



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

VIGILÂNCIA DE PRIMATAS NÃO-HUMANOS E A FEBRE AMARELA NO BRASIL,
2019 A 2025: UMA ABORDAGEM INTEGRADA DE SAÚDE E CONSERVAÇÃO.

PEDRO HENRIQUE DE OLIVEIRA PASSOS

TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

BRASÍLIA/DF
NOVEMBRO DE 2025



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

ASPECTOS HISTÓRICOS, INDICADORES EPIDEMIOLÓGICOS E OPERACIONAIS
DA VIGILÂNCIA DE EPIZOOTIAS EM PRIMATAS NÃO HUMANOS NO PERÍODO
DE 2019 A 2021.

Aluno: Pedro Henrique de Oliveira Passos

Orientador: Marcio Botelho de Castro

TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

PUBLICAÇÃO:

BRASÍLIA/DF
NOVEMBRO DE 2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

VIGILÂNCIA DE PRIMATAS NÃO-HUMANOS E A FEBRE AMARELA NO BRASIL,
2019 A 2025: UMA ABORDAGEM INTEGRADA DE SAÚDE E CONSERVAÇÃO.

PEDRO HENRIQUE DE OLIVEIRA PASSOS

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS ANIMAIS, COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO
DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS
ANIMAIS.

APROVADA POR:

MARCIO BOTELHO DE CASTRO, Doutor, Universidade de Brasília – UNB
(ORIENTADOR)

BERGMANN MORAIS RIBEIRO, Doutor, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de
Biologia Celular da Universidade de Brasília – UNB.
(EXAMINADOR INTERNO)

ADRIANO PINTER DOS SANTOS, Doutor, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
da Universidade de São Paulo (FMVZ/USP)
(EXAMINADOR EXTERNO)

ALESSANDRO PECEGO MARTINS ROMANO, Doutor, Departamento de Emergências em
Saúde Pública do Ministério da Saúde (DENSP/MS) e Plataforma Institucional Biodiversidade
e Saúde Silvestre (PIBSS/Fiocruz).
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, 27 DE NOVEMBRO DE 2025.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

PASSOS, P. H. O. **Vigilância de Primatas Não-humanos e a Febre Amarela no Brasil, 2019 a 2025: Uma Abordagem Integrada de Saúde e Conservação**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2025, 93p. Tese de Doutorado.

Documento formal, autorizando reprodução desta tese de doutorado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor e o seu orientador reservam para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor ou do seu orientador. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

PASSOS, Pedro Henrique de Oliveira. **Vigilância de Primatas Não-humanos e a Febre Amarela no Brasil, 2019 a 2025: Uma Abordagem Integrada de Saúde e Conservação**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2025, 93 p. Tese de Doutorado.

1. Febre Amarela.
2. Epizootias
3. Primatas não-humanos
4. Vigilância

CDD / CDU

Agris / FAO

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, que sempre guiou meus passos, e a Nossa Senhora, minha eterna advogada, por me sustentarem em cada instante desta caminhada.

Volto no tempo e me vejo aos meus oito anos, na Covanca, ao lado do meu Vovô Roxo (Florêncio José de Oliveira). Lembro da poesia que minha mãe me ensinava e que, hoje, ganha um sentido ainda mais profundo. Como escreveu o poeta Casimiro de Abreu, também trago em mim a saudade da infância querida, das tardes à sombra das bananeiras, dos sonhos que nasciam debaixo dos laranjais.

Recordo-me dos doutores da vida que forjaram minhas primeiras lições, ainda criança: Joaquim Soares, que me ensinou a castrar porcos e a fazer o parto de vacas; Doca, que mostrou como castrar um cavalo chucro e curá-lo com sal e mastruz; Jari e Dão, que me ensinaram a ordenhar uma vaca; e meu Vovô Roxo, que me ensinou a montar um cavalo, mas também a ser humilde, a respeitar a natureza e a acolher o alimento que ela oferece. Recordo, ainda, do meu Padrinho Padre Joarez, que me mostrou que honestidade, respeito e compromisso com o próximo são riquezas maiores que qualquer bem material, e que sem Deus nada faz sentido.

Essas experiências singelas da infância moldaram quem sou. No instante em que alcanço a apoteose dos meus estudos, o doutorado, percebo que foram justamente essas pequenas lições que me ensinaram o essencial: a humildade e a escuta. Porque é nas pequenas coisas que os maiores ensinamentos se escondem.

Lembro das palavras de Neil Armstrong ao pisar na Lua: “Um pequeno passo para o homem, um salto gigante para a humanidade”. A minha trajetória também foi feita desses pequenos passos desde criança, que hoje, juntos, se transformam no meu salto.

A vida adulta me presenteou com novos mestres e companheiros de jornada. Sou grato à Dra. Zouraide Guerra, a mãe da febre amarela no Brasil, que abriu caminhos para todos nós. Ao Dr. Daniel Ramos, amigo e parceiro de tantas batalhas dentro do Ministério da Saúde, com quem tive a alegria de crescer profissionalmente. E a um mentor especial ao Dr. Alessandro Romano, que me incentivou a buscar o mestrado e o doutorado, que me ensinou a paciência e a investigar surtos como um verdadeiro John Snow.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Márcio Botelho de Castro, a quem o tempo me apresentou não apenas como um exímio orientador de mestrado e doutorado, mas também como um amigo e verdadeiro doutor da vida.

Não poderia deixar de agradecer às minhas irmãs, Gabriella de Oliveira Passos e Danielle de Oliveira Passos, que sempre estiveram ao meu lado e que hoje nos presentearam com os bens mais preciosos da nossa família: minha afilhada Clara Passos Godoy, o Bento Passos Godoy, a Isabel Passos Coelho e o Afonso Passos Godoy. Eles são a prova viva de que o amor se multiplica e dá sentido à vida.

Mas nenhum agradecimento seria completo sem citar o maior de todos: meu Pai José Henrique dos Passos, conhecido como Seu Quita. Dele recebi não apenas o sustento material, mas o exemplo vivo de que a humildade e a honestidade são os pilares de qualquer existência digna.

Encerrando, volto às palavras de minha mãe, Elizabeth de Oliveira Passos, que sempre ecoaram como oração e profecia: “Deus sabe de tudo, e no final sempre dá certo”.

BIOGRAFIA

Pedro Henrique de Oliveira Passos nasceu em Brasília, em 12 de março de 1988. É médico-veterinário, mestre em Ciências Animais pela Universidade de Brasília (UnB), além de especialista em Análise de Situação em Saúde pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Atua nas áreas de Epidemiologia e Vigilância em Saúde, com ênfase em ecoepidemiologia da febre amarela e outras arboviroses, vigilância de epizootias e biossegurança em atividades de campo, incluindo o manejo e a captura de primatas não-humanos, aves e outros animais silvestres.

Desenvolve pesquisas voltadas à vigilância de epizootias em primatas não-humanos, à antecipação de surtos de febre amarela e outras doenças emergentes, bem como à integração de dados humanos, ambientais e animais no contexto das arboviroses. Atualmente, é Consultor Técnico da Coordenação-Geral de Vigilância de Arboviroses (CGARB) da Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente do Ministério da Saúde (SVSA/MS).

Possui ampla experiência em investigações de campo — mais de 40 realizadas em diferentes regiões do território nacional — relacionadas à febre amarela, febre do Nilo Ocidental, febre do Mayaro, febre do Oropouche e outras arboviroses. Participa ativamente da capacitação de profissionais de saúde em todos os estados do Brasil e em países das Américas, por meio de cursos, oficinas e treinamentos voltados a médicos, veterinários, biólogos, enfermeiros e demais integrantes das redes de vigilância em saúde.

É autor e coautor de publicações científicas, manuais técnicos e guias operacionais voltados à vigilância, prevenção e controle de Arboviroses e outras zoonoses.

ÍNDICE

RESUMO	ix
ABSTRACT.....	x
LISTA DE ABREVIACÕES	xi
CAPÍTULO I – CONTEXTO ECOLÓGICO DA VIGILÂNCIA DE PRIMATAS NÃO- HUMANOS NO BRASIL	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. Biodiversidade do Brasil.....	15
2.2. Características dos primatas	17
2.3. Doenças de PNH.....	19
2.4. Febre Amarela	27
2.4.1. Sinais e Sintomas.....	30
2.4.2. Patogenia	31
2.5. Sistema de Vigilância de Epizootias de Primatas para a Febre Amarela	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
CAPÍTULO 2 – 25 ANOS DA VIGILÂNCIA DE EPIZOOTIAS DE PRIMATAS NÃO- HUMANOS NO BRASIL	42
RESUMO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
CAPÍTULO 3 – DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE PRIMATAS NÃO-HUMANOS AFETADOS PELO VÍRUS DA FEBRE AMARELA NO BRASIL	48
RESUMO	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

RESUMO

ASPECTOS HISTÓRICOS, INDICADORES EPIDEMIOLÓGICOS E OPERACIONAIS DA VIGILÂNCIA DE EPIZOOTIAS EM PRIMATAS NÃO HUMANOS NO PERÍODO DE 1999 A 2025.

Pedro Henrique de Oliveira Passos¹, Márcio Botelho de Castro²

¹ Médico Veterinário/Doutorando em Ciências Animais – PPG/UnB – Brasília/DF

² Médico Veterinário/Doutor – UnB – Brasília/DF

A febre amarela (FA) permanece como uma das arboviroses mais relevantes das Américas, cujo ciclo epidemiológico complexo envolve a interação entre mosquitos vetores, primatas não-humanos (PNH) e seres humanos. O Brasil, país de maior diversidade de primatas do mundo, incorporou em 1999 a vigilância de epizootias em PNH como ferramenta estratégica para detecção precoce do vírus e prevenção de surtos humanos, consolidando um modelo de vigilância integrada e intersetorial. Esta tese apresenta uma análise retrospectiva e descritiva da série histórica de epizootias de PNH por FA entre 1999 e 2025, com o objetivo de compreender os padrões espaço-temporais da doença, identificar os gêneros taxonômicos envolvidos e propor indicadores estratégicos para o aprimoramento da vigilância. Foram notificadas 35.496 epizootias, que somaram 43.062 indivíduos, dos quais 4.673 animais pertencentes a 3.203 epizootias foram confirmados para FA. Observou-se forte correlação entre epizootias de PNH e casos humanos ($r=0,72$; $p<0,001$), com antecipação dos eventos em PNHs no período de julho a novembro, configurando um importante período para a intensificação das ações de vigilância. O gênero *Alouatta* foi o mais afetado, seguido por *Callithrix* e *Sapajus*, com predomínio nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Pampa. A vigilância apresentou avanços significativos na coleta de amostras e identificação taxonômica, mas persistem desigualdades regionais e limitações, especialmente na Amazônia. Os resultados reforçam o papel dos PNHs como sentinelas ecológicas e evidenciam a importância da abordagem Uma Só Saúde na prevenção de surtos, na proteção da biodiversidade e na integração entre saúde, meio ambiente e conservação. Por fim, são propostas recomendações estratégicas e indicadores operacionais voltados ao fortalecimento da vigilância integrada da FA no Brasil, com vistas à detecção precoce, resposta oportuna e sustentabilidade das ações intersetoriais.

Palavras-chave: Febre Amarela; Primatas; Vigilância; Biodiversidade; Uma Só Saúde.

ABSTRACT

HISTORICAL ASPECTS, EPIDEMIOLOGICAL AND OPERATIONAL INDICATORS OF EPIZOOTICS SURVEILLANCE IN NON-HUMAN PRIMATES FROM 1999 TO 2025

Pedro Henrique de Oliveira Passos¹, Márcio Botelho de Castro²

¹ Veterinarian/PhD Student in Animal Sciences – PPG/UnB – Brasília/DF

² Veterinarian/Doctor – UnB – Brasília/DF

Yellow fever (YF) remains one of the most relevant arboviral diseases in the Americas, with a complex epidemiological cycle involving interactions between mosquito vectors, non-human primates (NHPs), and humans. Brazil, the country with the greatest primate diversity in the world, incorporated NHP epizootic surveillance in 1999 as a strategic tool for early virus detection and prevention of human outbreaks, consolidating a model of integrated and intersectoral surveillance. This thesis presents a retrospective and descriptive analysis of the historical series of YF-related NHP epizootics from 1999 to 2025, aiming to understand the spatiotemporal patterns of the disease, identify the taxonomic genera involved, and propose strategic indicators to improve surveillance. A total of 35,496 epizootics were reported, comprising 43,062 individuals, of which 4,673 belonging to 3,203 epizootics were confirmed for YF. A strong correlation was observed between NHP epizootics and human cases ($r=0.72$; $p<0.001$), with NHP events preceding human infections between July and November, defining a critical period for intensified surveillance actions. The genus *Alouatta* was the most affected, followed by *Callithrix* and *Sapajus*, with predominance in the Atlantic Forest, Cerrado, and Pampa biomes. Surveillance showed significant progress in sample collection and taxonomic identification; however, regional inequalities and operational limitations persist, particularly in the Amazon. The findings reinforce the role of NHPs as ecological sentinels and highlight the importance of the One Health approach in preventing outbreaks, protecting biodiversity, and integrating health, environmental, and conservation actions. Finally, strategic recommendations and operational indicators are proposed to strengthen integrated YF surveillance in Brazil, aiming at early detection, timely response, and sustainability of intersectoral actions.

Keywords: Yellow Fever; Primates, Epidemiological; Biodiversity; One Health.

LISTA DE ABREVIACÕES

Ae. – Aedes.

DEDT – Departamento de Doenças Transmissíveis.

FA – Febre Amarela.

FAS – Febre Amarela Silvestre.

Fiocruz – Fundação Oswaldo Cruz.

GAL – Gerenciador de Ambiente Laboratorial

CGARB – Coordenação-Geral de Vigilância de Arboviroses

Hg. – Haemagogus.

PNH – Primata não-humano.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IEC – Instituto Evandro Chagas

LPV – Laboratório de Patologia Veterinária.

UNB – Universidade de Brasília.

Sa. – Sabethes

SISS-Geo – Sistema de Informação em Saúde Silvestre.

SVSA – Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente

SINAN - Sistema de Informação de Agravos de Notificação do Ministério da Saúde

MS – Ministério da Saúde

CAPÍTULO I – CONTEXTO ECOLÓGICO DA VIGILÂNCIA DE PRIMATAS NÃO-HUMANOS NO BRASIL

1. INTRODUÇÃO

A febre amarela (FA) é uma arbovirose de notória importância para a saúde pública, marcada por sua gravidade clínica, potencial epidêmico e risco de reurbanização (Monath, 2001; Soper, 1937; Vasconcelos, 2003). Embora erradicada nas zonas urbanas brasileiras desde 1942 (Löwy, 2006), a doença permanece endêmica em regiões de florestas tropical, sustentada por um ciclo silvestre que envolve primata não-humano (PNH) e mosquitos vetores dos gêneros *Haemagogus* e *Sabethes* (Damasceno-Caldeira et al., 2023; Vasconcelos, 2003). A detecção precoce do vírus nesse ciclo é possível, e depende da vigilância contínua de epizootias em PNHs, uma estratégia consolidada no Brasil como elemento-chave para antecipar surtos humanos e orientar ações de prevenção (Brasil, 2024).

