

Peste pneumônica no século XXI: fisiopatologia, manifestações clínicas, diagnóstico, tratamento e análise de um evento investigado na Rússia

Pneumonic plague in the 21st century: pathophysiology, clinical manifestations, diagnosis, treatment and analysis of an investigated event in Russia

Michelle Aires da Silva¹; Jean Carlos Casagrande; Isabela Ortiz Vilela; Renata Vasconcelos Xavier de Oliveira; Jucilene Quesia Costa Cerqueira; Jaelton Marcelino de Sousa; Izabele Marques Cardoso; Maria Rosa Cardoso Rodrigues Hay Mussi; Maria Roberta Cardoso Rodrigues Oliveira; Daniel Teixeira de Farias; Claudio Francisco André Júnior; Rebeca Aparecida Fabro de Melo; Leandro Gilberto da Silva

RESUMO

A peste pneumônica é uma forma grave da infecção por *Yersinia pestis*, caracterizada por rápida evolução pulmonar, potencial de insuficiência respiratória, sepse e transmissão entre contatos próximos durante a fase sintomática. Este artigo integra fisiopatologia, manifestações clínicas, diagnóstico, tratamento, quimioprofilaxia, prevenção, preparação epidemiológica e desenvolvimento de vacinas, com análise contextual de um evento investigado em Irkutsk, Rússia, em 2026. Realizou-se análise documental e atualização clínico-epidemiológica, com busca de literatura biomédica indexada no PubMed, documentos da Organização Mundial da Saúde e do Ministério da Saúde do Brasil, além de fontes jornalísticas utilizadas exclusivamente para reconstrução temporal do evento russo. Especial atenção foi dada às plataformas vacinais F1/LcrV, às vacinas vivas atenuadas e aos vetores adenovirais. Os dados recentes mostram resultados pré-clínicos robustos em modelos animais e, em 2026, avanço de uma candidata adenoviral F1-V para ensaio clínico de fase I; contudo, não existe vacina licenciada para uso rotineiro da população geral. A análise epidemiológica acrescenta mortalidade, letalidade, risco de transmissão e comparação histórica brasileira, mantendo a distinção entre óbito documentado, caso confirmado e evento suspeito. Conclui-se que a principal estratégia imediata permanece o reconhecimento precoce, isolamento, diagnóstico, tratamento antimicrobiano oportuno e

¹ Universidad Sudamericana (UNISUD), Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Medicina, Sede Pedro Juan Caballero, Paraguay.

investigação de contatos, enquanto a vacinação representa uma linha de pesquisa prioritária para prevenção futura.

Palavras-chave: *Yersinia pestis*; peste pneumônica; fisiopatologia; vigilância epidemiológica; vacinas; F1/LcrV; saúde pública; Ciências da Saúde.

ABSTRACT

Pneumonic plague is a severe form of *Yersinia pestis* infection characterized by rapid pulmonary deterioration, potential respiratory failure, sepsis and transmission among close contacts during symptomatic disease. This article integrates pathophysiology, clinical manifestations, diagnosis, treatment, chemoprophylaxis, prevention, epidemiological preparedness and vaccine development, using the 2026 Irkutsk, Russia, event as temporal context. The study uses documentary and clinical-epidemiological analysis based on PubMed-indexed literature, WHO and Brazilian Ministry of Health documents, with news sources used only to reconstruct the public timeline. The revised analysis separates mortality, case fatality and transmission risk and adds historical Brazilian comparisons and vulnerable-group evidence. No vaccine is currently licensed for routine population use. Early recognition, isolation, laboratory diagnosis, timely antimicrobial treatment and contact investigation remain the immediate public-health priorities.

Keywords: *Yersinia pestis*; pneumonic plague; pathophysiology; epidemiological surveillance; vaccines; F1/LcrV; public health; Health Sciences.

1 INTRODUÇÃO

A peste é uma zoonose bacteriana causada por *Yersinia pestis*, bacilo Gram-negativo associado a ciclos naturais envolvendo pequenos mamíferos e pulgas. A infecção humana pode ocorrer após picada de pulgas infectadas, contato com tecidos ou fluidos contaminados e, na forma pneumônica primária, por inalação de partículas respiratórias contendo o agente. Entre as apresentações clínicas, a peste pneumônica assume especial importância por sua evolução potencialmente fulminante e pela possibilidade de transmissão entre pessoas em contatos próximos.

Apesar da associação histórica da peste com grandes pandemias, a doença permanece relevante em saúde pública porque focos naturais persistem e episódios ocupacionais ou comunitários podem exigir resposta rápida. O evento noticiado na região de Irkutsk, Rússia, em 2026, envolvendo uma trabalhadora de instituto anti peste que evoluiu com pneumonia grave e contatos colocados sob observação, reacendeu a necessidade de vigilância. Entretanto, informações públicas divergentes exigem cautela para que um evento investigado não seja apresentado como surto confirmado.

O objetivo deste artigo é integrar os aspectos fisiopatológicos, clínicos, diagnósticos, terapêuticos e epidemiológicos da peste pneumônica e discutir a preparação dos serviços de saúde diante de um caso suspeito, com apoio de material visual didático que permita relacionar mecanismos biológicos, sintomas e complicações.

2 METODOLOGIA

Foi realizada busca documental multibase para reduzir a dependência de uma única fonte. Foram consultadas literatura biomédica indexada no PubMed/MEDLINE, registros e literatura complementar disponíveis em SciELO, documentos técnicos da Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO), Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS/PAHO), Centers for Disease Control and Prevention (CDC), European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), Ministério da Saúde do Brasil e materiais institucionais da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Foram utilizados termos combinados relacionados a “*Yersinia pestis*”, “pneumonic plague”, “plague vaccine”, “F1 LcrV”, “treatment of human plague”, “plague surveillance”, “pregnancy”, “children” e “elderly”. Foram priorizadas revisões sistemáticas, estudos clínicos, estudos observacionais, estudos pré-clínicos, documentos de vigilância e recomendações oficiais. A busca documental descrita no manuscrito foi atualizada em 7 de outubro de 2026, com atenção especial às evidências terapêuticas, vacinação, grupos vulneráveis, vigilância de focos naturais e ao evento investigado em Irkutsk.

Critérios de inclusão. Foram elegíveis: (1) artigos originais, revisões sistemáticas e revisões de escopo pertinentes à peste humana, com prioridade para peste pneumônica; (2) estudos clínicos e observacionais sobre diagnóstico, tratamento, quimioprofilaxia, transmissão, grupos vulneráveis e desfechos; (3) estudos pré-clínicos sobre vacinas e contramedidas terapêuticas, identificados explicitamente como evidência experimental; (4) documentos técnicos e dados epidemiológicos de organismos oficiais (OMS, OPAS, CDC, ECDC, Ministério da Saúde e Fiocruz); e (5) fontes jornalísticas identificáveis apenas para reconstruir a cronologia pública do evento de Irkutsk, sem utilizá-las para confirmar diagnóstico ou contagem de casos.

Critérios de exclusão. Foram excluídos da síntese de evidências clínicas os textos sem autoria ou origem verificável, duplicatas, notícias sem fonte rastreável, opiniões sem dados ou método explícito, estudos sem relação direta com os objetivos e afirmações sobre eficácia humana derivadas exclusivamente de experimentos animais. Notícias e comunicados não foram tratados como prova laboratorial. Quando uma referência apresentava metadados incompletos ou inconsistentes, ela não deveria sustentar isoladamente uma afirmação quantitativa ou clínica; a referência foi mantida para auditoria editorial, devendo ser corrigida ou substituída por fonte verificável antes da submissão.

Seleção e síntese das evidências. A seleção foi organizada em etapas conceituais: identificação por busca nas bases e fontes institucionais; triagem por título/resumo ou descrição do documento; leitura de texto completo quando disponível; avaliação de pertinência ao objetivo;

e extração narrativa dos dados sobre população, desenho, desfechos, limitações e aplicabilidade. As evidências foram agrupadas em quatro domínios: clínica/terapêutica; diagnóstico e transmissão; epidemiologia/vigilância; e vacinas/contramedidas. Resultados pré-clínicos, dados históricos, recomendações oficiais e relatos jornalísticos foram mantidos em categorias distintas. Como o material de trabalho não continha planilha de triagem com contagens reproduzíveis de registros identificados, duplicatas, exclusões e textos completos, não são informados números de fluxo PRISMA nem se afirma que esta seja uma revisão sistemática com busca exaustiva.

Avaliação crítica e limitações metodológicas. A força da evidência foi interpretada qualitativamente segundo o desenho, a consistência, a proximidade com a pergunta clínica e a aplicabilidade ao contexto humano. Ensaio clínico e revisões sistemáticas de dados humanos foram priorizados para recomendações terapêuticas; estudos animais foram utilizados somente para descrever desenvolvimento experimental; documentos oficiais fundamentaram recomendações de vigilância; e notícias foram usadas exclusivamente para cronologia. Não foi realizada metanálise. A ausência de protocolo prospectivo registrado, de dupla triagem independente e de contagens de seleção impede classificar o trabalho como revisão sistemática formal; por isso, o desenho é apresentado como análise documental e síntese crítica de evidências.

O desenho do estudo é de análise documental e atualização clínico-epidemiológica, com síntese crítica de evidências provenientes de literatura biomédica, documentos oficiais e registros epidemiológicos. A abordagem não utiliza revisão narrativa como desenho metodológico principal e não se apresenta como pesquisa experimental; trata-se de um estudo científico documental, com análise comparativa de evidências clínicas, terapêuticas, epidemiológicas e translacionais.

O evento russo de 2026 foi utilizado exclusivamente como contexto temporal e epidemiológico. Relatos jornalísticos foram considerados apenas para reconstrução do contexto público e não foram utilizados isoladamente para estabelecer diagnóstico, incidência, causalidade ou número de casos. O manuscrito não inventa dados clínicos ou laboratoriais do evento e mantém a distinção entre hipótese, relato e evidência confirmada.

As figuras apresentadas foram produzidas para este manuscrito com finalidade didática e foram mantidas em sequência, sem substituição das imagens científicas anteriormente incorporadas. A presente versão acrescenta um infográfico de síntese sobre peste pneumônica e mantém as figuras de fisiopatologia, vacinas, fluxo clínico, preparação do Brasil e fluxo pediátrico.

3 AGENTE ETIOLÓGICO E FORMAS CLÍNICAS

Yersinia pestis é um cocobacilo Gram-negativo zoonótico. As principais apresentações humanas são bubônica, septicêmica e pneumônica. A forma bubônica caracteriza-se por febre aguda e linfadenite dolorosa, com formação de bubões. A forma septicêmica ocorre quando o

agente se dissemina pela corrente sanguínea e pode produzir choque, alterações hemorrágicas e falência de órgãos. A forma pneumônica acomete o parênquima pulmonar e apresenta maior importância para transmissão respiratória entre contatos próximos.

A peste pneumônica pode ser primária, após inalação direta do agente, ou secundária, decorrente de disseminação de uma forma bubônica ou septicêmica. Em ambas, a evolução clínica pode ser rápida, tornando essencial a combinação entre reconhecimento sindrômico, contexto epidemiológico e início oportuno do tratamento.

4 TRANSMISSÃO E FISIOPATOLOGIA

Na forma pneumônica primária, partículas respiratórias contendo *Y. pestis* alcançam as vias aéreas distais e os alvéolos. A bactéria interage com componentes da imunidade inata, especialmente macrófagos alveolares, e utiliza fatores de virulência que favorecem a sobrevivência e multiplicação. O antígeno capsular F1, o sistema de secreção do tipo III e proteínas efetoras Yop participam da interferência na fagocitose e na sinalização de células imunes.

A progressão da infecção desencadeia intensa resposta inflamatória, com recrutamento de neutrófilos e produção de mediadores pró-inflamatórios. O dano ao epitélio alveolar e ao endotélio vascular altera a barreira alvéolo-capilar, promovendo edema e formação de exsudato. O preenchimento dos espaços alveolares e a lesão da interface de troca gasosa reduzem a eficiência da oxigenação e podem produzir hipoxemia.

A evolução pode incluir consolidação pulmonar extensa, pneumonia necrosante e, em quadros graves, síndrome do desconforto respiratório agudo. A disseminação hematogênica permite a bacteremia e sepse, podendo resultar em choque séptico, coagulopatia, lesão renal aguda, disfunção hepática, comprometimento neurológico e falência de múltiplos órgãos.

A Figura 1 apresenta, em sequência, os principais eventos desde a inalação do agente até as alterações pulmonares e sistêmicas, relacionando mecanismos moleculares, alterações histopatológicas e manifestações clínicas.

