

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus Botucatu – Rubião Júnior

Renan Teixeira da Silva

Machine learning in avian taxonomy: case studies of cryptic-plumaged *Hemitriccus* (Aves: Rhynchocyclidae) species

Botucatu (SP)

2026

Renan Teixeira da Silva

Machine learning in avian taxonomy: case studies of cryptic-plumaged *Hemitriccus* (Aves: Rhynchocyclidae) species

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Biociências
da Universidade Estadual Paulista “Júlio
de Mesquita Filho” – Campus de
Botucatu – Rubião Junior para obtenção
do título de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Área de Concentração: Bioacústica

Orientador: Vagner Aparecido Cavarzere
Junior

Botucatu (SP)

2026

S586m

Silva, Renan Teixeira da

Machine learning in avian taxonomy: case studies of
cryptic-plumaged Hemitriccus (Aves: Rhynchocyclidae) species /
Renan Teixeira da Silva. -- Botucatu, 2026

36 p. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de
Biociências, Botucatu

Orientador: Vagner Cavarzere

1. Bioacústica. 2. Inteligencia artificial. 3. Zoologia Classificação. I.
Título.

Renan Teixeira da Silva

Machine learning in avian taxonomy: case studies of cryptic-plumaged *Hemitriccus* (Aves: Rhynchocyclidae) species

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Botucatu – Rubião Junior para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de Concentração: Bioacústica

Data de defesa: 10/06/2026

Banca examinadora:

Orientador

Prof. Dr. Vagner Aparecido Cavarzere Junior

UNESP – Instituto de Biociências de Botucatu – Rubião Junior

Membro da Banca

Profa. Dra. Erika Mayumi Shimabukuro

UNESP – Instituto de Biociências de Botucatu – Rubião Junior

Resumo

Revisões taxonômicas recentes de passeriformes suboscines neotropicais de plumagem críptica têm se baseado em múltiplas fontes de evidência, incluindo dados morfológicos vocais e moleculares. Enquanto a abordagem integrativa é ideal, em casos em que os caracteres morfológicos são inconclusivos ou a amostragem de tecido em toda área de distribuição do táxon demanda logística inexequível, a bioacústica pode oferecer entendimento valioso do limite das espécies. O gênero *Hemitriccus* apresenta um caso de estudo ideal: inclui 22 espécies com plumagem similar, distribui-se amplamente pela América do Sul, mas conta com extenso arquivo de gravações de suas vocalizações. Foi aplicada uma rede neural convolucional (CNN) recentemente desenvolvida, previamente bem-sucedida em monitoramento acústico de aves e classificação de complexos sons vocais de aves e instrumentais, para conduzir uma revisão taxonômica vocal de três espécies de *Hemitriccus* com distribuição disjunta na Mata Atlântica. Os modelos obtiveram acurácia muito alta (91-100%) e indicaram que, entre as espécies analisadas, os cantos de populações alopátricas exibiram assinaturas vocais que variam de moderadas à quase idênticas. Isto sugere divergência vocal limitada entre os táxons. Os resultados apoiam a utilização de CNN como uma ferramenta robusta e objetiva para análises vocais na taxonomia de aves, particularmente quando outras linhas de evidência são limitadas ou inconclusivas.

Palavras-chave: Bioacústica; Limite de espécies; Rede neural convolucional.

Abstract

Recent taxonomic reviews of Neotropical suboscine passerines with cryptic plumage have been based on multiple sources of evidence, including morphological, vocal, and molecular data. While an integrative approach is ideal, in cases where morphological characters are inconclusive or where tissue sampling across the taxon's entire range requires logistically unfeasible efforts, bioacoustics can provide valuable insights into species boundaries. The genus *Hemitriccus* presents an ideal case study: it includes 22 species with similar plumage, is widely distributed throughout South America, and has an extensive archive of recordings of its vocalizations. A recently developed convolutional neural network (CNN) — which had previously been successful in acoustic bird monitoring and the classification of complex bird vocalizations and instrumental sounds — was applied to conduct a vocal taxonomic review of three *Hemitriccus* species with a disjunct distribution in the Atlantic Forest. The models achieved very high accuracy (91–100%) and indicated that, among the species analyzed, the songs of allopatric populations exhibited vocal signatures ranging from moderately different to nearly identical. This suggests limited vocal divergence among the taxa. The results support the use of CNN as a robust and objective tool for vocal analyses in avian taxonomy, particularly when other lines of evidence are limited or inconclusive.

Keywords: Bioacoustics; Species boundary; Convolutional neural network.

Sumário

Introdução.....	7
Metodologia	8
Plumagem e Morfometria.....	8
Vocalizações	9
Análises estatísticas	10
BirdNET	10
Resultados	11
Plumagem e Morfometria.....	11
Vocalizações	14
BirdNET	23
Discussão.....	26
Conclusão	27
Cresonímias	29
Referências	30
APÊNDICES.....	33

Introdução

O gênero *Hemitriccus* Cabanis e Heine, 1859 (Passeriformes: Tyrannidae) abriga 22 pequenas (5-12g) espécies insetívoras restritas a habitats florestais, todas endêmicas da América do Sul (Pacheco et al., 2021; Winkler et al., 2020). Sua distribuição está concentrada nos Andes, na Bacia Amazônica e na Mata Atlântica. As espécies dentro desse gênero exibem notável homogeneidade morfológica, particularmente nos padrões de plumagem, e produzem vocalizações agudas semelhantes aos cantos de anuros ou insetos, tipicamente constituído por sequências rápidas de notas (Ridgely & Tudor, 1994; Winkler et al., 2020). No Brasil, 18 espécies foram documentadas, incluindo dez com ocorrência na Mata Atlântica, das quais cinco são dela endêmicas (Pacheco et al., 2021; Vale et al., 2018). Revisões taxonômicas de *Hemitriccus* continuam desafiadoras devido à sua plumagem críptica e à alta variação intraespecífica (frequentemente taxonomicamente não informativas). Apesar dessa homogeneidade visual, um estudo não publicado já demonstrou haver distinções vocais e genéticas significativas entre populações de espécies amazônicas do gênero (Cohn-Haft, 2000). Deste modo, a delimitação robusta de espécies requer abordagens integrativas, combinando múltiplas linhas de evidência (Acero Murcia et al., 2021).

O olho-falso *H. diops* serviu como um estudo de caso ideal para investigar os fatores ecológicos e evolutivos da variação geográfica nos cantos, devido à sua intrigante distribuição alopátrica (Acero Murcia et al., 2021). Entretanto, muitas outras espécies de *Hemitriccus* na Mata Atlântica exibem igualmente eminentes distribuições alopátricas e estruturação geográfica que ainda demandam investigação. Um exemplo notável é o tachuri-campainha *H. nidipendulus*, descrito originalmente por Wied-Neuwied em 1831, cuja distribuição se estende do estado de Sergipe ao sul do estado de São Paulo. Dentro deste complexo, a subespécie *H. n. paulistus*, descrita originalmente como *Euscarthmus nidipendulus paulistus* por Hellmayr em 1914 e distribuída pelo centro-leste e sudeste do Brasil, foi diagnosticada por ser consideravelmente maior que a subespécie nominal em todas as suas dimensões, embora semelhante em plumagem. Padrões semelhantes de populações disjuntas são observados na maria-do-nordeste *H. mirandae*, descrita por Emilie Snethlage em 1925, que é endêmica do, e possui distribuição fragmentada no, nordeste brasileiro, e no papa-moscas-estrela *H. furcatus*, descrito por de Lafresnaye em 1846, que ocorre isoladamente em um pequeno trecho no sul da Bahia e, de forma disjunta, na fronteira entre Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Apesar dessas evidentes e intrigantes distribuições alopátricas ao longo da Mata Atlântica, nunca houve um estudo taxonômico aprofundado destas populações, sobretudo porque espécies como *H. furcatus* carecem de variação morfológica descrita, um reflexo direto da plumagem críptica e da forte homogeneidade visual que desafiam a taxonomia tradicional do gênero.

A análise bioacústica tem se mostrado particularmente efetiva para delimitação de limites de espécie em passeriformes suboscines, já que suas vocalizações são inatas (geneticamente determinadas ao invés de aprendidas) e exibem variações mínimas dentro da espécie (Touchton et al., 2014). Assim, a estabilidade dos cantos, resultante de fluxo gênico limitado, os torna caracteres diagnósticos confiáveis ao nível de espécie (Isler et

al., 1998). Estudos anteriores utilizaram extensamente *softwares* de análise acústica para extrair caracteres vocais específicos de chamados e cantos de suboscines, progredindo significativamente a taxonomia de aves neotropicais. Essa abordagem tem sido particularmente valiosa para famílias como *Thamnophilidae*, as quais exibem cantos altamente estereotipados (Isler et al., 1998, 1999, 2005, 2007). Mais recentemente, técnicas de aprendizagem de máquina têm revolucionado os estudos bioacústicos de aves, permitindo identificação automática de espécies através de monitoramento passivo com Unidades de Gravação Autônomas (ARUs) (Manzano-Rubio et al., 2022). Esses métodos se provaram bem-sucedidos para aplicações diversas, incluindo distinguir faixas etárias (vocalizações juvenis vs. adultas) e diferenciar padrões acústicos similares (chamado em série, chamado de alarme e tamborilar de *Dendrocopos major*) (McGinn et al., 2023). Apesar do seu potencial, a aplicação de métodos de aprendizagem de máquina no contexto de revisões taxonômicas baseadas em análise vocal era inexplorada até muito recentemente. De forma inédita, essa técnica foi avaliada com intenção taxonômica na revisão do complexo de espécie *Cercomacra cinerascens* (Cavarzere et al., 2026). Adicionalmente, essa mesma ferramenta foi utilizada para buscar distinções vocais em cantos de machos e fêmeas de espécies da família *Thamnophilidae* com distribuição no Cerrado (Breviglieri et al., 2026).

Enquanto os espécimes de museu oferecem uma cobertura geográfica abrangente, sua utilidade em estudos taxonômicos pode ser limitada pelos desafios da análise morfológica, particularmente devido à extensa variação individual. Ademais, obter amostras de tecido para estudos genéticos pode ser limitado logisticamente para distribuição ampla, ou táxons ameaçados, restringindo o escopo das revisões taxonômicas. Em contraste, gravações de cantos providenciam uma alternativa facilmente acessível que pode contornar essas limitações. Neste estudo, foi conduzida uma revisão taxonômica vocal de três espécies com populações alopátricas de *Hemitriccus* distribuídas pela Mata Atlântica para avaliar seus *status* taxonômicos. Adicionalmente, foram examinados espécimes de museu para a realização de análises morfológicas e morfométricas, permitindo avaliar se, diante da existência de variações vocais, tais populações também apresentariam distinções morfológicas correspondentes.

Metodologia

Plumagem e Morfometria

Foram analisados 35 espécimes depositados no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), incluindo sete espécimes de *H. furcatus*, oito de *H. mirandae*, nove de *H. nidipendulus* e 11 de *H. nidipendulus paulistus* (Apêndice 1). Foram avaliadas visualmente as variações de cor da plumagem em várias características, incluindo píleo, testa, mento, garganta, penas primárias, peito, ventre, flancos, supercílios, nuca, dorso, uropígio e cauda, utilizando um catálogo de cores (Munsell, 1975; Smithe, 1974).

Foram medidas nove características utilizando escala (0,1 mm) e paquímetro digital (0,01 mm) (Eck et al., 2011). Essas características incluem: comprimento do cúlmen, da extremidade distal da narina até a ponta do bico; largura do cúlmen; altura do cúlmen; corda da asa, desde a articulação do carpo até a ponta da asa; comprimento da cauda, desde as retrizes mais internas até a ponta da pena mais longa; e comprimento do tarso, da articulação entre o tarso e os dedos até a articulação intertarsal. Todas as medidas foram tiradas do lado esquerdo dos espécimes para consistência.

Vocalizações

Foram analisadas 161 gravações (Apêndice 2), sendo 52 de *H. nidipendulus* (*H. n. nidipendulus* = 14; *H. n. paulistus* = 38), 35 de *H. mirandae* (população norte = 19; população sul = 16) e 74 de *H. furcatus* (população norte = 22; população sul = 52). Destas gravações foram extraídas até três vocalizações de cada gravação, resultando em 149 vocalizações de *H. nidipendulus* (*H. n. nidipendulus* = 14; *H. n. paulistus* = 38), 90 de *H. mirandae* (população norte = 48; população sul = 42) e 209 de *H. furcatus* (população norte = 63; população sul = 146). As vocalizações foram classificadas em notas (linhas contínuas separadas por silêncio no espectrograma, apresentando como intensidade próxima a zero nos oscilogramas) e frases, as quais consistem em uma ou mais notas (Carneiro et al., 2019). Frases, as quais formam cantos, são separadas por intervalos mais longos do que aqueles entre notas. A referência para a determinação objetiva entre cantos e chamados para as espécies estudadas, adotada foi a diferenciação a partir do número de notas, no mínimo três notas para *H. nidipendulus* e *H. mirandae* e no mínimo quatro notas para *H. furcatus*. As gravações foram obtidas da Macaulay Library of Natural Sounds (Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca) e do Xeno-canto (www.xeno-canto.org). Todos os arquivos .mp3 foram convertidos para o formato .wav antes da análise. Foram examinados os espectrogramas das vocalizações utilizando Raven Pro 1.6.5 (K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics at the Cornell Lab of Ornithology 2024).