O Brasil foi pioneiro ao estabelecer, em 1999, um sistema nacional de vigilância de epizootias em PNHs, incorporando esse componente como eixo central da estratégia de enfrentamento à FA (Costa et al., 2011). Esse sistema tem demonstrado elevada sensibilidade para detectar áreas de circulação viral, sobretudo durante períodos de reemergência da doença fora da região Amazônica. Foi o que ocorreu, em 2001 e nos anos de 2008 e 2009, com registros do vírus em PNHs nos estados de São Paulo e no Rio Grande do Sul (Almeida et al., 2014) e entre 2014 e 2019, com a expansão da FA para o bioma Mata Atlântica, com notificações de epizootias envolvendo diferentes gêneros de primatas, como *Alouatta*, *Callithrix* e *Sapajus* (Abreu et al., 2019; Brasil, 2022). Tais eventos evidenciaram a relevância da vigilância integrada no contexto da abordagem Uma Só Saúde, associando informações de origem ambiental, animal e humano (Chame et al., 2020).

A presente tese se propõe a analisar a série histórica da vigilância de epizootias em PNHs no Brasil ao longo de um período de 25 anos, compreendidos entre 1999 a 2025, por meio da integração entre revisão bibliográfica e análise dos dados nacionais de notificações de PNH. Os capítulos que a compõem foram organizados na forma de artigos científicos. O Capítulo II, intitulado “*Estudo epidemiológico de 25 anos da vigilância de epizootias de primatas não-humanos por febre amarela no Brasil*” apresenta um panorama histórico da vigilância, descrevendo a magnitude e os padrões espaço-temporais ao longo do tempo. Já o Capítulo III, “*Diversidade taxonômica de primatas não-humanos afetados pelo vírus da Febre Amarela no Brasil*”, aprofunda a

análise da dimensão biológica da vigilância, ao descrever os gêneros de PNH confirmadas para FA nesse período, suas variações geográficas e temporais, e a importância desse conhecimento para orientar estratégias de proteção e conservação.

Esses dois capítulos evidenciam e sustentam a relevância da vigilância de epizootias de PNHs como ferramenta essencial na antecipação de surtos humanos de FA, fortalecendo a capacidade do sistema de vigilância para agir de forma preventiva, tempestiva e territorialmente sensível. A análise histórica e sistemática proposta nesta tese contribui, ainda, para formulação de recomendações técnicas visando ao aprimoramento das estratégias de detecção e resposta, especialmente em um contexto de expansão da área de risco, mudanças climáticas e ambientais, e desafios operacionais enfrentados por estados e municípios.

Desta forma, esta tese tem como objetivo principal demonstrar uma visão histórica da vigilância de epizootias em PNHs como importante ferramenta na prevenção da FA no Brasil, alinhada aos princípios da abordagem Uma Só Saúde, por meio da integração entre registros ambientais, animais e humanos relacionados a doença. Além disso, objetiva compreender e descrever os gêneros taxonômicos envolvidos nas epizootias de PNH confirmadas para FA no Brasil, bem como suas variações temporais e espaciais, oferecendo subsídios para o fortalecimento técnico-científico do sistema nacional de vigilância da FA e para conservação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Biodiversidade do Brasil

O Brasil é um país de dimensões continentais, com aproximadamente 8,5 milhões de quilômetros quadrados de extensão, o que o torna o maior da América Latina e o quinto maior do mundo em área. Com mais de 211 milhões de habitantes, ocupa a sexta posição entre os países mais populosos, sendo também extremamente urbanizado, com cerca de 83,7% da população residindo em cidades, principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste (Carvalho et al., 2013; Harzheim et al., 2019).

O país é dividido em cinco regiões (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste), cada uma com características ambientais, econômicas e demográficas próprias. Enquanto a região Norte abriga a Floresta Amazônica, de importância estratégica para regulação climática e conservação da biodiversidade, as regiões Sudeste e Sul concentram os maiores centros urbanos e atividades industriais do país (Harzheim et al., 2019; Nasir, 2022).

A biodiversidade do país é marcada pela presença de seis grandes biomas: Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pantanal e Pampa. Juntos eles sustentam ecossistemas únicos e espécies endêmicas, sendo responsáveis por posicionar o Brasil entre os países com maior biodiversidade do planeta (Ellwanger et al., 2022). Esses biomas oferecem serviços ecossistêmicos essenciais para a manutenção dos ciclos naturais e o bem-estar humano, como regulação climática, polinização, controle biológicos de pragas e purificação da água. Estima-se que o território nacional concentre mais de 42 mil espécies de plantas e cerca de 148 mil espécies de animais, muitas delas endêmicas, o que reforça o papel do Brasil como uma verdadeira potência em biodiversidade (Bustamante et al., 2019).

A Amazônia, maior floresta tropical do planeta, exerce um papel fundamental na regulação do clima global e dos ciclos hidrológicos, além de atuar como um dos principais sumidouros naturais de carbono. Sua vasta extensão abriga uma biodiversidade singular, composta por milhares de espécies de árvores, animais e microrganismos, muitos dos quais ainda não foram descritos (Ellwanger et al., 2022).

A Mata Atlântica, mesmo severamente desmatada, ainda conserva altos níveis de endemismo e de biodiversidade (Ximenes et al., 2022). É um dos biomas mais

ricos em biodiversidade do planeta, abrigando uma grande variedade de espécies endêmicas de flora e fauna (Ribeiro et al., 2009). Originalmente, estendia-se por mais de 1,3 milhão de km² ao longo da costa brasileira, mas atualmente resta menos de 12% de sua cobertura original, distribuída em fragmentos isolados (Ximenes et al., 2022). O bioma apresenta formações vegetais diversas, que variam desde florestas ombrófilas densas em regiões úmidas até florestas estacionais e restingas em áreas mais secas e litorâneas (Ribeiro et al., 2009).

O Cerrado, segundo maior bioma brasileiro, cobrindo cerca de 23% do território nacional, reúne uma notável diversidade de espécies e fornece importantes serviços ecossistêmicos, mas vem sendo rapidamente degradado e convertido em áreas agrícolas (Benfica et al., 2023). Esse bioma apresenta cobertura vegetal típica que combina gramíneas esparsas e arbustos ou árvores tortuosas, com caules retorcidos, adaptações xeromórficas e raízes profundas capazes de acessar água em camadas mais profundas do solo durante a estação seca (Silva et al., 2025).

Já a Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro, destaca-se pela sua formação semiárida e adaptação de suas espécies à escassez hídrica. É formada por campos rupestres, embora menos estudados, são reconhecidos pela presença de fungos endofíticos com alto potencial biotecnológico (Ximenes et al., 2022). O Pantanal, por sua vez, é a maior área úmida topical do mundo, conhecida por sua biodiversidade associada aos ciclos de cheia e seca. O Pampa, formado por campos e pastagens, tem relevância na biodiversidade, mas enfrenta crescentes pressões relacionadas à fragmentação e à conversão de habitats devido a elevada atividade agropecuária (Carvalho et al., 2021).

Apesar dessa riqueza natural, os biomas brasileiros enfrentam ameaças crescentes. O desmatamento e a conversão de áreas naturais para uso agropecuário, especialmente no Cerrado e na Mata Atlântica, têm provocado fragmentação de habitats e perda da biodiversidade (Schwaida et al., 2023). Além disso, as mudanças climáticas vêm alterando os padrões hidrológicos e aumentando o risco de extinção de espécies (Ximenes et al., 2022). Essas pressões são intensificadas pelas atividades humanas, como a expansão urbana, a poluição e o avanço da infraestrutura, que afetam a capacidade dos ecossistemas em manter suas funções e proteger a saúde humana (Bustamante et al., 2019).

Nesse cenário, os PNH ocupam um papel importante por sua ampla distribuição nos diferentes biomas, por sua sensibilidade aos distúrbios ambientais e por sua relevância na interface entre conservação e saúde pública. Além de indicadores

ecológicos de integridade dos ecossistemas, esses animais são também sentinelas importantes para a vigilância de zoonoses e outros problemas de saúde, como a febre amarela (FA), cuja dinâmica está intrinsecamente ligada à conservação de habitats e à prevenção de riscos à saúde humana (Pinter et al., 2022.; Alsharif et al., 2024).

2.2. Características dos primatas

O Brasil abriga a maior diversidade de PNH do mundo, com espécies amplamente distribuídas em todos os seus biomas (Quintela et al., 2021; Rylands et al., 2024). Essa riqueza biológica, no entanto, tem sido ameaçada por fatores como desmatamento, a fragmentação de habitats, o surgimento de doenças infecciosas e os impactos crescentes das mudanças climáticas (Costa-Araújo et al., 2024).

O interesse científico por esses animais é histórico e crescente. As semelhanças anatômicas, fisiológicas e comportamentais entre primatas e seres humanos historicamente despertam atenção não apenas nas ciências ambientais, mas também nas áreas da ciência biomédica e social (Auricchio, 1995). Essas descobertas contribuíram para ampliar a compreensão sobre o papel ecológico dos PNH e para evidenciar vulnerabilidade de diversas espécies frente à degradação ambiental e à perda do habitats (Defler, 2003; Bezerra et al., 2024; Ye, 2024).

Os primatas são mamíferos placentários adaptados à ambiente predominantemente arborícolas (Auricchio, 1995). Essa condição ecológica impulsionou o desenvolvimento de características específicas ao longo da história evolutiva. A visão tornou-se o principal sentido locomoção e alimentação em detrimento do olfato, que passou a exercer papel mais restrito no reconhecimento social entre indivíduos da mesma espécie (Qiao et al., 2023; Reis et al., 2006; Rylands et al., 2024).

Os membros da ordem *Primates* compartilham traços herdados da classe *Mammalia*, como a presença de cinco dedos e clavículas, mas também exibem características únicas (Rylands et al., 2024). Entre elas, destacam-se o cérebro proporcionalmente maior (particularmente o córtex), maior destreza dos dedos, ampliação do papel da visão (sobretudo em espécies diurnas) e um desenvolvimento pós-natal prolongado, refletindo padrões de cuidado parental e aprendizados social complexos (Reis et al., 2006).

A ordem *Primates* é considerada uma das mais evoluídas dentro do reino animal, devido às suas complexas adaptações neurológicas, sensoriais e social (Reis et al., 2006). Classificada em duas subordens principais, *Prosimii* e *Anthropoidea*, a primeira agrupa desde os primatas mais primitivos, como os lêmures e gálagos, até os mais derivados, como os grandes macacos e os seres humanos. A subordem *Anthropoidea* se subdivide em duas grandes infraordens com base em características morfológicas e geográficas: *Catarrhini*, que inclui os primatas do Velho Mundo, e *Platyrrhini*, que compreende os primatas do Novo Mundo (Reis et al., 2006; Rylands et al., 2024; Voevodin & Marx Jr., 2009).

Os *Catarrhini*, tem seu nome derivado do grego, *kata* (abaixo) e *rhinos* (nariz), em alusão à posição das narinas. Esta infraordem é representada por quatro grandes famílias: *Cercopithecidae*, *Hylobatidae*, *Pongidae* e *Hominidae*. (Kindlovits & Kindlovits, 2009; Rylands et al., 2024). Esses primatas são encontrados predominantemente na África e na Ásia, e incluem os babuíños, gibões, orangotango, gorilas e seres humanos (Simons et al., 2007).

Os primatas neotropicais, também conhecidos como primatas do Novo Mundo, são classificados na infraordem *Platyrrhini*, que vem do grego *Platy* (largo e chato) e *Rhinos* (nariz). Eles se caracterizam por ter narinas voltadas para os lados, um septo nasal amplo e um focinho mais curto (Kindlovits & Kindlovits, 2009; Rylands et al., 2024).

Os macacos do Novo Mundo variam de pequeno a médio porte, são predominantemente arborícolas e se deslocam por meio locomoção quadrúpede, frequentemente combinada com saltos e uso da cauda prensil para equilíbrio e sustentação (Rylands et al., 2024). Algumas espécies, como os *Atelídeos*, desenvolveram caudas preênsais altamente funcionais. Além disso, os primatas neotropicais se destacam pela diversidade de padrões de coloração e ampla distribuição geográfica, fatores que frequentemente geram discussões taxonômicas em torno de alguns gêneros (Rylands et al., 2024; Voevodin & Marx Jr., 2009).

Nas Américas, há atualmente 217 primatas reconhecidos, entre espécies e subespécies, muitas das quais são endêmicas e restritas a biomas a determinados biomas (Rylands et al., 2024). A classificação mais abrangente e atualizada dos primatas Neotropicais (Novo Mundo) reconhece cinco famílias taxonômicas: *Callitrichidae* (64 espécies e subespécies), *Cebidae* (37 espécies e subespécies), *Aotidae* (13 espécies e subespécies), *Phitheciidae* (63 espécies) e *Atelidae* (40 espécies e subespécies). Essas

famílias abrangem 20 gêneros válidos: *Callithrix*, *Mico*, *Saguinus*, *Leontopithecus*, *Cebuella*, *Callimico*, *Sapajus*, *Cebus*, *Saimiri*, *Aotus*, *Pithecia*, *Chiropotes*, *Cacajao*, *Alouatta*, *Ateles*, *Brachyteles*, *Lagothrix*, *Callicebus*, *Cheracebus* e *Plecturocebu*. Além disso, há mais três nemes históricos ainda reconhecidos em registros oficiais, totalizando 192 espécies oficialmente aceitas até o momento (Rylands et al., 2024).

A diversidade na classificação de *primatas Neotropicais* no Brasil é notável (161 espécies e subespécies), mas sua classificação taxonômica é objeto de debate, sobretudo em razão da ampla variação morfológica, especialmente nos padrões de coloração, e da extensa distribuição geográfica desses animais (Rylands et al., 2024).

A diversidade dos primatas Neotropicais evidencia não apenas a complexidade evolutiva desses animais, mais também a responsabilidade do Brasil em conservar essa biodiversidade única. O reconhecimento da diversidade morfológica, ecológica e genética dos PNHs é essencial para aprimoramento de estratégias de conservação e vigilância em saúde. Considerando sua sensibilidade a alterações ambientais e seu papel como sentinela para doenças infecciosas, torna-se imprescindível compreender as doenças que os afetam, não apenas pelo impacto na conservação, mas também pelas implicações diretas para a saúde humana em uma perspectiva integradora de Uma Só Saúde.

2.3. Doenças de PNH

As zoonoses são doenças infecciosas naturalmente transmitidas entre animais vertebrados e seres humanos, representando atualmente cerca de 60% de todos os patógenos conhecidos e 75% dos agentes etiológicos associados a doenças emergentes em escala global (Tomori & Oluwayelu, 2023). A transmissão desses agentes pode ocorrer por meio do contato direto com animais infectados, pela ação de vetores como mosquitos, carrapatos e pulgas, ou ainda por ingestão de alimentos e água contaminados (Teshome, 2019).

Os agentes causadores incluem uma variedade de vírus, bactérias, parasitas e fungos, com os vírus respondendo por aproximadamente 30% das infecções zoonóticas registradas (Tomori & Oluwayelu, 2023). Esses patógenos são mantidos na natureza por diferentes reservatórios, como animais silvestres, domésticos e aves (Erkyihun & Alemayehu, 2022).

