integrada na preparação para pandemias. A ameaça do H5N1, embora ainda incerta, destaca a necessidade de vigilância constante, inovação científica e cooperação global. Além disso, é fundamental investir em pesquisas e no desenvolvimento de estratégias abrangentes que incluam a resiliência de todos os setores, além da saúde, da economia, da segurança e da defesa. Como indicado por especialistas, apenas um esforço coordenado em escala global, que envolva a integração de diferentes áreas e setores, poderá mitigar os impactos de pandemias futuras e proteger a saúde e o bem-estar das populações em todo o mundo.

A análise das trajetórias pandêmicas, da COVID-19 ao risco iminente do H5N1, evidencia a necessidade de uma abordagem preventiva e coordenada no enfrentamento de emergências sanitárias globais. A experiência recente demonstrou que a ausência de vigilância epidemiológica eficiente, combinada com desigualdades no acesso a recursos e informações, amplia significativamente os impactos das crises de saúde pública. O H5N1, com seu potencial de mutação e elevada letalidade, apresenta riscos substanciais que exigem respostas imediatas e integradas por parte da comunidade científica, governos e organismos internacionais.

Nesse contexto, a vigilância genômica e os avanços biotecnológicos emergem como ferramentas essenciais para a detecção precoce e o desenvolvimento de estratégias de mitigação. A

criação de vacinas eficazes e a ampliação da capacidade de resposta médica são passos fundamentais, mas insuficientes, sem um esforço global de cooperação. A pandemia de COVID-19 evidenciou a importância da colaboração internacional, como exemplificado pelo COVAX, ao mesmo tempo que ressaltou falhas estruturais na distribuição equitativa de recursos. Diante de um possível surto de H5N1, a implementação de mecanismos multilaterais robustos será determinante para evitar um colapso sanitário de grande magnitude.

Além disso, os impactos socioeconômicos e ambientais das pandemias reforçam a necessidade de políticas públicas que fortaleçam os sistemas de saúde e promovam a resiliência global. A crise sanitária provocada pelo SARS-CoV-2 revelou os perigos da desinformação e da politização das respostas à pandemia, elementos que podem comprometer a eficácia das estratégias de contenção em futuras emergências. Assim, é imperativo investir em campanhas de conscientização baseadas em evidências científicas, garantindo que a comunicação pública seja transparente e acessível.

Diante desse cenário, conclui-se que a preparação para pandemias não deve se restringir a ações reativas, mas sim incorporar medidas proativas, sustentadas por ciência, cooperação internacional e equidade no acesso a recursos. O H5N1 representa uma ameaça concreta à saúde global, mas a experiência adquirida com a COVID-19 fornece um arcabouço valioso para aprimorar respostas e minimizar os danos. A adoção de políticas preventivas, a intensificação da vigilância epidemiológica e a ampliação da colaboração internacional são elementos-chave para enfrentar futuras crises sanitárias de forma mais eficiente e equitativa.

Rio de Janeiro - RJ, 17 de setembro de 2025.

Como citar este documento:

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO (ECEME). OBSERVATÓRIO MILITAR DA PRAIA VERMELHA (OMPV). **Trajетórias aéreas: do impacto da Covid-19 ao alerta da gripe aviária.** Rio de Janeiro, 2025.



Referências

BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial de 2014 – Risco e Oportunidade: gestão do risco para o desenvolvimento**. Washington, D.C.: Banco Mundial, 2014. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/c6946c3c-bb32-5a2d-946e-64c6a1453544/content>. Acesso em: 11 fev. 2025.

CENTRO DE CONTROLE E PREVENÇÃO DE DOENÇAS (CDC). **CDC Expands Guidance to Better Protect Farm Workers and Livestock Owners to Lower the Risk of Becoming infected with Bird Flu**. 8 nov. 2024. Disponível em: <https://www.cdc.gov/bird-flu/spotlights/protect-farm-workers-bird-flu.html>. Acesso em: 10 dez. 2024.