FISIOPATOLOGIA DA PESTE PNEUMÔNICA

Yersinia pestis: da exposição respiratória à lesão pulmonar e insuficiência respiratória

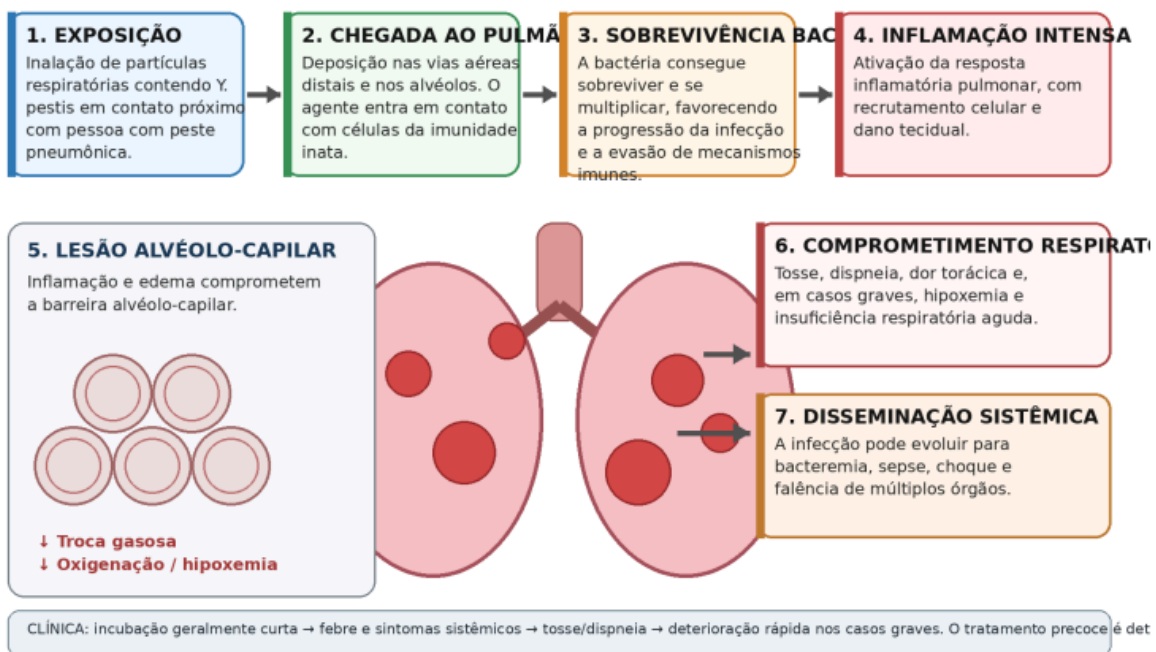


Figura 1. Fisiopatologia da peste pneumônica por *Yersinia pestis*: entrada respiratória, interação com a imunidade inata, multiplicação bacteriana, inflamação, dano alvéolo-capilar, hipoxemia e evolução para insuficiência respiratória e sepse. Fonte: elaboração própria, baseada na literatura científica.

5 MANIFESTAÇÕES CLÍNICAS

O período de incubação é geralmente curto. A apresentação inicial pode ser inespecífica, com febre alta, calafrios, cefaleia, mialgia, astenia, náuseas e vômitos. Na forma pneumônica predominam tosse, dispneia, dor torácica e expectoração, que pode ser hemoptoica. Em descrições clínicas clássicas, a expectoração pode evoluir de aspecto inicialmente claro para material intensamente avermelhado e espumoso, descrito em fontes clínicas e de divulgação científica como semelhante a “xarope de framboesa”; essa característica deve ser entendida como sinal de gravidade é possível hemorragia pulmonar, e não como achado obrigatório. A deterioração respiratória pode ocorrer rapidamente, com hipoxemia e necessidade de suporte ventilatório nos casos graves. A OMS destaca que a peste pneumônica não tratada pode evoluir para óbito em 18–24 horas, enquanto o diagnóstico e o tratamento precoces aumentam substancialmente a possibilidade de recuperação. [WHO, 2026; Metrôpoles, 2026]

A suspeita clínica deve aumentar diante da associação entre pneumonia de evolução rápida e contexto epidemiológico compatível. Exposição ocupacional a *Y. pestis*, contato

próximo com caso suspeito ou confirmado, exposição a animais ou vetores em áreas de risco e presença de outros sinais de peste devem ser considerados na avaliação.

Nos casos avançados, a doença pode apresentar bacteremia, sepse, choque, coagulopatia, disfunção renal, comprometimento hepático e falência de múltiplos órgãos. A rapidez da progressão reduz a margem de segurança para atrasos no diagnóstico e na primeira dose de antimicrobiano.

6 DIAGNÓSTICO

O diagnóstico combina avaliação clínica, epidemiológica e laboratorial. Amostras de sangue, escarro e material de bubão, quando presente, podem ser encaminhadas para investigação. Cultura bacteriana permanece importante para confirmação, enquanto PCR e métodos de detecção de antígeno podem contribuir para identificação rápida em contextos apropriados.

A confirmação laboratorial é fundamental para a vigilância, mas não deve ser utilizada como justificativa para retardar o tratamento de um paciente com suspeita clínica e epidemiológica relevante. A coleta deve obedecer às normas de biossegurança e ser realizada em articulação com laboratório de referência.

7 TRATAMENTO ANTIMICROBIANO

A peste pneumônica exige tratamento antimicrobiano imediato quando a suspeita clínica e epidemiológica é relevante. A confirmação laboratorial é importante para a vigilância, mas não deve atrasar a terapêutica. O Ministério da Saúde orienta início precoce, idealmente nas primeiras horas, devido à rápida progressão da doença.

Entre as opções recomendadas encontram-se aminoglicosídeos, como gentamicina e estreptomicina, além de fluoroquinolonas e, em situações selecionadas, tetraciclins como doxiciclina, conforme recomendações sanitárias atualizadas e características clínicas do paciente. A OMS passou a incluir ciprofloxacino, levofloxacino e moxifloxacino entre opções de primeira linha para peste pneumônica ou septicêmica, com baixa certeza de evidência. A peste pneumônica apresenta elevada gravidade clínica e o risco de desfecho desfavorável aumenta quando o tratamento é retardado, razão pela qual a suspeita clínica e epidemiológica deve desencadear resposta precoce.

É importante corrigir uma possível confusão terapêutica: amoxicilina não é um tratamento recomendado de rotina para peste pneumônica. A amoxicilina pertence ao grupo das penicilinas, e o próprio material do Ministério da Saúde informa que penicilina não deve ser utilizada. Gentamicina, por sua vez, é um aminoglicosídeo e é administrada por via parenteral; não corresponde a uma combinação “amoxicilina + gentamicina” indicada para peste.

A duração deve seguir o protocolo vigente e a resposta clínica. A quimioprofilaxia pós-exposição é uma intervenção distinta do tratamento de doença estabelecida.

7.1 EVIDÊNCIAS TERAPÊUTICAS INDEXADAS NO PUBMED

Nelson et al. revisaram 762 casos humanos publicados entre 1937 e 2019 e observaram letalidade global de 20%, com diferentes classes antimicrobianas associadas a desfechos favoráveis, embora a evidência seja heterogênea. Em ensaio clínico randomizado realizado na Tanzânia, gentamicina e doxiciclina apresentaram respostas favoráveis entre sobreviventes, com perfil renal que favoreceu cautela no uso de aminoglicosídeos. Esses dados reforçam que a seleção deve ser individualizada e que o tempo até o início do tratamento é determinante.

7.2 TRATAMENTO NA POPULAÇÃO PEDIÁTRICA

Na população pediátrica, a peste pneumônica deve ser tratada como uma emergência infecciosa de rápida progressão. A conduta não deve aguardar a confirmação laboratorial quando a suspeita clínica e epidemiológica for relevante. As recomendações devem ser individualizadas segundo idade, peso, gravidade, função renal, alergias e disponibilidade dos antimicrobianos. O CDC inclui fluoroquinolonas e aminoglicosídeos entre as opções de primeira linha para peste pneumônica ou septicêmica em crianças. [CDC, 2024]

Em doença pneumônica ou septicêmica grave, recomendações internacionais consideram terapia inicial com dois antimicrobianos de classes distintas, com posterior redução da terapia após melhora clínica. Gentamicina ou estreptomicina podem integrar esse tratamento. Doxiciclina possui papel específico em determinadas formas de peste e situações clínicas; seu uso pediátrico deve seguir protocolo especializado. [CDC, 2021; CDC, 2022]

É importante distinguir tratamento dirigido da cobertura empírica de pneumonia. A associação vancomicina + gentamicina não deve ser apresentada como esquema específico de primeira linha para *Yersinia pestis*. A vancomicina pode ser considerada na cobertura empírica de pneumonia grave quando houver indicação clínica para cobertura de agentes Gram-positivos resistentes, enquanto o tratamento da peste deve conter antimicrobiano com atividade comprovada contra *Y. pestis*. [CDC, 2021]

A terapia pediátrica também deve contemplar suporte respiratório, avaliação hemodinâmica, monitorização de função renal e identificação precoce de sepse ou choque. Em qualquer cenário de suspeita, a coleta de amostras deve ser realizada quando possível sem atrasar o início do tratamento. [CDC, 2026]

8 TRATAMENTO, CURA ATUAL E TERAPIAS EM INVESTIGAÇÃO

A pesquisa translacional busca terapias dirigidas a fatores de virulência de *Y. pestis*, incluindo anticorpos monoclonais contra antígenos como F1 e LcrV. Esses produtos podem neutralizar estruturas ou mecanismos necessários à virulência bacteriana e representam uma linha promissora de investigação para futuras contramedidas.

A peste não é uma doença sem cura: quando reconhecida e tratada precocemente com antimicrobianos apropriados, pode ser curada. O ponto científico atual não é a descoberta de uma 'cura' inexistente, mas a ampliação da segurança terapêutica, a redução da mortalidade em apresentações pneumônicas graves e a criação de alternativas para eventuais cepas resistentes. Não há, até 5 de outubro de 2026, uma terapia experimental aprovada que substitua a antibioticoterapia como tratamento padrão.

A perspectiva de desenvolvimento de terapias complementares é particularmente relevante diante da possibilidade de resistência antimicrobiana. Em 2026, estudos pré-clínicos publicados no PubMed descreveram anticorpos monoclonais capazes de proteger camundongos contra cepas virulentas e resistentes, enquanto estudos anteriores demonstraram atividade pós-exposição de coquetéis de bacteriófagos e de inibidores de LpxC. Essas estratégias são promissoras, mas continuam experimentais e não constituem tratamento de rotina em seres humanos. [PMID 42416072; PMID 39292000; PMID 39882860]

Estudos indexados no PubMed também descrevem anticorpos monoclonais dirigidos a antígenos de *Y. pestis*. Anticorpos contra o antígeno F1 demonstraram proteção em modelos murinos de peste pneumônica, enquanto trabalhos com anticorpos contra o antígeno V/LcrV mostram potencial como contramedidas imunológicas. Esses resultados são promissores, porém permanecem pré-clínicos e não autorizam sua apresentação como tratamento curativo de rotina em seres humanos. PMIDs: 38954719 e 35919741.

Síntese clínica atual: a peste pneumônica já possui tratamento curativo baseado em antimicrobianos quando instituído precocemente; o principal desafio permanece reduzir o atraso diagnóstico e ampliar opções para resistência antimicrobiana. A vacinação e as terapias imunológicas representam estratégias de prevenção e complementação futuras, não substitutos atuais do tratamento. [CDC, 2026; WHO, 2026; PubMed 2026]

9 QUIMIOPROFILAXIA E CONTATOS

Contatos de alto risco de um caso de peste pneumônica podem necessitar de quimioprofilaxia pós-exposição, conforme avaliação das autoridades sanitárias. A indicação depende do tipo, intensidade e duração da exposição. O acompanhamento deve incluir orientação sobre sinais de doença, vigilância durante o período recomendado e acesso imediato à avaliação clínica se surgirem sintomas.

A profilaxia não deve ser confundida com o tratamento de doenças estabelecidas. A seleção do antimicrobiano, dose e duração deve respeitar protocolo atualizado, características individuais e orientação da vigilância epidemiológica.

10 PREVENÇÃO E CONTROLE DE INFECÇÃO

A prevenção envolve controle de reservatórios e vetores em áreas de risco, redução da exposição a pulgas, cuidado na manipulação de animais e carcaças potencialmente infectados e educação sanitária. Para a peste pneumônica, o controle da transmissão requer identificação precoce, isolamento apropriado, proteção dos profissionais, higiene das mãos, coleta segura de amostras, notificação e rastreamento de contatos.