As características vocais analisadas incluem frequência máxima (I), mínima (II), e de pico (III); largura de banda 50% (IV); largura de banda 90% (V); duração do canto (VI); número de notas (VII); andamento (VIII), que é o número de notas por segundo; além das métricas robustas, como a Frequência máxima do contorno de frequência de pico (IX); Frequência mínima do contorno de frequência de pico (X); frequência central (XI); frequência 5% (XII); frequência 95% (XIII); tempo central (XIV); tempo 5% (XV); tempo 95% (XVI).

Foram desconsiderados notas e cantos com sobreposição de sons de frequência similar. Os parâmetros foram utilizados no modo *default* em Raven Pro 1.6.5, exceto pelo *Frequency Grid Spacing*, ajustado de acordo com a vocalização analisada. A definição deste valor refina a escala de frequência (172 Hz no modo *default*), considerando o Princípio da Incerteza. Este estabelece que o aumento da precisão de um parâmetro reduz a precisão do parâmetro relacionado, nesse caso, as escalas temporal e de frequência em

um espectrograma (Viellard & Silva, 2010). Então, para obter valores mais precisos de frequência, perde-se precisão nas medições de tempo. Todos os espectrogramas foram analisados na mesma escala, representadas em kHz/cm por s/cm, previamente determinada. Brilho e contraste foram ajustados de acordo com cada espectrograma sem perda de informação. Aferições de frequências foram realizadas com auxílio de ondas de frequência (*selection spectrum*), enquanto as de tempo foram auxiliadas pelas ondas temporais, ou oscilogramas (*waveforms*).

Aferições contínuas (em oposição às categóricas) foram consideradas diagnósticas entre populações somente quando não houve sobreposição na distribuição de valores entre vocalizações de populações distintas dentro de dado táxon. As vocalizações foram classificadas de acordo com padrões vocais com base em similaridades estruturais. Aferições qualitativas deveriam ser inequívocas para identificação de espécies visualmente em espectrogramas, ou seja, quando cada espectrograma pudesse ser definido como pertencente a uma única população (Isler et al., 1998).

Análises estatísticas

A variação em relação ao uso de *playback* nas vocalizações não foi levada em consideração devido ao número mínimo de gravações nas quais seu uso foi indicado. Teste de Correlação de Spearman foi utilizado para remover variáveis altamente correlacionadas e evitar análises redundantes. Vocalizações foram comparadas entre populações por meio de Análise Multivariada de Variância (MANOVA). Foi adotado $\alpha = 0,05$ como nível de significância. Foram realizados testes, como o teste de Shapiro-Wilk para normalidade e teste de Levene para homogeneidade dos dados. Em seguida foram feitos o teste-*t* de Student para os parâmetros que apresentaram distribuição normal e homogeneidade de variâncias, e o teste de Wilcoxon para distribuições não normais e não homogêneas, ajustando para possíveis efeitos do tamanho desproporcional das populações comparadas quando preciso. Análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para reduzir a dimensionalidade dos caracteres em dois eixos, eliminando variáveis correlatas. Todas as análises foram realizadas em ambiente R 1.4.5 (R Core Team, 2025).

BirdNET

Para complementar a análise manual, foi utilizado o algoritmo BirdNET, uma rede neural profunda da família de *Residual Networks*, as *ResNet*. Diferente das redes neurais tradicionais, permitem a preservação do sinal original em redes profundas, possibilitando a aprendizagem (Kahl et al., 2021). Essa arquitetura ResNet possui 157 camadas e mais de 27 milhões de parâmetros treinados com vocalizações de aves globalmente, permitindo análise detalhada de dados acústicos e a geração de um espectrograma na escala mel, que representa a frequência por tempo de modo perceptível ao ouvido humano. A partir desse espectrograma, o algoritmo extrai características, obtidas a partir da penúltima camada da rede, que serão codificadas em *embeddings*. Estes são representações vetoriais de alta dimensionalidade (Kahl et al., 2021). O vetor resultante possui 1024 dimensões para cada

clipe de áudio, com 1 s no mínimo, a fim de categorizar o som numericamente, para classificar vocalizações em grupos distintos e detectar variação biológica.

Foram utilizadas as seleções dos cantos analisados manualmente para extrair os *embeddings*. Antes, foi adicionado 1 s de silêncio às gravações para atingir os 3 s mínimos necessários para análise com auxílio do Python 3.13. A partir disso, foram produzidos automaticamente clipes padronizados com 3 s centrados na vocalização selecionada, com auxílio da biblioteca Librosa (Python 3.12.13).

Foi treinada uma Máquina de Vetores de Suporte (SVM), para avaliar diferença estatística entre as populações (Cortes & Vapnik, 1995). Seu desempenho foi comparado com um classificador aleatório (*Dummy Classifier*), de estratégia de “maior frequência” (Pedregosa et al., 2011), que prevê todas as vocalizações com a classe com maior número de amostras. Para treiná-los, foi utilizado a razão treino-teste de 60/40 e o desempenho do modelo foi avaliado por meio de validação por subamostragem aleatória repetida (100 iterações). Foram incluídos precisão geral (acurácia) e métricas classe-específicas: precisão, revocação e pontuação-F1. Para avaliar a estrutura dos dados analisados em um cenário não supervisionado com a separação de classes em um modelo supervisionado, foi comparado a performance entre o SVM e o classificador aleatório, com a finalidade de avaliar a biologia acústica das populações.

Para reduzir as dimensionalidades dos *embeddings* em duas dimensões para facilitar a visualização, foi utilizada Aproximação e Projeção Uniformes de Variedade (UMAP). As vocalizações foram agrupadas em duas classes pré-determinadas, baseado nos nomes dos arquivos. A projeção consequente foi visualizada como gráficos de dispersão 2D com *clusters* codificados por cores e manteve similaridades entre as populações.

Resultados

Plumagem e Morfometria

Houve diferenças morfométricas significativas entre as subespécies de *H. nidipendulus* ($F_{1,1} = 5,9$; $p = 0,005$), principalmente nas dimensões das asas ($p < 0,001$) e da cauda ($p < 0,003$) (Tabela 1). Todavia, não foram encontradas diferenças correspondentes na coloração das plumagens. Ambas as subespécies de *Hemitriccus nidipendulus* compartilham a mesma padronagem de plumagem, caracterizada pelas partes superiores (fronte, coroa, supercílio, nuca, dorso e uropígio) e flancos uniformemente verde-oliva (49). O mento, a garganta e o peito são cinza (N 6/0), com a presença de estrias brancas (5Y 8/2) na região gular. O peito é delimitado do ventre branco (5Y 8/2) por uma notável faixa horizontal amarelo-enzofre (157), cor que também se faz presente de forma difusa no ventre. As rémiges primárias e as retrizes (cauda) apresentam um tom preto-amarronzado (7.5YR 3/2) (Figura 1).

Tabela 1 - Estatísticas descritivas (média, desvio padrão [DP], número de amostras e intervalo de mínimo ao máximo) dos caracteres morfométricos de *H. n. nidipendulus* e *H. n. paulistus*.

Métricas	<i>H. n. nidipendulus</i>		<i>H. n. paulistus</i>	
	Média ± DP	Intervalo	Média ± DP	Intervalo
Comprimento do culmen (N = 9 / N = 11)	7,14 ± 3,35	6,60 – 7,80	7,13 ± 0,33	6,50 – 7,55
Largura do culmen (N = 9 / N = 11)	3,30 ± 0,27	2,90 – 3,80	3,33 ± 0,22	3,00 – 3,60
Altura do culmen (N = 7 / N = 10)	2,87 ± 0,29	2,50 – 3,30	3,08 ± 0,26	2,60 – 3,50
Tarso (N = 9 / N = 9)	16,89 ± 1,15	15,40 – 19,25	17,11 ± 2,	11,60 – 18,60
Comprimento da asa (N = 9 / N = 11)	42,44 ± 1,81	39,00 – 45,00	46,55 ± 2,20	44,00 – 49,00
Comprimento da cauda (N = 9 / N = 11)	32,67 ± 3,00	28,00 – 36,00	37,27 ± 2,93	33,00 – 41,00

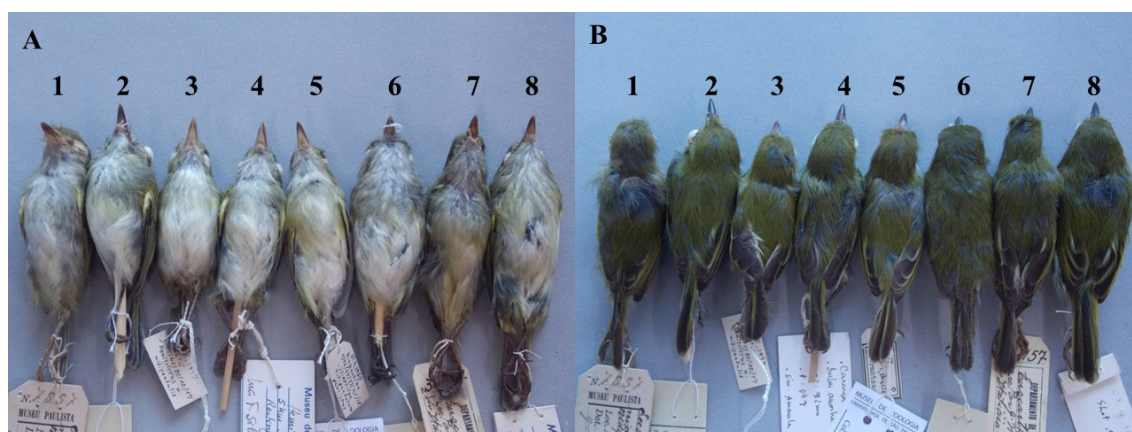


Figura 1. Visão ventral (A) e dorsal (B) de *H. n. nidipendulus* (1-4) e *H. n. paulistus* (5-8). 1 – *H. n. nidipendulus*: MZUSP 7557, Vila Nova-BA; 2 – *H. n. nidipendulus*: MZUSP 86279, Barra do Choça-BA; 3 – *H. n. nidipendulus*: MZUSP 105086, Catu-BA; 4 – *H. n. nidipendulus*: MZUSP 76477, Olivença-BA; 5 – *H. n. paulistus*: MZUSP 105091, Diamantina-MG; 6 – *H. n. paulistus*: MZUSP 81037, Santos-SP; 7 – *H. n. paulistus*: MZUSP 36175, Pico das Agulhas Negras-RJ; 8 – *H. n. paulistus*: MZUSP 70255, Alto Paraná-PR.

Para *H. mirandae*, apesar de apenas um espécime da população noroeste estar disponível foi possível observar que as partes superiores são verde-oliva (49), sua região inferior é descrita por mento, garganta e peito amarelo-pálidos (2.5Y 8/4) com estrias brancas (5Y 8/2), separando-se do ventre por meio de um gradiente para o tom chifre-pálido (92). Os flancos exibem coloração amarelo-enzofre (57). Suas primárias e a cauda são predominantemente oliva (2.5Y 4/3) (Figura 2).



Figura 2. Visão ventral de *H. mirandae* de três dos espécimes analisados. Os números 1 e 2 correspondem à população Sul, e o número 3 à população Norte. 1 – *H. mirandae* norte: MZUSP 41847, Serra de Baturité-CE; 2 – *H. mirandae* norte: MZUSP 41848, Serra de Baturité-CE; 3 – *H. mirandae* sul: MZUSP 37542, Riachão-AL.

Já para *H. furcatus*, não havia espécimes da população norte disponíveis, inviabilizando a análise estatística. As plumagens descrevem-se pela coloração terra-sombra (23) destacada na fronte, coroa, supercílio, mento e garganta. A nuca, o dorso, o uropígio e os flancos exibem plumagem verde-oliva (49). O peito é cinza (N 6/0) e separa-se do ventre cinza-claro (10Y 8/6) por uma transição abrupta de cor. A cauda é oliva (2.5Y 4/3), contornada por bordas verde-oliva (49) (Figura 3).



Figura 3. Visão ventral de *H. furcatus* de seis dos espécimes analisados. Todos os espécimes pertencem à população Sul. 1 – *H. furcatus* sul: MZUSP 34426, Pico das Agulhas Negras-RJ; 2 – *H. furcatus* sul: MZUSP 34427, Pico das Agulhas Negras-RJ; 3

– *H. furcatus* sul: MZUSP 82515, Penedo-RJ; 4 – *H. furcatus* sul: MZUSP 5382, Ubatuba-SP; 5 – *H. furcatus* sul: MZUSP 5383, Ubatuba-SP; 6 – *H. furcatus* sul: MZUSP 5386, Ubatuba-SP.