COMMITTEE ON OVERSIGHT AND GOVERNMENT REFORM. **Final report on pandemic preparedness**. 2024. Disponível em: <https://oversight.house.gov/?s=Final+report+on+pandemic+preparedness>. Acesso em: 10 dez. 2024.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Nova cepa de vírus da gripe aviária é detectada em gado nos EUA**. 2025a. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/colunas/lucia-guimaraes/2025/01/velho-despreparo-dos-eua-pode-levar-a-nova-pandemia.shtml>. Acesso em: 11 fev. 25

FOLHA DE SÃO PAULO. **A gripe aviária pode passar a ser transmitida pelo ar?** 2025b. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2025/02/a-gripe-aviaria-pode-passar-a-ser-transmitida-pelo-ar.shtml>. Acesso em: 11 fev. 25

GOVERNO DA BAHIA. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE DA BAHIA. **Catálogo eletrônico de aves silvestres – gripe aviária**. 10 jun. 2024. Disponível em: <https://www.saude.ba.gov.br/suvisa/gripe-aviaria-catalogoavessilvestres/>. Acesso em: 10 dez. 2024.

INFECTIOUS DISEASE EMERGENCIES. **Emerging infectious diseases and genomic surveillance**. 2024. Disponível em: <https://emergencies.pubpub.org/>. Acesso em: 10 dez. 2024.

JONG, M. D. de; HIEN, T. T. Avian influenza A (H5N1). **Journal of Clinical Virology**, [s.l.], v. 35, p. 2-13, 2006.

MILLER, H. I. USDA's Dereliction in Containing Bird Flu Could Cause Calamitous Pandemic (Part 1). **American Council on Science and Health**, [s.l.], 12 nov. 2024. Disponível em: <https://www.acsh.org/news/2024/11/12/usdas-dereliction-containing-bird-flu-could-cause-calamitous-pandemic-part-1-49097>. Acesso em: 06 fev. 2025.

O GLOBO. **Gripe aviária está a uma mutação da disseminação entre humanos**. O Globo. Por AFP. 11 dez

2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/saude/noticia/2024/12/11/nova-pandemia-a-qualquer-momento-gripe-aviaria-esta-a-uma-mutacao-da-disseminacao-entre-humanos-alertam-cientistas.ghtml>. Acesso em: 11 dez. 2024.

PARDO-ROA, C., NELSON, M.I., ARIYAMA, N. et al. Cross-species and mammal-to-mammal transmission of clade 2.3.4.4b highly pathogenic avian influenza A/H5N1 with PB2 adaptations. **Nat Commun** 16, 2232 (2025). Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57338-z>.

PEACOCK, The global H5N1 influenza panzootic in mammals. **Nature**. Vol 637. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08054-z>.

PEACOCK, T.P., MONCLA, L., DUDAS, G. et al. The global H5N1 influenza panzootic in mammals. **Nature** 637, 304–313 (2025). Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08054-z>

RUIZ, Vera Leticie de Azevedo. **Influenza A H1N1 – “Gripe Suína”**. Governo do Estado de São Paulo - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Animal. Nº 129, 6 abr. 2010. Disponível em: <https://biologico.agricultura.sp.gov.br/publicacoes/comunicados-documentos-tecnicos/comunicados-tecnicos/influenza-a-h1n1>. Acesso em: 18 mar. 2025.

SALA, M.R. La gripe aviar sigue sacudiendo a Estados Unidos: ¿qué podemos esperar en el resto de América? **El País**, 11 fev 2025. Disponível em: <https://elpais.com/america-futura/2025-02-11/la-gripe-aviar-sigue-sacudiendo-a-estados-unidos-que-podemos-esperar-en-el-resto-de-america.html>. Acesso em: 11 fev. 25

TAYLOR, C. The hunt for the next pandemic is on our shores. **ABC News**, 30 mar. 2025. Disponível em: <https://www.abc.net.au/news/2025-03-30/next-pandemic-risk-h5n1-2-3-4-4b-bird-flu-avian-influenza/105104736>. Acesso em: 11 fev. 2025.

THE TELEGRAPH. **UK buys bird flu vaccine shots to prepare for pandemic**. 2024. Disponível em: <https://www.telegraph.co.uk/global-health/science-and-disease/uk-buys-bird-flu-vaccine-shots-to-prepare-for-pandemic/>. Acesso em: 10 dez. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **CEPI and WHO urge broader research strategy for countries to prepare for the next pandemic**. 1 ago. 2024. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/01-08-2024-cepi-and-who-urge-broader-research-strategy-for-countries-to-prepare-for-the-next-pandemic>. Acesso em: 10 dez. 2024.