

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 11/11/2027.

UNIVERSIDADE ESTATUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO ANIMAL E MEDICINA VETERINÁRIA PREVENTIVA

**PREVALÊNCIA E CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR DE
LEPTOSPIRA EM ANIMAIS SILVESTRES DE VIDA LIVRE**

KATIA JAGGI

Botucatu - SP
Abril de 2026



UNIVERSIDADE ESTATUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO ANIMAL E MEDICINA VETERINÁRIA PREVENTIVA

**PREVALÊNCIA E CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR DE
LEPTOSPIRA EM ANIMAIS SILVESTRES DE VIDA LIVRE**

KATIA JAGGI

Projeto de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens, FMVZ – UNESP Botucatu, como parte dos requisitos para obtenção de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Fornazari

Coorientador: Prof. Dr. Victor Yunes Guimarães

Botucatu - SP

Abril de 2026

J24p Jaggi, Katia
Prevalência e Caracterização Molecular de Leptospira em Animais Silvestres de Vida Livre / Katia Jaggi. -- Botucatu, 2026
53 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu
Orientador: Felipe Fornazari
Coorientador: Victor Yunes Guimarães

1. qPCR. 2. Leptospirose. 3. Animais Selvagens. 4. Caracterização Molecular. I. Título.

TÍTULO: PREVALÊNCIA E CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR DE *Leptospira* EM ANIMAIS SILVESTRES DE VIDA LIVRE

COMISSÃO EXAMINADORA

Orientador

Prof. Dr. Felipe Fornazari

Departamento de Produção Animal e Medicina Veterinária Preventiva

FMVZ – UNESP – Botucatu

Titular 2

Prof. Dra. Amanda Haisi

Instituto de Biotecnologia (IBTEC)

IBTEC – UNESP – Botucatu

Titular 3

Prof. Dra. Melissa Hanzen Pinna Valentim

Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Produção

Universidade Federal da Bahia

Suplente 1

Dr. Paulo Fernandes Marcusso

Departamento de Clínica Veterinária

FMVZ – UNESP – Botucatu

Suplente 2

Prof. Dr. Mateus de Souza Ribeiro Mioni

Departamento de Patologia, Reprodução e Saúde Única

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária – UNESP – Jaboticabal

Data da Defesa: 11 de Maio de 2026.

Agradecimentos

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de mestrado (2024/01396-0), viabilizando a realização do projeto. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Ao meu orientador, Felipe, agradeço inicialmente pela oportunidade em me aceitar como mestranda e por todos os ensinamentos ao longo desses dois anos. Percebo o quanto aprendi e cresci profissional e pessoalmente ao longo desse período e muito disso foi graças a essa parceria.

Agradeço aos meus pais, Leila e Ricardo, que nunca mediram esforços quando o assunto era educação, sempre me incentivaram desde criança no meu sonho de ser Médica Veterinária. Foi muito difícil estar tão distante nesse período do mestrado, mas sei, graças a eles, da importância dessa etapa para o meu futuro! De uma maneira ou de outra, eles sempre dão um jeito de mostrar que estão comigo e me apoiando! Aos meus demais familiares, seja no Rio Grande do Sul ou em São Paulo, agradeço por todo apoio e incentivo de sempre! Agradeço também às minhas pets, que também são família, Acerola e Nala.

A todos amigos que fiz aqui em Botucatu, meu sincero agradecimento, vocês ajudaram a tornar esse período de vir sozinha para outro estado mais leve e me fazem lembrar que a vida não se faz só de trabalho e estudo!

Em especial agradeço a Bia, minha amiga e parceira de apartamento que veio lá de Porto Alegre também, acima de tudo pela companhia diária! Também ao Gustavo, que não mediu esforços em me apoiar e incentivar em todas as etapas, acreditando em mim quando eu mesma não acreditei, além de me apresentar a corrida, que me fez um bem enorme nesse período!

Aos meus amigos de Porto Alegre, Julia, Nathalia, Rodrigo e Rafael, já são muitos anos de amizade e não seria a distância que mudaria isso. Obrigada pela parceria de sempre. E aos de Pelotas, fico realizada em ver o sucesso de cada um de vocês dentro da nossa profissão.

