

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS LITORAL PAULISTA

COMPREENDENDO A BIODIVERSIDADE DA RESTINGA ATRAVÉS DO ESTUDO DA PAISAGEM ACÚSTICA

Melissa Batista Soares

São Vicente
2023

Melissa Batista Soares

COMPREENDENDO A BIODIVERSIDADE DA RESTINGA
ATRAVÉS DO ESTUDO DA PAISAGEM ACÚSTICA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Biociências da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” – Campus do Litoral Paulista
para obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas, com habilitação em
Gerenciamento Costeiro.

Orientador: Roberto Fioravanti Carelli Fontes

Coorientador: Mario Manoel Rollo Junior

São Vicente
2023

S676c Soares, Melissa Batista
Compreendendo a biodiversidade da restinga através do estudo da paisagem acústica. / Melissa Batista Soares. -- São Vicente, 2023
35 p. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, São Vicente
Orientador: Roberto Fioravanti Carelli Fontes
Coorientador: Mario Manoel Rollo Junior

1. Animais Comunicação. 2. Ecologia das florestas tropicais.
3. Biologia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, São Vicente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à minha família, por todo apoio que sempre me deram, estando comigo em todos os momentos, muito obrigada. Agradeço as meninas que estiveram ao meu lado durante esses anos: Bússola (Thaís), Naza (Joana), Murtinha (Vitória), Sarah e Speed (Cássia). Apesar de recentemente estarmos mais distantes, vocês sempre estão comigo de alguma maneira, muito obrigada por todos os momentos bons e difíceis durante esses anos. Um agradecimento especial ao meu amor, Edgar, que durante a reta final deste trabalho esteve comigo, com suporte incondicional.

Por fim, ao Profº Mario, pela orientação durante esses 6 anos, obrigada pela oportunidade, paciência e confiança. Ao Profº Roberto (Bob), por ter me aceito como orientanda na reta final da graduação. E aos membros do extinto laboratório IAPETUS, em especial a Arebaba (Luiza) que me acompanhou e ajudou durante esses anos.

Sumário

1. Introdução	7
2. Objetivo	10
3. Materiais e Métodos	10
3.1. Área de Estudo	10
3.2. Coleta de Dados	11
3.3. Análise de dados	12
4. Resultados	14
4.1. Restinga alta	14
4.2. Restinga baixa	20
5. Discussão	23
6. Conclusão	29
7. Referências Bibliográficas	30

Resumo: As Florestas de Restinga fazem parte do bioma Mata Atlântica, o qual possui apenas 29% de cobertura vegetal original. Os impactos humanos neste ecossistema acabam refletindo tanto na biodiversidade como na vida da população que depende dos recursos deste bioma. A ecoacústica possibilita o estudo da diversidade biológica através da análise dos sons de um determinado ambiente, com baixo custo e maior facilidade de processamento de dados. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo descrever os componentes da paisagem acústica da Floresta de Restinga do extremo sul de Ilha Comprida/SP, estimando a diversidade biológica a partir das emissões sonoras. Os dados foram coletados por dois gravadores AudioMoth 1.1.0, um na Floresta de Restinga Baixa e o outro na Floresta de Restinga Alta, ambos no local conhecido como Ponta da Trincheira. Durante os dias 2 e 3 de outubro de 2019, para cada período do dia, foi gravado 01 hora de áudio, analisados no software Raven Pro 1.6 e processados no ambiente de programação R, para se obter os índices acústicos de diversidade. Em ambas fitofisionomias foi observado a presença do som do vento para geofonia. Em relação a antropofonia, observou-se a presença de passos próximos às trilhas que davam acesso aos gravadores, além de som de aeronaves, todavia este grupo de som foi pouco observado nas análises. Já para biofonia, observou-se a presença de aves, insetos, anfíbios e mamíferos, como os morcegos. A diversidade acústica foi bem representada pelos índices calculados na Restinga Alta, com valores elevados durante o alvorecer, período de maior atividade das aves, não sendo observado o padrão previsto na Restinga Baixa. Sendo assim, maiores investigações devem ser realizadas para se caracterizar com precisão a diversidade acústica destes ambientes, todavia, pode-se concluir que o estudo da paisagem acústica é uma ferramenta eficaz para o monitoramento e estudo ecológico deste ecossistema.

Palavras-chave: Ecoacústica; paisagem acústica; sons; restinga; biodiversidade.