Vocalizações

A distribuição geográfica dos espécimes e das gravações de acordo com as duas populações analisadas pode ser vista na Figura 4.

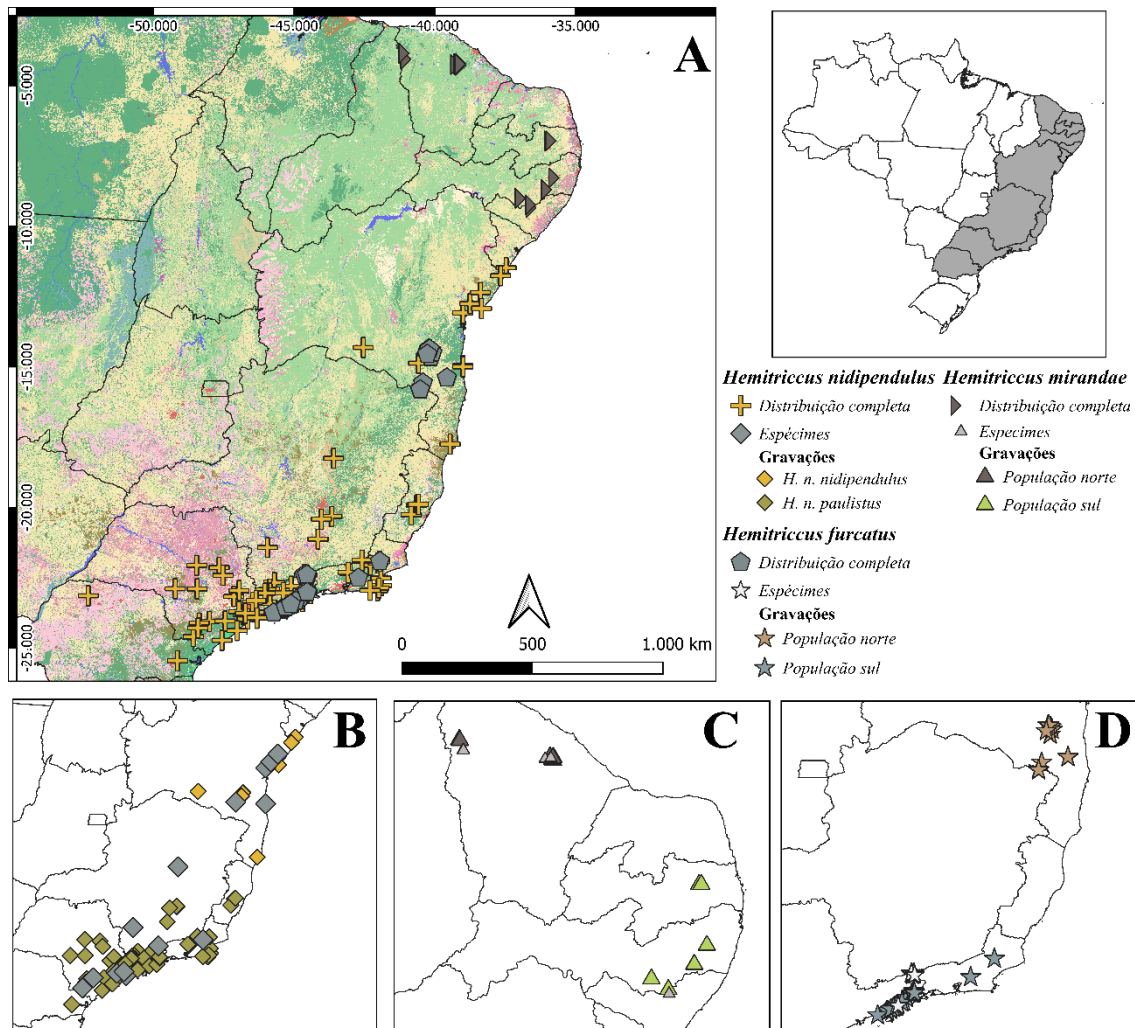


Figura 4. A - Distribuição das localidades das gravações e espécimes de *Hemitriccus* analisados. B – Distribuição das localidades de *Hemitriccus nidipendulus*. C – Distribuição das localidades de *Hemitriccus mirandae*. D – Distribuição das localidades de *Hemitriccus furcatus*.

Os cantos das três espécies podem ser caracterizados pela emissão de três ou mais notas seguidas, de forma ascendente ou descendente, porém similares entre populações (Figura 5).

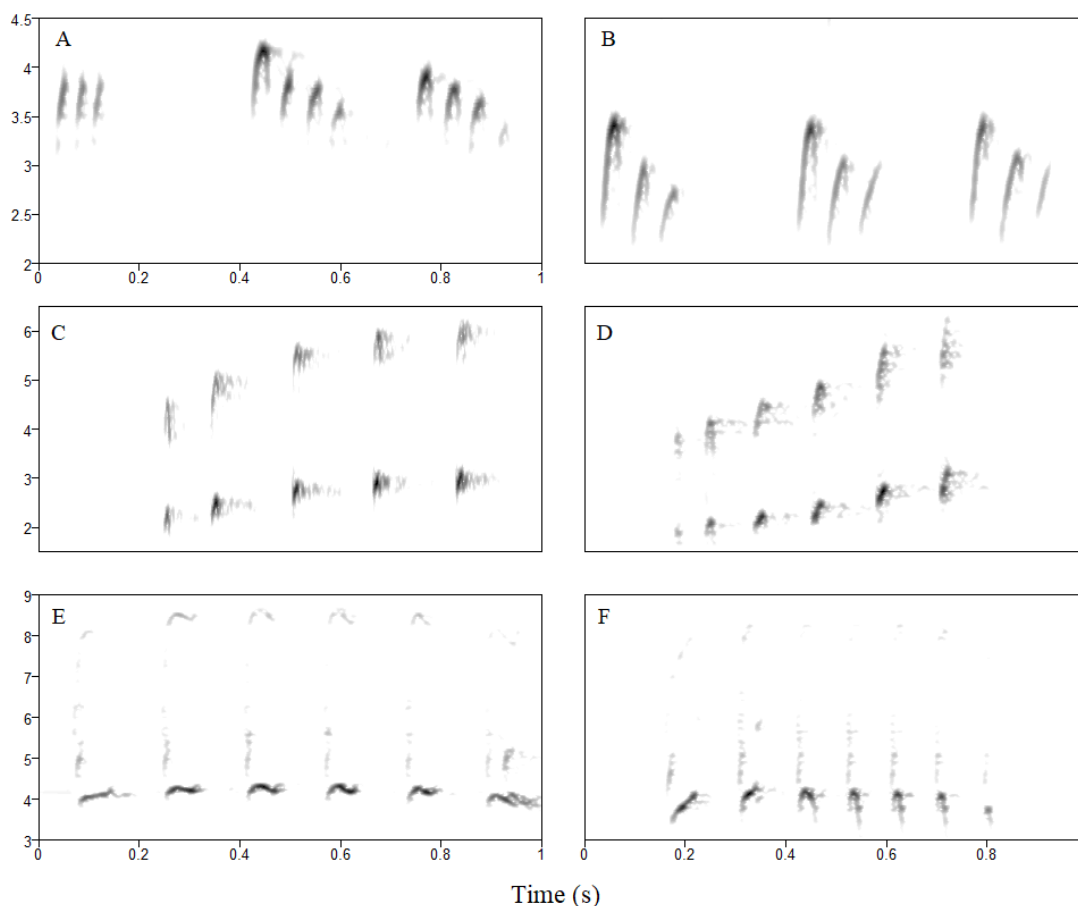


Figura 5. Espectrogramas representando canto das espécies de *Hemitriccus* estudadas. *H. n. nidipendulus*: A – XC 5442 de Boa Nova, Bahia; *H. n. paulistus*: B – XC 224012 de Arraial do Cabo, Rio de Janeiro. *H. mirandae* norte: C – XC 783024 de Guaramiranga, Ceará; *H. mirandae* sul: D – XC 844092 Lagoa dos Gatos, Pernambuco. *H. furcatus* norte: E – XC 427450 de Mata do Passarinho, Macarani, Bahia; *H. furcatus* sul: F – XC 118290 da Microrregião de Caraguatatuba, São Paulo.

Para *H. nidipendulus*, o Teste de Correlação de Spearman indicou forte correlação entre tempo central, tempo 5%, tempo 95% ($\rho > 0,998$); frequência máxima e de pico, frequência máxima do contorno de frequência de pico, frequência central, frequência 5%, frequência 95% ($0,72 \leq \rho \leq 0,96$); frequência mínima e frequência mínima do contorno de frequência de pico ($\rho = 0,844$); largura de banda 50% e 90% ($\rho = 0,792$); duração do canto e andamento ($\rho = -0,838$). Desse modo, para as seguintes estatísticas apenas foram utilizados os parâmetros: número de notas, duração do canto, frequência mínima e de pico, largura de banda 50% e tempo central.

A MANOVA indicou diferença significativa entre as subespécies (Pillai = 0,68; $F_{1,1} = 39,07$; $p < 0,001$). As ANOVAs subsequentes indicaram duas variáveis significativas: frequência mínima ($F_{1,1} = 11,51$; $p < 0,001$) e frequência de pico ($F_{1,1} = 170,45$; $p < 0,001$). O teste de Wilcoxon indicou que *H. n. nidipendulus* diferiu significativamente de *H. n. paulistus* na frequência de pico ($W = 2.770,0$; $p < 0,001$), com

efeito de grande magnitude ($r = 0,74$), e na frequência mínima ($W = 2.036,0$; $p < 0,001$), com efeito moderado ($r = 0,33$). O canto dos indivíduos da população de *H. n. nidipendulus* possui, em média, frequência mínima de $2.772,0 \pm 333,87$ Hz e frequência de pico de $3.702,0 \pm 224,37$ Hz. Em contrapartida, os de *H. n. paulistus* exibiram, em média, frequência mínima de $2.566,0 \pm 285,08$ Hz e frequência de pico de $3.202,0 \pm 172,72$ Hz (Tabela 2). Porém, houve sobreposição de valores entre as populações para frequência mínima e de pico (Figura 7).

Tabela 2. Estatísticas descritivas (média, desvio padrão (DP), número de amostras e intervalo mínimo ao máximo) dos caracteres vocais das duas subespécies de *Hemitriccus nidipendulus*. * $p < 0,001$.

Métricas	<i>H. n. nidipendulus</i> (n = 14)		<i>H. n. paulistus</i> (n = 38)	
	Média $\pm$ DP	Intervalo	Média $\pm$ DP	Intervalo
Frequência máxima (I)	3985 $\pm$ 228,93	3477 – 4461	3470 $\pm$ 240,80	3193 – 4499
Frequência mínima (II)*	2772 $\pm$ 333,87	1830 – 3307	2566 $\pm$ 284,77	1721 – 3051
Frequência de pico (III)*	3702 $\pm$ 224,37	3281 – 4125	3202 $\pm$ 172,72	2812 – 4031
Largura de banda 50% (IV)	208,93 $\pm$ 93,99	93,75 – 468,75	193,22 $\pm$ 135,30	93,75 – 843,75
Largura de banda 90% (V)	517 $\pm$ 158,14	281,20 – 843,80	464,20 $\pm$ 255,54	187,50 – 1500,00
Duração do canto (VI)	0,23 $\pm$ 0,25	0,09 – 0,95	0,19 $\pm$ 7,61	0,08 – 0,61
Número de notas (VII)	3,46 $\pm$ 1,07	3 – 7	3,52 $\pm$ 1,72	3 – 18
Andamento (VIII)	22,33 $\pm$ 7,95	3,17 – 34,48	21,40 $\pm$ 7,61	5,50 – 39,17
Frequência máxima do contorno de frequência de pico (IX)	3793 $\pm$ 198,67	3375 – 4219	3334 $\pm$ 179,27	3094 – 4125
Frequência mínima do contorno de frequência de pico (X)	3094 $\pm$ 387,21	2062 – 3656	2732 $\pm$ 289,85	1781 – 3188
Frequência central (XI)	3643 $\pm$ 201	3281 – 4125	3162 $\pm$ 145,12	2906 – 3750
Frequência 5% (XII)	3300 $\pm$ 211,84	2719 – 3750	2877 $\pm$ 180,35	2250 – 3094
Frequência 95% (XIII)	3817 $\pm$ 207,86	3469 – 4219	3341 $\pm$ 189,52	3094 – 4125
Tempo central (XIV)	5,94 $\pm$ 8,68	0,16 – 47,57	4,97 $\pm$ 4,63	0,40 – 19,86
Tempo 5% (XV)	5,87 $\pm$ 8,63	0,12 – 47,20	3,36 $\pm$ 4,63	0,29 – 4,90
Tempo 95% (XVI)	6,06 $\pm$ 8,73	0,22 – 48,00	3,49 $\pm$ 4,63	0,44 – 5,06