Em áreas de fronteira ou com fluxo internacional, a articulação entre vigilância, assistência, laboratório, regulação e autoridades sanitárias é fundamental. A comunicação de risco deve evitar alarmismo e, ao mesmo tempo, transmitir de forma clara a necessidade de avaliação imediata diante de sinais compatíveis.

11 VACINAS CONTRA YERSINIA PESTIS: EVOLUÇÃO, MECANISMOS E ESTADO ATUAL

Não há vacina contra peste recomendada para vacinação populacional de rotina. A OMS reserva a vacinação para grupos de alto risco em circunstâncias específicas, como determinados profissionais de laboratório com exposição ocupacional contínua. Historicamente, foram utilizadas formulações de células inteiras inativadas e vacinas vivas atenuadas; limitações de reatogenicidade, segurança e proteção contra a forma pneumônica estimularam o desenvolvimento de plataformas mais definidas. A vacinação não substitui biossegurança, controle de exposição, vigilância, diagnóstico precoce ou tratamento antimicrobiano. [WHO, 2026].

A pesquisa contemporânea concentra-se especialmente nos antígenos F1 e LcrV. F1 é um componente capsular associado à evasão imune, enquanto LcrV participa do sistema de secreção tipo III e da interação da bactéria com células hospedeiras. Candidatas baseadas nesses antígenos buscam induzir anticorpos neutralizantes e, para a peste pneumônica, também respostas celulares capazes de contribuir para a proteção pulmonar.

Em 2025, a candidata viva atenuada recombinante rLVS Δ capB/Yp F1-V, que expressa uma fusão F1-LcrV, produziu proteção contra desafio respiratório letal em camundongos no modelo experimental publicado. O resultado é pré-clínico: não demonstra eficácia clínica em seres humanos nem disponibilidade de vacina para uso assistencial. [Jia et al., 2025; PMID 40417828].

Estudos pré-clínicos com vetores adenovirais que expressam F1 e LcrV relataram proteção contra desafio respiratório em modelos animais. Esses resultados justificam pesquisa translacional, mas não devem ser descritos como eficácia comprovada em seres humanos. Qualquer referência a ensaio clínico deve ser vinculada ao registro e à publicação primária correspondente, distinguindo claramente avaliação de segurança/imunogenicidade de demonstração de eficácia clínica. [Dold et al., 2026; Oxford University, 2021].

Ainda permanecem lacunas importantes: eficácia clínica contra peste pneumônica em humanos, duração da proteção, correlatos imunológicos confiáveis, segurança, proteção de mucosa respiratória e possibilidade de uso estratégico em populações de alto risco. Portanto, os resultados atuais devem ser descritos como evidência pré-clínica promissora e início de avaliação clínica, e não como vacina comprovadamente eficaz para uso populacional.

Fonte: elaboração própria com base em literatura indexada e fontes institucionais.



Figura 2. Evolução das plataformas vacinais contra *Yersinia pestis*, mecanismos imunológicos propostos e estado da evidência até 2026. A figura diferencia plataformas históricas, candidatas pré-clínicas e a candidata adenoviral F1-V em fase I. Fonte: elaboração própria baseada em literatura indexada no PubMed.



Figura 3. Evolução das vacinas contra *Yersinia pestis*, mecanismos de proteção, evidências pré-clínicas e perspectivas para uso humano. Material visual apresentado pela autora e revisado neste manuscrito com base em literatura indexada e fontes institucionais. A expressão “fase I” refere-se à avaliação clínica inicial e não implica eficácia comprovada ou licenciamento.

Tabela 1. Evolução das principais estratégias vacinais contra peste.

Período/estratégia	Plataforma	Principal mecanismo	Situação
Histórica	Células inteiras inativadas	Resposta predominantemente humoral; múltiplas doses	Limitações para peste pneumônica; não licenciada para uso rotineiro atual
Século XX	Vivas atenuadas, incluindo EV	Imunidade humoral e celular	Uso histórico em populações de risco; preocupações de segurança
2000–2020	Subunidades F1/LcrV e vetores virais	Anticorpos contra F1/LcrV + resposta celular	Pré-clínica
2025	rLVS ΔcapB/Yp F1-V	F1/LcrV; resposta humoral e celular	Proteção completa em modelo murino; pré-clínica

Período/estratégia	Plataforma	Principal mecanismo	Situação
2026	Adenoviral F1-V / ChAdOx1 F1-V	Expressão de F1-V e indução de imunidade humoral/celular	ChAdOx1 F1-V avançou para fase I; investigação clínica

12 PLATAFORMAS VACINAIS E A EXPERIÊNCIA DAS VACINAS RESPIRATÓRIAS

A experiência acumulada com plataformas virais durante a pandemia de COVID-19 aumentou a capacidade tecnológica para desenvolver vacinas contra patógenos respiratórios, mas não significa que uma vacina contra SARS-CoV-2 proteja contra *Y. pestis*. São agentes etiológicos distintos, com antígenos e mecanismos de patogenicidade diferentes. O valor da experiência da COVID-19 está principalmente na plataforma tecnológica, na velocidade de desenvolvimento e na infraestrutura de ensaios clínicos.

Para a peste pneumônica, uma candidata ideal deverá combinar segurança, imunogenicidade sistêmica e proteção relevante nas vias respiratórias. A indução de imunidade mucosal e celular é uma das principais áreas de investigação.

13 FLUXO CLÍNICO E RESPOSTA DIANTE DE CASO SUSPEITO

A resposta deve integrar reconhecimento sindrômico, proteção da equipe, isolamento, notificação, coleta de amostras, tratamento precoce, investigação epidemiológica, rastreamento de contatos e quimioprofilaxia quando indicada.

FLUXO CLÍNICO DA PESTE PNEUMÔNICA

Reconhecimento → isolamento → diagnóstico → tratamento precoce → acompanhamento



Figura 4. Fluxo clínico, diagnóstico, tratamento, suporte e acompanhamento de contatos diante de suspeita de peste pneumônica. Fonte: elaboração própria.

14 EVENTO DE IRKUTSK, RÚSSIA, EM 2026

No início de outubro de 2026, a morte de uma trabalhadora de um instituto antipeste em Irkutsk, na Federação Russa, após hospitalização por pneumonia grave, gerou relatos de suspeita de peste pneumônica. Até a comunicação da OMS de 7 de outubro de 2026, a causa do óbito não havia sido confirmada publicamente. A OMS informou que, em resposta a uma solicitação feita sob o Regulamento Sanitário Internacional, a Federação Russa comunicou que não havia sido notificado caso recente de peste na região de Irkutsk e que cerca de 200 contatos haviam sido colocados em quarentena. A OMS solicitou dados adicionais sobre os exames laboratoriais da pessoa falecida e dos contatos, a justificativa das medidas de saúde pública e o estado clínico dos contatos. Portanto, a informação correta é “ausência de comunicação de caso recente de peste na região”, não “confirmação de ausência absoluta de infecção” nem “surto confirmado”. [WHO, 2026].

A OMS informou ainda que solicitara verificação de relatos da existência de um segundo funcionário com pneumonia de causa indeterminada e que, diante das informações incompletas, não era possível concluir uma avaliação integral do risco. A comunicação de 7 de outubro não confirmou peste pneumônica, transmissão entre pessoas nem acidente laboratorial; registrou a resposta russa de que não havia caso recente de peste notificado na região e a informação de

cerca de 200 contatos em quarentena, enquanto a OMS continuava a solicitar esclarecimentos laboratoriais e epidemiológicos. Assim, este manuscrito trata o episódio como investigação de pneumonia grave de etiologia não estabelecida. Medidas de precaução e rastreamento de contatos não constituem, por si sós, prova de confirmação etiológica. [WHO, 2026; Reuters, 2026].

14.1 PERMAFROST E VÍRUS ANTIGOS: UM ALERTA PARA VIGILÂNCIA DE AMEAÇAS BIOLÓGICAS

A discussão contemporânea sobre ameaças biológicas emergentes também precisa considerar a preservação de agentes infecciosos em ambientes criogênicos. Estudos conduzidos por pesquisadores franceses, russos e alemães demonstraram que vírus gigantes podem permanecer viáveis em amostras de permafrost siberiano por dezenas de milhares de anos. Em estudo publicado em 2023, foram caracterizados 13 vírus isolados de sete amostras antigas de permafrost, além de amostras do rio Lena e de criossolo de Kamchatka; os isolados pertenciam a diferentes grupos de vírus gigantes e foram capazes de infectar e se replicar em *Acanthamoeba* spp. em condições laboratoriais. Uma das amostras apresentava idade estimada de até 48.500 anos. [Alempic et al., 2023]

O achado é relevante para a biossegurança e para a vigilância ambiental, mas deve ser interpretado sem extrapolações. Os vírus recuperados neste estudo foram selecionados e estudados em um sistema experimental baseado em amebas, e não há evidência de que esses vírus antigos causem doenças em seres humanos. Por isso, a expressão jornalística “vírus zumbi” não constitui uma categoria científica nem demonstra a existência de uma ameaça pandêmica iminente. Revisão publicada em 2025 concluiu que, com as evidências disponíveis, não há demonstração de risco aumentado de emergência de vírus humanos a partir do permafrost em comparação com outras fontes ambientais, embora a vigilância continue sendo justificável diante das mudanças ambientais e climáticas. [Mackelprang et al., 2025]

A relação com a peste pneumônica é indireta, porém epidemiologicamente importante. *Yersinia pestis* é uma bactéria, e os vírus recuperados do permafrost não representam evidência de reativação ou reemergência da peste. Entretanto, o fenômeno reforça um princípio central da Saúde Única: alterações ambientais podem modificar a exposição humana a agentes biológicos, reservatórios, vetores e ecossistemas anteriormente pouco acessíveis. No contexto siberiano, onde existem focos naturais de peste e onde atividades ambientais, mudanças climáticas e deslocamentos populacionais podem alterar interfaces entre humanos, animais e ambiente, a vigilância integrada deve considerar simultaneamente doenças conhecidas e sinais de agentes infecciosos emergentes. Assim, a principal contribuição dessa evidência para o presente artigo não é afirmar que um “vírus zumbi” causará peste ou outra pandemia, mas demonstrar a necessidade de incorporar vigilância ambiental, biossegurança, caracterização laboratorial e avaliação de risco em estratégias modernas de preparação para ameaças infecciosas.



O Ministério da Saúde informa que o Brasil possui focos naturais no Nordeste e em Teresópolis, com extensões históricas em Minas Gerais, e que o último caso humano registrado ocorreu em 2005, em Pedra Branca, Ceará. A ausência de casos humanos por longo período não elimina a necessidade de vigilância dos ciclos naturais.

15.1 COMO UM CASO IMPORTADO PODERIA EVOLUIR

Um cenário hipotético poderia seguir: entrada de caso infectado → reconhecimento clínico → diagnóstico → isolamento → investigação de contatos → tratamento → eventual identificação de casos secundários. A detecção precoce cria pontos de interrupção; atrasos aumentam o número de pessoas potencialmente expostas e a pressão sobre serviços.

15.2 VULNERABILIDADES, CAPACIDADE E IMPACTO

É inadequado afirmar antecipadamente que a peste pneumônica “quebraria” o Brasil. O impacto econômico e assistencial dependerá da escala, duração, localização, número de casos, necessidade de internação, velocidade da resposta e capacidade de mobilização de recursos. O risco relevante é a pressão concentrada e rápida sobre vigilância, laboratórios, hospitais, profissionais, insumos e comunicação.

15.3 PREVENÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE REDUÇÃO DE IMPACTO

A prevenção inclui vigilância de reservatórios e vetores em áreas de risco, biossegurança laboratorial, preparação hospitalar, estoques estratégicos, protocolos de isolamento, treinamento de equipes, rastreamento de contatos e planejamento de comunicação. A vacinação, caso uma candidata alcance segurança e eficácia suficientes, poderia futuramente complementar essas estratégias em populações de risco; atualmente, não substitui vigilância nem tratamento precoce.

15.4 MODELO DE AVANÇO EPIDEMIOLÓGICO

Propõe-se uma matriz de avanço epidemiológico em seis níveis: Nível 0 — vigilância de base, sem caso humano confirmado; Nível 1 — caso suspeito, com isolamento, notificação e investigação; Nível 2 — caso confirmado/importado, com rastreamento de contatos e avaliação de quimioprofilaxia; Nível 3 — casos secundários, indicando transmissão entre contatos; Nível 4 — transmissão ampliada, com necessidade de coordenação intersetorial e expansão de capacidade; Nível 5 — impacto elevado, caracterizado por aumento relevante de hospitalizações,

casos graves ou óbitos. O modelo é uma proposta analítica dos autores para organizar a resposta que não constitui classificação oficial da OMS.