O avanço das mudanças climáticas tem alterado a dinâmica ecológica das doenças, expandindo suas áreas geográficas e intensificando o contato entre a vida silvestre e as populações humanas (Kanja & Vagnoni, 2022). A maior frequência de eventos climáticos extremos e a variabilidade ambiental favorecem o surgimento de surtos de doenças zoonóticas endêmicas, tornando o monitoramento contínuo ainda mais necessário. Nesse contexto, a abordagem uma Uma Só Saúde, que integra os campos da saúde pública, saúde animal e saúde ambiental, emerge como estratégia essencial para compreender e mitigar os riscos relacionados a essas doenças (Erkyihun & Alemayehu, 2022).

As zoonoses representam um desafio complexo, pois envolvem múltiplas interações ecológicas e sociais entre humanos, animais e o ambiente (Teshome, 2019), 2023). Medidas eficazes de controle exigem abordagens interdisciplinares, que incluam práticas de biossegurança, sistemas de vigilância ativa e alertas precoces para prevenir a disseminação de agentes zoonóticos (Kalawat & Mohan, 2023; Zucca et al., 2022). A pandemia de COVID-19, inicialmente classificada como uma zoonose de provável origem em animais silvestres, evidenciou a urgência de estratégias robustas de prevenção e resposta rápida a novos patógenos emergentes (Parwanto, 2023).

Entre as diversas zoonoses que afetam a saúde pública no Brasil, a FA se destaca tanto pela gravidade quanto por sua complexidade. A dinâmica da doença envolve múltiplos componentes ambientais e biológicos, evidenciando a interconexão entre saúde humana, saúde animal e conservação (Vasconcelos, 2003).

Nesse cenário, a vigilância de epizootias em PNH permite identificar a circulação do vírus antes da ocorrência de casos humanos e, assim, orientar ações oportunas de prevenção e controle. A notificação do PNH encontrado morto ou doente, em qualquer região do país, deve ser feita de forma imediata aos serviços de saúde. Cabe a esses serviços conduzir a investigação e realizar a coleta de amostras biológicas para realização do diagnóstico (Brasil, 2024).

É nesse contexto que se insere este tópico. Serão apresentadas as principais doenças diagnosticadas a partir de amostras testadas como negativas para FA provenientes da rede de vigilância de epizootias em PNH, analisadas no Laboratório de Patologia Veterinária da Universidade de Brasília (LPV-UnB).

a) Insights into the threats of toxoplasmosis for free-ranging black-tufted marmosets living in our neighborhood (Sousa et al., 2025).

Authors: Davi Emanuel Ribeiro de Sousa, Isabel Luana de Macêdo, Liz de Albuquerque Cerqueira, Ludmilla Melanie, Vitória França dos Santos Pessoa, Arthur Scherer da Silva Rocha, Pedro de Alcantara Brito Junior, Pedro Henrique de Oliveira Passos, Daniel Garkauskas Ramos, Alessandro Pecego Martins Romano, Gabriela Rodrigues de Toledo Costa, Eduardo Mauricio Mendes de Lima, Cristiano Barros de Melo, Luciana Hagström & Marcio Botelho de Castro. Magazine: Nature (2025).

Abstract: Toxoplasmosis is a globally significant zoonotic disease with the potential to severely impact wild animal populations. Neotropical non-human primates (NHPs), particularly callitrichids, are highly susceptible, often experiencing fatal outcomes. This study examines toxoplasmosis in free-ranging black-tufted marmosets (*Callithrix penicillata*) in anthropogenic environments of Central Brazil, analyzing epidemiological and pathological data from 2017 to 2022. A retrospective review of 1095 NHP deaths identified a 9.2% prevalence (101/1,095) of acute fatal toxoplasmosis (AFT) in blacktufted marmosets across Central Brazil and 10.3% (53/515) within the federal district (FD). Necropsied marmosets from the FD showed an estimated AFT prevalence of 50.7% and a lethality rate of 20.3%. AFT cases were linked to outbreaks and isolated incidents, with a likely seasonal peak during the dry season. Pathological findings included severe hepatic damage, splenitis, interstitial pneumonia, and myocarditis. Immunohistochemistry and qPCR confirmed *Toxoplasma gondii* infection, with the highest parasite loads in the spleen and liver. Given the anthropogenic pressures of habitat fragmentation, urbanization, and *T. gondii* exposure, this study advances the understanding of toxoplasmosis as an emerging disease in wild marmosets. Findings of this study establish a critical foundation for conservation strategies and insights into toxoplasmosis dynamics in free-ranging NHPs living in our neighborhood.

Keywords: Non-human primate, Monkey, *Toxoplasma gondii*, Infection, Disease, Parasite, Conservation, Environment, Epidemiology, One health

b) Hepatobiliary Platynosomosis in Black-Tufted Marmosets (*Callithrix penicillata*): A Lethal Threat for Wildlife and Captive Populations (Macêdo et al., 2025).

Authors: Isabel Luana de Macêdo, Davi Emanuel Ribeiro de Sousa, Antonizete dos Reis Souza, Gabriela Rodrigues de Toledo Costa, Marcela Corrêa Scalon, Matheus Almeida Duarte, Giane Regina Paludo, Estevam Guilherme Lux Hoppe, Wilson Junior Oliveira,

Pedro Henrique de Oliveira Passos, Alessandro Pecego Martins Romano, Eduardo Mauricio Mendes de Lima, Cristiano Barros de Melo, Márcio Botelho de Castro. Magazine: American Journal of Primatology.

Abstract: Helminthic infections, particularly those caused by trematodes, pose a significant health risk to both animals and humans. This study investigates hepatobiliary platynosomosis (HP) caused by *Platynosomum illiciens* in black tufted marmosets (*Callithrix penicillata*) in Central Brazil. Data were retrospectively collected from autopsy records at the Laboratory of Veterinary Pathology and Forensics, University of Brasília, from January 2006 to July 2021. Epidemiological, clinical, and pathological information was analyzed, including comparisons between free-ranging and captive marmosets. A total of 1596 nonhuman primate (NHP) death records were examined, with black tufted marmosets accounting for 75.6% (1206/1595) of autopsies. HP was identified in 10.8% (131/1206) of these cases. Captive marmosets showed a higher prevalence of HP (49.6%) than free-ranging ones (6.5%). This study revealed a significant seasonal trend, with higher HP prevalence observed during the wet season until the onset of the dry season. Pathological examinations revealed severe liver and bile duct damage in fatal HP cases, including fibrosis, bile duct thickening, and the presence of flukes. Captive marmosets exhibited pronounced clinical signs, such as weight loss and apathy. Morphological and molecular analysis of sampled flukes confirmed *P. illiciens* infecting the marmosets. These findings underscore the substantial impact of HP on marmoset populations, particularly in captive settings. The high lethality (58% overall; 81.6% in captivity) highlights the need for improved management and preventive measures in captive environments. This study contributes to understanding HP epidemiology, clinical manifestations, and pathological outcomes, underscoring the disease's significance for the health of both free-ranging and captive NHP populations. Our findings also support the need to develop targeted strategies to mitigate the impact of HP on primate species populations.

Keywords: flukes, liver, marmoset, *Platynosomum illiciens*, primates

c) Emergence of a Novel Canine Distemper Virus Variant in Urbanized Free-Ranging Marmosets (*Callithrix penicillata*) (Wilson et al., 2025).

Authors: Tais Meziara Wilson, Davi Emanuel Ribeiro de Sousa, Isabel L. Macêdo, Mizael Machado, Gabriela Rodrigues de Toledo Costa, Pamela Fair, Jana M. Ritter,

Hannah A. Bullock, Marlene De Leon-Carnes, Elizabeth Lee, Pedro Henrique de Oliveira Passos, Daniel Garkauskas Ramos, Alessandro Pecego Martins Romano, Sandro Patroca da Silva, Livia Medeiros Neves Casseb, Livia Caricio Martins, Luis Janssen Maia, Bergmann Morais Ribeiro, Eduardo Mauricio Mendes de Lima, Cristiano Barros de Melo e Márcio Botelho de Castro. Magazine: Transboundary and Emerging Diseases (2025)

Abstract: The black-tufted marmoset (*Callithrix penicillata*), commonly found in urban areas of Central Brazil, is vulnerable to pathogen spillover from domestic animal and humans. Here, we report an outbreak of natural canine distemper virus (CDV) infection among urbanized free-ranging black-tufted marmosets. Five fatalities occurred in marmosets living in a neighborhood with unvaccinated dogs. Clinically, affected marmosets had lethargy, ataxia, mucocutaneous ulcerations, and crusting lesions. Postmortem findings included epithelial erosions, interstitial pneumonia, bronchopneumonia, and suppurative myocarditis, frequently associated with secondary bacterial infections. Immunohistochemistry (IHC) confirmed the presence of CDV antigen in multiple organs, and secondary bacterial infections were common, involving species, such as *Bordetella*, *Haemophilus*, and *Streptococcus*. Transmission electron microscopy (TEM) demonstrated paramyxovirus-like inclusion bodies and metagenomic sequencing identified a novel CDV variant. Phylogenetic analyses placed this strain within the Europe 1/SouthAmerica 1 lineage, closely related to domestic dog-derived strains from the region. Comparative H gene analysis uncovered unique R519I substitutions in the CDV marmoset variant, suggesting potential for cross-species adaptation. This study provides evidence that CDV can naturally infect free-living New World primates, with possible implications for animal health, conservation, and interspecies transmission. These findings highlight the vulnerability of urban wildlife to CDV spillover from domestic dogs and emphasize the importance of monitoring pathogen transmission at the human–animal interface from a One Health perspective.

Keywords: canine distemper virus; marmoset; metagenomic; One Health; pathology; phylogeny.

d) Case report: Urbanized non-human primates as sentinels for human zoonotic diseases: a case of acute fatal toxoplasmosis in a free-ranging marmoset in coinfection with yellow fever virus (Sousa et al., 2023).

Authors: Davi E. R. Sousa, Tais M. Wilson, Isabel L. Macêdo, Alessandro P. M. Romano, Daniel G. Ramos, Pedro H. O. Passos, Gabriela R. T. Costa, Vagner S. Fonseca, Maria Angélica M. M. Mares-Guia, Marta Giovanetti, Luiz Carlos Junior Alcantara, Ana Maria B. de Filippis, Giane R. Paludo, Cristiano B. Melo and Márcio B. Castro. Magazine: Frontiers (2023).

Abstract: Free-ranging non-human primates (NHP) can live in anthropized areas or urban environments in close contact with human populations. This condition can enable the emergence and transmission of high-impact zoonotic pathogens. For the first time, we detected a coinfection of the yellow fever (YF) virus with *Toxoplasma gondii* in a free-ranging NHP in a highly urbanized area of a metropolis in Brazil. Specifically, we observed this coinfection in a black-tufted marmoset found dead and taken for a necropsy by the local health surveillance service. After conducting an epidemiological investigation, characterizing the pathological features, and performing molecular assays, we confirmed that the marmoset developed an acute fatal infection caused by *T. gondii* in coinfection with a new YF virus South American-1 sub-lineage. As a result, we have raised concerns about the public health implications of these findings and discussed the importance of diagnosis and surveillance of zoonotic agents in urbanized NHPs. As competent hosts of zoonotic diseases such as YF and environmental sentinels for toxoplasmosis, NHPs play a crucial role in the One Health framework to predict and prevent the emergence of dangerous human pathogens.

Keywords: non-human primates, *toxoplasma gondii*, infectious diseases, surveillance, One Health, zoonosis.

e) Genomic epidemiology unveils the dynamics and spatial corridor behind the Yellow Fever virus outbreak in Southern Brazil (Giovanetti et al., 2023)

Authors: Marta Giovanetti, Francesco Pinotti, Camila Zanluca, Vagner Fonseca, Taishi Nakase, Andrea C. Koishi, Marcel Tscha, Guilherme Soares, Gisiane Gruber Dorl, Antônio Ernesto M.L. Marques, Renato Sousa, Talita Emile Ribeiro Adelino, Joilson Xavier, Carla de Oliveira, Sandro Patroca, Natalia Rocha Guimaraes, Hegger Fritsch, Maria Angélica Mares-Guia, Flavia Levy, Pedro Henrique Passos, Vinicius Leme da Silva, Luiz Augusto Pereira, Ana Flávia Mendonça, Isabel Luana de Macêdo, Davi Emanuel Ribeiro de Sousa, Gabriela Rodrigues de Toledo Costa, Marcio Botelho de

Castro, Miguel de Souza Andrade, Filipe Vieira Santos de Abreu, Fabrício Souza Campos, Felipe Campos de Melo Iani, Maira Alves Pereira, Karina Ribeiro Leite Jardim Cavalcante, Andre Ricardo Ribas de Freitas, Carlos Frederico Campelo de Albuquerque, Eduardo Marques Macário, Marlei Pickler Debiasi dos Anjos, Rosane Campanher Ramos, Aline Alves Scarpellini Campos, Adriano Pinter, Marcia Chame, Livia Abdalla, Irina Nastassja Riediger, Sérgio Pontes Ribeiro, Ana I. Bento, Tulio de Oliveira, Carla Freitas, Noely Fabiana Oliveira de Moura, Allison Fabri, Cintia Damasceno dos Santos Rodrigues, Carolina Cardoso dos Santos, Marco Antonio Barreto de Almeida, Edmilson dos Santos, Jader Cardoso, Douglas Adriano Augusto, Eduardo Krempser, Luís Filipe Mucci, Renata Rispoli Gatti, Sabrina Fernandes Cardoso, João Augusto Brancher Fuck, Maria Goretti David Lopes, Ivana Lucia Belmonte, Gabriela Mayoral Pedroso da Silva, Maiane Regina Ferreira Soares, Marilia de Melo Santos de Castilhos, Joseana Cardoso de Souza e Silva, Alceu Bisetto Junior, Emanuelle Gemin Pouzato, Laurina Setsuko Tanabe, Daniele Akemi Arita, Ricardo Matsuo, Josiane dos Santos Raymundo, Paula Cristina Linder Silva, Ana Santana Araújo Ferreira Silva, Sandra Samila, Glauco Carvalho, Rodrigo Stabeli, Wildo Navegantes, Luciano Andrade Moreira, Alvaro Gil A. Ferreira, Guilherme Garcia Pinheiro, Bruno Tardelli Diniz Nunes, Daniele Barbosa de Almeida Medeiros, Ana Cecília Ribeiro Cruz, Rivaldo Venâncio da Cunha, Wes Van Voorhis, Ana Maria Bispo de Filippis, Maria Almiron, Edward C. Holmes, Daniel Garkauskas Ramos, Alessandro Romano, José Lourenço, Luiz Carlos Junior Alcantara, Claudia Nunes Duarte dos Santos. Magazine: Science Advances (2023).