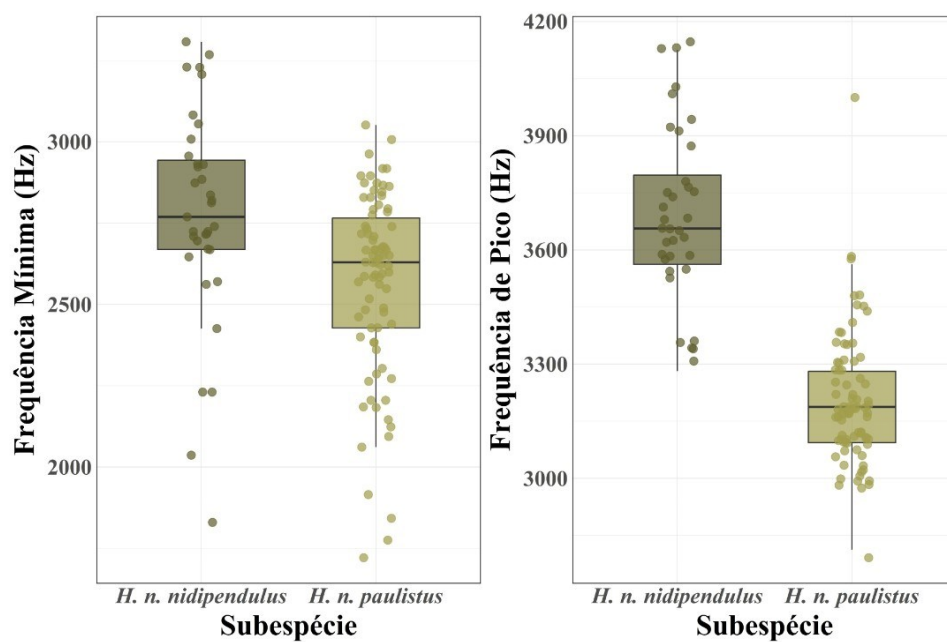


Figura 6. Boxplot das frequências mínimas e de pico por subespécie de *H. nidipendulus*.

Por meio da PCA, foi possível observar que, apesar das diferenças significativas, a variância encontrada na população de *H. n. paulistus* está contemplada pela variação observada em *H. n. nidipendulus* (Figura 8).

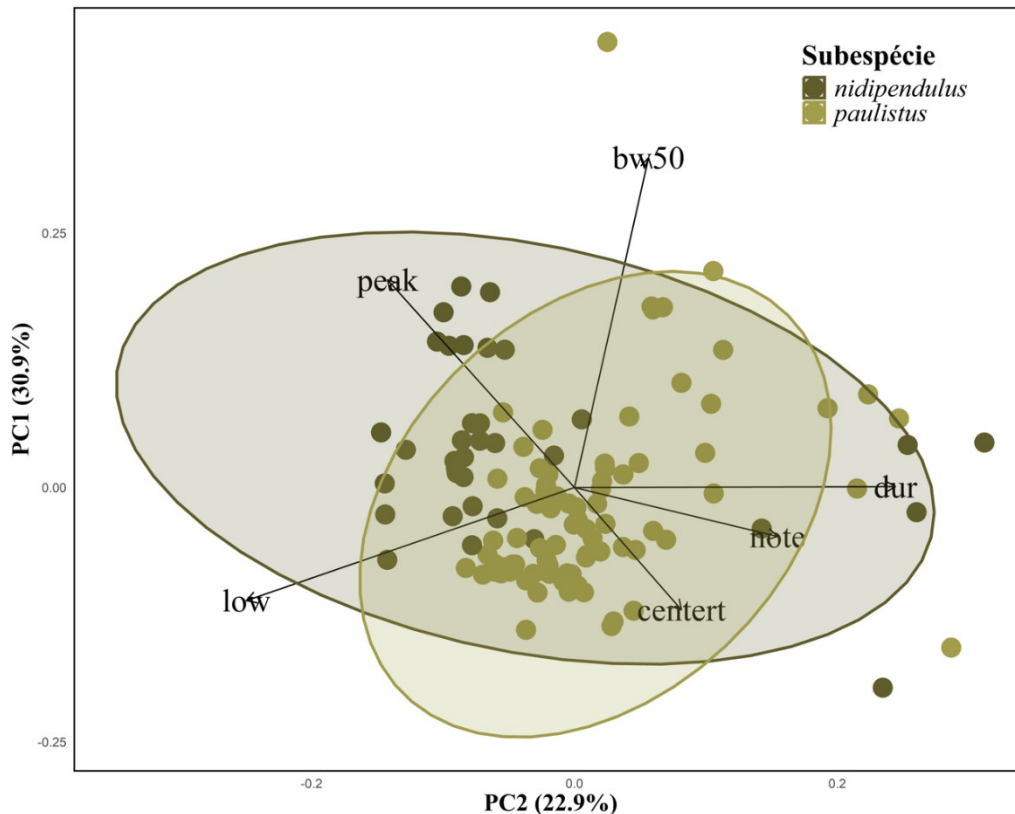


Figura 7. Análise de Componentes Principais de seis variáveis analisadas do canto das populações de *Hemitriccus nidipendulus*. As elipses representam um intervalo de confiança de 95%. “Low” – Frequência Mínima; “Peak” – Frequência de pico; “Bw50” – Largura de banda 50%; “Centert” – Tempo central; “Note” – Número de notas; “Dur” – Duração do canto.

Para *H. mirandae*, o Teste de Correlação de Spearman indicou forte correlação entre tempo central, tempo 5%, tempo 95% ($\rho > 0,99$); frequência máxima e de pico, frequência máxima do contorno de frequência de pico, frequência central, frequência 5%, frequência 95% ($0,72 \leq \rho \leq 0,93$); frequência mínima e frequência mínima do contorno de frequência de pico ($\rho = 0,71$); e uma relação moderada entre largura de banda 50% e 90% ($\rho = 0,51$). Desse modo, para as estatísticas seguintes foram utilizados os parâmetros: número de notas, duração do canto, andamento, frequência máxima, mínima e de pico, largura de banda 50% e 90% e tempo central.

A MANOVA indicou diferença altamente significativa entre as subespécies (Pillai = 0,29; $F_{1,1} = 2,95$; $p = 0,005$). ANOVAs subsequentes indicaram duas variáveis significativas: frequência mínima ($F_{1,1} = 4,19$; $p = 0,044$) e número de notas ($F_{1,1} = 9,32$; $p = 0,003$). O teste de Wilcoxon indicou que as duas populações de *H. mirandae* diferem significativamente quanto ao número de notas ($W = 390,5$; $p < 0,001$), com efeito de magnitude moderada ($r = 0,39$), e, apesar da ANOVA ter indicado a frequência mínima, o teste de Wilcoxon não corroborou essa conclusão ($W = 792,5$; $p = 0,3126$), com efeito pequeno ($r = 0,12$). Esse desacordo se deve a distribuição não normal dos dados, que pode

gerar falsos positivos no teste ANOVA. A população norte de *H. mirandae* possui, em média, o número de notas de $4,05 \pm 1,18$. Em contrapartida, a população sul exibiu, em média, um número de notas de $4,85 \pm 1,08$ (Tabela 3). Porém, houve sobreposição de valores entre as populações para número de notas (Figura 9).

Tabela 3. Estatísticas descritivas (média, desvio padrão (DP), número de amostras e intervalo mínimo ao máximo) dos caracteres vocais da população norte e sul de *Hemitriccus mirandae*. * $p < 0,001$.

Métricas	<i>H. m. norte</i> (n = 41)		<i>H. m. sul</i> (n = 34)	
	Média $\pm$ DP	Intervalo	Média $\pm$ DP	Intervalo
Frequência máxima (I)	5503 $\pm$ 716,39	4200 – 7736	5292 $\pm$ 595,32	4005 – 6457
Frequência mínima (II)	1849 $\pm$ 586,22	1249 – 3589	1617 $\pm$ 333,73	969,70 – 2162,40
Frequência de pico (III)	3418 $\pm$ 1325,76	1969 – 6000	3269 $\pm$ 595,32	2062 – 5156
Largura de banda 50% (IV)	1007,50 $\pm$ 757,93	187,50 – 2343,80	1237,36 $\pm$ 795,90	93,75 – 2437,50
Largura de banda 90% (V)	2637 $\pm$ 542,30	750 – 3562	2507,50 $\pm$ 636,34	562,50 – 3750,00
Duração do canto (VI)	0,59 $\pm$ 0,29	0,16 – 1,24	0,58 $\pm$ 0,19	0,14 – 1,03
Número de notas (VII)*	4,05 $\pm$ 1,18	3 – 8	4,85 $\pm$ 1,08	3 – 6
Andamento (VIII)	7,84 $\pm$ 3,07	3,22 – 18,77	9,15 $\pm$ 3,19	4,35 – 21,46
Frequência máxima do contorno de frequência de pico (IX)	5120 $\pm$ 869,33	2062 – 6374	4989 $\pm$ 468,58	3938 – 5812
Frequência mínima do contorno de frequência de pico (X)	2025 $\pm$ 773,59	1312 – 5531	1180 $\pm$ 348,70	1124 – 2625
Frequência central (XI)	3318 $\pm$ 1217,14	2062 – 5812	3184 $\pm$ 985,38	2062 – 5062
Frequência 5% (XII)	2271 $\pm$ 599,74	1500 – 4134	2201 $\pm$ 441,79	1875 – 4312
Frequência 95% (XIII)	4908 $\pm$ 721,50	2250 – 6000	4709 $\pm$ 623,25	2812 – 5812
Tempo central (XIV)	21,37 $\pm$ 24,84	0,61 – 131,01	15,04 $\pm$ 17,39	0,69 – 82,09
Tempo 5% (XV)	21,09 $\pm$ 24,81	0,56 – 130,68	14,80 $\pm$ 17,41	0,42 – 81,94
Tempo 95% (XVI)	21,61 $\pm$ 24,93	0,79 – 131,60	15,21 $\pm$ 17,36	0,92 – 82,21

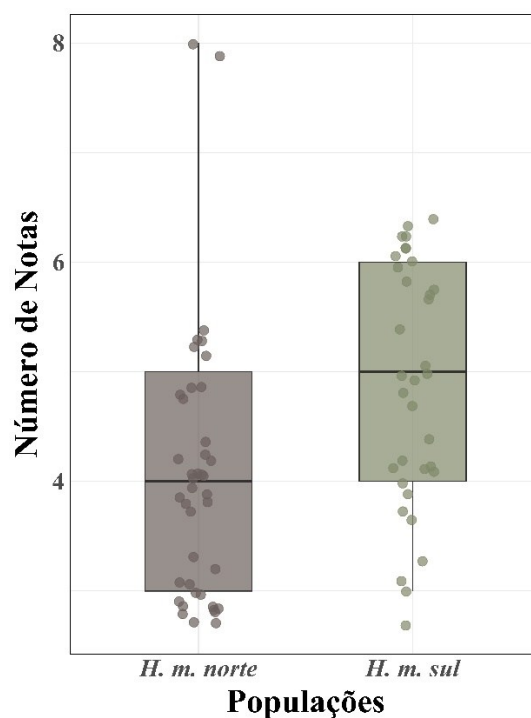


Figura 8. Boxplot do número de notas por população de *H. mirandae*.

Por meio da PCA, foi possível observar que, apesar da diferença significativa, a variância encontrada em *H. mirandae* apresenta grande sobreposição entre as duas populações (Figura 10).

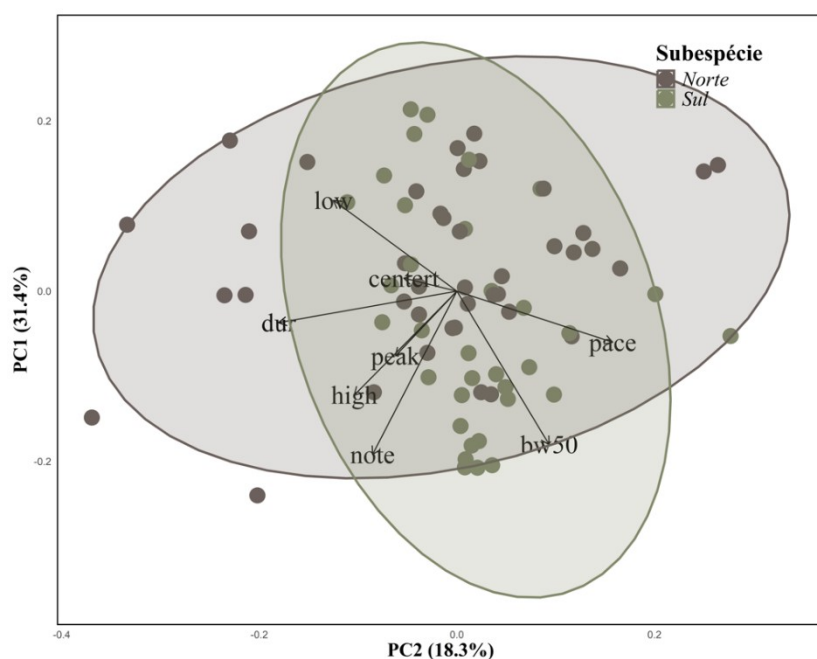


Figura 9. Análise de Componentes Principais de oito variáveis analisadas do canto das populações de *Hemitriccus mirandae*. As elipses representam um intervalo de confiança de 95%. “Low” – Frequência Mínima; “High” – Frequência máxima; “Peak” – Frequência

de pico; “Bw50” – Largura de banda 50%; “Centert” – Tempo central; “Note” – Número de notas; “Dur” – Duração do canto, “Pace” – Andamento.