MODELO DE CONTROLE EPIDEMIOLÓGICO DA PESTE PNEUMÔNICA

Progressão hipotética e pontos de interrupção — proposta de vigilância, não previsão de surto

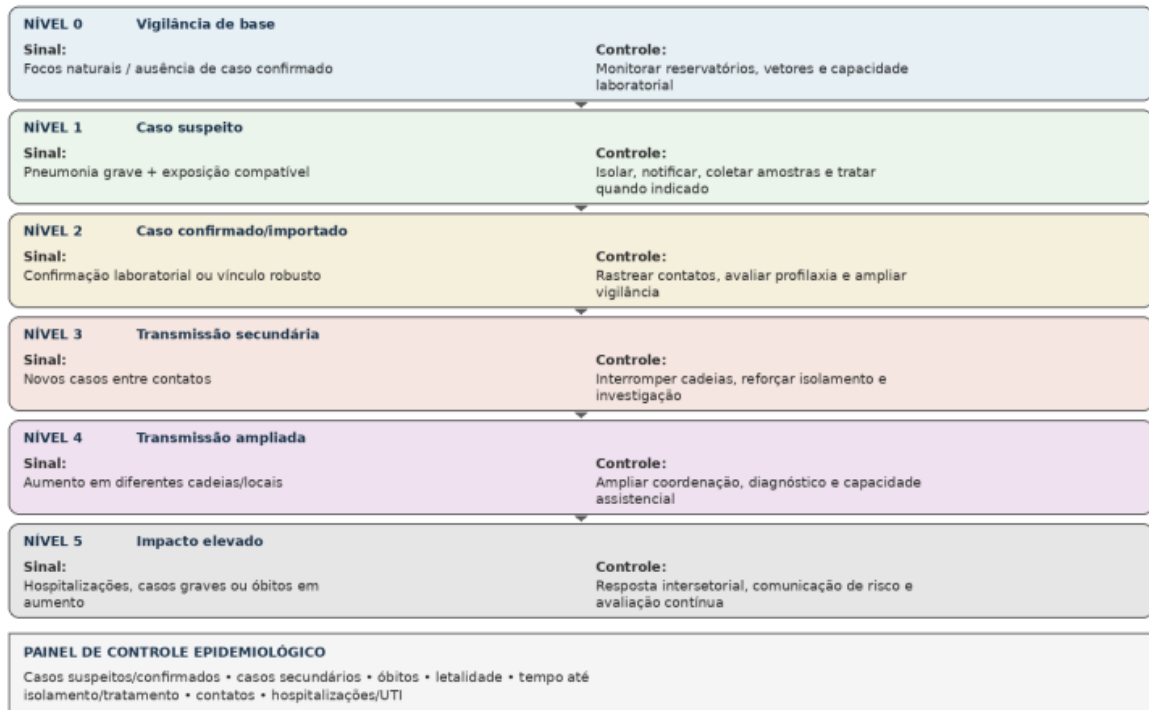


Figura 6. Modelo de controle epidemiológico e progressão hipotética da peste pneumônica, com pontos de interrupção e indicadores de impacto. Fonte: elaboração própria com base em OMS, OPAS, CDC, Ministério da Saúde, ECDC e literatura epidemiológica.

Tabela 2. Modelo integrado de prevenção da peste pneumônica: vigilância, prevenção, biossegurança e resposta rápida.

Eixo preventivo	Medida principal	Indicador de acompanhamento	Resposta quando houver sinal de risco
Vigilância epidemiológica	Notificação imediata de suspeitas; investigação epidemiológica; busca ativa de contatos e integração entre vigilância, laboratório e assistência.	Tempo entre suspeita, notificação, isolamento e coleta; número de contatos identificados e acompanhados.	Ativar investigação em campo, rastreamento de contatos e comunicação entre níveis de atenção.
Reservatórios e vetores	Monitorar roedores, pulgas e focos naturais; reduzir condições que favoreçam contato entre reservatórios, vetores e população.	Deteção de epizootias, aumento de infestação por pulgas ou ocorrência de roedores mortos/doentes.	Intensificar controle ambiental, vigilância animal e orientação à população exposta.
Biossegurança laboratorial	Avaliação de risco, treinamento, contenção apropriada, uso de EPI e protocolos para acidentes e exposições ocupacionais.	Incidentes laboratoriais, falhas de contenção, exposição ocupacional ou quebra de protocolo.	Isolar a área conforme o plano institucional, avaliar expostos e acionar saúde ocupacional e vigilância.
Prevenção da transmissão respiratória	Reconhecimento precoce, isolamento do caso suspeito, precauções respiratórias adequadas e controle de exposição de contatos próximos.	Tempo até isolamento; número de contatos sintomáticos; aparecimento de casos secundários.	Isolar, investigar, testar e tratar precocemente; acompanhar contatos e indicar quimioprofilaxia quando recomendada.
Preparação dos serviços de saúde	Protocolos clínicos, treinamento de equipes, capacidade diagnóstica, estoque de antimicrobianos e fluxos para transferência segura.	Tempo até diagnóstico/tratamento; disponibilidade de insumos; adesão aos protocolos.	Expandir capacidade assistencial, revisar estoques e reforçar treinamento e comunicação de risco.
Comunicação e Saúde Única	Comunicação de risco baseada em evidências e integração dos componentes humano, animal e ambiental.	Rumores, desinformação, mudanças de comportamento de risco e sinais epidemiológicos em animais.	Atualizar mensagens oficiais, corrigir desinformação e integrar dados para decisão coordenada.

Fonte: elaboração dos autores, com base em recomendações da OMS, Ministério da Saúde do Brasil e literatura de vigilância e controle da peste.

\

Tabela 3. Matriz brasileira de prevenção e resposta por nível epidemiológico.

Nível	Situação	Prioridade
0	Sem caso confirmado	Vigilância, preparação, estoques e treinamento
1	Caso importado confirmado	Isolamento, diagnóstico, notificação e investigação
2	Casos secundários	Rastreamento intensivo, quimioprofilaxia quando indicada e interrupção de cadeias
3	Transmissão sustentada	Coordenação ampliada, capacidade hospitalar e redução de impacto

Fonte: elaboração própria. O modelo é uma proposta analítica dos autores e não constitui classificação oficial da OMS.

15.5 INDICADORES PARA ACOMPANHAMENTO

Devem ser acompanhados casos suspeitos e confirmados; tempo entre início dos sintomas e isolamento; tempo até tratamento; contatos identificados e acompanhados; casos secundários; capacidade diagnóstica; disponibilidade de antimicrobianos; ocupação hospitalar; sinais de circulação em focos naturais; e desempenho das ações de vigilância. Óbitos e letalidade devem ser interpretados junto com o número de casos, atraso no diagnóstico, tempo até tratamento e qualidade da investigação.

Tabela 4. Painel de controle epidemiológico para monitorar expansão, gravidade e impacto assistencial de um evento de peste pneumônica.

Fonte: elaboração própria.

Indicador epidemiológico	Como acompanhar	Sinal de alerta	Conduta de controle
Casos suspeitos	Número por dia/semana e distribuição por local	Aumento inesperado ou conglomerado	Investigar imediatamente e revisar definição/fluxo de caso
Casos confirmados	Confirmação laboratorial e vínculo epidemiológico	Aparecimento de casos relacionados	Isolamento, tratamento precoce e investigação de contatos
Casos secundários	Novos casos entre contatos expostos	Mais de uma cadeia de transmissão	Rastreamento ampliado e medidas de interrupção
Óbitos	Número absoluto por período e local	Aumento de mortes associadas ao evento	Auditoria clínica/epidemiológica e reforço assistencial
Letalidade	Óbitos entre casos confirmados $\times$ 100	Elevação da proporção de óbitos	Avaliar atraso diagnóstico/tratamento e capacidade assistencial
Tempo até isolamento	Intervalo entre início dos sintomas e isolamento	Aumento do intervalo	Reforçar triagem, suspeição e fluxo de isolamento
Tempo até tratamento	Intervalo entre suspeita e primeira dose	Atraso crescente	Reforçar disponibilidade de antimicrobianos e protocolos
Contatos acompanhados	Proporção de contatos identificados e monitorados	Perda de contatos ou baixa cobertura	Busca ativa, vigilância e profilaxia quando indicada

15.5.1 MORTALIDADE, LETALIDADE E RISCO DE TRANSMISSÃO

A análise epidemiológica de um evento suspeito de peste pneumônica exige separar três dimensões que não são intercambiáveis: mortalidade, letalidade e risco de transmissão. Mortalidade expressa o número de óbitos na população definida; letalidade (case-fatality ratio, CFR) corresponde à proporção de óbitos entre os casos considerados no denominador; e risco de transmissão descreve a capacidade de gerar casos secundários, particularmente durante a fase clínica da peste pneumônica. Um óbito individual, portanto, não permite inferir letalidade elevada nem demonstra transmissão comunitária.

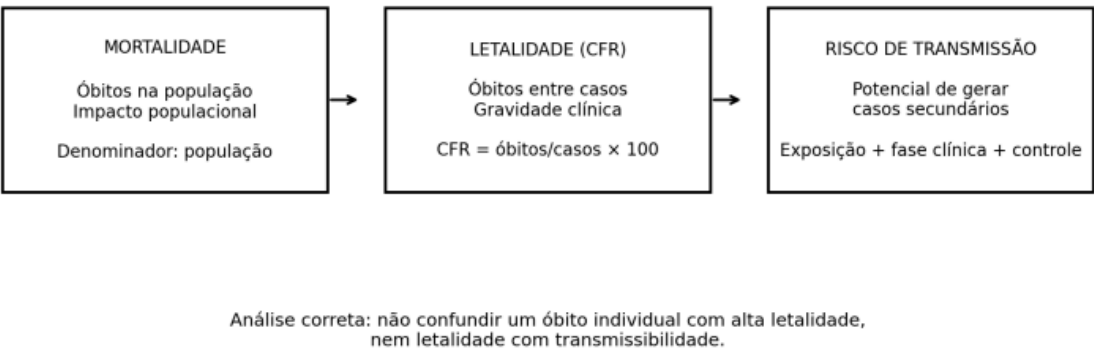


Figura 7. Mortalidade, letalidade e risco de transmissão: conceitos epidemiológicos distintos e relação entre seus denominadores. Fonte: elaboração própria.

Tabela 5. Mortalidade e letalidade em eventos históricos e contemporâneos selecionados.

Evento	Casos	Óbitos	Letalidade observada	Contexto
Santos, 1899–1900	≈40	15	≈37,5%	Peste bubônica; evento histórico; não comparar diretamente com peste pneumônica.
Nova Friburgo, 1967	8	2	25,0%	Microepidemia histórica; foco relacionado à região de Teresópolis/RJ.
Brasil, 2019–2025	8 suspeitos	8 óbitos relatados	Não calculável	OMS: nenhum caso confirmado; óbitos excluídos do CFR.
Irkutsk, Rússia, 2026	0 confirmados	1 óbito documentado	Não calculável	Pneumonia grave de etiologia não estabelecida publicamente; aproximadamente 200 contatos monitorados/quarentenados

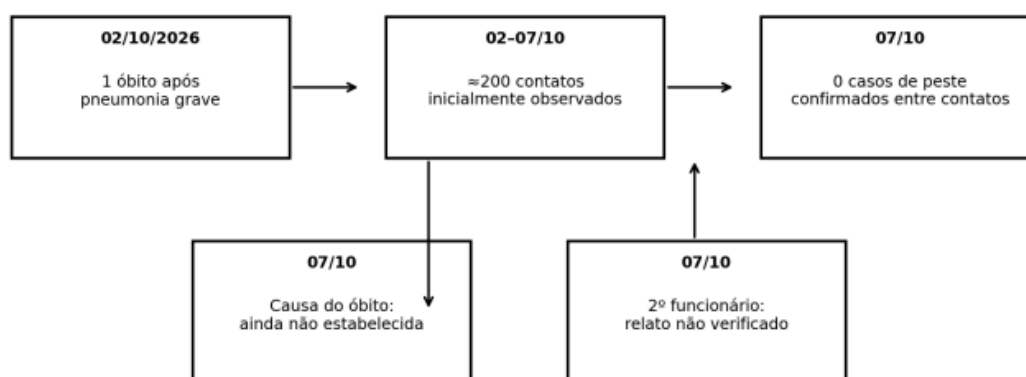
Fonte: elaboração própria com base em OMS, Ministério da Saúde, SciELO e Instituto Butantan. Os eventos possuem formas clínicas e períodos históricos diferentes e não devem ser comparados como se fossem uma única série homogênea.

Tabela 6. Situação epidemiológica documentada do evento de Irkutsk, Rússia, em 2026.