Abstract: Despite the considerable morbidity and mortality of yellow fever virus (YFV) infections in Brazil, our understanding of disease outbreaks is hampered by limited viral genomic data. Here, through a combination of phylogenetic and epidemiological models, we reconstructed the recent transmission history of YFV within different epidemic seasons in Brazil. A suitability index based on the highly domesticated *Aedes aegypti* was able to capture the seasonality of reported human infections. Spatial modeling revealed spatial hotspots with both past reporting and low vaccination coverage, which coincided with many of the largest urban centers in the Southeast. Phylodynamic analysis unraveled the circulation of three distinct lineages and provided proof of the directionality of a known spatial corridor that connects the endemic North with the extra-Amazonian basin. This study illustrates that genomics linked with eco-epidemiology can provide new

insights into the landscape of YFV transmission, augmenting traditional approaches to infectious disease surveillance and control.

f) **Fatal Human Alphaherpesvirus 1 Infection in Free-Ranging Black-Tufted Marmosets in Anthropized Environments, Brazil, 2012–2019** (Wilson et al., 2022).

Authors: Tais M. Wilson, Jana M. Ritter, Roosecelis B. Martines, Hannah A. Bullock, Pamela Fair, Kay W. Radford, Isabel L. Macêdo, Davi E.R. Sousa, Alexandra A.B. Gonçalves, Alessandro P. Romano, Pedro H.O. Passos, Daniel G. Ramos, Gabriela R.T. Costa, Karina R.L.J. Cavalcante, Cristiano B. de Melo, Sherif R. Zaki, Marcio B. Castro. Magazine: Emerging Infectious Diseases (2022).

Abstract: Human alphaherpesvirus 1 (HuAHV1) causes fatal neurologic infections in captive New World primates. To determine risks for interspecies transmission, we examined data for 13 free-ranging, black-tufted marmosets (*Callithrix penicillata*) that died of HuAHV1 infection and had been in close contact with humans in anthropized areas in Brazil during 2012–2019. We evaluated pathologic changes in the marmosets, localized virus and antigen, and assessed epidemiologic features. The main clinical findings were neurologic signs, necrotizing meningoencephalitis, and ulcerative glossitis; 1 animal had necrotizing hepatitis. Transmission electron microscopy revealed intranuclear herpetic inclusions, and immunostaining revealed HuAHV1 and herpesvirus particles in neurons, glial cells, tongue mucosal epithelium, and hepatocytes. PCR confirmed HuAHV1 infection. These findings illustrate how disruption of the One Health equilibrium in anthropized environments poses risks for interspecies virus transmission with potential spillover not only from animals to humans but also from humans to free-ranging nonhuman primates or other animals.

Os artigos das doenças infecciosas diagnosticadas em PNH, com base nas amostras processadas no LPV-UnB, evidenciou a ocorrência de agentes zoonóticos de relevância, como *Toxoplasma gondii*, vírus da FA, *Human alphaherpesvirus 1*, *Platynosomum illiciens* e *Canine Distemper vírus* (CDV) (Wilson et al., 2022; Sousa et al., 2023; Macêdo et al., 2025; Sousa et al., 2025).

Esses agentes estiveram frequentemente associados a quadros clínicos agudos e fatais em *Callithrix penicillata*, tanto de vida livre quanto mantidos em cativeiro,

sendo identificados inclusive em amostras inicialmente testadas como negativas para FA (Sousa et al., 2023). Esses achados reforçam o papel dos primatas como sentinelas para a detecção de patógenos zoonóticos e ilustram a relevância da vigilância de epizootias de PNH como ferramenta importante para às ações de prevenção de doenças em humanos (Chame et al., 2020; Brasil, 2024).

Além da relevância clínica e patológica dos agentes identificados, a abordagem integrada entre dados epidemiológicos, exames anatomopatológicos e técnicas laboratoriais de alta precisão possibilita o reconhecimento de padrões ecológicos e sazonais associadas à ocorrência dessas infecções (Young & Sandhu, 2021; Giovanetti et al., 2023; Harun et al., 2024). A coinfeção entre *T. gondii* e o vírus da FA em ambiente urbano, bem como os casos fatais por HuAHV1 e platinosomose, ilustram cenários emergentes que exigem vigilância contínua, especialmente diante da expansão das áreas urbanizadas e da crescente pressão antrópica sobre os habitats naturais (Sousa et al., 2023)

Esses estudos fortalecem o entendimento sobre os fatores envolvidos na emergência de zoonoses e fundamentam ações intersetoriais orientadas pelo conceito de Uma Só Saúde, destacando a necessidade de abordagens integradas entre saúde humana, saúde animal e conservação (Erkyihun & Alemayehu, 2022). Nesse sentido, a FA desponta como um exemplo emblemático, tanto pela complexidade de sua dinâmica, quanto pelo impacto que representa entre sistema de vigilância, a saúde pública e a biodiversidade (Hill et al., 2022; Simon et al., 2023).

2.4. Febre Amarela

A FA é uma arbovirose de importância epidemiológica global, mantida de forma endêmica em regiões tropicais da África e das Américas (Hamrick et al., 2017). Caracteriza-se por manifestações clínicas graves, elevada taxa de letalidade e potencial de reurbanização, principalmente na América do Sul, em áreas com a presença do mosquito *Aedes aegypti* (Damasceno-Caldeira et al., 2023). Apesar do risco contínuo de disseminação, trata-se de uma doença imunoprevenível. A vacina, produzida com vírus vivo atenuado desde a década de 1930, é amplamente utilizada para proteger populações expostas em áreas de risco e viajantes com destino a regiões endêmicas (Vasconcelos, 2003; Jentes et al., 2011; Akar et al., 2023).

Do ponto de vista epidemiológico, o ciclo de transmissão da FA pode ser classificado como urbano e silvestre (Tauil, 2010), embora a doença se manifeste de

forma semelhante nos dois ciclos (do ponto de vista etiológico, clínico, imunológico e fisiopatológico não há diferenças marcantes entre os ciclos de transmissão) (Vasconcelos, 2003).

No ciclo urbano, o ser humano atua como único hospedeiro, sem participação de outros animais, tendo o mosquito *Aedes aegypti* como transmissor. No Brasil, esse ciclo não é registrado desde 1942 (Tauil, 2010). Já no ciclo silvestre, estabelecido atualmente no país, o vírus circula entre PNH transmitido por mosquitos silvestres, principalmente os dos gêneros *Haemagogus* e *Sabethes*, que ocorrem em ambientes florestais e com baixa interferência antrópica (Figura 1) (Damasceno-Caldeira et al., 2023).

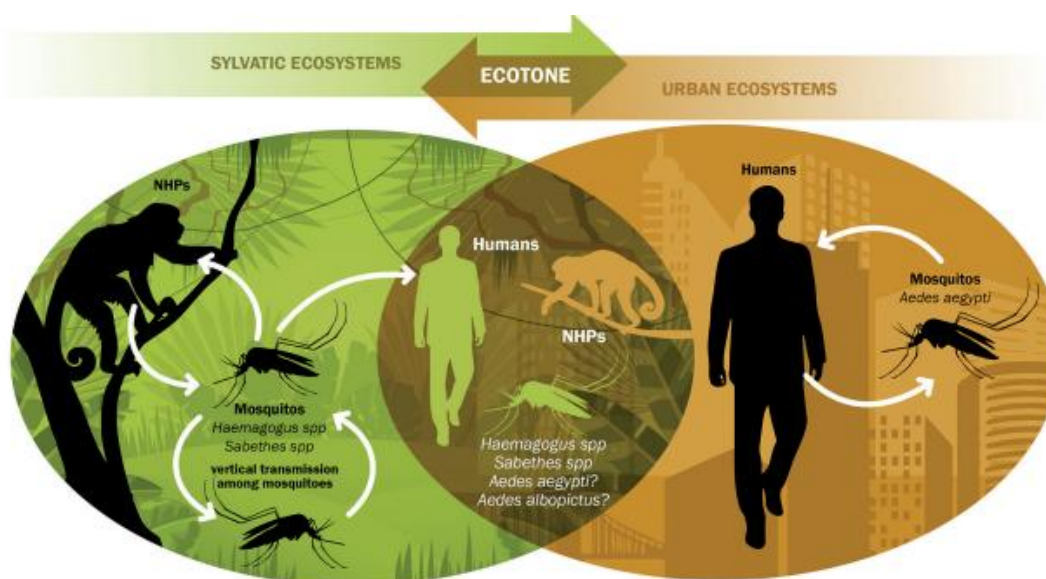


Figura 1. Dinâmica de transmissão do vírus da febre amarela no Brasil (Possas et al., 2018).

A dinâmica de transmissão da FA no Brasil tem sido marcada por uma aproximação das áreas com circulação do vírus com regiões onde se observa uma crescente sobreposição entre áreas silvestres e ambientes antrópicos. Essa interface ambiental favorece a imbricação do ciclo silvestre, mediado por *Haemagogus*, com territórios ocupados por espécies de mosquitos sinantrópicos, típicos de ambientes urbanos, ampliando o alcance do vírus, aumentando o risco de infecção humana e levando o potencial de reurbanização da doença, com eventual possibilidade de reintrodução do ciclo urbano por *Aedes aegypti* (Possas et al., 2018).

Diversos fatores contribuem para esse cenário, como: o aumento de áreas com condições ecológicas favoráveis à proliferação de vetores; a perda e fragmentação de habitats, forçando espécies como *Callithrix* e *Sapajus* a explorar áreas de transição e

florestas remanescentes, frequentemente densamente populosas por seres humanos; mudanças no comportamento humano, com maior presença em ambientes naturais; deslocamentos humanos intensos e rápidos (Hervé & Travassos da Rosa, 1983; Possas et al., 2018; Abreu et al., 2019); a plasticidade ecológica dos vetores, com destaque para a capacidade dos *Haemagogus* de voar longas distâncias além dos limites florestais (Causey et al., 1950) e para a adaptabilidade do *Aedes albopictus* a ambientes antropizados e silvestres (Damasceno-Caldeira et al., 2023); e o aumento das taxas de infestação por *Aedes aegypti* em áreas urbanas e periurbanas próximas aos focos enzoóticos de transmissão viral (Possas et al., 2018).

O *Hg. janthinomys* é reconhecido como o principal vetor da FA no Brasil. Com ampla distribuição geográfica e hábitos estritamente silvestres, esse mosquito realiza o repasto sanguíneo preferencialmente em PNH, mas também em seres humanos, sobretudo durante incursões das pessoas em ambientes florestais (Hervé & Travassos da Rosa, 1983). É uma espécie de hábitos diurnos, o que coincide com o período de maior atividade humana em áreas silvestres, aumentando o risco de transmissão. Sua elevada competência vetorial, aliada à capacidade de se infectar com baixas cargas virais, confere ao *Hg. janthinomys* um papel central na manutenção e disseminação do vírus (Hervé & Travassos da Rosa, 1983; Vasconcelos et al., 1997).

Os PNHs, por sua vez, atuam como hospedeiros amplificadores: ao se infectarem, desenvolvem viremia elevada por um curto período, sendo capazes de transmitir o vírus a novos vetores antes de evoluírem para o óbito ou para recuperação com imunidade duradoura (Ferreira et al., 2023; Possas et al., 2018).

A persistência do vírus no ambiente depende da continuidade do ciclo entre vetores infectados e hospedeiros susceptíveis (Vasconcelos, 2003). Enquanto a viremia nos macacos é breve, os mosquitos asseguram a manutenção prolongada do vírus no ecossistema, desempenhando papel essencial na perpetuação da FA em seu ciclo enzoótico (Hervé & Travassos da Rosa, 1983; Leão, 1997; Vasconcelos, 2003).

Embora exista apenas um sorotipo conhecido do vírus da FA, análises filogenéticas revelam variações genéticas entre cepas circulantes nas Américas e na África (Giovanetti et al., 2023). Essas diferenças permitem a classificação em dois genótipos americanos e cinco africanos (Monath, 2001). Até o momento, no entanto, não há evidências robustas que indique diferenças relevantes na patogenicidade entre as cepas (Monath, 2001; Vasconcelos, 2003; Davis & Barrett, 2024).

No Brasil, a detecção do vírus da FA ocorre majoritariamente a partir de amostras de PNHs, cuja resultado permite não apenas identificar a circulação viral, mas também inferir trajetórias de dispersão e relações filogenéticas entre cepas em diferentes regiões do território nacional (Giovanetti et al., 2023). Apesar da ampla diversidade genética do vírus, predomina no país o genótipo *South American I*, responsável pela maioria dos surtos registrados nas últimas décadas (Dantas Andrade et al., 2025). Esse genótipo tem se diversificado em múltiplos clados, entre as quais se destaca o clado epidêmico II, associado aos surtos de grande magnitude ocorridos entre 2016 e 2019 na região Sudeste (Salles et al., 2022; Giovanetti et al., 2023). No interior desse clado, merece atenção o subclado 1E, uma linhagem cuja origem é estimada no final da década de 1980 e que esteve diretamente envolvida nos eventos recentes (Dantas Andrade et al., 2025). Essa linhagem apresenta mutações específicas de aminoácidos que podem estar associadas a uma maior eficiência de transmissão viral ou a um potencial aumento de virulência (Souza et al., 2010; Giovanetti et al., 2023).

Ainda, estudos filogenéticos indicam que as cepas brasileiras mantêm proximidade genética com vírus isolados em países vizinhos da América do Sul, como a Venezuela, sugerindo intercâmbio genético e transmissões transfronteiriças (Dantas Andrade et al., 2025). Além disso, análises filogeográficas demonstram que a dispersão do vírus no território brasileiro tem sido moldada por fatores ambientais e antrópicos. Exemplo disso foi a trajetória percorrida pelo vírus entre 2014 e 2018, que percorreu estados como Goiás, Minas Gerais e São Paulo, seguindo os principais corredores hidrográficos e alcançando regiões de alta densidade populacional (Delatorre et al., 2019) e repetindo essa trajetória em 2025 (Dantas Andrade et al., 2025).

2.4.1. Sinais e Sintomas

A FA é uma doença infecciosa viral aguda, de curta duração, cuja apresentação clínica em humanos pode variar de formas oligossintomáticas até formas fulminantes, caracterizada por icterícia, albuminúria e hemorragias. O período de incubação costuma variar entre 3 a 6 dias, podendo se estender até 10 dias em alguns casos (Vasconcelos, 2003).

Primatas do Velho Mundo demonstram maior resistência ao vírus da FA, ao passo que, nas Américas Central e do Sul, diversas espécies se mostram altamente susceptíveis (Vasconcelos, 2003). Dentre elas, destaca-se o gênero *Alouatta*, amplamente

reconhecido por sua elevada sensibilidade e alta letalidade (Araújo et al., 2011; Passos et al., 2022). Os primatas dos gêneros *Callithrix* e *Ateles* são sensíveis ao vírus e apresentam uma taxa de letalidade elevada (Cubas et al., 2014). Por outro lado, *Sapajus* e *Cebus* tendem a desenvolver resposta imune mais eficiente, com menor gravidade e baixa letalidade (Cubas et al., 2014; Passos et al., 2022).

Nos primatas sul-americanos, os sinais clínicos da infecção são semelhantes aos observados em humanos (Ferreira et al., 2023). A viremia ocorre por cerca de três a quatro dias, geralmente associada à leucopenia e febre que pode persistir até sete dias. Os animais podem evoluir com apatia e recuperação em até duas semanas ou, nos casos graves, progredir para óbito. Os sinais clínicos mais severos incluem icterícia, vômitos, desidratação, hemorragias orais e intestinais, insuficiência hepática e renal, além de albuminúria decorrente da necrose hepática (Kindlovits & Kindlovits, 2009; Cubas et al., 2014).