Por fim, para *H. furcatus*, o Teste de Correlação de Spearman indicou forte correlação entre tempo central, tempo 5%, tempo 95% ($\rho > 0,99$); frequência mínima, frequência mínima do contorno de frequência de pico e frequência 5% ($0,80 \leq \rho \leq 0,86$); a largura de banda 90% e a frequência 95% ($\rho = 0,89$); a frequência de pico e a frequência central ($\rho = 0,76$); duração do canto e andamento ($\rho = -0,74$) e com número de notas ($\rho = 0,74$). Desse modo, para as estatísticas seguintes foram utilizados os parâmetros: número de notas, andamento, frequência máxima, frequência mínima, frequência de pico, largura de banda 50%, largura de banda 90% e tempo central.

A MANOVA apresentou diferença significativa entre as populações (Pillai = 0,40; $F_{1,1} = 12,80$; $p < 0,0001$). Devido à ausência de normalidade dos dados, análises univariadas foram confirmadas através do Teste de Wilcoxon. As ANOVAs indicaram diferenças significativas quanto à frequência máxima ($F_{1,1} = 67,98$; $p < 0,0001$), frequência mínima ($F_{1,1} = 57,15$; $p < 0,0001$), largura de banda 90% ($F_{1,1} = 16,00$; $p < 0,0001$), largura de banda 50% ($F_{1,1} = 10,81$; $p = 0,0012$) e frequência de pico ($F_{1,1} = 7,05$; $p = 0,0087$). Esses resultados foram corroborados com os testes de Wilcoxon para todas essas métricas: frequência máxima ($W = 5377$; $p < 0,0001$; $r = 0,63$), frequência mínima ($W = 4999,5$; $p < 0,0001$; $r = 0,53$), frequência de pico ($W = 4575,5$; $p < 0,0001$; $r = 0,42$), largura de banda 90% ($W = 1909$; $p = 0,0001$; $r = 0,30$) e largura de banda 50% ($W = 2165,5$; $p = 0,0028$; $r = 0,23$). Sendo que a população norte apresentou, em média, frequências máxima de $8855 \pm 489,42$, mínima de $3420 \pm 299,76$ e de pico de $4309 \pm 407,44$ Hz e largura de banda 50% de $538,64 \pm 359,59$ e 90% de $1898,9 \pm 706,24$ Hz, enquanto as mesmas medidas para a população sul foram frequências máxima de $7753 \pm 927,95$, mínima de $3036 \pm 310,55$ e de pico de $4041 \pm 689,08$ Hz e largura de banda 50% de $836,08 \pm 620,07$ e 90% de $2468,20 \pm 929,30$ Hz (Tabela 4). No entanto, houve sobreposição de intervalo de valores entre as populações em todas as variáveis (Figura 11).

Tabela 4. Estatísticas descritivas (média, desvio padrão (DP), número de amostras e intervalo mínimo ao máximo) dos caracteres vocais da população norte e sul de *Hemitriccus furcatus*. * $p < 0,0001$ ** $p < 0,01$.

	<i>H. f. norte</i> (n = 41)		<i>H. f. sul</i> (n = 34)	
	Média ± DP	Intervalo	Média + DP	Intervalo
Frequência máxima (I) *	8855 ± 489,42	7309 – 10206	7753 ± 927,95	4866 – 8438
Frequência mínima (II) *	3420 ± 299,76	2711 – 4112	3036 ± 310,55	1476 – 3746
Frequência de pico (III) **	4309 ± 407,44	3375 – 5531	4041 ± 689,08	2250 – 7125
Largura de banda 50% (IV) **	538,64 ± 359,59	656,20 – 3750	836,08 ± 620,07	93,75 – 3281,25
Largura de banda 90% (V) *	1898,9 ± 706,24	656,2 – 3750	2468,20 ± 929,30	562,50 – 4687,50
Duração do canto (VI)	0,61 ± 0,29	0,26 – 2,01	0,54 ± 0,23	0,25 – 1,40

Número de notas (VII)	5,82 ± 2,27	4 – 18	5,97 ± 1,77	4 – 11
Andamento (VIII)	10,51 ± 3,30	4,42 – 16,52	11,68 ± 2,28	6,05 – 16,24
Frequência máxima do contorno de frequência de pico (IX)	6286 ± 1068,22	4781 – 9000	6080 ± 1014,96	4406 – 8438
Frequência mínima do contorno de frequência de pico (X)	3598 ± 270,93	3000 – 4125	3237 ± 335,68	1594 – 4031
Frequência central (XI)	4359 ± 334,96	3844 – 5344	4113 ± 629,61	3375 – 6938
Frequência 5% (XII)	3799 ± 297,48	3281 – 4781	3431 ± 320,31	2156 – 4312
Frequência 95% (XIII)	5698 ± 623,88	4594 – 7594	5899 ± 912,01	4312 – 7875
Tempo central (XIV)	5,33 ± 4,40	0,42 – 19,33	5,80 ± 5,14	0,08 – 32,19
Tempo 5% (XV)	5,08 ± 4,43	0,27 – 19,23	5,60 ± 5,15	0,04 – 32,09
Tempo 95% (XVI)	5,59 ± 4,41	0,55 – 19,52	6,05 ± 5,14	0,28 – 32,34

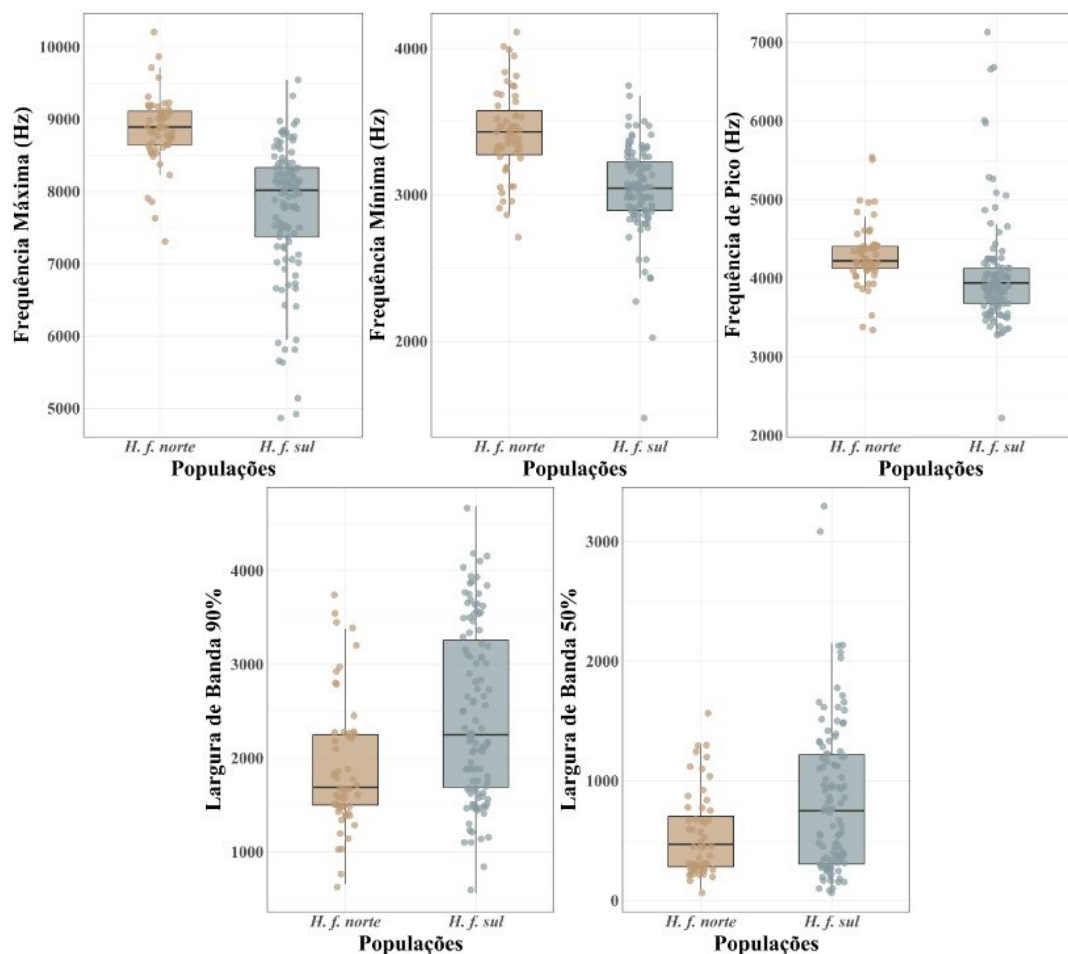


Figura 10. Boxplot de frequências máxima, mínima e de pico e larguras de banda 50% e 90% por população de *H. furcatus*.

Assim como nas outras espécies utilizando PCA, foi possível observar que, apesar das diferenças significativas encontradas, a variância encontrada em *H. furcatus* apresenta grande sobreposição entre as duas populações (Figura 12).

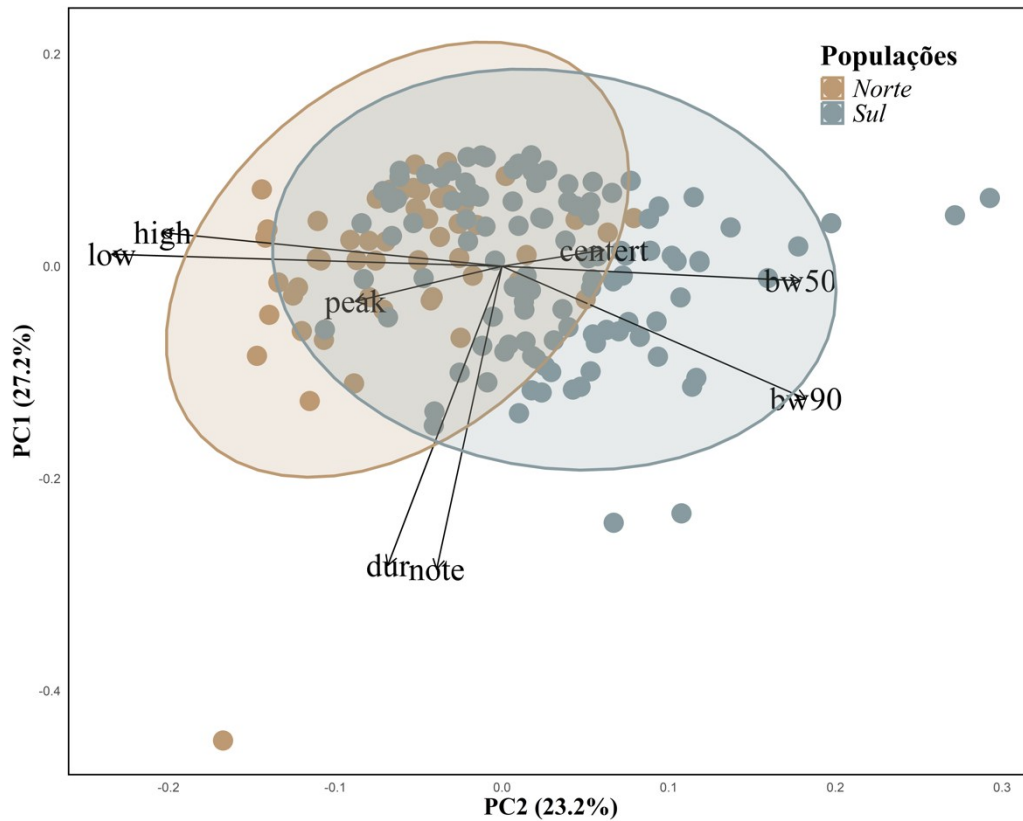


Figura 11. Análise de Componentes Principais de oito variáveis analisadas do canto das populações de *Hemitriccus furcatus*. As elipses representam um intervalo de confiança de 95%. “Low” – Frequência Mínima; “High” – Frequência máxima; “Peak” – Frequência de pico; “Bw50” – Largura de banda 50%; “Bw90” – Largura de banda 90%; “Centert” – Tempo central; “Note” – Número de notas; “Dur” – Duração do canto.