Indicador do evento de Irkutsk	Valor disponível até 07/10/2026	Confirmado?	Interpretação
Óbito documentado no evento	1	Sim	Pneumonia grave; causa etiológica não estabelecida publicamente

Indicador do evento de Irkutsk	Valor disponível até 07/10/2026	Confirmado?	Interpretação
Casos de peste confirmados entre contatos	0	Sim	Nenhum caso confirmado relatado entre os contatos monitorados
Contatos inicialmente colocados em quarentena/observação	≈200	Sim	Medida preventiva e investigativa
Segundo funcionário com pneumonia	Não confirmado	Não	OMS solicitou verificação; relato permanece não confirmado
Letalidade da peste em Irkutsk	Não calculável	Não	Não há denominador de casos confirmados de peste; o óbito não foi classificado publicamente como peste confirmada.

Fonte: elaboração própria com base na OMS, 07/10/2026. A OMS informou que ainda não dispunha de quadro completo para uma avaliação integral do risco.



Interpretação: evento investigado, não surto confirmado.
CFR de peste em Irkutsk = não calculável com os dados públicos disponíveis.

Figura 8. Linha temporal do evento de Irkutsk: óbito documentado, investigação e acompanhamento de contatos. Não representa uma curva epidêmica, pois não há série de casos confirmados suficiente para construí-la.



Figura 9. Óbitos documentados em eventos selecionados relacionados à peste. O gráfico é descritivo e não representa comparação direta de letalidade entre eventos heterogêneos.

Tabela 7. Linha temporal epidemiológica dos principais marcos históricos e contemporâneos utilizados na análise.

Ano/período	Local/evento	Mortalidade/letalidade documentada	Observação
1899–1900	Santos	≈40 casos; 15 óbitos; ≈37,5% de letalidade observada	Peste bubônica
1941	Teresópolis/RJ	Surto histórico; dados quantitativos não localizados na fonte consultada	Foco natural
1952	Teresópolis/RJ	Surto histórico; dados quantitativos não localizados na fonte consultada	Foco natural
1960	Teresópolis/RJ	Surto histórico; dados quantitativos não localizados na fonte consultada	Foco natural
1967	Nova Friburgo/RJ	8 acometidos; 2 óbitos; 25,0%	Microepidemia histórica
2005	Pedra Branca/CE	Último caso humano confirmado reportado pelo Ministério da Saúde	Brasil
2019–2025	Brasil	8 suspeitos; 0 confirmados; 8 óbitos relatados pela OMS, excluídos do CFR	Vigilância WHO
2026	Irkutsk/Rússia	1 óbito após pneumonia grave; peste não confirmada; ≈200 contatos monitorados	Evento investigado

Fonte: elaboração própria. Anos sem estimativa quantitativa robusta não foram preenchidos artificialmente.



Figura 10. Peste humana: vigilância anual global reportada à OMS, 2019–2025. Em 2026, o evento de Irkutsk é apresentado separadamente porque não há confirmação de peste nem série anual comparável.

Entre 2019 e 2025, a OMS registrou 3.860 casos suspeitos de peste humana, 2.646 casos reportados como confirmados e 423 óbitos nos seis países que reportaram casos confirmados; a CFR foi de 11,0% entre os casos suspeitos desses países. O Brasil reportou oito casos suspeitos e oito óbitos no período, sem caso confirmado; esses óbitos foram excluídos do cálculo de CFR. Esses dados reforçam a necessidade de não confundir notificações suspeitas com casos confirmados e de interpretar mortalidade segundo o denominador epidemiológico utilizado.

15.5.2 MORTALIDADE, LETALIDADE E RISCO NOS GRUPOS VULNERÁVEIS

Crianças, gestantes e pessoas idosas exigem análise específica, mas a disponibilidade de estimativas quantitativas de letalidade para peste pneumônica é desigual. Na revisão sistemática de 160 casos publicados de peste durante a gestação, a mortalidade materna foi de 29% entre os casos tratados e 67% entre os não tratados; a perda gestacional foi de 62% entre os tratados e 74% entre os não tratados. Esses números derivam de relatos de casos e séries históricas, com risco de viés de publicação e dados incompletos, e não representam risco populacional contemporâneo. Para crianças e pessoas idosas, não há estimativa robusta de letalidade específica para peste pneumônica que permita comparação numérica direta. [Fleck-Derderian et al., 2020; CDC, 2021]



Figura 11. Mortalidade materna em séries históricas de peste na gestação. Os percentuais são provenientes de revisão sistemática e de séries históricas; não representam risco populacional contemporâneo.

Mortalidade/letalidade e nível de evidência nos grupos vulneráveis

Figura 12. Mortalidade/letalidade e nível de evidência nos grupos vulneráveis. Valores não robustamente estabelecidos não foram transformados em percentuais artificiais.

Tabela 8. Evidência quantitativa e interpretação para crianças, gestantes e pessoas idosas.

Fonte: elaboração própria com base em literatura clínica e revisão sistemática de peste na gestação.

GRUPO	DADO QUANTITATIVO DISPONÍVEL	INTERPRETAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA
CRIANÇAS	CFR pneumônica específica robusta: não estabelecida. Evidência disponível: recomendações clínicas.	Não criar estimativa artificial; priorizar reconhecimento precoce, ajuste por peso/idade, isolamento e investigação de contatos.
GESTANTES	Mortalidade materna: 29% entre casos tratados e 67% entre não tratados; perda gestacional: 62% entre tratados e 74% entre não tratados (revisão de 160 casos publicados). Dados históricos, com limitações e risco de viés.	Tratamento/profilaxia eficaz não devem ser adiados quando indicados. Esses percentuais não estimam risco populacional atual; decisões devem seguir diretrizes e avaliação obstétrica/infectológica.
PESSOAS IDOSAS	CFR pneumônica específica robusta: não estabelecida.	Dados históricos sugerem maior risco em peste bubônica em faixas etárias mais avançadas; comorbidades e função renal aumentam a complexidade clínica.
Nota metodológica: não são apresentados percentuais artificiais para crianças e pessoas idosas. Os dados da gestação derivam de casos publicados e estão sujeitos a viés de seleção e incompletude.		

15.6 MODELO DE PREVENÇÃO E RESPOSTA PARA CRIANÇAS

A preparação brasileira deve incluir um componente pediátrico específico, pois crianças podem apresentar dificuldade de caracterização inicial dos sintomas, necessidade de ajuste de antimicrobianos por peso e maior dependência de familiares e cuidadores durante isolamento e acompanhamento. O objetivo é reduzir o intervalo entre suspeita, isolamento, diagnóstico, tratamento e investigação dos contatos. A prevenção não depende de vacinação rotineira contra peste, uma vez que a OMS não recomenda vacinação populacional, mas de vigilância, controle de exposição, diagnóstico rápido e medidas de controle de infecção. [WHO, 2026]

Para uma criança com suspeita de peste pneumônica, o fluxo proposto é: reconhecimento clínico e epidemiológico → isolamento respiratório e proteção da equipe → coleta de amostras sem atrasar o tratamento → notificação e investigação → tratamento antimicrobiano conforme idade, peso e gravidade → avaliação dos contatos domiciliares e escolares → quimioprofilaxia dos contatos de risco quando indicada → vigilância clínica. O CDC recomenda profilaxia pós-exposição para pessoas com exposição conhecida, inclusive crianças, com seleção do antimicrobiano conforme idade e peso. [CDC, 2024] Etapa Medida proposta para crianças

Objetivo

Etapa	Medida proposta para crianças	Objetivo
Reconhecimento	Febre, sintomas respiratórios, exposição epidemiológica e evolução rápida devem elevar a suspeita.	Reduzir atraso diagnóstico.
Controle de infecção	Isolamento respiratório, precauções adequadas e proteção dos cuidadores.	Interromper transmissão.
Tratamento	Início precoce; seleção por idade, peso, gravidade, função renal e protocolo vigente.	Reduzir mortalidade e complicações.
Contatos	Identificar contatos próximos e avaliar necessidade de quimioprofilaxia.	Prevenir casos secundários.

Etapa	Medida proposta para crianças	Objetivo
Acompanhamento	Vigilância de sintomas em criança, familiares e contatos institucionais.	Detectar progressão ou transmissão.

Tabela 9. Modelo de prevenção e resposta para a população pediátrica.

Fonte: elaboração própria.

15.7 MODELO DE PREVENÇÃO E RESPOSTA PARA PESSOAS IDOSAS

A população idosa deve ser contemplada separadamente no planejamento de resposta porque a presença de comorbidades, polifarmácia e possível redução da função renal pode modificar a avaliação clínica e a segurança do tratamento. As recomendações antimicrobianas para idosos não são, em princípio, diferentes das utilizadas em adultos; entretanto, o CDC destaca a necessidade de considerar redução da filtração glomerular, interações medicamentosas e condições clínicas subjacentes. [CDC, 2021]

O modelo preventivo deve priorizar reconhecimento precoce de febre, tosse e dispneia em idosos expostos, investigação ativa de contatos, avaliação de comorbidades, revisão de medicamentos concomitantes, monitorização de função renal quando pertinente, isolamento respiratório diante de suspeita de peste pneumônica e acompanhamento próximo da evolução clínica. Em instituições de longa permanência, a vigilância deve incluir identificação rápida de sintomas respiratórios e investigação epidemiológica de possíveis exposições.

Assim como nas crianças, a prevenção em idosos não deve ser baseada em vacinação populacional contra peste. A OMS atualmente restringe a vacinação a grupos de alto risco em circunstâncias específicas. O foco para idosos deve permanecer na prevenção de exposição, controle de infecção, diagnóstico precoce, tratamento imediato e investigação dos contatos. [WHO, 2026] Etapa Medida para idosos Ponto de atenção

Etapa	Medida para idosos	Ponto de atenção
Prevenção	Reduzir exposição a roedores, pulgas, animais mortos e materiais potencialmente contaminados.	Considerar dependência funcional e necessidade de cuidador.
Reconhecimento	Valorizar febre e sintomas respiratórios novos, mesmo quando pouco exuberantes.	Comorbidades podem dificultar interpretação clínica.
Tratamento	Iniciar precocemente quando indicado e ajustar ao perfil clínico.	Função renal e polifarmácia.
Instituições	Vigilância ativa e controle de infecção em ILPI e ambientes coletivos.	Risco de exposição de outros residentes e cuidadores.
Contatos	Identificar e acompanhar contatos próximos.	Avaliar interações e contraindicações da quimioprofilaxia.

Tabela 10. Modelo de prevenção e resposta para a população idosa.

Fonte: elaboração própria.

15.8 MODELO DE PREVENÇÃO E RESPOSTA PARA GESTANTES

Grupo	Principais vulnerabilidades	Prevenção e vigilância	Resposta quando houver suspeita
Crianças	Ajuste por peso/idade; dependência de cuidadores; apresentação inicial inespecífica	Educação de cuidadores; investigação de contatos domiciliares e escolares; controle de exposição	Isolamento respiratório; coleta sem atrasar tratamento; antimicrobiano conforme idade, peso e gravidade; vigilância dos contatos
Grupo	Principais vulnerabilidades	Prevenção e vigilância	Resposta quando houver suspeita
Gestantes	Risco materno-fetal; necessidade de avaliação obstétrica; seleção individualizada de antimicrobiano	Orientação para evitar exposição a roedores/pulgas e materiais suspeitos; plano de referência obstétrica	Tratamento precoce; avaliação obstétrica; decisão terapêutica risco-benefício; investigação de contatos e profilaxia quando indicada
Pessoas idosas	Comorbidades; polifarmácia; possível redução da função renal; maior risco de descompensação	Vigilância ativa em domicílio e instituições de longa permanência; revisão de medicamentos	Isolamento; avaliação de função renal e interações; suporte clínico precoce; tratamento conforme protocolo e gravidade

Tabela 11. Plano integrado de prevenção e resposta para grupos vulneráveis no cenário brasileiro.

Fonte: elaboração própria com base em Ministério da Saúde, OMS, CDC e literatura PubMed.