2.4.2. Patogenia

Após o repasto sanguíneo do mosquito infectado, o vírus da FA é introduzido na corrente sanguínea do ser humano ou do PNH, alcançando inicialmente os linfonodos células linfóides e macrófagos (Vasconcelos, 2003). A liberação das partículas virais para os vasos linfáticos e, posteriormente, para circulação sistêmica marca o início da viremia, permitindo a disseminação do vírus para diversos órgãos, sobretudo o fígado. As lesões decorrentes podem ser atribuídas tanto ao efeito citopático direto do vírus quanto à resposta inflamatória do hospedeiro (Quaresma et al., 2006).

A infecção viral no fígado ocorre por via hematogênica e está associada a sintomas iniciais inespecíficos, como febre (em torno de 39°C), cefaleia, mal-estar, fotofobia, mialgia, dor lombar, irritabilidade, náusea e vômitos (Monath, 2001; Ho et al., 2019). O período de viremia varia conforme a apresentação clínica, sendo de algumas horas a dois dias nas formas leves e até cinco a sete dias nas formas mais graves (Vasconcelos, 2003; Quaresma et al., 2006).

A fase inicial pode ser seguida por um período de remissão, com melhora aparente dos sintomas, geralmente entre 12 horas a dois dias. Em alguns casos, essa melhora é interrompida por uma deterioração clínica súbita, caracterizando o estágio de intoxicação, com acometimento multissistêmico (Monath, 2001; Vasconcelos, 2003). Nessa fase, pode ocorrer febre hemorrágica grave, icterícia, oligúria ou anúria, disfunção

hepática e renal, instabilidade cardiovascular e manifestações hemorrágica (Ho et al., 2019). Nos PNHs, os sinais clínicos são semelhantes aos observados em humanos (Kindlovits & Kindlovits, 2009; Cubas et al., 2014).

A FA apresenta duas características patogênicas principais: o viscerotropismo, que corresponde à capacidade do vírus de causar viremia e lesões em órgãos como fígado, baço, rins e coração; e o neurotropismo, relacionado à infecção do parênquima cerebral, podendo causar encefalite. Na natureza, apenas seres humanos e PNHs desenvolvem formas viscerotrópicas da doença (Theiler, 1951; Quaresma et al., 2005; Ho et al., 2019). Dentre esses órgãos, o fígado é o mais comprometido, apresentando necrose eosinofílica, apoptose de hepatócitos, macroesteatose e microesteatose, com predomínio das lesões na região médio-zonal e escasso infiltrado inflamatório (Councilman, 1890; Quaresma et al., 2007; Passos et al., 2022).

Na necropsia, observa-se icterícia da pele e mucosas, equimoses extensas, acúmulo de líquidos pleurais e ascéticos com coloração amarelada, além de hemorragias no trato gastrointestinal, principalmente no estômago e intestino delgado. A vesícula biliar frequentemente encontra-se distendida e visivelmente aumentada, ultrapassando o gradil costal. A bexiga pode apresentar sufusões hemorrágicas e áreas de hemorragia. O fígado, geralmente pouco aumentado de volume, apresenta coloração amarelada e consistência amolecida, principalmente após o escoamento do sangue (Sallis et al., 2003).

Apesar das alterações histopatológicas hepáticas serem características e intensas, raramente são extensas ou difusas, o que evidencia uma desproporção entre a gravidade do quadro clínico e os achados morfológicos observados (Sallis et al., 2003; Quaresma et al., 2007).

2.5. Sistema de Vigilância de Epizootias de Primatas para a Febre Amarela

A existência de um ciclo silvestre da FA foi descrita no Brasil em 1932, no estado do Espírito Santo (Soper, 1937). Essa descoberta impulsionou uma série de estudos voltados à compreensão da ecologia do vírus e de seus mecanismos de manutenção na natureza (Tauil, 2010). Um dos aspectos mais investigados desde então é o papel dos PNHs como hospedeiros primários do vírus amarílico (Franco, 1969; Costa et al., 2011). No continente americano, todos os primatas testados se mostraram susceptíveis à infecção, especialmente os do gênero *Alouatta* (Vasconcelos, 2003; Romano et al., 2011; Moreno et al., 2013), além de outros gêneros como *Sajajus*, *Callithrix* e *Saimiri* (Passos et al.,

2022; Ferreira et al., 2023). Em contraste, os PNHs africanos costumam apresentar infecções virêmicas assintomáticas, o que reflete uma coevolução milenar entre o vírus e seus hospedeiros naturais no continente de origem (Vasconcelos, 2003).

Com base nesse conhecimento, o Brasil estruturou uma estratégia de vigilância com foco na prevenção de casos humanos (Costa et al., 2011). Essa estratégia tem como principal objetivo identificar áreas com circulação viral, permitindo ações oportunas de intensificação vacinal e, consequentemente, reduzindo o risco de reurbanização do vírus. Além disso, contribui para delimitação das áreas de transmissão, orientando a proteção de populações sob risco e subsidiando o mapeamento de regiões prioritárias para intensificação das ações de vigilância, prevenção e controle (Massad et al., 2005; Brasil, 2024). Nesse contexto, a vigilância de epizootias em PNH foi instituída como um dos principais componentes do sistema de vigilância da FA, funcionando como evento sentinela da circulação viral (Romano et al., 2011)

Formalizada nacionalmente a partir de 1999 (Costa et al., 2011; Romano et al., 2011), essa vigilância vem sendo aperfeiçoada ao longo das décadas e demonstrou, especialmente no século XXI, grande potencial para detecção precoce de surtos, contribuindo para reduzir o impacto da doença entre populações humanas (Araújo et al., 2011; Almeida et al., 2014; Chame et al., 2020; Giovanetti et al., 2023). Ao captar eventos em primatas, o sistema permite antecipar a resposta em saúde, orientando medidas prioritárias de vacinação, investigação e comunicação de risco (Brasil, 2017, 2024).

De forma complementar, a vigilância entomológica, embora enfrente limitações operacionais, também compõe esse sistema, sendo particularmente útil durante surtos. Ela busca elucidar o papel de diferentes espécies de mosquitos na transmissão viral (Brasil, 2017).

Outra abordagem estruturante do sistema é a vigilância baseada na sazonalidade, realizada entre dezembro e maio, período que historicamente concentra a maioria dos registros de FA. Essa abordagem contempla etapas de preparação, estruturação, organização e execução de ações pelos serviços de saúde, sincronizadas com o padrão da doença. Essa diretriz norteia o planejamento das ações em nível nacional e locais (Romano et al., 2011; Saúde, 2021; Brasil, 2024).

Considerando o alto potencial de dispersão do vírus, tanto entre humanos quanto entre PNH, as notificações de ambos devem ocorrer de forma imediata. A FA integra a lista de doenças de notificação compulsória, portaria de GM/MS nº55.201, de

agosto de 2024 e PRT MS/GM 782/2017 (capítulo III, art. 17 ao 21, Anexo 3, do Anexo V), classificada entre as doenças de notificação imediata (Brasil, 2024).

O Ministério da Saúde adota uma definição de caso propositalmente sensível para fins de vigilância, segundo o qual todo PNH, independentemente da espécie, encontrado morto (inclusive sob forma de ossada) ou doente, em qualquer local do território nacional, deve ser notificado às esferas do Sistema Único de Saúde (SUS) (Brasil, 2024). A investigação desses eventos deve priorizar a identificação de possíveis causas e a avaliação do risco à saúde humana. A coleta de amostras para diagnóstico laboratorial deve ser direcionada para a detecção do vírus da FA (Brasil, 2017).

A orientação do Ministério da Saúde é que casos suspeitos de FA, tanto em humanos quanto em PNH, sejam notificadas em até 24 horas. A investigação deve ser iniciada no mesmo prazo, utilizando os instrumentos oficiais, como a ficha de investigação epidemiológica de FA para humanos e a Notificação/Conclusão de Epizootias no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). Além disso, recomenda-se o registro de PNH no Sistema de Informação em Saúde Silvestre (SISS-Geo), ampliando o alcance e a integração das informações no território nacional (Brasil, 2024).

2.6. Considerações finais

A revisão apresentada neste capítulo evidencia que o Brasil, por sua vasta extensão territorial e complexidade ecológica, reúne condições únicas para a circulação do vírus da FA, de outras zoonoses e para a ocorrência de epizootias em PNH. Esses animais amplamente distribuídos nos biomas brasileiros e altamente sensíveis às alterações ambientais e climáticas, tem desempenhado papel central como sentinelas na vigilância da FA, permitindo uma rápida detecção da circulação viral e subsidiando ações de prevenção da doença.

Desde o início da vigilância de primatas no país, em 1999, importantes avanços foram alcançados, consolidando um sistema capaz de antecipar surtos e orientar medidas de prevenção em saúde pública. No entanto, ainda persistem desafios que comprometem seu pleno funcionamento, como desigualdades operacionais entre os territórios e subnotificações de eventos.

Neste cenário, reforça-se a necessidade de fortalecimento contínuo da vigilância integrada, com base na abordagem de Uma Só Saúde, articulando as dimensões

ecológicas e epidemiológicas da FA. Essa integração depende de investimentos permanentes em capacitação, infraestrutura, inovação tecnológica e cooperação entre instituições. Compreender as interações entre primatas, vírus e ambiente é fundamental para aprimorar as estratégias de prevenção e garantir que a vigilância de PNH siga como um dos pilares das políticas públicas voltados à saúde humana, à conservação e à redução de risco de emergências no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Filipe Vieira Santos De et al. Combination of surveillance tools reveals that Yellow Fever virus can remain in the same Atlantic Forest area at least for three transmission seasons. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 114, p. e190076, 2019.

AKAR, Stephen Eghelakpo et al. Epidemiological profile, trend, seasonality, and factors associated with yellow fever disease and barriers to vaccination: A retrospective observational study of multi-season national surveillance data in Nigeria, 2017 - 2021. *medRxiv*, 2023.

ALMEIDA, Marco A. B. et al. Surveillance for Yellow Fever Virus in Non-Human Primates in Southern Brazil, 2001–2011: A Tool for Prioritizing Human Populations for Vaccination. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 8, n. 3, p. e2741, 13 mar. 2014.

ALSHARIF, Abdulrahman Monuser et al. Exploring the Connections Between Environmental Changes and Health Issues Like Respiratory Diseases and Infectious Outbreaks: A Critical Analysis. *Journal of ecohumanism*, v. 3, n. 6, p. 1916–1922, 2024.

ARAÚJO, Francisco Anilton Alves et al. Epizootias em primatas não humanos durante reemergência do vírus da febre amarela no Brasil, 2007 a 2009. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 20, n. 4, p. 527–536, dez. 2011.

AURICCHIO, P. *Primatas do Brasil*. São Paulo: Terra Brasilis Comércio de Material Didático e Editora, 1995.

BENFICA, N.; GOMES, Andrea da Silva; ZANCHI, Fabrício Berton. Twenty years of net photosynthesis, climatic and anthropic factors from biomes of Bahia State, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 2023.

BEZERRA, Frank Silva et al. The Use of Primates as Experimental Models in Scientific Research and its Ethical Implications. *Archives of current research international*, v. 24, n. 11, p. 48–53, 2024.

BRASIL, Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em. *Plano de contingência para resposta às emergências em Saúde Pública: febre amarela*. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL, Ministério da. *Guia de vigilância em saúde*. 6. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024.

BRASIL, Ministério da. *Saúde Brasil 2020/2021: uma análise da situação de saúde e da qualidade da informação*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022.

BRASIL, Secretaria de Vigilância em. *Guia de vigilância de epizootias em primatas não humanos e entomologia aplicada à vigilância da febre amarela*. [S.l.]: Ms, 2017.

BUSTAMANTE, Mercedes et al. *Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos*. 2019.

- CARVALHO, Camila R. et al. Diversity, Ecology, and Bioprospecting of Endophytic Fungi in the Brazilian Biomes of Rupestrian Grasslands, Caatinga, Pampa, and Pantanal. In: [S.l.]: Springer, Cham, 2021. p. 151–176.
- CARVALHO, Frederico Bruzzi de et al. Brazil: Where Have We Been? In: [S.l.]: Springer, New York, NY, 2013. p. 11–16.
- CAUSEY, O. R.; KUMM, H. W.; LAEMMERT, H. W. Jr. Dispersion of forest mosquitoes in Brazil; further studies. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, v. 30, n. 2, p. 301–312, mar. 1950.
- CHAME, Márcia et al. Primates in SISS-GEO: potential contributions of mobile technology, health surveillance and citizen science to support species conservation in Brazil. *Neotropical Primates*, v. 26, n. 2, p. 80–89, dez. 2020.
- COSTA, Zouraide Guerra Antunes et al. Evolução histórica da vigilância epidemiológica e do controle da febre amarela no Brasil. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, v. 2, n. 1, p. 11–26, mar. 2011.
- COSTA-ARAÚJO, Rodrigo et al. A dataset of new occurrence records of primates from the arc of deforestation, Brazil. *Primate Biology*, v. 11, n. 1, p. 1–11, 22 jan. 2024.
- COUNCILMAN, W. T. Report on etiology and prevention of yellow fever. *Public Health Bulletin*, n. 2, p. 151–159, 1890.
- CUBAS, Zalmir Silvino; SILVA, Jean Carlos Ramos; CATÃO-DIAS, José Luiz (ORGS.). *Tratado de animais selvagens: medicina veterinária*. São Paulo: Roca, 2014.
- DAMASCENO-CALDEIRA, Rossela et al. Vector Competence of *Aedes albopictus* for Yellow Fever Virus: Risk of Reemergence of Urban Yellow Fever in Brazil. *Viruses*, v. 15, n. 4, p. 1019, 21 abr. 2023.
- DANTAS ANDRADE, Valnete das Graças et al. Re-emergence of Yellow Fever Virus in Brazil: Evidence from Forest and peri-urban Settings. *medRxiv: the preprint server for health sciences* United States, 12 abr. 2025.
- DAVIS, Emily H.; BARRETT, Alan D. T. Yellow Fever. In: [S.l.]: Elsevier BV, 2024. p. 167–171.
- DEFLER, T. R. *Primates de Colombia*. Santa Fé de Bogotá: Conservation International de Colombia, 2003.
- DELATORRE, Edson et al. Distinct YFV Lineages Co-circulated in the Central-Western and Southeastern Brazilian Regions From 2015 to 2018. *Frontiers in Microbiology*, v. 10, p. 1079, 2019.
- ELLWANGER, Joel Henrique; NOBRE, Carlos Afonso; CHIES, José Artur Bogo. Brazilian Biodiversity as a Source of Power and Sustainable Development: A Neglected Opportunity. *Sustainability*, v. 15, n. 1, p. 482, 28 dez. 2022.
- ERKYIHUN, Gashaw Adane; ALEMAYEHU, Meseret Bekele. One Health Approach for the Control of Zoonotic Diseases. *Zoonoses*, v. 2, n. 1, 2022.

FERREIRA, Milene S. et al. Experimental Yellow Fever in the Squirrel Monkey (*Saimiri* spp.): Hematological, Biochemical, and Immunological Findings. *Viruses*, v. 15, n. 3, p. 613, 23 fev. 2023.