BirdNET

Para as populações de *H. nidipendulus*, o SVM apresentou acurácia de 1,00, ou seja, foi capaz de identificar 100% das amostras do conjunto para teste. A precisão para ambas as populações foi de 1,00, indicando que quando o SVM indicou que uma amostra pertencia à classe *H. n. nidipendulus* ou *H. n. paulistus*, o modelo acertou. A revocação, que significa que o modelo identificou todas as amostras de cada classe no conjunto teste, também foi de 1,00 para ambas as populações. Assim, a pontuação-F1, que é a média harmônica de precisão e revocação, foi de 1,00 para ambas as classes. O *Dummy Classifier* atingiu 0,60 de acurácia. Um modelo com a estratégia de “mais frequente” irá etiquetar a classe com maior número de amostras, nesse caso, *H. n. paulistus* (n = 38). Isto resulta no modelo classificando todas as amostras de *H. n. paulistus* (revocação = 1,00), enquanto todas as amostras de *H. n. nidipendulus* são classificadas incorretamente (revocação = 0,00).

Tabela 5. Desempenho de cada classificador em relação à *H. n. nidipendulus* e *H. n. paulistus*.

	SVM <i>paulistus</i>	Dummy <i>paulistus</i>	SVM <i>nidipendulus</i>	Dummy <i>nidipendulus</i>
Precisão	1,00	0,60	1,00	0,00
Revocação	1,00	1,00	1,00	0,00
Pontuação-F1	1,00	0,75	1,00	0,00
Suporte	15	15	10	10

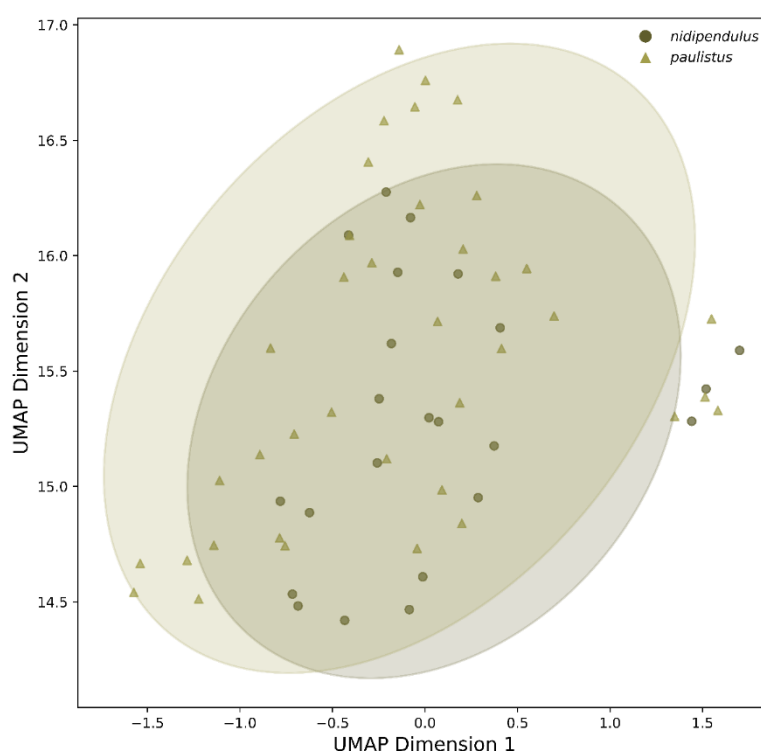


Figura 12. Aproximação e Projeção Uniformes de Variedades dos *embeddings* utilizados para *H. nidipendulus*.

Nas populações de *H. mirandae*, o SVM obteve acurácia de 91,67%. A precisão foi de 0,94 e 0,89 para população norte e sul, enquanto a revocação foi de 0,89 e 0,94, respectivamente. A pontuação-F1 da população norte foi 0,92, já na população sul foi 0,91. O *Dummy Classifier* apresentou acurácia de 52,77%, com precisão de 0,53, revocação de 1,00 e pontuação-F1 de 0,69 para a população norte, enquanto todos os valores para a população sul equivaleram à 0,00, devido a estratégia de “mais frequente”.

Tabela 6. Desempenho de cada classificador em relação à população norte e sul de *H. mirandae*.

	SVM norte	Dummy norte	SVM sul	Dummy sul
Precisão	0,94	0,53	1,00	0,00
Revocação	0,89	1,00	0,90	0,00
Pontuação-F1	0,92	0,69	0,95	0,00
Suporte	19	19	17	17

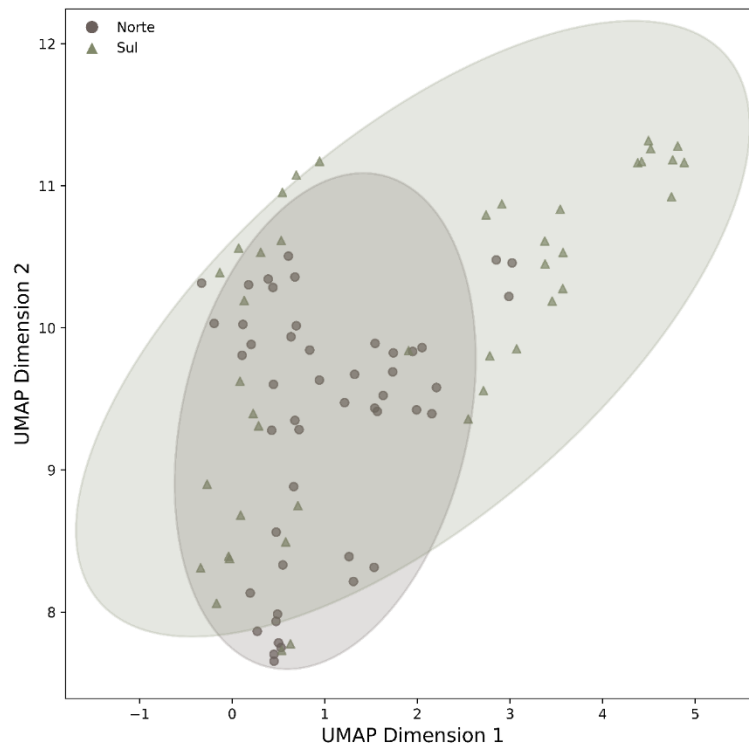


Figura 13. Aproximação e Projeção Uniformes de Variedades dos *embeddings* utilizados para *H. mirandae*.

Para as populações de *H. furcatus*, o SVM apresentou acurácia de 94,49%, com precisão de 0,90 para população norte e 1,00 para população sul e revocação de 1,00 e 0,90, respectivamente. A pontuação-F1 para ambas foi de 0,95, demonstrando número alto de acertos para ambas as classes pelo SVM. Enquanto para o Dummy Classifier, a acurácia obtida foi de 53,85%. Considerando a estratégia do modelo e que a população do sul possuiu maior número de amostras, sua precisão foi de 0,54, revocação de 1,00 e pontuação-F1 de 0,70, já na população norte foi o valor dos três parâmetros foi igual à 0,00.

Tabela 7. Desempenho de cada classificador em relação à população norte e sul de *H. furcatus*.

	SVM norte	Dummy norte	SVM sul	Dummy sul
Precisão	0,90	0,00	1,00	0,54

Revocação	1,00	0,00	0,90	1,00
Pontuação-F1	0,95	0,00	0,95	0,70
Suporte	18	18	21	21

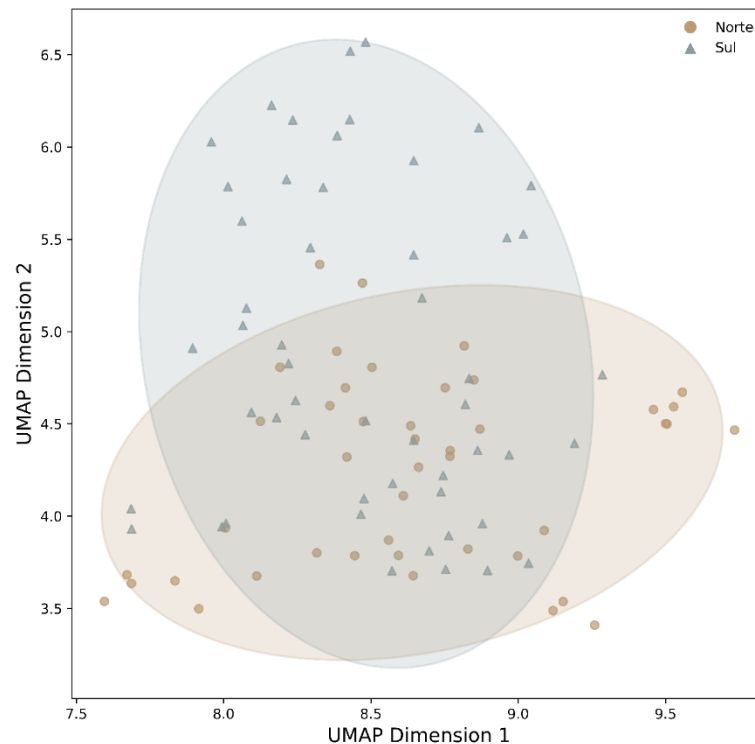


Figura 14. Aproximação e Projeção Uniformes de Variedades dos *embeddings* utilizados para *H. furcatus*.

Discussão

Para os caracteres vocais, os resultados das análises manuais foram congruentes com os da IA. Apesar das diferenças altamente significativas demonstradas na análise manual e da acurácia quase perfeita ($> 90\%$) do modelo SVM, não foi possível identificar caracteres diagnósticos absolutos para diferenciar nenhuma das populações analisadas, pois houve sobreposição de valores entre os intervalos dos caracteres entre populações. Para as três espécies estudadas, o SVM obteve valores muito maiores que o *Dummy Classifier*. Esse alto desempenho corrobora as diferenças estatísticas significativas observadas nas análises manuais de todas as populações. A análise morfométrica de *H. nidipendulus* também apresentou diferenças significativas, porém com sobreposição de valores, e não houve diferenças na plumagem para diagnosticá-las (para *H. mirandae* e *H. furcatus* não foi possível realizar a análise morfológica devido à falta de espécimes de populações específicas).

Entretanto, a sobreposição dos caracteres tradicionais (manuais, visuais e acústicos) não representa uma ausência de divergência, mas sim o retrato de um processo de **divergência populacional incipiente** impulsionado pela história biogeográfica da

Mata Atlântica. Conforme demonstrado para o arapaçu *Xiphorhynchus fuscus* (Cabanne et al., 2014), a dinâmica climática do Pleistoceno gerou estágios de isolamento incompleto onde a variação fenotípica frequentemente forma clinas contínuas com forte sobreposição. Além disso, as altas taxas de acurácia da Inteligência Artificial em separar as populações ganham forte sustentação ecológica: ao contrário de aves com alta capacidade de dispersão (como o tangará *Chiroxiphia caudata*), espécies insetívoras de sub-bosque como as do gênero *Hemitriccus* possuem baixa dispersão e alta filopatria (Ribeiro et al., 2020), tornando-as extremamente suscetíveis a barreiras geográficas locais (padrão também corroborado para *H. diops*; Acero Murcia et al. (2021)).

Desse modo, a capacidade do modelo de *Machine Learning* em captar essas variações acústicas, com UMAPs apresentando sobreposição (alinhando-se aos achados taxonômicos do complexo *Cercomacra cinerascens*; Cavarzere et al. (2026)), atua como um reflexo direto de uma **diferenciação genética críptica**. Populações alopátricas de *Hemitriccus* estão sujeitas a uma forte estruturação geográfica silenciosa ao longo do tempo, fenômeno já comprovado genomicamente para o *H. obsoletus* (Lovato et al., 2025). Distinções vocais estruturadas, mesmo sem diferenças morfológicas evidentes, já haviam sido verificadas na tese de Cohn-Haft (2000) para populações amazônicas do gênero, reforçando que a evolução dessas linhagens avança de maneira dissociada da plumagem.

Nesta situação de divergência incipiente, sob o CBE ou CFE, as decisões taxonômicas são semelhantes. Na ausência de clinas e sem a fixação de caracteres diagnósticos quantitativos ou discretos, *H. n. paulistus* não pode ser reconhecido ou diferenciado, sugerindo-se sua sinonimização com o táxon nominotípico, enquanto as populações alopátricas das demais espécies também devem permanecer sob a mesma nomenclatura atualmente reconhecida. Para resoluções definitivas e estudos futuros, além da necessidade de ampliação amostral morfológica e análises genômicas, é fundamental investigar não apenas os cantos principais (*loudsongs*). Como os cantos podem estar sujeitos a um conservadorismo estabilizador, a investigação da ampla diversidade de **chamados (calls)** poderá ser a chave para encontrar os caracteres diagnósticos discretos que sustentam o isolamento reprodutivo completo nessas populações, conforme demonstrado para as espécies simpátricas de *Pyriglena* (Isler & Maldonado-Coelho, 2017).