15.9 PLANO INTEGRADO BRASILEIRO PARA GRUPOS VULNERÁVEIS

Em caso de exposição sem doença, a profilaxia pós-exposição deve ser avaliada por equipe assistencial e autoridade de saúde. O CDC inclui recomendações específicas para gestantes e ressalta que a escolha deve considerar a situação clínica e epidemiológica. [CDC, 2024]

O plano brasileiro deve combinar avaliação obstétrica e infectológica, isolamento respiratório quando houver suspeita de peste pneumônica, coleta de amostras sem retardar a terapêutica, notificação imediata, avaliação fetal conforme idade gestacional e condição materna e investigação dos contatos. Para gestantes com peste suspeita ou confirmada, as diretrizes do

CDC recomendam tratamento antimicrobiano imediato; a opção preferencial descrita é gentamicina associada a ciprofloxacino ou levofloxacino, com ajuste clínico e duração recomendada de 10–14 dias. A escolha deve ser conduzida por equipe especializada, considerando gravidade, idade gestacional, função renal, alergias e disponibilidade. A preocupação com segurança fetal não deve atrasar o tratamento de uma infecção potencialmente fatal. A hospitalização deve ser considerada, especialmente na peste pneumônica e no segundo ou terceiro trimestre, para tratamento parenteral inicial e monitoramento obstétrico. [CDC, 2021; CDC, Clinical Care of Plague, consultado em 2026]

A gestação deve ser considerada uma condição de manejo prioritário diante de suspeita de peste, porque a infecção materna pode evoluir rapidamente e a literatura descreve risco elevado de perda gestacional e possibilidade de transmissão materno-fetal. Uma revisão sistemática de 160 casos publicados encontrou maior mortalidade materna e fetal nos casos não tratados e concluiu que tratamento ou profilaxia eficaz não devem ser adiados quando houver suspeita relevante. [Fleck-Derderian et al., 2020]

O controle epidemiológico deve incorporar, desde o primeiro caso, um painel de casos, contatos, hospitalizações e óbitos. A contagem de mortes não deve ser utilizada isoladamente para estimar a dimensão do evento: deve ser analisada juntamente com número de casos, letalidade, atraso diagnóstico, tempo até tratamento, localização dos casos e qualidade da investigação. Em cenário de expansão, esses indicadores permitem identificar precocemente aumento de gravidade e necessidade de ampliar a resposta.

EVIDÊNCIAS INDEXADAS NO PUBMED: PREVENÇÃO, EPIDEMIOLOGIA E VACINAS

Prevenção e resposta. A prevenção da peste pneumônica depende principalmente do reconhecimento precoce, do início rápido do tratamento antimicrobiano quando clinicamente indicado, das precauções respiratórias apropriadas, da notificação às autoridades sanitárias e da identificação e avaliação dos contatos expostos. A profilaxia antimicrobiana deve ser orientada pela natureza da exposição e pelas autoridades de saúde; não se recomenda presumir indicação para toda a população. As medidas devem ser articuladas com a vigilância de focos zoonóticos e com a comunicação de risco (Nelson et al., 2020; CDC, 2021).

Dados epidemiológicos e interpretação. A revisão de Nelson et al. reuniu 762 casos humanos publicados que receberam tratamento entre 1937 e 2019 e relatou letalidade global de 20% nessa série publicada, com diferenças entre formas clínicas. Esses valores não devem ser interpretados como incidência atual, risco populacional ou estimativa específica para São Paulo, pois a base é composta por casos publicados e pode sofrer viés de seleção, diferenças de época, acesso ao tratamento e gravidade. Para vigilância contemporânea, devem ser priorizados dados oficiais com período, definição de caso, numerador e denominador claramente informados.

Vacinas: estado da evidência. A revisão sistemática de Hartley et al. (2023) identificou apenas dois ensaios clínicos randomizados, ambos com vacinas de subunidades e amostras pequenas; os autores concluíram que os dados disponíveis não permitem quantificar com segurança a eficácia preventiva nem estabelecer a segurança e a imunogenicidade de longo prazo. Assim, resultados promissores em modelos animais ou imunogenicidade em estudos iniciais não equivalem a eficácia clínica comprovada. O artigo deve descrever as vacinas contra Y. pestis como área de pesquisa em desenvolvimento e não recomendar vacinação populacional de rotina sem orientação oficial específica.

Aplicação à estratégia de São Paulo. A proposta deste manuscrito é de preparação epidemiológica hipotética, não de declaração de pandemia. O estado poderia utilizar exercícios simulados, fluxos de notificação, protocolos hospitalares, articulação com laboratórios de referência e indicadores de tempo até isolamento, notificação e tratamento. Qualquer ativação real deve ser baseada em investigação epidemiológica e laboratorial, sob coordenação das autoridades sanitárias.

15.10 MODELO ESTRATÉGICO DE PREPARAÇÃO E RESPOSTA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

A proposta para o estado de São Paulo deve ser apresentada como preparação para uma emergência epidemiológica hipotética, e não como resposta a uma pandemia em curso. Até a data de atualização deste manuscrito, não há evidência apresentada neste artigo de transmissão sustentada de peste pneumônica em São Paulo. O cenário serve para testar a prontidão do sistema de saúde, reduzir atrasos diagnósticos e estabelecer fluxos claros entre assistência, vigilância epidemiológica e laboratório. Essa abordagem é coerente com os eixos de preparação, vigilância e resposta a emergências adotados pelo Ministério da Saúde e com as orientações nacionais para vigilância e controle da peste (BRASIL, 2026a; BRASIL, 2026b).

Na fase de preparação, a Secretaria de Estado da Saúde, em articulação com as vigilâncias municipais e a rede hospitalar, poderia definir pontos focais, canal de notificação imediata, critérios clínico-epidemiológicos para investigação e um fluxo de comunicação prévia com o laboratório de referência. Em caso de suspeita clinicamente relevante, devem ser adotadas precauções respiratórias por gotículas e padrão, avaliação imediata por infectologia e saúde pública, coleta e transporte seguros de amostras conforme orientação laboratorial e início oportuno de antimicrobianos sem aguardar confirmação, conforme avaliação clínica e protocolos vigentes (CDC, 2021; CDC, 2024).

A resposta deve ser graduada conforme a evidência: (i) alerta de vigilância diante de suspeita isolada; (ii) investigação coordenada após identificação de caso provável; (iii) resposta ampliada se houver confirmação laboratorial ou transmissão secundária; e (iv) ativação de estrutura de emergência somente quando critérios epidemiológicos e sanitários forem atingidos. O rastreamento e a eventual quimioprofilaxia devem se concentrar em pessoas com exposição

compatível, sob orientação das autoridades de saúde, evitando medidas indiscriminadas. Gestantes, crianças, idosos e pessoas com comorbidades devem ter avaliação clínica individualizada, sem presumir que exista indicação de vacinação populacional contra a peste.

O painel proposto abaixo é uma ferramenta de planejamento dos autores, não um protocolo oficial da Secretaria de Estado da Saúde. Os limiares operacionais devem ser pactuados com as autoridades competentes e validados em exercícios simulados antes de eventual utilização.

Tabela 12. Matriz proposta de preparação e resposta à peste pneumônica no estado de São Paulo.

Componente	Ação de preparação/resposta em São Paulo	Indicador de monitoramento	Gatilho para escalonamento
Governança e notificação	Definir ponto focal estadual e municipal, plantão e fluxo de notificação imediata para suspeita relevante.	Proporção de unidades de referência com fluxo e contatos atualizados.	Suspeita clínica com vínculo epidemiológico plausível ou alerta laboratorial.
Reconhecimento clínico	Capacitar pronto atendimento, UTI e infectologia para identificar pneumonia grave de evolução rápida e contexto compatível.	Tempo entre triagem, suspeita documentada e comunicação à vigilância.	Caso provável identificado ou agrupamento incomum de pneumonias graves com exposição comum.
Controle de infecção	Aplicar precauções padrão e por gotículas; avaliar necessidade de medidas adicionais segundo avaliação de risco e protocolo local.	Tempo até início das precauções; disponibilidade de EPI e espaço apropriado.	Caso provável/confirmado ou suspeita clínica de alta relevância.
Laboratório e transporte	Contactar previamente laboratório de referência; seguir instruções de biossegurança, embalagem e transporte de amostras.	Proporção de amostras encaminhadas conforme fluxo validado; tempo até resultado.	Suspeita relevante que demande investigação laboratorial especializada.
Tratamento e assistência	Avaliação clínica imediata; iniciar antimicrobianos indicados sem aguardar confirmação quando a suspeita justificar; preparar suporte intensivo.	Tempo entre suspeita e primeira dose; disponibilidade de antimicrobianos e leitos críticos.	Caso provável ou confirmado, com avaliação de gravidade e resposta assistencial.
Contatos e profilaxia	Identificar contatos conforme tipo, proximidade e duração da exposição; avaliar monitoramento e profilaxia com autoridade sanitária.	Proporção de contatos identificados e avaliados no prazo definido localmente.	Confirmação ou forte suspeita de peste pneumônica com exposição de contatos.
Comunicação de risco	Publicar informações coordenadas, transparentes e atualizadas, distinguindo suspeita, caso provável e confirmação.	Tempo até primeira comunicação; correções necessárias por informação imprecisa.	Evento sob investigação com potencial de gerar preocupação pública.
Exercício e revisão	Realizar simulado de mesa com hospitais, vigilância, laboratório e comunicação; revisar lições aprendidas.	Número de instituições participantes; ações corretivas concluídas.	Revisão periódica, mudança de risco ou identificação de falha crítica.

Fonte: elaboração dos autores, com base no Ministério da Saúde, na OMS e nas recomendações do CDC. A matriz é conceitual e não constitui protocolo oficial estadual.

15.11 AVANÇO EPIDEMIOLÓGICO E PLANO GLOBAL DE PREVENÇÃO

A prevenção da peste deve ser estruturada em escala global sob a abordagem de Saúde Única (One Health), integrando vigilância humana, animal e ambiental. A Organização Mundial da Saúde mantém a vigilância de focos naturais, a investigação de epizootias, o diagnóstico rápido, o tratamento precoce, o isolamento de casos pneumônicos e o acompanhamento de contatos como componentes centrais do controle. Entre 2019 e 2025, dez países comunicaram casos humanos suspeitos à OMS e seis registraram casos confirmados, com predominância de eventos na República Democrática do Congo e em Madagascar; esses dados reforçam que a peste

permanece uma doença de importância internacional, embora sua ocorrência seja geograficamente concentrada. A vigilância deve, portanto, permanecer ativa mesmo em países sem transmissão humana recente.

Propõe-se, neste estudo, um modelo de avanço epidemiológico global em seis níveis: Nível 0 — vigilância de base e manutenção da capacidade laboratorial; Nível 1 — detecção de sinais zoonóticos, como mortalidade anormal de roedores ou aumento da atividade de pulgas; Nível 2 — caso humano suspeito ou exposição relevante; Nível 3 — caso humano confirmado, incluindo caso importado; Nível 4 — transmissão secundária ou ocorrência de conglomerado de casos; e Nível 5 — surto ampliado com risco de disseminação inter-regional ou internacional. A passagem entre níveis deve desencadear aumento proporcional de vigilância, comunicação de risco, investigação epidemiológica, proteção dos profissionais, capacidade diagnóstica, disponibilidade de antimicrobianos e coordenação entre saúde humana, veterinária e ambiental. Trata-se de uma proposta de síntese para o presente artigo, e não de uma classificação oficial da OMS. Eixo global Ação preventiva prioritária Indicador de alerta Resposta esperada

Eixo global	Ação preventiva prioritária	Indicador de alerta	Resposta esperada
Vigilância zoonótica	Monitorar roedores, pulgas, animais sentinela e mortalidade anormal em focos conhecidos.	Aumento de mortalidade animal ou positividade em vetores/reservatórios.	Investigação de campo e intensificação do controle ambiental.
Vigilância humana	Reconhecer rapidamente síndromes compatíveis e investigar viagem/exposição.	Casos suspeitos ou conglomerados de pneumonia compatível.	Notificação, coleta diagnóstica e tratamento precoce.
Controle de transmissão	Isolar casos pneumônicos e acompanhar contatos próximos.	Contato respiratório próximo ou transmissão secundária.	Precauções respiratórias, rastreamento e quimioprofilaxia quando indicada.
Biossegurança	Treinar laboratórios e equipes e garantir equipamentos/protocolos adequados.	Exposição ocupacional ou falha de contenção.	Avaliação imediata da exposição, vigilância e resposta institucional.
Eixo global	Ação preventiva prioritária	Indicador de alerta	Resposta esperada
Resposta internacional	Compartilhar dados epidemiológicos e acionar mecanismos de comunicação internacional quando aplicável.	Eventos com potencial de disseminação além das fronteiras.	Coordenação interpaíses, avaliação de risco e resposta baseada em evidências.

Tabela 13. Modelo global de prevenção epidemiológica baseado em vigilância integrada, resposta graduada e Saúde Única.

Fonte: elaboração própria com base em OMS, CDC e literatura PubMed.

15.12 MODELO INTEGRADO PROPOSTO E AGENDA DE INOVAÇÃO

Propõe-se, neste estudo, um modelo integrado brasileiro que conecta três níveis que frequentemente são analisados separadamente: (1) prevenção e vigilância na interface humano–animal–ambiente; (2) resposta clínica e epidemiológica rápida diante de sinais de risco; e (3) pesquisa translacional orientada pelos indicadores produzidos pelo próprio sistema de vigilância. A proposta não pretende substituir protocolos oficiais. Trata-se de um framework conceitual elaborado pelos autores para organizar prioridades, indicadores e pontos de retroalimentação que possam ser posteriormente avaliados por especialistas e serviços de saúde.