FRANCO, Odair. História natural da febre amarela: revisitando a literatura científica brasileira. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, v. 27, n. 1, p. 211–238, 1969.

GIOVANETTI, Marta et al. Genomic epidemiology unveils the dynamics and spatial corridor behind the Yellow Fever virus outbreak in Southern Brazil. *Science Advances*, v. 9, n. 35, p. eadg9204, set. 2023.

HAMRICK, Patricia Najera et al. Geographic patterns and environmental factors associated with human yellow fever presence in the Americas. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 11, n. 9, p. e0005897, 8 set. 2017.

HARUN, A. et al. Decoding the Future: Genomic Sequencing's Vital Role in Communicable Disease Prevention within Public Health Practice - A Scoping Review. *International Medical Journal Malaysia*, v. 23, n. 03, 2024.

HARZHEIM, Erno et al. Brazilian National Institute of Geography and Statistics (IBGE) in partnership with Brazilian Ministry of Health launch the major national household survey using Primary Care Assessment Tool (PCAT) in the world. *Journal of family medicine and primary care*, v. 8, n. 12, p. 4042–4043, 2019.

HERVÉ, Jean-Pierre; TRAVASSOS DA ROSA, Amélia P. A. Ecologia da febre amarela no Brasil: a importância da conservação da diversidade biológica. *Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia*, n. 85, p. 16–23, 1983.

HILL, Sarah C. et al. Climate and land-use shape the spread of zoonotic yellow fever virus. *Infectious Diseases (except HIV/AIDS)*, 26 ago. 2022. Disponível em: <<http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2022.08.25.22278983>>. Acesso em: 8 jun. 2025

HO, Yeh-Li et al. Severe yellow fever in Brazil: clinical characteristics and management. *Journal of travel medicine*, v. 26, n. 5, 2019.

JENTES, Emily S. et al. The revised global yellow fever risk map and recommendations for vaccination, 2010: consensus of the Informal WHO Working Group on Geographic Risk for Yellow Fever. *The Lancet. Infectious diseases*, v. 11, n. 8, p. 622–632, ago. 2011.

KALAWAT, Usha; MOHAN, Alladi. Endemic, emerging and re-emerging zoonotic diseases: The way forward! *The Journal of Clinical and Scientific Research*, v. 12, n. 2, p. 79–80, 2023.

KANJA, Claire; VAGNONI, Cristiana. Preventing emerging zoonoses. 2022.

KINDLOVITS, L. M.; KINDLOVITS, A. Febre Amarela. *Clínica e Terapêutica em Primatas Tropicais*. In: 2 (Org.). *Clínica e Terapêutica em Primatas Tropicais*. Rio de Janeiro: L.F. Livros, 2009. p. 27–51.

LEÃO, Raimundo Nonato Queiroz de. Doenças infecciosas e parasitárias: enfoque amazônico / Infectious and parasitic diseases: focus Amazon. Belém: CEJUP/UEPA/Instituto Evandro Chagas, 1997.

LÖWY, I. Vírus, mosquitos e modernidade: a febre amarela no Brasil entre ciência e política. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2006.

MACÊDO, Isabel Luana et al. Hepatobiliary Platynosomosis in Black-Tufted Marmosets (*Callithrix penicillata*): A Lethal Threat for Wildlife and Captive Populations. American Journal of Primatology, v. 87, n. 1, p. e23701, jan. 2025.

MASSAD, Eduardo et al. Yellow Fever vaccination: how much is enough? Vaccine, v. 23, n. 30, p. 3908–3914, 10 jun. 2005.

MONATH, T. P. Yellow fever: an update. The Lancet. Infectious diseases, v. 1, n. 1, p. 11–20, ago. 2001.

MORENO, Eduardo Stramandinoli et al. Yellow fever epizootics in non-human primates, São Paulo state, Brazil, 2008-2009. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, v. 55, n. 1, p. 45–50, fev. 2013.

NASIR, Abdullah. Brazilian Geography and the Study of Territorial Formation. In: [S.l.: S.n.]. p. 55–64.

PARWANTO, ML Eddy. Zoonoses, and the wave of the COVID-19 pandemic. Jurnal Biomedika dan Kesehatan, 2023.

PASSOS, Pedro H. O. et al. Hepato-pathological hallmarks for the surveillance of Yellow Fever in South American non-human primates. Acta tropica, v. 231, p. 106468, jul. 2022.

PINTER, Adriano; PRIST, Paula Ribeiro; MARRELLI, Mauro Toledo. Biodiversity and public health interface. Biota Neotropica, v. 22, n. spe, 2022.

POSSAS, Cristina et al. Yellow Fever outbreak in Brazil: the puzzle of rapid viral spread and challenges for immunisation. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 113, n. 10, 3 set. 2018.

QIAO, Nan et al. Update on Nonhuman Primate Models of Brain Disease and Related Research Tools. Biomedicines, v. 11, n. 9, p. 2516, 12 set. 2023.

QUARESMA, Juarez A. S. et al. Hepatocyte lesions and cellular immune response in yellow fever infection. Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, v. 101, n. 2, p. 161–168, 1 fev. 2007.

QUARESMA, Juarez Antonio Simões et al. Immunohistochemical examination of the role of Fas ligand and lymphocytes in the pathogenesis of human liver yellow fever. Virus Research, v. 116, n. 1, p. 91–97, 1 mar. 2006.

QUARESMA, Juarez Antonio Simões et al. Reconsideration of histopathology and ultrastructural aspects of the human liver in yellow fever. Acta Tropica, v. 94, n. 2, p. 116–127, 1 maio 2005.

QUINTELA, FERNANDO MARQUES; ROSA, Clarissa; FEIJÓ, Anderson. Updated and annotated checklist of recent mammals from Brazil. 2021.

REIS, N. R. et al. Mamíferos do Brasil. In: Londrina: Editora Biblioteca Nacional, Universidade Estadual de Londrina, 2006. p. 101–148.

RIBEIRO, Milton Cezar et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Conservation Issues in the Brazilian Atlantic Forest*, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 1 jun. 2009.

ROMANO, A. P. M. et al. Febre Amarela no Brasil: recomendações para a vigilância, prevenção e controle. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, 2011. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/rev_epi_vol20_n1.pdf>.

RYLANDS, Anthony B. et al. Neotropical Primates. Barcelona: Lynx Nature Books in association with Re: wild, 2024.

SALLES, Ana Paula et al. Updating the Phylodynamics of Yellow Fever Virus 2016–2019 Brazilian Outbreak With New 2018 and 2019 São Paulo Genomes. *Frontiers in Microbiology*, v. 13, 2022.

SALLIS, Eliza Simone Viégas et al. A Case of Yellow Fever in a Brown Howler (*Alouatta fusca*) in Southern Brazil. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, v. 15, n. 6, p. 574–576, 1 nov. 2003.

SCHWAIDA, Samuel Fernando et al. Defining priorities areas for biodiversity conservation and trading forest certificates in the Cerrado biome in Brazil. *Biodiversity and Conservation*, v. 32, n. 6, p. 1807–1820, 1 maio 2023.

SILVA, Jainara Pereira et al. Effect of topographic and spatial factors on bryophyte communities in riparian forests of the Brazilian Cerrado. *Annals of botany*, p. mcaf246, 8 out. 2025.

SIMON, Sabrina; AMAKU, Marcos; MASSAD, Eduardo. The Burden of Yellow Fever on Migrating Humans through The Darién Gap, Adjacent Communities, and Primates' Biodiversity. *Challenges*, 2023.

SIMONS, Elwyn L. et al. A remarkable female cranium of the early Oligocene anthropoid *Aegyptopithecus zeuxis* (Catarrhini, Propliopithecidae). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 104, n. 21, p. 8731–8736, 22 maio 2007.

SOPER, Fred L. The Newer Epidemiology of Yellow Fever. *American Journal of Public Health and the Nations Health*, v. 27, n. 1, p. 1–14, jan. 1937.

SOUSA, Davi E. R. et al. Case report: Urbanized non-human primates as sentinels for human zoonotic diseases: a case of acute fatal toxoplasmosis in a free-ranging marmoset in coinfection with yellow fever virus. *Frontiers in Public Health*, v. 11, p. 1236384, 21 ago. 2023.

SOUSA, Davi Emanuel Ribeiro et al. Insights into the threats of toxoplasmosis for free-ranging black-tufted marmosets living in our neighborhood. *Scientific Reports*, v. 15, n. 1, p. 16047, 8 maio 2025.

SOUZA, Renato Pereira de et al. Detection of a new yellow fever virus lineage within the South American genotype I in Brazil. *Journal of Medical Virology*, v. 82, n. 1, p. 175–185, 2010.

TAUIL, Pedro Luiz. Aspectos críticos do controle da febre amarela no Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v. 44, n. 3, p. 555–558, jun. 2010.

TESHOME, Haregua. Review on Principles of Zoonoses Prevention, Control and Eradication. *American Journal of Biomedical Science & Research*, v. 3, n. 2, p. 188–197, 6 jun. 2019.

THEILER, M. The virus. In: STRODE, G. K. (Org.). *Yellow Fever*. New York: McGraw-Hill, 1951. p. 46–136.

TOMORI, Oyewale; OLUWAYELU, Daniel Oladimeji. Domestic Animals as Potential Reservoirs of Zoonotic Viral Diseases. *Annual Review of Animal Biosciences*, v. 11, n. 1, p. 33–55, 2023.

VASCONCELOS, P. F. C. Febre amarela. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 36, n. 2, p. 275–293, mar. 2003.

VOEVODIN, A. F.; MARX JR., P. A. *Simian Virology*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2009.

WILSON, Tais M. et al. Fatal Human Alphaherpesvirus 1 Infection in Free-Ranging Black-Tufted Marmosets in Anthropized Environments, Brazil, 2012–2019. *Emerging Infectious Diseases*, v. 28, n. 4, p. 802–811, abr. 2022.

WILSON, Tais Meziara et al. Emergence of a Novel Canine Distemper Virus Variant in Urbanized Free-Ranging Marmosets (*Callithrix penicillata*). *Transboundary and Emerging Diseases*, v. 2025, n. 1, p. 4818076, jan. 2025.

XIMENES, Maria de Fátima Freire de Melo et al. Atlantic Forest and Caatinga: Two Threatened Tropical Biomes in Brazil and Implications for Public Health. *Journal of biomedical research & environmental sciences*, v. 3, n. 5, p. 641–658, 2022.

YE, Zi. *The Application and Challenge of Non-Human Primate Experimental Animals in the Field of Neuroscience*. 2024.

YOUNG, Elizabeth H.; SANDHU, Manjinder S. *Genetic epidemiology*. 2021.

ZUCCA, Paolo et al. Zoonoses—Diseases Naturally Transmitted from Animals to Humans. *Frontiers for Young Minds*, v. 10, p. 833893, 13 set. 2022.

CAPÍTULO 2 – 25 ANOS DA VIGILÂNCIA DE EPIZOOTIAS DE PRIMATAS NÃO-HUMANOS NO BRASIL

O manuscrito correspondente a esse capítulo, está sendo finalizado para publicação em periódico científico internacional, e, em razão do seu conteúdo inédito, para evitar plágio e cumprir as normas de copyright, apresenta-se aqui apenas o resumo e suas referências.

RESUMO

25 ANOS DA VIGILÂNCIA DE EPIZOOTIAS DE PRIMATAS NÃO-HUMANOS NO BRASIL

Pedro Henrique de Oliveira Passos¹, Márcio Botelho de Castro²

¹ Médico Veterinário/Doutorando em Ciências Animais – PPG/UnB – Brasília/DF

² Médico Veterinário/Doutor – UnB – Brasília/DF

A febre amarela (FA) é uma arbovirose de elevada gravidade e importância epidemiológica, cuja vigilância no Brasil incorporou, desde 1999, a notificação de epizootias em primatas não-humanos (PNH) como ferramenta estratégica para detecção precoce do vírus e prevenção de surtos. Este estudo descritivo retrospectivo analisou uma série histórica de 25 anos (1999-2025) de registros nacionais de epizootias em PNH e casos humanos de FA, com base em dados de Ministério da Saúde. Foram notificadas 35.496 epizootias, das quais 64,2% apresentaram coleta de amostras biológicas e 9% foram confirmadas para o vírus amarílico. Observou-se forte correlação positiva entre epizootias e casos humanos ($r=0,72$; $p < 0,0001$), com antecipação dos eventos em PNHs no período de julho e novembro, configurando uma janela crítica para intensificação da vigilância. Entretanto, persistem desigualdades regionais e limitações laboratoriais que comprometem a sensibilidade do sistema, sobre tudo em áreas remotas. Os achados reforçam o papel dos PNHs como sentinela na antecipação de surtos de FA e destacam a importância do fortalecimento da vigilância integrada, do investimento em técnica contínua e laboratoriais e da manutenção de coberturas vacinais homogêneas. A experiência brasileira consolida a vigilância de epizootias em PNH como referência internacional e exemplo prático da abordagem Uma Só Saúde.

Palavras-chave: Febre Amarela; Primas Não-humanos; Vigilância Epidemiológica; Epizootias; Uma Só Saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Filipe Vieira Santos De et al. Combination of surveillance tools reveals that Yellow Fever virus can remain in the same Atlantic Forest area at least for three transmission seasons. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 114, p. e190076, 2019.

AKAR, Stephen Eghelakpo et al. Epidemiological profile, trend, seasonality, and factors associated with Yellow fever disease and barriers to vaccination: A retrospective observational study of multi-season national surveillance data in Nigeria, 2017 - 2021. *medRxiv*: 2023.

ALMEIDA, Marco A. B. et al. Surveillance for Yellow Fever Virus in Non-Human Primates in Southern Brazil, 2001–2011: A Tool for Prioritizing Human Populations for Vaccination. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 8, n. 3, p. e2741, 13 mar. 2014.

ALMEIDA, Marco Antônio Barreto et al. Yellow fever outbreak affecting Alouatta populations in southern Brazil (Rio Grande do Sul State), 2008-2009. *American journal of primatology*, v. 74, n. 1, p. 68–76, 1 jan. 2012.

ANDRADE, Miguel De S. et al. Real-Time Genomic Surveillance during the 2021 Re-Emergence of the Yellow Fever Virus in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Viruses*, v. 13, n. 10, p. 1976, 1 out. 2021a.

ANDRADE, Miguel S. et al. Fast surveillance response and genome sequencing reveal the circulation of a new Yellow Fever Virus sublineage in 2021, in Minas Gerais, Brazil. *Molecular Biology*, 24 nov. 2021b. Disponível em: <<http://biorxiv.org/lookup/doi/10.1101/2021.11.24.469129>>. Acesso em: 5 jun. 2025

ARAÚJO, Francisco Anilton Alves et al. Epizootias em primatas não humanos durante reemergência do vírus da febre amarela no Brasil, 2007 a 2009. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 20, n. 4, p. 527–536, dez. 2011.

BENCHIMOL, Jaime Larry. Febre amarela: a doença e a vacina, uma história inacabada. [S.l.]: Editora FIOCRUZ, 2001.

BRASIL, Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em. Plano de contingência para resposta às emergências em Saúde Pública: febre amarela. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL, Ministério da. Guia de vigilância em saúde. 6. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024.