Conclusão

Considerando a sobreposição de valores na análise manual e das elipses dos UMAPs, mesmo com a acurácia dos modelos treinados, não foi possível sustentar diagnose vocal entre as populações de *H. n. nidipendulus* e *H. n. paulistus* e as populações norte e sul de *H. furcatus* e *H. mirandae*. Além disso, a análise morfológica e morfométrica de *H. nidipendulus* também não apresenta suporte para diagnose das duas subespécies. Contudo, essa ausência de diagnose não invalida as distinções encontradas. Usando outros estudos sobre a evolução da avifauna da Mata Atlântica (Cabanne et al.,

2014; da Silva Ribeiro et al., 2020) como base, as altas taxas de acurácia da Inteligência Artificial associadas às variações morfométricas podem indicar uma radiação evolutiva em andamento. Populações de baixa dispersão como as de *Hemitriccus* estão sujeitas a uma forte estruturação geográfica críptica ao longo do tempo (Lovato et al., 2025), e as sutis divergências acústicas detectadas pelos algoritmos e pela análise manual possivelmente representam um estágio inicial dessa divergência impulsionada pela dinâmica climática do Pleistoceno. Diante desse cenário de especiação inicial, sugere-se a sinonimização de *H. n. paulistus* com o táxon nominotípico e a manutenção das populações alopátricas de *H. furcatus* e *H. mirandae* sob as nomenclaturas atuais. Para atingir resoluções taxonômicas definitivas, ressalta-se a necessidade de estudos integrativos e genômicos futuros com ampliação amostral, além da investigação de outras variáveis acústicas essenciais, como os chamados (Isler & Maldonado-Coelho, 2017), em complemento aos cantos analisados neste estudo.

Cresonímias¹



***Hemitriccus nidipendulus* (Wied, 1831)**

Euscarthmus nidipendulus Wied, 1831

Euscarthmus nidipendulus [not Wied] (Pelzeln, 1868)

Euscarthmus nidipendulus paulistus Hellmayr, 1914

Hemitriccus nidipendulus paulistus (Hellmayr, 1914)

Euscarthmornis nidipendulus nidipendulus (Cory & Hellmayr 1927)



***Hemitriccus mirandae* (Snethlage, 1925)**

Todirostrum mirandae Snethlage, 1925



***Hemitriccus furcatus* (Lafresnaye, 1846)**

Todirostrum furcatum Lafresnaye, 1846

Euscarthmus apicalis Sclater, 1887

Euscarthmus furcatus Pelzeln, 1868

Ceratotriccus furcatus Cabanis, 1874

¹ Ilustrações de Birds of the World, por Hilary Burn.

Referências

- Acero Murcia, A., Amaral, F., Barros, F., Da, T., Miyaki, C., & Maldonado-Coelho, M. (2021). Ecological and evolutionary drivers of geographic variation in songs of a Neotropical suboscine bird: The Drab-breasted Bamboo Tyrant (*Hemitriccus diops*, Rhynchocyclidae). *The Auk*, 138, 1–15. <https://doi.org/10.1093/ornithology/ukab003>
- Breviglieri, E. L., Sugai, L. S. M., Sementili-Cardoso, G., Donatelli, R. J., & Tolkova, I. (2026). Traditional bioacoustic analyses and machine-learning methods indicate weak vocal dimorphism in four Cerrado antbird species. *Journal of Ornithology*. <https://doi.org/10.1007/s10336-026-02415-3>
- Cabanne, G. S., Trujillo-Arias, N., Calderón, L., d'Horta, F. M., & Miyaki, C. Y. (2014). Phenotypic evolution of an Atlantic Forest passerine (*Xiphorhynchus fuscus*): biogeographic and systematic implications. *Biological Journal of the Linnean Society*, 113(4), 1047–1066.
- Carneiro, L., Bravo, G. A., & Aleixo, A. (2019). Phenotypic similarity leads to taxonomic inconsistency: A revision of the lowland's antpittas. *Zoologica Scripta*, 48(1), 46–56. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/zsc.12324>
- Cavarzere, V., Breviglieri, E. L., & Silveira, L. F. (2026). Integrative taxonomy of the *Cercomacra cinerascens* species complex with description of two new species (Aves: *Thamnophilidae*). *Vertebrate Zoology*, 76, 73–91. <https://doi.org/10.3897/vz.76.e171834>
- Cohn-Haft, M. (2000). *A case study in Amazonian biogeography: Vocal and DNA-sequence variation in Hemitriccus flycatchers*.
- Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-Vector Networks. *Machine Learning*, 20(3), 273–297. <https://doi.org/10.1023/A:1022627411411>
- da Silva Ribeiro, T., Batalha-Filho, H., Silveira, L. F., Miyaki, C. Y., & Maldonado-Coelho, M. (2020). Life history and ecology might explain incongruent population structure in two co-distributed montane bird species of the Atlantic Forest. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 153, 106925. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ympev.2020.106925>
- Eck, S., Fiebig, J., Fiedler, W., Heynen, I., Nicolai, B., Töpfer, T., Van den Elzen, R., Winkler, R., & Woog, F. (2011). *Measuring Birds – Vögel Vermessen*.
- Isler, M. L., Isler, P. R., & Brumfield, R. T. (2005). Clinal Variation in Vocalizations of an Antbird (*Thamnophilidae*) and Implications for Defining Species Limits. *The Auk*, 122(2), 433–444. <https://doi.org/10.1093/auk/122.2.433>
- Isler, M. L., Isler, P. R., & Whitney, B. M. (1998). Use of Vocalizations to Establish Species Limits in Antbirds (Passeriformes: *Thamnophilidae*). *The Auk*, 115(3), 577–590. <https://doi.org/10.2307/4089407>

- Isler, M. L., Isler, P. R., & Whitney, B. M. (1999). Species Limits in Antbirds (Passeriformes: Thamnophilidae): The Myrmotherula Surinamensis Complex. *The Auk*, 116(1), 83–96. <https://doi.org/10.2307/4089456>
- Isler, M. L., Isler, P. R., & Whitney, B. M. (2007). Species Limits in Antbirds (Thamnophilidae): The Warbling Antbird (Hypocnemis Cantator) Complex. *The Auk*, 124(1), 11–28. <https://doi.org/10.1093/auk/124.1.11>
- Isler, M. L., & Maldonado-Coelho, M. (2017). Calls distinguish species of Antbirds (Aves: Passeriformes: Thamnophilidae) in the genus Pyriglena. *Zootaxa*, 4291(2), 275–294.
- Kahl, S., Wood, C. M., Eibl, M., & Klinck, H. (2021). BirdNET: A deep learning solution for avian diversity monitoring. *Ecological Informatics*, 61, 101236. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101236>
- Lovato, B. P., do Amaral, F. S. R., & Franz, I. (2025). Population-level mitogenomes of Hemitriccus obsoletus (Aves: Rhynchocyclidae), an endemism of a Neotropical biodiversity hotspot. *Ornithology Research*, 33(1). <https://doi.org/10.1007/s43388-025-00244-1>
- Manzano-Rubio, R., Bota, G., Brotons, L., Soto-Largo, E., & Pérez-Granados, C. (2022). Low-cost open-source recorders and ready-to-use machine learning approaches provide effective monitoring of threatened species. *Ecological Informatics*, 72, 101910. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101910>
- McGinn, K., Kahl, S., Peery, M., Klinck, H., & Wood, C. (2023). Feature embeddings from the BirdNET algorithm provide insights into avian ecology. *Ecological Informatics*, 74, 101995. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.101995>
- Munsell, A. H. (1975). *Munsell soil color charts*. Munsell color.
- Pacheco, J. F., Silveira, L. F., Aleixo, A., Agne, C. E., Bencke, G. A., Bravo, G. A., Brito, G. R. R., Cohn-Haft, M., Maurício, G. N., Naka, L. N., Olmos, F., Posso, S. R., Lees, A. C., Figueiredo, L. F. A., Carrano, E., Guedes, R. C., Cesari, E., Franz, I., Schunck, F., & de Q. Piacentini, V. (2021). Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee—second edition. *Ornithology Research*, 29(2), 94–105. <https://doi.org/10.1007/s43388-021-00058-x>
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., & Duchesnay. (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12(85), 2825–2830. <http://jmlr.org/papers/v12/pedregosa11a.html>
- R Core Team. (2025). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://doi.org/10.32614/R.manuals>

- Ridgely, R. S., & Tudor, G. (1994). *The Birds of South America: Vol. II, The Suboscine Passerines*. University of Texas Press.
<https://books.google.com/books?id=GAOJ0AEACAAJ>
- Smithe, F. B. (1974). *Naturalist's color guide* (Vol. 2). American Museum of Natural History.
- Touchton, J. M., Seddon, N., & Tobias, J. A. (2014). Captive Rearing Experiments Confirm Song Development without Learning in a Tracheophone Suboscine Bird. *PLOS ONE*, 9(4), e95746-. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095746>
- Vale, M. M., Tourinho, L., Lorini, M. L., Rajão, H., & Figueiredo, M. S. L. (2018). Endemic birds of the Atlantic Forest: traits, conservation status, and patterns of biodiversity. *Journal of Field Ornithology*, 89(3), 193–206.
<http://www.jstor.org/stable/44994117>
- Vielliard, J. M. E., & Silva, M. L. da. (2010). Bioacústica-bases teóricas e regras práticas de uso em ornitologia. *Ornitologia e Conservação, Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento*. 1ª Ed. Rio de Janeiro, Technical Books, 315–326.
- Winkler, D. W., Billerman, S. M., & Lovette, I. J. (2020). Tyrant Flycatchers (Tyrannidae), version 1.0. *Birds of the World*.
<https://doi.org/10.2173/BOW.TYRANN2.01>

APÊNDICES

Apêndice 1. Tabela das informações disponíveis nas etiquetas dos espécimes analisados. Número de tombo, estado brasileiro e localidade da coleta do espécime são indicados. A última coluna refere-se à subespécie ou população à qual o espécime pertence.

Número de Tombo	Estado	Localidade	Subespécie ou população
14231	BA	Aratuípe	<i>H. n. nidipendulus</i>
86279	BA	Barra do Choça	<i>H. n. nidipendulus</i>
105085	BA	Catu	<i>H. n. nidipendulus</i>
105086	BA	Catu	<i>H. n. nidipendulus</i>
27711	BA	Madre de Deus	<i>H. n. nidipendulus</i>
76477	BA	Olivença	<i>H. n. nidipendulus</i>
7555	BA	Vila Nova	<i>H. n. nidipendulus</i>
7556	BA	Vila Nova	<i>H. n. nidipendulus</i>
7557	BA	Vila Nova	<i>H. n. nidipendulus</i>
60337	MG	Alfenas	<i>H. n. paulistus</i>
105091	MG	Diamantina	<i>H. n. paulistus</i>
70255	PR	Alto Paraná	<i>H. n. paulistus</i>
94916	RJ	Macuco	<i>H. n. paulistus</i>
36175	RJ	Pico das Agulhas Negras	<i>H. n. paulistus</i>
55235	SP	Embu-Guaçu	<i>H. n. paulistus</i>
50352	SP	Iporanga	<i>H. n. paulistus</i>
59824	SP	Ribeirão Pires	<i>H. n. paulistus</i>
81037	SP	Santos	<i>H. n. paulistus</i>
11689	SP	São Miguel	<i>H. n. paulistus</i>
56339	SP	São Miguel	<i>H. n. paulistus</i>
116285	CE	Guaramiranga	<i>H. mirandae norte</i>
116281	CE	Lapa	<i>H. mirandae norte</i>
116283	CE	Lapa	<i>H. mirandae norte</i>
116284	CE	Lapa	<i>H. mirandae norte</i>
116282	CE	São Benedito	<i>H. mirandae norte</i>
41847	CE	Serra de Baturité	<i>H. mirandae norte</i>
41848	CE	Serra de Baturité	<i>H. mirandae norte</i>
37542	AL	Riachão	<i>H. mirandae sul</i>
82515	RJ	Penedo	<i>H. furcatus sul</i>
34426	RJ	Pico das Agulhas Negras	<i>H. furcatus sul</i>
34427	RJ	Pico das Agulhas Negras	<i>H. furcatus sul</i>
5382	SP	Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
5383	SP	Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
5386	SP	Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
5387	SP	Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>

Apêndice 2. Tabela das informações disponíveis das gravações analisadas. Número de identificação (ID), fonte, estado brasileiros e localidade da gravação da subespécie ou população à qual o indivíduo pertence.