A originalidade proposta, portanto, não está em afirmar a criação de um novo protocolo de peste, mas em organizar, em uma mesma arquitetura, vigilância One Health, resposta clínica, indicadores de desempenho e agenda de inovação vacinal. A OMS reconhece que a peste exige uma abordagem integrada de Saúde Única e que os sistemas de vigilância precisam conectar diferentes fontes e setores. O modelo apresentado procura traduzir esses princípios para um cenário brasileiro, mantendo como objetivo central reduzir o intervalo entre detecção, isolamento, tratamento e controle da transmissão. [WHO, 2024; WHO, 2023]

A segunda dimensão do modelo é a inovação translacional. Os dados produzidos pela vigilância — incluindo distribuição temporal e espacial dos casos, tempo até isolamento, tempo até tratamento, letalidade e características dos contatos — podem ser utilizados para definir prioridades de pesquisa. Nesse eixo, a pesquisa vacinal é apresentada como componente de preparação de médio e longo prazo, sem substituir as medidas de controle já estabelecidas. Estudos recentes demonstram a continuidade do desenvolvimento de candidatos F1/LcrV e de plataformas adenovirais; em 2026, uma candidata ChAdOx1 F1-V foi descrita com proteção contra desafio por aerossol em modelo animal e progressão para avaliação clínica de fase I. Esses resultados são promissores, mas ainda não equivalem a eficácia clínica ou licenciamento para uso populacional. [Dold et al., 2026; WHO, 2024]

Modelo integrado brasileiro de prevenção e resposta à peste pneumônica

Proposta conceitual dos autores, baseada em Saúde Única, vigilância colaborativa e recomendações técnicas da OMS/CDC/Ministério da Saúde.



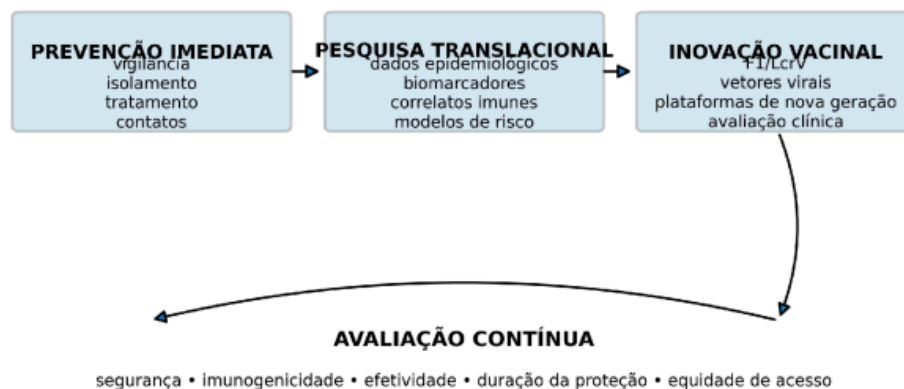
Ciclo de retroalimentação: indicadores → avaliação → ajuste das ações → nova vigilância

Figura 10. Modelo integrado brasileiro de prevenção e resposta à peste pneumônica. Proposta conceitual dos autores, estruturada a partir de Saúde Única, vigilância colaborativa, preparação do sistema de saúde e resposta graduada.

Componente	Integração proposta	Finalidade	Indicadores de avaliação
Vigilância integrada	Humana, animal, vetorial e ambiental	Deteção precoce e localização de sinais de risco	Tempo entre sinal e investigação; cobertura de vigilância
Resposta rápida	Isolamento, diagnóstico, tratamento e investigação de contatos	Reduzir transmissão e letalidade	Tempo até isolamento; tempo até primeira dose; contatos acompanhados
Dados e indicadores	Casos, óbitos, letalidade, vínculos e distribuição espacial/temporal	Transformar eventos em informação acionável	Painel atualizado e auditoria dos eventos
Pesquisa translacional	Integração de dados epidemiológicos com pesquisa diagnóstica e imunológica	Identificar lacunas e prioridades de pesquisa	Projetos, validações e publicações
Inovação vacinal	Acompanhamento de F1/LcrV, vetores virais e outras plataformas	Preparar contramedidas para populações de maior risco	Segurança, imunogenicidade, efetividade e duração da proteção
Governança e equidade	Coordenação entre vigilância, assistência, laboratório e setores One Health	Converter evidência em capacidade operacional	Tempo de coordenação; disponibilidade de insumos; cobertura regional

Tabela 14. Matriz do modelo integrado brasileiro de prevenção, vigilância e inovação para peste pneumônica. Fonte: elaboração própria com base em OMS, CDC, Ministério da Saúde e literatura científica.

Prevenção imediata → pesquisa translacional → inovação vacinal



A vacinação é apresentada como eixo de pesquisa e preparação futura; não substitui as medidas imediatas de vigilância, isolamento e tratamento.

Figura 11. Ponte conceitual entre prevenção imediata, pesquisa translacional e inovação vacinal. O esquema não constitui protocolo oficial nem pressupõe eficácia clínica de candidatos vacinais; representa uma agenda de integração proposta pelos autores.

16 DISCUSSÃO

A fisiopatologia explica por que a peste pneumônica exige resposta rápida: a infecção pulmonar pode progredir para inflamação intensa, dano alvéolo-capilar, hipoxemia, sepse e choque. Essa evolução é biologicamente compatível com necessidade de diagnóstico e tratamento precoces.

A terapêutica atual é baseada em antimicrobianos, e não em vacina. A associação entre amoxicilina e gentamicina não deve ser apresentada como esquema padrão para peste pneumônica. A literatura e as recomendações sanitárias apontam aminoglicosídeos e fluoroquinolonas como opções importantes, enquanto a seleção depende do quadro clínico e do protocolo vigente.

A principal novidade científica está na transição do desenvolvimento vacinal de plataformas experimentais para avaliação clínica. Os candidatos F1/LcrV demonstram racional imunológico consistente; os vetores adenovirais ampliaram a possibilidade de induzir respostas humorais e celulares; e a progressão de ChAdOx1 F1-V para fase I em 2026 constitui um marco translacional. Ainda assim, a proteção em camundongos não equivale à eficácia em humanos.

No contexto brasileiro, a preparação deve combinar vigilância dos focos naturais com capacidade de resposta a casos importados. O objetivo não é prever uma pandemia, mas diminuir o intervalo entre detecção e controle. Essa abordagem permite avaliar racionalmente onde estão as lacunas e quais investimentos seriam mais eficientes antes de uma emergência. A experiência recente com microrganismos preservados em permafrost demonstra, de forma independente da peste, que a vigilância de ameaças biológicas precisa acompanhar mudanças ambientais e incluir avaliação de risco de agentes não previamente associados à doença humana.

17. PERSPECTIVA AUTORAL: MODELO MICHELLE DE VIGILÂNCIA, PREVENÇÃO E AVALIAÇÃO TERAPÊUTICA

Esta seção apresenta a proposta conceitual de Michelle Aires da Silva, autora principal. Os resultados epidemiológicos e clínicos extraídos da literatura permanecem atribuídos às fontes originais; a contribuição autoral consiste na integração desses achados em um modelo de indicadores e ações preventivas. O modelo ainda requer validação e não constitui protocolo oficial nem demonstração de uma nova cura.

17.1 POSICIONAMENTO E JUSTIFICATIVA DA AUTORA

Na perspectiva da autora, a redução de mortes por peste pneumônica exige combinar reconhecimento precoce, notificação, precauções respiratórias, tratamento oportuno e investigação de contatos. A proposta organiza essas etapas para ajudar a identificar atrasos e

orientar melhorias. A aplicação a São Paulo é um cenário de preparação epidemiológica, não uma afirmação de pandemia em curso.

17.2 MODELO MICHELLE: INDICADORES PROPOSTOS

O modelo integra cinco domínios: (1) detecção — intervalo entre início dos sintomas, atendimento e suspeita; (2) resposta — tempo até notificação, precauções e primeira dose de tratamento indicado; (3) controle da transmissão — contatos elegíveis avaliados e casos secundários; (4) desfechos — casos, óbitos e letalidade, sempre com período e definição de caso explícitos; e (5) pesquisa vacinal — eventos adversos, imunogenicidade, duração da resposta imune e eficácia clínica quando estudos adequados permitirem estimá-las.

Tabela 15. Indicadores propostos no Modelo MICHELLE para vigilância e prevenção.

Domínio	Indicador e fórmula proposta	Finalidade	Cuidado de interpretação
Detecção	Mediana de horas entre início dos sintomas, primeiro atendimento e suspeita documentada.	Avaliar reconhecimento clínico.	Requer horários completos; não mede sozinha a qualidade assistencial.
Notificação	$\text{Casos elegíveis notificados no prazo pactuado} \div \text{total de casos elegíveis} \times 100.$	Avaliar cumprimento do fluxo.	O prazo deve ser definido pela autoridade sanitária.
Precauções	Tempo entre suspeita e início de precauções respiratórias.	Avaliar rapidez da prevenção de exposição.	Documentar critérios de início e transferências.
Tratamento	Tempo entre suspeita relevante e primeira dose do antimicrobiano indicado.	Avaliar atraso terapêutico.	Não atrasar tratamento quando a suspeita clínica justificar.
Contatos	$\text{Contatos elegíveis avaliados} \div \text{total de contatos elegíveis identificados} \times 100.$	Avaliar completude do rastreamento.	Definir exposição e janela temporal com a vigilância.
Letalidade	$\text{Óbitos entre casos confirmados} \div \text{total de casos confirmados} \times 100.$	Monitorar desfechos clínicos.	Informar período, definição de caso e incerteza, sobretudo com poucos casos.
Incidência	$\text{Novos casos no período} \div \text{população sob risco} \times \text{multiplicador apropriado}.$	Comparar ocorrência entre locais/períodos.	Não calcular sem numerador, denominador e definição confiáveis.
Segurança vacinal	Eventos adversos por tipo/gravidade por dose ou participante, com janela explícita.	Descrever segurança em estudos autorizados.	Não confundir eventos adversos com eficácia.
Eficácia vacinal	$\text{VE} = (1 - \text{risco no grupo vacinado} \div \text{risco no comparador}) \times 100.$	Quantificar redução relativa do desfecho.	Só estimar com desenho comparativo válido e intervalo de confiança.

Fonte: proposta conceitual da autora, elaborada a partir da síntese crítica das referências citadas.

17.3 INTERPRETAÇÃO DA EVIDÊNCIA TERAPÊUTICA E VACINAL

A revisão de Nelson et al. reuniu 762 casos humanos tratados publicados entre 1937 e 2019. Essa série serve como referência histórica, não como estimativa direta do risco contemporâneo.

Comparações entre antimicrobianos exigem cautela devido à heterogeneidade dos períodos, gravidade, critérios diagnósticos e seleção dos casos publicados. As recomendações terapêuticas atuais devem seguir diretrizes vigentes e avaliação clínica profissional.

Quanto às vacinas, a proposta é mapear lacunas sobre segurança, imunogenicidade, duração da proteção e eficácia clínica. Eventos adversos e resposta imune são desfechos distintos; nenhum deles, isoladamente, comprova proteção clínica. A eficácia deve ser estimada somente com desenho comparativo adequado, definição de desfecho, amostra suficiente e intervalos de confiança. A autora não afirma ter descoberto uma vacina ou cura.

17.4 PLANO DE VALIDAÇÃO FUTURA

A validação futura deverá incluir revisão por especialistas, simulação com vigilância, hospitais e laboratórios, definição prévia dos indicadores e limiares, e avaliação com dados retrospectivos autorizados e anonimizados quando disponíveis. O uso operacional dependerá de validação e aprovação das autoridades competentes.

17.5 HIPÓTESE AUTURAL PARA INVESTIGAÇÃO TRANSLACIONAL EM VACINAS

Registro de formulação da hipótese: Michelle Aires da Silva, 9 de outubro de 2026. Esta data documenta a versão escrita desta proposta neste manuscrito; não constitui registro legal de propriedade intelectual, comprovação de prioridade mundial ou garantia de originalidade absoluta.

Pergunta de pesquisa. As plataformas vacinais desenvolvidas ou aperfeiçoadas durante a pandemia de COVID-19 — incluindo vetores adenovirais e outras plataformas tecnológicas — podem contribuir para o desenvolvimento de uma vacina específica contra *Yersinia pestis*, com proteção relevante contra a forma pneumônica, quando comparadas às estratégias vacinais já em investigação?