Agradeço aos residentes e equipe do Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens, para além de uma parceria de trabalho, encontrei grandes amigos! Também agradeço da mesma forma à equipe do Serviço de Diagnóstico de Zoonoses.

Raquel, Nycolas, Anna e Ricardo, obrigada pela parceria nos projetos, aprendi muito com cada um de vocês.

Agradeço também à fauna que encontramos em nosso país, foi um privilégio e uma honra poder trabalhar com esses animais fascinantes.

Obrigada a todos que contribuíram com a realização desse projeto de alguma forma!

SUMÁRIO

Lista de Fugiras	6
Lista de Tabelas.....	7
Resumo	8
Abstract.....	9
Capítulo 1	10
1. Introdução	11
2. Revisão de Literatura	12
2.1. Etiologia	12
2.2. Epidemiologia	12
2.3. Manifestações Clínicas	14
2.4. Diagnóstico	15
2.5. Leptospirose em Animais Selvagens	16
3. Referências Bibliográficas	18
Capítulo 2	22
Trabalho Científico.....	23
Anexos.....	52
Atestado de aprovação – CEUA FMVZ - Unesp, Botucatu	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação do ciclo epidemiológico da Leptospirose. Fonte: Arquivo Pessoal4

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espécies de animais amostrados e tipo de amostra por animal20

Tabela 2. Amostras testadas para qPCR de urina e rim24

RESUMO

A leptospirose é uma zoonose de importância mundial causada por bactérias do gênero *Leptospira*. Diversas espécies de mamíferos podem atuar como reservatórios, liberando a bactéria de forma intermitente na urina, bem como apresentar quadros clínicos de gravidade variada. O objetivo do presente estudo é identificar o papel dos animais silvestres como carreadores de *Leptospira* spp. Foram coletadas amostras de sangue para a realização do diagnóstico sorológico (Soroaglutinação Microscópica - SAM) e de urina e rim para diagnóstico molecular (Reação em Cadeia pela Polimerase em Tempo Real – qPCR). Dentre as amostras positivas, sete foram submetidas ao sequenciamento Sanger. Foram obtidas amostras de 227 animais distribuídos em 30 espécies (98 de urina, 140 de rim e 60 de soro). Na qPCR das amostras de urina e rim, foram obtidas 10 positivas (4,7%) das espécies: Cachorro-do-mato (n=1), Irara (n=1), Lobo-guará (n=1), Lontra (n=1), Macaco-prego (n=1), Onça-parda (n=1), Ouriço-cacheiro (n=2), Tamanduá-mirim (n=1) e Tatu-galinha (n=1). Obteve-se sucesso em cinco das sete amostras sequenciadas, com identificação de quatro espécies de *Leptospira*: *L. borgpetersenii* em Macaco-prego, *L. santarosai* em Onça-parda, *L. noguchii* em Irara e *L. interrogans* em Lobo-guará e Lontra. A SAM evidenciou um resultado positivo em uma Raposa-do-campo para o sorovar *Copenhageni*, com título 1:1.600. Os dados reforçam a relevância da realização do diagnóstico molecular deste patógeno em animais silvestres e a importância do uso de equipamentos de proteção individual pelos profissionais que trabalham com animais silvestres.