Número de ID	Fonte	Estado	Localidade	Subespécie ou população
312431	WA	BA	Boa Nova	<i>H. n. nidipendulus</i>
1204093	WA	BA	Ibicoara	<i>H. n. nidipendulus</i>
2389235	WA	BA	Ilhéus	<i>H. n. nidipendulus</i>
4246384	WA	BA	Itacaré	<i>H. n. nidipendulus</i>
393005	WA	BA	Jaguaripe	<i>H. n. nidipendulus</i>
5202030	WA	SE	Capela	<i>H. n. nidipendulus</i>
779703	WA	SE	Itabaiana	<i>H. n. nidipendulus</i>
5422	XC	BA	Boa Nova	<i>H. n. nidipendulus</i>
81584	XC	BA	Boa Nova	<i>H. n. nidipendulus</i>
707616	XC	BA	Caravelas	<i>H. n. nidipendulus</i>
707617	XC	BA	Caravelas	<i>H. n. nidipendulus</i>
482219	XC	BA	Conde	<i>H. n. nidipendulus</i>
482220	XC	BA	Conde	<i>H. n. nidipendulus</i>
341012	XC	BA	Poções	<i>H. n. nidipendulus</i>
385484	XC	ES	Domingos Martins	<i>H. n. paulistus</i>
81582	XC	ES	Reserva Biológica A. Ruschi	<i>H. n. paulistus</i>
178099	XC	MG	Belo Vale	<i>H. n. paulistus</i>
81583	XC	MG	Tiradentes	<i>H. n. paulistus</i>
155058	XC	RJ	Araruama	<i>H. n. paulistus</i>
224012	XC	RJ	Arraial do Cabo	<i>H. n. paulistus</i>
224013	XC	RJ	Arraial do Cabo	<i>H. n. paulistus</i>
224014	XC	RJ	Arraial do Cabo	<i>H. n. paulistus</i>

Número de ID	Fonte	Estado	Localidade	Subespécie ou população
224015	XC	RJ	Arraial do Cabo	<i>H. n. paulistus</i>
224016	XC	RJ	Arraial do Cabo	<i>H. n. paulistus</i>
659865	XC	RJ	Arrieiro, Teresópolis	<i>H. n. paulistus</i>
242049	XC	RJ	Cabo Frio	<i>H. n. paulistus</i>
388471	XC	RJ	Parque Estadual da Costa do Sol	<i>H. n. paulistus</i>
3809	XC	RJ	Perequê	<i>H. n. paulistus</i>
81585	XC	RJ	Perequê	<i>H. n. paulistus</i>
284338	XC	RJ	Perequê	<i>H. n. paulistus</i>
331353	XC	RJ	Perequê	<i>H. n. paulistus</i>
157212	XC	RJ	Peró, Cabo Frio	<i>H. n. paulistus</i>
981399	XC	RJ	Praia Brava, Trindade	<i>H. n. paulistus</i>
677719	XC	RJ	Resende	<i>H. n. paulistus</i>
283684	XC	RJ	Rua do Carmo	<i>H. n. paulistus</i>
470826	XC	RJ	Santa Maria Madalena	<i>H. n. paulistus</i>
8437	XC	RJ	Taquaril, Petrópolis	<i>H. n. paulistus</i>
423627	XC	SP	Águas de Santa Bárbara	<i>H. n. paulistus</i>
33235	XC	SP	APA Capivari Monos	<i>H. n. paulistus</i>
284337	XC	SP	Arujá	<i>H. n. paulistus</i>
319894	XC	SP	Arujá	<i>H. n. paulistus</i>
32605	XC	SP	Bairro do Jaceguava	<i>H. n. paulistus</i>
430767	XC	SP	Botucatu	<i>H. n. paulistus</i>
496113	XC	SP	Botucatu	<i>H. n. paulistus</i>
496114	XC	SP	Botucatu	<i>H. n. paulistus</i>
952341	XC	SP	Parque Estadual da Serra do Mar	<i>H. n. paulistus</i>

Número de ID	Fonte	Estado	Localidade	Subespécie ou população
75557	XC	SP	Parque Estadual Intervales	<i>H. n. paulistus</i>
856247	XC	SP	Peruíbe, Peruíbe	<i>H. n. paulistus</i>
18521	XC	SP	Rio Diana, Santos	<i>H. n. paulistus</i>
186362	XC	SP	RPPN Solo Sagrado, São Paulo	<i>H. n. paulistus</i>
562535	XC	SP	São José dos Campos	<i>H. n. paulistus</i>
686418	XC	SP	Serra da Cantareira, Mairiporã	<i>H. n. paulistus</i>
540940331	ML	CE	Guaramiranga	<i>H. mirandae norte</i>
540940341	ML	CE	Guaramiranga	<i>H. mirandae norte</i>
231676161	ML	CE	Hotel Gruta, Baturité	<i>H. mirandae norte</i>
632284591	ML	CE	Pico Alto, Guaramiranga	<i>H. mirandae norte</i>
627901690	ML	CE	Refúgio do Periquito Cara Suja, Guaramiranga	<i>H. mirandae norte</i>
394643841	ML	CE	Sítio Boa Vista, Pacoti	<i>H. mirandae norte</i>
783024	XC	CE	Guaramiranga	<i>H. mirandae norte</i>
783025	XC	CE	Guaramiranga	<i>H. mirandae norte</i>
427463	XC	CE	Parque das Trilhas, Guaramiranga	<i>H. mirandae norte</i>
427464	XC	CE	Parque das Trilhas, Guaramiranga	<i>H. mirandae norte</i>
427465	XC	CE	Parque das Trilhas, Guaramiranga	<i>H. mirandae norte</i>
427466	XC	CE	Sede do PARNA, Ubajara	<i>H. mirandae norte</i>
427467	XC	CE	Sede do PARNA, Ubajara	<i>H. mirandae norte</i>
4989	XC	CE	Serra do Baturité	<i>H. mirandae norte</i>
4990	XC	CE	Serra do Baturité	<i>H. mirandae norte</i>
16829	XC	CE	Serra do Baturité	<i>H. mirandae norte</i>
121911	XC	CE	Serra do Baturité	<i>H. mirandae norte</i>
211934	XC	CE	Serra do Baturité	<i>H. mirandae norte</i>

Número de ID	Fonte	Estado	Localidade	Subespécie ou população
202310	XC	CE	Ubajara	<i>H. mirandae</i> norte
622581903	ML	PB	Areia	<i>H. mirandae</i> sul
622581904	ML	PB	Areia	<i>H. mirandae</i> sul
509605791	ML	PE	RPPN Pedro D'Antas, Lagoa dos Gatos	<i>H. mirandae</i> sul
509605801	ML	PE	RPPN Pedro D'Antas, Lagoa dos Gatos	<i>H. mirandae</i> sul
509606781	ML	PE	RPPN Pedro D'Antas, Lagoa dos Gatos	<i>H. mirandae</i> sul
509606791	ML	PE	RPPN Pedro D'Antas, Lagoa dos Gatos	<i>H. mirandae</i> sul
536838341	ML	PE	Saloá	<i>H. mirandae</i> sul
665696	XC	AL	Reserva Biológica de Pedra Talhada, Quebrangulo	<i>H. mirandae</i> sul
786377	XC	PB	Areia	<i>H. mirandae</i> sul
786379	XC	PB	Areia	<i>H. mirandae</i> sul
4762	XC	PE	Engenho Jussará, Gravatá	<i>H. mirandae</i> sul
206504	XC	PE	Engenho Jussará, Gravatá	<i>H. mirandae</i> sul
844092	XC	PE	Lagoa dos Gatos	<i>H. mirandae</i> sul
921809	XC	PE	RPPN Brejo, Saloá	<i>H. mirandae</i> sul
760664	XC	PE	Saloá	<i>H. mirandae</i> sul
760665	XC	PE	Saloá	<i>H. mirandae</i> sul
396197731	ML	BA	Área geral, Boa Nova	<i>H. furcatus</i> norte
292859	ML	BA	Boa Nova	<i>H. furcatus</i> norte
244204231	ML	BA	Mata do Charme (Mata da Alcione), PN de Boa Vista, Boa Vista	<i>H. furcatus</i> norte
54882471	ML	BA	RPPN Serra Bonita, Camacã	<i>H. furcatus</i> norte
226739141	ML	BA	RPPN Serra Bonita, Camacã	<i>H. furcatus</i> norte
641231020	ML	BA	RPPN Serra Bonita, Camacã	<i>H. furcatus</i> norte
494623811	ML	BA	Serra do Ouro, Iguai	<i>H. furcatus</i> norte

Número de ID	Fonte	Estado	Localidade	Subespécie ou população
530137281	ML	BA	Serra do Ouro, Iguaí	<i>H. furcatus norte</i>
181274	ML	BA	Serra do Uricana, Boa Nova	<i>H. furcatus norte</i>
22335301	ML	MG	Reserva Mata do Passarinho, Bandeira	<i>H. furcatus norte</i>
284853461	ML	MG	Reserva Mata do Passarinho, Bandeira	<i>H. furcatus norte</i>
163784	XC	BA	Boa Nova	<i>H. furcatus norte</i>
223960	XC	BA	Boa Nova	<i>H. furcatus norte</i>
304343	XC	BA	Boa Nova	<i>H. furcatus norte</i>
777565	XC	BA	Iguaí	<i>H. furcatus norte</i>
338824	XC	BA	Macarani	<i>H. furcatus norte</i>
540417	XC	BA	Mata do Charme, Boa Nova	<i>H. furcatus norte</i>
427450	XC	BA	Mata do Passarinho, Macarani	<i>H. furcatus norte</i>
340440	XC	BA	Poções	<i>H. furcatus norte</i>
549776	XC	BA	RPPN Serra Bonita, Camacã	<i>H. furcatus norte</i>
15620	XC	MG	Bandeira	<i>H. furcatus norte</i>
211971	XC	MG	Bandeira	<i>H. furcatus norte</i>
294532	XC	RJ	Angra dos Reis	<i>H. furcatus sul</i>
347502	XC	RJ	Angra dos Reis	<i>H. furcatus sul</i>
340696	XC	RJ	Hotel Ypê, Parque Nacional do Itatiaia	<i>H. furcatus sul</i>
315628	XC	RJ	Paraty	<i>H. furcatus sul</i>
443917	XC	RJ	Parque Nacional da Serra da Bocaina, Paraty	<i>H. furcatus sul</i>
678082	XC	RJ	Parque Nacional do Itatiaia	<i>H. furcatus sul</i>
118306	XC	RJ	Parque Nacional do Itatiaia, Trilha dos Três Picos, Itatiaia	<i>H. furcatus sul</i>
838711	XC	RJ	Pedra Branca, Paraty	<i>H. furcatus sul</i>
81572	XC	RJ	Perequê	<i>H. furcatus sul</i>

Número de ID	Fonte	Estado	Localidade	Subespécie ou população
294466	XC	RJ	Perequê	<i>H. furcatus sul</i>
294563	XC	RJ	Perequê	<i>H. furcatus sul</i>
8435	XC	RJ	Perequê, Angra dos Reis	<i>H. furcatus sul</i>
11690	XC	RJ	Perequê, Angra dos Reis	<i>H. furcatus sul</i>
303062	XC	RJ	Perequê, Angra dos Reis	<i>H. furcatus sul</i>
332886	XC	RJ	Perequê, Angra dos Reis	<i>H. furcatus sul</i>
366911	XC	RJ	Perequê, Angra dos Reis	<i>H. furcatus sul</i>
3820	XC	RJ	PN do Itatiaia	<i>H. furcatus sul</i>
677768	XC	RJ	Resende	<i>H. furcatus sul</i>
677769	XC	RJ	Resende	<i>H. furcatus sul</i>
794859	XC	RJ	Rio São Gonçalo, Paraty	<i>H. furcatus sul</i>
838699	XC	RJ	Rio São Gonçalo, Paraty	<i>H. furcatus sul</i>
206735	XC	SP	Caraguatatuba	<i>H. furcatus sul</i>
569153	XC	SP	Caraguatatuba	<i>H. furcatus sul</i>
699417	XC	SP	Caraguatatuba	<i>H. furcatus sul</i>
81571	XC	SP	Corcovado, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
295705	XC	SP	Corcovado, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
223964	XC	SP	Estrada da Folha Seca, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
3819	XC	SP	Fazenda Angelim, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
10662	XC	SP	Fazenda Angelim, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
726705	XC	SP	Fazenda Angelim, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
12115	XC	SP	Folha Seca, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
81569	XC	SP	Folha Seca, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
81570	XC	SP	Folha Seca, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>

Número de ID	Fonte	Estado	Localidade	Subespécie ou população
284950	XC	SP	Folha Seca, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
284951	XC	SP	Folha Seca, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
284952	XC	SP	Folha Seca, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
319707	XC	SP	Folha Seca, Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
118290	XC	SP	Microrregião de Caraguatatuba	<i>H. furcatus sul</i>
355807	XC	SP	Microrregião de Caraguatatuba	<i>H. furcatus sul</i>
208107	XC	SP	Parque Estadual Serra do Mar - Núcleo Caraguatatuba	<i>H. furcatus sul</i>
208108	XC	SP	Parque Estadual Serra do Mar - Núcleo Caraguatatuba	<i>H. furcatus sul</i>
580426	XC	SP	Rio Gomes, Sertão de Barra do Una, São Sebastião	<i>H. furcatus sul</i>
890931	XC	SP	Rio Mococa, Caraguatatuba	<i>H. furcatus sul</i>
890932	XC	SP	Rio Mococa, Caraguatatuba	<i>H. furcatus sul</i>
158233	XC	SP	Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
223958	XC	SP	Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
223959	XC	SP	Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
223961	XC	SP	Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
223962	XC	SP	Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
223963	XC	SP	Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
530973	XC	SP	Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>
761959	XC	SP	Ubatuba	<i>H. furcatus sul</i>