Fundamentação e delimitação. A literatura já descreve candidatas específicas contra *Y. pestis* baseadas em antígenos como F1 e LcrV e em diferentes plataformas de entrega, incluindo vetores virais; portanto, a proposta não reivindica a invenção dessas plataformas nem afirma que a vacina contra COVID-19 ou influenza protege contra a peste. A contribuição aqui proposta é organizar uma pergunta comparativa e translacional sobre o que pode ser aprendido de plataformas vacinais respiratórias, identificando quais evidências são diretamente aplicáveis, quais são apenas analogias tecnológicas e quais exigem validação independente (AFTALION et al., 2023; JIA et al., 2025; Progress on the research and development of plague vaccines, 2024).

Hipótese de trabalho. Plataformas vacinais previamente utilizadas ou aperfeiçoadas para outros patógenos poderão oferecer ferramentas tecnológicas úteis para apresentar antígenos específicos de *Y. pestis*; contudo, a proteção contra peste pneumônica dependerá da seleção dos

antígenos, da resposta imune induzida, da segurança e da demonstração de eficácia em modelos apropriados e, quando viável, em ensaios clínicos. Não se presume proteção cruzada contra *Y. pestis* por vacinas contra SARS-CoV-2 ou influenza.

Objetivo proposto. Mapear e comparar criticamente as plataformas vacinais específicas contra *Y. pestis*, os antígenos empregados, o estágio de desenvolvimento, os dados de segurança e imunogenicidade, a duração da resposta e a evidência de proteção respiratória; identificar lacunas que justifiquem futuras pesquisas colaborativas em vacinologia, microbiologia, infectologia e epidemiologia.

Desfechos que merecem avaliação por equipes especializadas. (1) segurança e reatogenicidade; (2) imunogenicidade humoral e celular; (3) duração da resposta imune; (4) proteção contra doença pneumônica em modelos pré-clínicos validados; (5) correlação entre marcadores imunes e proteção; (6) viabilidade de avanço clínico. Esses desfechos devem ser analisados separadamente. A hipótese não propõe experimento laboratorial específico, combinação de produtos, esquema de administração ou alteração de tratamento clínico.

Limitações e salvaguardas. A literatura disponível inclui resultados pré-clínicos e candidatas em diferentes estágios; proteção em animais não equivale a eficácia humana. A hipótese deve ser considerada exploratória, submetida a revisão por especialistas e atualizada conforme registros de ensaios clínicos e novas publicações. A prevenção vacinal, caso futuramente comprovada, seria distinta do tratamento da infecção estabelecida, que requer diagnóstico e antimicrobianos recomendados por profissionais e autoridades sanitárias.

Contribuição pretendida. A autora propõe que esta pergunta seja debatida por grupos com experiência em desenvolvimento de vacinas contra a peste, plataformas adenovirais, imunologia de mucosas e doenças infecciosas. O objetivo é estimular avaliação crítica e colaboração científica; não se afirma ter descoberto uma vacina, uma cura ou um mecanismo terapêutico novo. A prioridade científica e o reconhecimento de contribuições futuras dependerão de documentação, análise de anterioridade, discussão com pesquisadores e das regras de autoria aplicáveis a qualquer trabalho subsequente.

18 CONCLUSÃO

A peste pneumônica permanece uma infecção de alta relevância clínica e epidemiológica pela rapidez de evolução e pelo potencial de transmissão respiratória durante a doença sintomática. O diagnóstico e o tratamento precoces continuam sendo as principais ferramentas imediatas de redução da letalidade.

A análise das vacinas mostra uma evolução de formulações históricas de células inteiras para plataformas definidas, subunidades F1/LcrV, vetores virais e candidatas de nova geração. Em 2025, uma candidata rLVS Δ capB/Yp F1-V demonstrou proteção completa em modelo

murino; em 2026, a plataforma adenoviral F1-V avançou para fase I. Apesar desses avanços, ainda não existe vacina licenciada para uso rotineiro contra peste.

Para o Brasil, a estratégia mais racional é integrar vigilância dos focos naturais, biossegurança, diagnóstico, tratamento antimicrobiano precoce, investigação de contatos, preparação hospitalar e pesquisa vacinal. A contribuição científica deste artigo está em aproximar fisiopatologia, epidemiologia, preparação de sistemas de saúde e inovação vacinal em uma única análise. A discussão sobre permafrost acrescenta uma dimensão ambiental à preparação, sem estabelecer relação causal entre vírus antigos e peste.

19 REFERÊNCIAS

- AFTALION, M. et al. Rapid induction of protective immunity against pneumonic plague by *Yersinia pestis* polymeric F1 and LcrV antigens. *Vaccines*, v. 11, n. 3, 581, 2023. DOI: 10.3390/vaccines11030581. PMID: 36992165.
- ALEMPIC, J.-M. et al. An Update on Eukaryotic Viruses Revived from Ancient Permafrost. *Viruses*, v. 15, n. 2, 564, 2023. DOI: 10.3390/v15020564. PMID: 36851778.
- ALMEIDA, A. M. P. et al. Plague surveillance in Brazil: 1983–1992. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 1995.
- ARAGÃO, A. I. et al. Tendência secular da peste no Estado do Ceará, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 2007.
- ASSOCIATED PRESS. Russia reports a worker at a Siberian plague institute got pneumonia from an unknown cause and died. 5 Oct. 2026. Fonte jornalística para contextualização do evento contemporâneo.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Manual de vigilância e controle da peste. Atualizado em 10 jul. 2026.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Peste. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/p/peste>. Acesso em: 7 out. 2026.
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Antimicrobial Treatment and Prophylaxis of Plague: Recommendations for Naturally Acquired Infections and Bioterrorism Response. *MMWR*, 2021.
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Clinical Care of Plague. Atlanta: CDC, 15 May 2024. Atualizado/consultado em 2026.
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Preventing Plague. Atlanta: CDC, 5 Mar. 2025. Consultado em 2026.
- COURA, J. R. et al. Focos inveterados de peste no Brasil. A propósito de um pequeno surto da doença ocorrido recentemente no município de Nova Friburgo, Estado do Rio de Janeiro. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 1967;1(6):293–310. DOI: 10.1590/S0037-86821967000600002.

- DERBISE, A. et al. Contribution of the type 3 secretion system to adaptive and innate immunity induced by a live *Yersinia pseudotuberculosis* plague vaccine. *Vaccine*, 2025. PMID: 39978224.
- DOLD, C. et al. An adenoviral-vectored vaccine protects mice against aerosol challenge with *Yersinia pestis*. *Molecular Therapy*, v. 34, n. 6, p. 3518–3534, 2026. DOI: 10.1016/j.ymthe.2026.02.036.
- DUBYANSKIY, V. M.; YESZHANOV, A. B. Ecology of *Yersinia pestis* and the Epidemiology of Plague. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2016. PMID: 27722862.
- EADS, D. A. et al. Exploring and Mitigating Plague for One Health Purposes. *Current Tropical Medicine Reports*, v. 9, n. 4, p. 169–184, 2022. DOI: 10.1007/s40475-022-00265-6. PMID: 39210935.
- EUROPEAN CENTRE FOR DISEASE PREVENTION AND CONTROL. Disease information about plague. Stockholm: ECDC.
- FEODOROVA, V. A.; MOTIN, V. L. Plague vaccines: current developments and future perspectives. *Emerging Microbes & Infections*. PMID: 26038406.
- FLECK-DERDERIAN, S. et al. Plague During Pregnancy: A Systematic Review. *Clinical Infectious Diseases*, 2020. PMID: 32435806.
- FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Serviço de Referência Nacional em Peste: diagnóstico, vigilância e controle. Instituto Aggeu Magalhães, 2026.
- HARTLEY, L.; HAROLD, S.; HAWES, E. The efficacy, safety, and immunogenicity of plague vaccines: a systematic literature review. *Current Research in Immunology*, v. 4, 100072, 2023. DOI: 10.1016/j.crimmu.2023.100072. PMID: 37954941. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37954941/>.
- HINCKLEY, A. F. et al. Transmission dynamics of primary pneumonic plague in the USA. *Epidemiology and Infection*. PMID: 21733272.
- JIA, Q. et al. rLVS Δ capB/Yp F1-V single vector platform vaccine expressing *Yersinia pestis* F1 and LcrV antigens provides complete protection against lethal respiratory challenge with virulent plague bacilli. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 2025. PMID: 40417828.
- KOOL, J. L. Risk of person-to-person transmission of pneumonic plague. *Clinical Infectious Diseases*.
- LEMAITRE, N. et al. Assessing the threat of *Yersinia pestis* harboring a multi-resistant IncC plasmid and the efficacy of an antibiotic targeting LpxC. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2025. PMID: 39882860.
- MACKELPRANG, R. et al. Cooling perspectives on the risk of pathogenic viruses from thawing permafrost. *mSystems*, v. 10, n. 2, e00042-24, 2025. DOI: 10.1128/msystems.00042-24. PMID: 39772968.

- MELLO, D. A. Estudo retrospectivo da peste humana no Nordeste oriental do Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. Estudo epidemiológico de 1935–1967.
- METRÓPOLES. Peste pneumônica é fatal e causa catarro comparado a xarope de framboesa. 7 out. 2026. Fonte jornalística complementar para contextualização clínica; não utilizada como evidência de confirmação do evento russo.
- MORAND, S. et al. *Yersinia pestis*: the Natural History of Plague. *Trends in Microbiology*, 2020. PMID: 33298527.
- MWENGEE, W. et al. Treatment of plague with gentamicin or doxycycline in a randomized clinical trial in Tanzania. *Clinical Infectious Diseases*. PMID: 16447105.
- NELSON, C. A. et al. Antimicrobial Treatment of Human Plague: A Systematic Review of the Literature on Individual Cases, 1937–2019. *Clinical Infectious Diseases*, 2020. PMID: 32435802.
- PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. Vectors: integrated management and public health entomology — Plague. Washington, DC: PAHO/WHO, 2026.
- PENG, W. et al. Protective outcomes of high-affinity monoclonal antibodies against drug-resistant plague strains. *Frontiers in Immunology*, 2026. PMID: 42416072.
- QUENEE, L. E.; SCHNEEWIND, O. Plague vaccines and the molecular basis of immunity against *Yersinia pestis*. *Human Vaccines*, 2009. PMID: 19786842.
- REUTERS. Dozens quarantined in Siberia after plague institute lab worker dies. 5 Oct. 2026. Fonte jornalística para contextualização do evento russo.
- REUTERS. Russia tells WHO it properly informed WHO after plague institute worker's death. 7 Oct. 2026. Fonte jornalística para contextualização do evento contemporâneo.
- REUTERS. WHO seeks details on Russian media reports of a second lab worker with pneumonia. 7 Oct. 2026. Fonte jornalística para contextualização do evento contemporâneo.
- ROSENZWEIG, J. A.; HENDRIX, E. K.; CHOPRA, A. K. Plague vaccines: new developments in an ongoing search. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2021. PMID: 34142207.
- RYDLOVA, A. et al. Development of a live-attenuated vaccine challenge model of *Yersinia pestis* in humans: Expert consultation on clinical trial considerations, January 2025. *Vaccine*, 2025. PMID: 40652682.
- SUN, W. Plague Vaccines: Status and Future. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2016. PMID: 27722869.
- THE UNIVERSITY OF OXFORD. Phase I trial begins of new vaccine against the Plague. Oxford, 26 Jul. 2021.
- VENUGOPAL, G.; PECHOUS, R. D. *Yersinia pestis* and pneumonic plague: insight into how a lethal pathogen interfaces with innate immune populations in the lung to cause severe disease. *Cellular Immunology*, 2024. PMID: 39002222.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Defining collaborative surveillance: a core concept for strengthening the global architecture for health emergency preparedness, response and resilience. Geneva: WHO, 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Human plague, 2019 to 2025. Weekly Epidemiological Record, 25 Sept. 2026, Vol. 101, Issue 38. Disponível em: <https://www.who.int/publications/journals/weekly-epidemiological-record/wer101-38>. Acesso em: 7 out. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Manual for plague surveillance, diagnosis, prevention and control. Geneva: World Health Organization, 2024. ISBN 978-92-4-009042-2.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Plague Outbreak Toolbox. Geneva: WHO, atualização abr. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Plague. Geneva: WHO, 2026. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/plague>. Acesso em: 7 out. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing – 7 October 2026. Geneva: WHO, 7 Oct. 2026. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/speeches/item/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing---7-october-2026>. Acesso em: 7 out. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO guidelines for plague management: revised recommendations for the use of rapid diagnostic tests, fluoroquinolones for case management and personal protective equipment for prevention of post-mortem transmission. Geneva: World Health Organization, 2021. ISBN 978-92-4-001557-9. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015579>. Acesso em: 7 out. 2026.