Palavras-chave: qPCR, Leptospirose; Animais selvagens, Caracterização molecular

ABSTRACT

Leptospirosis is a zoonosis of worldwide importance caused by bacteria of the genus *Leptospira*. Several mammal species can act as reservoirs, intermittently shedding the bacteria in their urine, as well as presenting clinical conditions of varying severity. The objective of the present study is to identify the role of wild animals as carriers of *Leptospira spp.* Blood samples were collected for serological diagnosis (Microscopic Agglutination Test - MAT), and urine and kidney samples were collected for molecular diagnosis (Real-Time Polymerase Chain Reaction - qPCR). Among the positive samples, seven were subjected to Sanger sequencing. Samples were obtained from 227 animals distributed across 30 species (98 urine, 140 kidney, and 60 serum). In the qPCR of urine and kidney samples, 10 positive results (4.7%) were obtained from the following species: Crab-eating fox (n=1), Tayra (n=1), Maned wolf (n=1), Neotropical otter (n=1), Capuchin monkey (n=1), Puma (n=1), Brazilian porcupine (n=2), Southern tamandua (n=1), and Nine-banded armadillo (n=1). Success was achieved in five of the seven sequenced samples, with the identification of four *Leptospira* species: *L. borgpetersenii* in a Capuchin monkey, *L. santarosai* in a Puma, *L. noguchii* in a Tayra, and *L. interrogans* in a Maned wolf and a Neotropical otter. MAT showed a positive result in a Hoary fox for the serovar Copenhageni, with a titer of 1:1,600. The data reinforce the relevance of performing the molecular diagnosis of this pathogen in wild animals and the importance of using personal protective equipment by professionals working with wild animals.

Keywords: qPCR, Leptospirosis, Wildlife, Molecular Characterization

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A leptospirose, doença causada pela infecção por bactérias do gênero *Leptospira*, é zoonótica e de incidência global. A transmissão do patógeno ocorre de forma direta, pelo contato com secreções de animais infectados (principalmente urina), ou de forma indireta pelo contato com água ou solo úmido contaminados (Paes, 2026; Schuller; Moore; Sykes, 2023). A infecção é considerada comum em populações humanas em condições de vulnerabilidade socioeconômica, predispostas a aglomerações de residências, ocorrência de enchentes e deslizamentos de terra. A leptospirose também é comum em profissionais que atuam em áreas de maior risco ou em contato direto com lixo, esgoto, solo e animais (Brasil, 2024).

A infecção pelo patógeno é relatada mundialmente, principalmente em regiões tropicais, pois a bactéria não apresenta boa resistência a climas secos e frios (Schuller; Moore; Sykes, 2023). Em animais infectados a bactéria se aloja principalmente nos rins e pode ser excretada de forma intermitente na urina por longos períodos. Tendo em vista esse cenário, os animais portadores renais assintomáticos possuem fundamental importância como reservatórios, promovendo a manutenção do ciclo da *Leptospira*. Diversas espécies podem se tornar reservatórios acidentais do patógeno, bem como apresentar quadros clínicos de gravidade variada (Sykes *et al.*, 2022).

Todos os mamíferos são potenciais carreadores, bem como algumas espécies de répteis (Ajayi *et al.*, 2017), demonstrando a pluralidade de hospedeiros deste patógeno. O ciclo de transmissão é muito relacionado aos roedores sinantrópicos, como a ratazana (*Rattus norvegicus*), o rato-preto (*Rattus rattus*) e o camundongo (*Mus musculus*), espécies resistentes à doença clínica, sendo assim importantes hospedeiros que contribuem com a contaminação ambiental (Paes, 2026).

Diante da complexa epidemiologia das leptospirosas, faltam estudos que caracterizem a ocorrência deste patógeno na fauna silvestre em diferentes regiões geográficas do Brasil, bem como em regiões que sofrem diversos níveis de pressão antrópica. A avaliação da incidência de *Leptospira* spp. em mamíferos silvestres é de grande relevância, visando uma melhor compreensão sobre a epidemiologia da enfermidade, contribuindo não apenas com a saúde animal, mas também com a saúde pública.