BRASIL, Ministério da. Guia para diagnóstico laboratorial em saúde pública: orientações para o sistema nacional de laboratórios de saúde pública. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022.

BRASIL, Ministério da. Saúde Brasil 2020/2021: uma análise da situação de saúde e da qualidade da informação. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022.

BRASIL, Secretaria de Vigilância em. Guia de vigilância de epizootias em primatas não humanos e entomologia aplicada à vigilância da febre amarela. 2a edição (Atualizada) ed. [S.l.]: Ministerio da Saúde, 2017.

BRASIL. Boletim Epidemiológico: Situação epidemiológica da febre amarela no monitoramento 2019/2020. Boletim Epidemiológico, Ministerio da Saúde v. 51, n. 01, jan. 2020.

CARDOSO, Sabrina Fernandes et al. Development and validation of RT-LAMP for detecting yellow fever virus in non-human primates samples from Brazil. Dental science reports, v. 14, n. 1, 2024.

CHAME, Márcia et al. Primates in SISS-GEO: potential contributions of mobile technology, health surveillance and citizen science to support species conservation in Brazil. Neotropical Primates, v. 26, n. 2, p. 80–89, dez. 2020.

CHAVES, Andrea et al. Serosurvey of Nonhuman Primates in Costa Rica at the Human-Wildlife Interface Reveals High Exposure to Flaviviruses. Insects, v. 12, n. 6, p. 554, 2021.

COSTA, Zouraide Guerra Antunes et al. Evolução histórica da vigilância epidemiológica e do controle da febre amarela no Brasil. Revista Pan-Amazônica de Saúde, v. 2, n. 1, p. 11–26, mar. 2011.

DANTAS ANDRADE, Valnete das Graças et al. Re-emergence of Yellow Fever Virus in Brazil: Evidence from Forest and peri-urban Settings. medRxiv: the preprint server for health sciencesUnited States, 12 abr. 2025.

DE AZEVEDO FERNANDES, Natália C. C. et al. Differential Yellow Fever Susceptibility in New World Nonhuman Primates, Comparison with Humans, and Implications for Surveillance. Emerging Infectious Diseases, v. 27, n. 1, p. 47–56, jan. 2021.

DE OLIVEIRA, Cirilo H. et al. Yellow Fever Virus Maintained by Sabethes Mosquitoes during the Dry Season in Cerrado, a Semiarid Region of Brazil, in 2021. Viruses, v. 15, n. 3, p. 757, 15 mar. 2023.

DELATORRE, Edson et al. Distinct YFV Lineages Co-circulated in the Central-Western and Southeastern Brazilian Regions From 2015 to 2018. Frontiers in Microbiology, v. 10, p. 1079, 24 maio 2019.

FRANCO, Odair. História natural da febre amarela: revisitando a literatura científica brasileira. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v. 27, n. 1, p. 211–238, 1969.

GIOVANETTI, Marta et al. Genomic epidemiology unveils the dynamics and spatial corridor behind the Yellow Fever virus outbreak in Southern Brazil. Science Advances, v. 9, n. 35, p. eadg9204, set. 2023.

GOES DE JESUS, Jaqueline et al., Yellow fever transmission in non-human primates, Bahia, Northeastern Brazil. PLOS Neglected Tropical Diseases, v. 14, n. 8, p. e0008405, 11 ago. 2020.

HERVÉ, Jean-Pierre; TRAVASSOS DA ROSA, Amélia P. A. Ecologia da febre amarela no Brasil: a importância da conservação da diversidade biológica. *Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia*, n. 85, p. 16–23, 1983.

ILACQUA, Roberto C. et al. Reemergence of Yellow Fever in Brazil: The Role of Distinct Landscape Fragmentation Thresholds. *Journal of Environmental and Public Health*, v. 2021, p. 1–7, 23 jul. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2022: População e Densidade Demográfica por Grandes Regiões e Unidades da Federação. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br>>.

LÖWY, Ilana; LÖWY, Ilana. Vírus, mosquitos e modernidade: a febre amarela no Brasil entre ciência e política. Rio de Janeiro, RJ: Editora Fiocruz, 2006.

MARES-GUIA, Maria Angélica Monteiro De Mello et al. Yellow fever epizootics in non-human primates, Southeast and Northeast Brazil (2017 and 2018). *Parasites & Vectors*, v. 13, n. 1, p. 90, dez. 2020.

MÉNDEZ, Jairo A. et al. Detección por reacción en cadena de la polimerasa de transcriptasa inversa del virus de la fiebre amarilla en monos silvestres: una herramienta sensible para la vigilancia epidemiológica. *Biomédica*, v. 27, n. 3, p. 461, 15 set. 2007.

OLIVEIRA, Stefan Vilges De; LOPES, João Tertuliano Silveira; BAIRROS, Sandra. Vigilância da febre amarela em Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil: um relato da epizootia 2008-2009. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, v. 1, n. 1, mar. 2010.

OYONO, Martin Gael et al. Epidemiology of yellow fever virus in humans, arthropods, and non-human primates in sub-Saharan Africa: A systematic review and meta-analysis. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 16, n. 7, p. e0010610, 22 jul. 2022.

PASSOS, Pedro H. O. et al. Hepato-pathological hallmarks for the surveillance of Yellow Fever in South American non-human primates. *Acta tropica*, v. 231, p. 106468, jul. 2022.

PINHEIRO, F. P.; TRAVASSOS DA ROSA, A. P.; MORAES, M. A. An epidemic of yellow fever in Central Brazil, 1972-1973. II. Ecological studies. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 30, n. 1, p. 204–211, 1981.

POSSAS, Cristina et al. Yellow fever outbreak in Brazil: the puzzle of rapid viral spread and challenges for immunisation. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 113, n. 10, 3 set. 2018a.

POSSAS, Cristina et al. Yellow fever outbreak in Brazil: the puzzle of rapid viral spread and challenges for immunisation. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 113, n. 10, 3 set. 2018b.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 17 set. 2025. Disponível em: <<https://qgis.org>>

REZENDE, Izabela Maurício De et al. Persistence of Yellow fever virus outside the Amazon Basin, causing epidemics in Southeast Brazil, from 2016 to 2018. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 12, n. 6, p. e0006538, 4 jun. 2018.

RIBEIRO PRIST, Paula et al. Roads and forest edges facilitate yellow fever virus dispersion. *Journal of Applied Ecology*, v. 59, n. 1, p. 4–17, jan. 2022.

ROMANO, A. P. M. et al. Febre Amarela no Brasil: recomendações para a vigilância, prevenção e controle. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, 2011. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/rev_epi_vol20_n1.pdf>.

ROMANO, Alessandro Pecego Martins et al. Yellow Fever Outbreaks in Unvaccinated Populations, Brazil, 2008–2009. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, v. 8, n. 3, p. e2740, 13 mar. 2014.

RYLANDS, Anthony B. et al. Neotropical Primates. Barcelona: Lynx Nature Books in association with Re: wild, 2024.

SAAD, L. del C.; NETO, F. C. Reemergence of yellow fever in the state of São Paulo: the structuring role of surveillance of epizootics in non-human primates in a one health approach. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 27, 2024.

SOPER, F. et al. Yellow fever without *Aedes aegypti*: study of a rural epidemic in the Valle do Chanaan, Espirito Santo, Brazil, 1932. *American Journal of Hygiene*, v. 18, n. 3, p. 555–587, 1933.

STRODE, G. K. et al. (ORGS.). Yellow Fever. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1951.

VASCONCELOS, P. F. C. Febre amarela. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 36, n. 2, p. 275–293, mar. 2003.

CAPÍTULO 3 – DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE PRIMATAS NÃO-HUMANOS AFETADOS PELO VÍRUS DA FEBRE AMARELA NO BRASIL

O manuscrito correspondente a esse capítulo, está sendo finalizado para publicação em periódico científico internacional, e, em razão do seu conteúdo inédito, para evitar plágio e cumprir as normas de copyright, apresenta-se aqui apenas o resumo e suas referências.

RESUMO

DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE PRIMATAS NÃO-HUMANOS AFETADOS PELO VÍRUS DA FEBRE AMARELA NO BRASIL

Pedro Henrique de Oliveira Passos¹, Márcio Botelho de Castro²

¹ Médico Veterinário/Doutorando em Ciências Animais – PPG/UnB – Brasília/DF

² Médico Veterinário/Doutor – UnB – Brasília/DF

O Brasil abriga a maior diversidade de primatas não humanos (PNH) do mundo, desempenhando papel central na manutenção dos ecossistemas e na vigilância de zoonoses como a febre amarela (FA). Este estudo descritivo e retrospectivo analisou a série histórica de epizootias confirmadas de FA em PNHs entre 1999 e 2025, com o objetivo de caracterizar os gêneros taxonômicos envolvidos e suas variações temporais e espaciais. Foram registradas 35.496 epizootias, totalizando 43.062 indivíduos notificados, dos quais 4.673 pertencentes a 3.203 epizootias foram confirmados para FA. O gênero *Alouatta* representou a maioria das confirmações, seguido por *Callithrix* e *Sapajus*, com predomínio nos biomas Mata Atlântica, Pampa e Cerrado. Registros de *Callithrix penicillata* e *Sapajus sp.* foram mais frequentes em áreas periurbanas e de transição no Cerrado e na Mata Atlântica, refletindo sua elevada plasticidade ecológica. Outros gêneros, como *Callicebus*, *Saimiri*, *Aotus* e *Leontopithecus*, apresentaram ocorrências esparsas e regionalizadas, mas com relevância conservacionista, especialmente no caso do *Leontopithecus rosalia*, espécie criticamente ameaçada de extinção. A predominância de confirmações nas regiões Sudeste e Sul reflete o padrão recente de reemergência do vírus em áreas de intensa fragmentação florestal e alta densidade populacional. A diversidade de PNHs afetados pela FA reforça a interdependência entre saúde humana, animal e ambiental, consolidando a vigilância de epizootias como eixo estratégico da abordagem Uma Só Saúde no Brasil.

Palavras-chave: Febre Amarela; Primatas Não-Humanos; Biodiversidade; Taxonomia; Uma Só Saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Filipe Vieira Santos De et al. Combination of surveillance tools reveals that Yellow Fever virus can remain in the same Atlantic Forest area at least for three transmission seasons. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 114, p. e190076, 2019.

ALMEIDA, Marco Antônio Barreto et al. Yellow fever outbreak affecting Alouatta populations in southern Brazil (Rio Grande do Sul State), 2008-2009. *American journal of primatology*, v. 74, n. 1, p. 68–76, 1 jan. 2012.

AMARAL, Cesar et al. Global climate changes and the evolution of area suitability for marmosets of genus *Callithrix*. 2023.

ARAÚJO, Francisco Anilton Alves et al. Epizootias em primatas não humanos durante reemergência do vírus da febre amarela no Brasil, 2007 a 2009. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 20, n. 4, p. 527–536, dez. 2011.

BATES, Marston. The Saimiri Monkey as an Experimental Host for the Virus of Yellow Fever 1. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 24, n. 2, p. 83–89, 1944.

BRASIL, Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em. Plano de contingência para resposta às emergências em Saúde Pública: febre amarela. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL, Ministério da. Guia de vigilância em saúde. 6. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024.

BRASIL, Ministério da. Guia para diagnóstico laboratorial em saúde pública : orientações para o sistema nacional de laboratórios de saúde pública. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022.

BRASIL, Ministério da. Saúde Brasil 2020/2021: uma análise da situação de saúde e da qualidade da informação. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022.

BRASIL. Boletim Epidemiológico: Situação epidemiológica da febre amarela no monitoramento 2019/2020. *Boletim Epidemiológico*, v. 51, n. 01, jan. 2020.

CAMARGO, Carolina Cigerza de. Ecologia comportamental de *Alouatta belzebul* (Linnaeus, 1766) na Amazônia Oriental sob alteração antrópica de hábitat. 2005.

CULOT, Laurence et al. ATLANTIC-PRIMATES: a dataset of communities and occurrences of primates in the Atlantic Forests of South America. *Ecology*, v. 100, n. 1, p. e02525, jan. 2019.

DANTAS ANDRADE, Valnete das Graças et al. Re-emergence of Yellow Fever Virus in Brazil: Evidence from Forest and peri-urban Settings. *medRxiv : the preprint server for health sciences* United States, 12 abr. 2025.

DAVIS, Nelson C. The transmission of yellow fever : experiments with the “woolly monkey” (*lagothrix lago-tricha humboldt*), the “spider monkey” (*ateleus ater f. cuvier*),

and the “squirrel monkey” (*saimiri sciureus linnaeus*). *Journal of Experimental Medicine*, v. 51, n. 5, p. 703–720, 1930.

DE AZEVEDO FERNANDES, Natália C. C. et al. Differential Yellow Fever Susceptibility in New World Nonhuman Primates, Comparison with Humans, and Implications for Surveillance. *Emerging Infectious Diseases*, v. 27, n. 1, p. 47–56, jan. 2021.

DIETZ, James M. et al. Yellow fever in Brazil threatens successful recovery of endangered golden lion tamarins. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 12926, 10 set. 2019.

FERREIRA, Milene S. et al. Experimental Yellow Fever in the Squirrel Monkey (*Saimiri* spp.): Hematological, Biochemical, and Immunological Findings. *Viruses*, v. 15, n. 3, p. 613, 23 fev. 2023.

GAYTHORPE, Katy Am et al. The global burden of yellow fever. *eLife*, v. 10, p. e64670, 16 mar. 2021.

GIOVANETTI, Marta et al. Genomic epidemiology unveils the dynamics and spatial corridor behind the Yellow Fever virus outbreak in Southern Brazil. *Science Advances*, v. 9, n. 35, p. eadg9204, set. 2023.

KALAWAT, Usha; MOHAN, Alladi. Endemic, emerging and re-emerging zoonotic diseases: The way forward! *The Journal of Clinical and Scientific Research*, v. 12, n. 2, p. 79–80, 2023.

LAMBERT. Handbook of the Mammals of the World: 3. Primates. *Journal of Mammalogy*, v. 95, n. 4, p. 906–907, 1 ago. 2014.

MÉNDEZ, Jairo A. et al. Detección por reacción en cadena de la polimerasa de transcriptasa inversa del virus de la fiebre amarilla en monos silvestres: una herramienta sensible para la vigilancia epidemiológica. *Biomédica*, v. 27, n. 3, p. 461, 15 set. 2007.

OKLANDER, Luciana I. et al. Restoration of *Alouatta guariba* populations: building a binational management strategy for the conservation of the endangered brown howler monkey of the Atlantic Forest. *Frontiers in Conservation Science*, v. 5, p. 1401749, 10 maio 2024.

OYONO, Martin Gael et al. Epidemiology of yellow fever virus in humans, arthropods, and non-human primates in sub-Saharan Africa: A systematic review and meta-analysis. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 16, n. 7, p. e0010610, 22 jul. 2022.

PASSOS, Pedro H. O. et al. Hepato-pathological hallmarks for the surveillance of Yellow Fever in South American non-human primates. *Acta tropica*, v. 231, p. 106468, jul. 2022.