Tendo em vista esse cenário, o presente estudo teve como objetivo realizar o diagnóstico sorológico e molecular de leptospirose em animais silvestres, visando identificar a prevalência da exposição e da infecção por *Leptospira* spp., quais os genótipos de *Leptospira* spp. nos animais positivos pelo diagnóstico molecular e quais os sorogrupos mais frequentes entre os animais soropositivos.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, E. F. *et al.* **Lista de Mamíferos do Brasil 2025-1**. Zenodo, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18378485>
2. ADLER, B. History of leptospirosis and leptospira. *In*: ADLER, B. **Leptospira and leptospirosis**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014. p. 1-9.
3. AJAYI, O. L. *et al.* Prevalence and renal pathology of pathogenic *Leptospira* spp. in wildlife in Abeokuta, Ogun State, Nigeria. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, Pretoria, v. 84, n. 1, p. 1-9, fev. 2017. DOI: <https://doi.org/10.4102/ojvr.v84i1.1210>.
4. AYRAL, F. *et al.* Hedgehogs and mustelid species: major carriers of pathogenic *Leptospira*, a survey in 28 animal species in France (2012-2015). **PLoS One**, [S. l.], v. 11, n. 9, p. e0162549, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162549>.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. **Casos confirmados e óbitos por leptospirose no Brasil e Grandes Regiões do Brasil – 2000 a 2026**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/l/leptospirose/situacao-epidemiologica/casos-e-obitos-2000-a-2025.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2026.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de Vigilância em Saúde**. v. 3. 6. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2023. 238 p. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigilancia/guia-de-vigilancia-em-saude-volume-3-6a-edicao/view>. Acesso em: 25 abr. 2026.
7. BREGOLI, M. *et al.* Environmental exposure of wild carnivores to zoonotic pathogens: *Leptospira* infection in the first free living wolf (*Canis lupus*

- Linnaeus, 1758) found dead in the Friuli Venezia Giulia Region. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 18, n. 5, p. 2512, mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18052512>.
8. CATALDO, C. *et al.* One Health and sex and gender-related perspective in the ecosystem: Interactions among drivers involved in the risk of leptospirosis in Europe. A scoping review. **One Health**, [S. l.], v. 19, p. 100841, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2024.100841>.
 9. COSTA, F. *et al.* Global morbidity and mortality of leptospirosis: a systematic review. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e0003898, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003898>.
 10. COSTANZI, L. *et al.* Beware of dogs! Domestic animals as a threat for wildlife conservation in Alpine protected areas. **European Journal of Wildlife Research**, Berlin, v. 67, p. 1-12, jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10344-021-01510-5>.
 11. DELANEY, M. A. *et al.* Isolation of *Leptospira* from a Phocid: Acute Renal Failure and Mortality from Leptospirosis in Rehabilitated Northern Elephant Seals (*Mirounga angustirostris*), California, USA. **Journal of Wildlife Diseases**, Ames, v. 50, n. 3, p. 621-627, jul. 2014. DOI: <https://doi.org/10.7589/2013-08-195>.
 12. DI AZEVEDO, M. I. N.; LILENBAUM, W. An overview on the molecular diagnosis of animal leptospirosis. **Letters in Applied Microbiology**, [S. l.], v. 72, n. 5, p. 496-508, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/lam.13442>.
 13. DI AZEVEDO, M. I. N.; LILENBAUM, W. Ecological range and host–biome associations of pathogenic *Leptospira* in Brazil: A One Health perspective from a tropical area. **Acta Tropica**, [S. l.], v. 271, p. 107895, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2025.107895>.
 14. DIDKOWSKA, A. *et al.* Serological and molecular evidence of *Leptospira* spp. in martens from Poland. **BMC Veterinary Research**, [S. l.], 2026. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-026-05317-x>.
 15. FORNAZARI, F. *et al.* *Leptospira* reservoirs among wildlife in Brazil: Beyond rodents. **Acta Tropica**, Basel, v. 178, p. 205-212, fev. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.11.019>.
 16. GENOVEZ, E. G.; LILENBAUM, W. Leptospirose em Animais de Produção. *In*: MEGID, J.; RIBEIRO, M. G.; PAES, A. C. **Doenças Infecciosas em Animais**