POSSAS, C. Yellow fever outbreak in Brazil: the puzzle of rapid viral spread and challenges for immunization. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 113, n. 10, p. e180278, 2018.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 17 set. 2025. Disponível em: <<https://qgis.org>>

RIBEIRO PRIST, Paula et al. Roads and forest edges facilitate yellow fever virus dispersion. *Journal of Applied Ecology*, v. 59, n. 1, p. 4–17, jan. 2022.

RODRIGUES, Lilian Figueiredo; VIDAL, Marcelo Derzi. Densidade e tamanho populacional de primatas em uma área de terra firme na Amazônia Central. *Neotropical Primates*, v. 18, n. 1, p. 9–16, 1 jun. 2011.

ROMANO, A. P. M. et al. Febre Amarela no Brasil: recomendações para a vigilância, prevenção e controle. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, 2011. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/rev_epi_vol20_n1.pdf>.

RYLANDS, Anthony B. et al. *Neotropical Primates*. Barcelona: Lynx Nature Books in association with Re:wild, 2024.

SALAS-ROJAS, Mónica et al. Serological evidence for potential yellow fever virus infection in non-human primates, southeastern Mexico. *One Health Outlook*, v. 5, n. 1, p. 14, 24 out. 2023.

SALLIS, Eliza Simone Viégas et al. A Case of Yellow Fever in a Brown Howler (*Alouatta fusca*) in Southern Brazil. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, v. 15, n. 6, p. 574–576, 1 nov. 2003.

SICONELLI, Márcio Júnio Lima et al. Coding-Complete Genome Sequence of a Yellow Fever Virus Isolated from a Baby Howler Monkey (*Alouatta caraya*) from São Paulo State, Brazil, in 2016. *Microbiology Resource Announcements*, v. 10, n. 1, p. e01244-20, 7 jan. 2021.

TOROSIN, Nicole S. et al. Comparing the selective landscape of TLR7 and TLR8 across primates reveals unique sites under positive selection in *Alouatta*. *Molecular phylogenetics and evolution*, v. 152, p. 106920, nov. 2020.

VASCONCELOS, P. F. C. Febre amarela. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 36, n. 2, p. 275–293, mar. 2003.

VASCONCELOS, Pedro Fernando Da Costa. Yellow fever in Brazil: thoughts and hypotheses on the emergence in previously free areas. *Revista de Saúde Pública*, v. 44, n. 6, p. 1144–1149, dez. 2010.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vigilância de epizootias em PNH consolidou-se, ao longo de mais de duas décadas, como o principal eixo sentinela para a antecipação da detecção da circulação do vírus da FA no território brasileiro. Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que a análise dos dados obtidos pela vigilância de epizootias em PNH permitiu compreender de forma abrangente a dinâmica espaço-temporal da doença, evidenciar padrões de dispersão viral e antecipar surtos em humanos, confirmando o papel estratégico desses animais como importantes indicadores de risco. Ao mesmo tempo, a série histórica revelou desigualdades regionais, lacunas e limitações operacionais que comprometem a sensibilidade e a oportunidade do sistema de vigilância em determinadas áreas do país, especialmente na Amazônia e em territórios de difícil acesso.

A amplitude dos dados apresentados reforça que a FA permanece como uma zoonose de comportamento cíclico e de grande impacto sanitário, cuja reemergência está associada à fragmentação de ecossistemas, às mudanças climáticas e à expansão da interface entre ambientes silvestres e urbanos. O fortalecimento da vigilância depende de uma abordagem integrada, sustentada em redes intersetoriais que articulem saúde pública, meio ambiente e conservação da fauna. Nesse contexto, o paradigma de Uma Só Saúde constitui o fundamento conceitual indispensável para a gestão contemporânea da doença, permitindo a convergência entre dados epidemiológicos, ecológicos, genéticos e sociais na tomada de decisão.

A partir da consolidação de 35.496 epizootias notificadas e 3.203 confirmadas para FA, o presente estudo mostrou que os picos epizooticos precedem os surtos humanos e concentram-se entre julho e novembro, configurando uma janela importante para atuação da vigilância. A predominância dos gêneros *Alouatta* e *Callithrix* entre os animais acometidos reflete não apenas diferenças biológicas na suscetibilidade ao vírus, mas também a influência da fragmentação florestal, da pressão antrópica e da proximidade com centros urbanos sobre os padrões dos registros notificados. Esses achados evidenciam que a ecologia dos hospedeiros e a estrutura das paisagens são elementos inseparáveis da dinâmica comportamental do vírus amarelo.

Do ponto de vista operacional, a série histórica revelou avanços significativos na coleta de amostras, na ampliação da identificação taxonômica e na integração dos sistemas de informação, mas também destacou a necessidade de reduzir a proporção de epizootias sem coleta de amostras. A dependência de investigações

oportunistas e a carência de equipes treinadas em áreas remotas, especialmente na região Amazônica, limitam a sensibilidade e a abrangência da vigilância. Além disso, persistem desigualdades regionais na capacidade identificação de PNHs mortos e na execução adequada das etapas de coleta, conservação e transporte de material biológicos. Esses desafios reforçam a importância de políticas públicas voltadas ao fortalecimento da infraestrutura regionalizada e à descentralização das análises laboratoriais, assegurando respostas mais ágeis e homogêneas em todo o território nacional.

O Brasil apresenta um sistema de vigilância robusto e pioneiro, mas que requer atualização permanente frente aos novos contextos ecológicos e epidemiológicos. O uso de tecnologias digitais para notificação em tempo real, o georreferenciamento das epizootias, a integração de plataformas como o SISS-Geo e o SINAN, e o uso de modelos preditivos baseados em dados ambientais e genômicos devem ser priorizados como instrumentos de modernização. A incorporação de análises genéticas de PNH e de vetores pode ampliar a compreensão sobre as linhagens virais e sua dispersão geográfica, fornecendo subsídios essenciais para o delineamento de corredores de transmissão e áreas prioritárias para imunização.

A experiência acumulada demonstra que a manutenção de coberturas vacinais homogêneas é o pilar mais eficaz de prevenção da FA. Entretanto, a vigilância animal é o componente que confere sensibilidade ao sistema, permitindo detectar precocemente alterações no cenário epidemiológico e evitar a reurbanização do vírus. A convergência dessas duas dimensões — vigilância de primatas e imunização — constitui o eixo estruturante de uma resposta preventiva eficiente. A antecipação temporal das epizootias observada neste estudo reforça que a intensificação da vigilância entre julho e novembro deve ser enfatizada como diretriz estratégica nacional.

A integração das informações sobre primatas e humanos, associada a dados de entomologia e cobertura vacinal, pode gerar painéis dinâmicos de risco, permitindo intervenções territoriais mais precisas. A vigilância participativa, envolvendo comunidade, universidades, instituições ambientais, secretarias estaduais e municipais de saúde, parques e organizações não governamentais, deve ser estimulada, sobretudo em áreas de transição entre biomas, onde o risco de disseminação viral é maior. Da mesma forma, a incorporação da vigilância genômica e da modelagem espacial deve ser expandida como política pública de rotina.

No campo da conservação, a elevada mortalidade de primatas do gênero *Alouatta* durante os surtos recentes evidencia o impacto ecológico da FA sobre a

biodiversidade brasileira. A perda de populações inteiras de bugios e a infecção de espécies ameaçadas, como o mico-leão-dourado, ampliam a dimensão conservacionista da vigilância e exigem protocolos conjuntos entre órgãos de saúde e meio ambiente. A integração das ações de vigilância com estratégias de manejo de fauna e corredores ecológicos pode contribuir para a recuperação populacional de espécies vulneráveis e para a redução da fragmentação de habitats, que amplifica o risco de contato entre humanos, primatas e vetores.

Entre as recomendações estratégicas para o fortalecimento da vigilância de FA e de epizootias em primatas, destacam-se:

- a) Institucionalização de programas permanentes de capacitação de equipes de campo e laboratoriais, com ênfase em biossegurança, coleta de amostras e identificação taxonômica;
- b) Investimento em laboratórios locais para diagnóstico molecular, imuno-histoquímico e anatomopatológico;
- c) Estímulo à criação de redes de vigilância integrada entre saúde, meio ambiente, universidades e comunidade;
- d) Desenvolvimento de campanhas de comunicação de risco voltadas às populações rurais e periurbanas, com enfoque em educação ambiental e vacinação preventiva.

Com base nas evidências geradas nesta tese, é possível propor um conjunto inicial de indicadores operacionais para monitorar o desempenho do sistema de vigilância de primatas e da FA no Brasil:

- a) Proporção de epizootias notificadas com coleta de amostras biológicas;
- b) Tempo médio entre a notificação do evento e o envio da amostra ao laboratório;
- c) Taxa de confirmação laboratorial entre as epizootias investigadas com coleta de amostras;
- d) Proporção de epizootias notificadas com identificação taxonômica válida;
- e) Percentual de municípios com notificações registradas no SISS-Geo e no SINAN;
- f) Tempo médio entre a detecção de epizootias e o início das ações de imunização local;
- g) Cobertura vacinal média das populações em áreas com detecção viral;
- h) Frequência de atualização e resposta às análises genômicas e entomológicas.

Esses indicadores podem orientar avaliações contínuas de sensibilidade, oportunidade e efetividade do sistema, além de permitir comparações regionais e a priorização de investimentos.

A consolidação de uma política nacional de vigilância integrada de arboviroses zoonóticas requer a valorização da dimensão animal como componente essencial do sistema de saúde pública. A experiência brasileira, ao incorporar PNHs como sentinelas da FA, representa uma das mais exitosas aplicações práticas da abordagem Uma Só Saúde no mundo. Reforçar essa estratégia implica não apenas aprimorar métodos e estruturas, mas reconhecer que a saúde humana e a conservação da biodiversidade são dimensões indissociáveis de um mesmo sistema ecológico. Manter a vigilância ativa, fortalecer a ciência aplicada e sustentar políticas intersetoriais de longo prazo são passos fundamentais para garantir que o Brasil continue a liderar a vigilância integrada de FA e sirva de modelo para outras doenças emergentes nas próximas décadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em. Plano de contingência para resposta às emergências em Saúde Pública: febre amarela. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL, Ministério da. Guia de vigilância em saúde. 6. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024.

BRASIL, Ministério da. Saúde Brasil 2020/2021: uma análise da situação de saúde e da qualidade da informação. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022.

BRASIL, Secretaria de Vigilância em. Guia de vigilância de epizootias em primatas não humanos e entomologia aplicada à vigilância da febre amarela. [S.l.]: Ms, 2017.

BUSTAMANTE, Mercedes et al. Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. 2019.

CARVALHO, Camila R. et al. Diversity, Ecology, and Bioprospecting of Endophytic Fungi in the Brazilian Biomes of Rupestrine Grasslands, Caatinga, Pampa, and Pantanal. In: [S.l.]: Springer, Cham, 2021. p. 151–176.

CARVALHO, Frederico Bruzzi de et al. Brazil: Where Have We Been? In: [S.l.]: Springer, New York, NY, 2013. p. 11–16.

CAUSEY, O. R.; KUMM, H. W.; LAEMMERT, H. W. Jr. Dispersion of forest mosquitoes in Brazil; further studies. The American journal of tropical medicine and hygiene, v. 30, n. 2, p. 301–312, mar. 1950.

CHAME, Márcia et al. Primates in SISS-GEO: potential contributions of mobile technology, health surveillance and citizen science to support species conservation in Brazil. Neotropical Primates, v. 26, n. 2, p. 80–89, dez. 2020.

COSTA, Zouraide Guerra Antunes et al. Evolução histórica da vigilância epidemiológica e do controle da febre amarela no Brasil. Revista Pan-Amazônica de Saúde, v. 2, n. 1, p. 11–26, mar. 2011.

COSTA-ARAÚJO, Rodrigo et al. A dataset of new occurrence records of primates from the arc of deforestation, Brazil. Primate Biology, v. 11, n. 1, p. 1–11, 22 jan. 2024.

DAMASCENO-CALDEIRA, Rossela et al. Vector Competence of *Aedes albopictus* for Yellow Fever Virus: Risk of Reemergence of Urban Yellow Fever in Brazil. Viruses, v. 15, n. 4, p. 1019, 21 abr. 2023.

DANTAS ANDRADE, Valnete das Graças et al. Re-emergence of Yellow Fever Virus in Brazil: Evidence from Forest and peri-urban Settings. medRxiv: the preprint server for health sciencesUnited States, 12 abr. 2025.

ELLWANGER, Joel Henrique; NOBRE, Carlos Afonso; CHIES, José Artur Bogo. Brazilian Biodiversity as a Source of Power and Sustainable Development: A Neglected Opportunity. Sustainability, v. 15, n. 1, p. 482, 28 dez. 2022.

GIOVANETTI, Marta et al. Genomic epidemiology unveils the dynamics and spatial corridor behind the Yellow Fever virus outbreak in Southern Brazil. *Science Advances*, v. 9, n. 35, p. eadg9204, set. 2023.

HAMRICK, Patricia Najera et al. Geographic patterns and environmental factors associated with human yellow fever presence in the Americas. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 11, n. 9, p. e0005897, 8 set. 2017.

HARUN, A. et al. Decoding the Future: Genomic Sequencing's Vital Role in Communicable Disease Prevention within Public Health Practice - A Scoping Review. *International Medical Journal Malaysia*, v. 23, n. 03, 2024.

HERVÉ, Jean-Pierre; TRAVASSOS DA ROSA, Amélia P. A. Ecologia da febre amarela no Brasil: a importância da conservação da diversidade biológica. *Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia*, n. 85, p. 16–23, 1983.

HILL, Sarah C. et al. Climate and land-use shape the spread of zoonotic yellow fever virus. *Infectious Diseases (except HIV/AIDS)*, 26 ago. 2022. Disponível em: <<http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2022.08.25.22278983>>. Acesso em: 8 jun. 2025

KALAWAT, Usha; MOHAN, Alladi. Endemic, emerging and re-emerging zoonotic diseases: The way forward! *The Journal of Clinical and Scientific Research*, v. 12, n. 2, p. 79–80, 2023.

MASSAD, Eduardo et al. Yellow Fever vaccination: how much is enough? *Vaccine*, v. 23, n. 30, p. 3908–3914, 10 jun. 2005.

PINTER, Adriano; PRIST, Paula Ribeiro; MARRELLI, Mauro Toledo. Biodiversity and public health interface. *Biota Neotropica*, v. 22, n. spe, 2022.

POSSAS, Cristina et al. Yellow Fever outbreak in Brazil: the puzzle of rapid viral spread and challenges for immunisation. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 113, n. 10, 3 set. 2018.

ROMANO, A. P. M. et al. Febre Amarela no Brasil: recomendações para a vigilância, prevenção e controle. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, 2011. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/rev_epi_vol20_n1.pdf>.

SIMON, Sabrina; AMAKU, Marcos; MASSAD, Eduardo. The Burden of Yellow Fever on Migrating Humans through The Darién Gap, Adjacent Communities, and Primates' Biodiversity. *Challenges*, 2023.

SIMONS, Elwyn L. et al. A remarkable female cranium of the early Oligocene anthropoid *Aegyptopithecus zeuxis* (Catarrhini, Propliopithecidae). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 104, n. 21, p. 8731–8736, 22 maio 2007.

VASCONCELOS, P. F. C. Febre amarela. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 36, n. 2, p. 275–293, mar. 2003.