- de Produção e de Companhia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2026. cap. 41, p. 354-363.
17. LEVETT, P. N. Systematics of Leptospiraceae. *In*: ADLER, B. **Leptospira and leptospirosis**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014. p. 10-20.
 18. MARVULO, M. F. V.; CARVALHO, V. M. Zoonoses. *In*: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens: medicina veterinária**. São Paulo: Roca, 2014. cap. 116, p. 2194-2206.
 19. MERIEN, F. *et al.* Polymerase chain reaction for detection of *Leptospira* spp. in clinical samples. **Journal of Clinical Microbiology**, [S. l.], v. 30, n. 9, p. 2219-2224, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1128/jcm.30.9.2219-2224.1992>.
 20. MURILLO, A. *et al.* Leptospirosis in cats: Current literature review to guide diagnosis and management. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 216-228, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/1098612X20903601>.
 21. PAES, A. C. Leptospirose Canina. *In*: MEGID, J.; RIBEIRO, M. G.; PAES, A. C. **Doenças Infecciosas em Animais de Produção e de Companhia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2026. cap. 40, p. 337-353.
 22. SCHULLER, S.; MOORE, G. E.; SYKES, J. E. Leptospirosis. *In*: SYKES, J. E. **GREENE'S Infectious Diseases of the Dog and Cat**. 5. ed. St. Louis: Elsevier, 2023. cap. 68, p. 802-823.
 23. SILVA, J. C. R. *et al.* Seroepidemiological investigation of animal leptospirosis and molecular characterization of the first *Leptospira* strain isolated from Fernando de Noronha archipelago, Brazil. **Transboundary and Emerging Diseases**, Stoneham, v. 68, n. 4, p. 2477-2488, nov. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13915>.
 24. SOUSA, M. S. *et al.* *Leptospira interrogans* infection of southern tamandua (*Tamandua tetradactyla*, Linnaeus, 1758) in Brazil. **Transboundary and Emerging Diseases**, Stoneham, v. 67, n. 5, p. 2222-2225, fev. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13523>.
 25. STRAUB, M. H. *et al.* *Leptospira* prevalence and its association with renal pathology in mountain lions (*Puma concolor*) and bobcats (*Lynx rufus*) in California, USA. **Journal of Wildlife Diseases**, Ames, v. 57, n. 1, p. 27-39, out. 2021. DOI: <https://doi.org/10.7589/JWD-D-20-00070>.
 26. SYKES, J. E. *et al.* A global one health perspective on leptospirosis in humans and animals. **Journal of the American Veterinary Medical Association**,

- Chicago, v. 260, n. 13, p. 1589-1596, jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.2460/javma.22.06.0258>.
27. SYKES, J. E. *et al.* Updated ACVIM consensus statement on leptospirosis in dogs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, [S. l.], v. 37, n. 6, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvim.16903>.
28. ULSENHEIMER, B. C. *et al.* *Leptospira borgpetersenii* and *Leptospira interrogans* identified in wild mammals in Rio Grande do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, [S. l.], v. 55, n. 2, p. 1941-1948, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42770-024-01348-4>.
29. ULSENHEIMER, B. C. *et al.* Molecular detection and phylogenetic analysis of *Leptospira interrogans* and *Leptospira borgpetersenii* in cats from Central region of Rio Grande do Sul state, Brazil. **Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, [S. l.], v. 116, p. 102286, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2024.102286>.
30. VIEIRA, A. S. *et al.* Pathogenic *Leptospira* species are widely disseminated among small mammals in Atlantic Forest biome. **Transboundary and Emerging Diseases**, [S. l.], v. 66, n. 3, p. 1195-1201, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13135>.
31. VINCENT, A. T. *et al.* Revisiting the taxonomy and evolution of pathogenicity of the genus *Leptospira* through the prism of genomics. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, San Francisco, v. 13, n. 5, p. e0007270, maio 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007270>.
32. WHITEMAN, C. W.; MONTEIRO, F. O. B. Perspectivas para a Conservação da Fauna no Brasil. *In*: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens**: medicina veterinária. São Paulo: Roca, 2014. cap. 129, p. 2360-2369.
33. WILSON, T. M. *et al.* Pathology and One Health implications of fatal *Leptospira interrogans* infection in an urbanized, free-ranging, black-tufted marmoset (*Callithrix penicillata*) in Brazil. **Transboundary and Emerging Diseases**, Stoneham, v. 68, n. 6, p. 3207-3216, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.14287>.