Abstract: Restinga Forests are part of the Atlantic Forest biome, which has only 29% of original vegetation cover. Human impacts on this ecosystem end up reflecting both on biodiversity and on the lives of the population that depends on the resources of this biome. Ecoacoustics enables the study of biological diversity through the analysis of sounds in an environment, with low cost and easy data processing. Therefore, this work aimed to describe the components of the acoustic landscape of the Restinga Forest in the extreme south of Ilha Comprida/SP, estimating the biological diversity from the sound. Data was collected by two AudioMoth 1.1.0 recorders, one in the Restinga Baixa Forest and the other in the Restinga Alta Forest, both in the location known as Ponta da Trincheira. During October 2nd and 3rd, 2019, for each period of the day, 1 hour of audio was recorded, analyzed in the Raven Pro 1.6 software and processed in the R programming environment, to obtain the acoustic diversity indexes. In both phytophysionomies, the presence of wind sound was observed for geophony. Regarding anthropophony, the presence of steps close to the trails that gave access to the recorders was observed, in addition to the sound of aircraft, however this group of sounds was little observed in the analyses. As for biophony, the presence of birds, insects, amphibians and mammals, such as bats, was observed. The acoustic diversity was well represented by the indexes calculated at Restinga Alta, with high values during dawn, the period of greatest bird activity, not observing the expected pattern at Restinga Baixa. Therefore, further investigations must be carried out to accurately characterize the acoustic diversity of these environments, however, it can be concluded that the study of the soundscape is an effective tool for the monitoring and ecological study of this ecosystem.

Keywords: Ecoacoustics; soundscape; sound; restinga; biodiversity.

1. Introdução

A definição de quais características geomorfológicas e ecológicas fazem parte de uma restinga é controversa. Geomorfologicamente, restingas são definidas como deposições arenosas recentes paralelas à costa, com vegetação rasteira ou inexistente. Todavia, a ecologia define restingas como depósitos arenosos em planícies costeiras que foram sedimentados nos períodos terciário e quaternário, possuindo vegetação bem estabelecida e influenciada pelo ambiente marinho (AZEVEDO et al., 2014; SANTOS, 2018).

Os instrumentos legais do Brasil utilizam a definição ecológica de restinga, definindo que suas características ocorrem em mosaicos e englobam praias, cordões arenosos, dunas e depressões (Res. CONAMA 07/1996, Lei Federal nº 12.651/2012). As restingas possuem diferentes tipos de vegetação que variam devido a fatores como proximidade do ambiente marinho, geomorfologias distintas e nível de sucessão ecológica. A vegetação desse ecossistema pode ser subarbustiva e herbácea em praias e dunas, arbustiva (escrube) e arbórea. A fisionomia arbórea da restinga possui alguns tipos de florestas, como: floresta baixa, na qual o dossel das árvores é aberto, as camadas da vegetação são abertas e possuem árvores emergentes, com alturas variando em média de 3 a 10 metros; já a floresta alta possui um dossel fechado e predominância de árvores com alturas entre 10 e 15 metros, sendo que essa fisionomia ocorre mais distante da influência marinha, com solos ricos em matéria orgânica e nutrientes e serapilheira bem estabelecida (BRASIL, 1996; AZEVEDO et al., 2014).

Os ecossistemas costeiros sofreram com a intensa ocupação humana nos últimos séculos. Restam apenas 29% da cobertura vegetal original de todo o bioma Mata Atlântica (FUNCATE, 2015), esta forma, torna-se essencial o estudo dos fragmentos preservados existentes, para auxiliar e proporcionar a devida proteção a estas paisagens (AZEVEDO et al., 2014; UN, 2017). Considerando o impacto humano sobre estes ecossistemas, a perda da diversidade pode ser irreversível, pela destruição de habitats naturais

(PIJANOWSKI, et al. 2011a). Mesmo com o estabelecimento de compromissos para desenvolvimento de pesquisas e técnicas relacionadas à investigação e à proteção da biodiversidade desde os anos 90, estima-se que apenas 11% da diversidade tenha sido catalogada (SiBBr, 2016). Sendo assim, torna-se essencial o estudo destas áreas, devido à defasagem da descrição de aspectos biológicos e interferências antrópicas em diversos habitats, principalmente no Brasil.

Os métodos tradicionais de quantificação da diversidade biológica podem ser intensivos, invasivos e de alto custo. Em caso de dados limitados, acabam gerando valores inconsistentes (SUEUR et al., 2008; GIBB et al., 2018). Atualmente, há tecnologias como satélites, sensores LiDAR (**L**ight **D**etection **a**nd **R**anging) e VANTs (veículos aéreos não-tripulados, drones) que possibilitam medir a complexidade ecológica de determinada comunidade, facilitando seu estudo. A gravação passiva dos sons é uma dessas tecnologias que permitem estudos ecológicos (GIBB et al., 2018). Muitos grupos de animais produzem sons intencionalmente, quando estão se comunicando ou se localizando no ambiente, ou então não intencionalmente, como quando se movimentam, possibilitando a detecção, identificação e análise desses sons (SUEUR et al., 2008; GIBB et al., 2018).

O termo paisagem acústica foi descrito por Schafer (1977) como sendo “o conjunto de características acústicas de uma área que reflete seus processos naturais” (Schafer 1977, apud PIJANOWSKI et al., 2011b). Tendo em vista que a maioria das espécies produz algum tipo de emissão sonora, a utilização da paisagem acústica para investigar a ecologia de um ambiente é um campo atualmente explorado pela Ecoacústica. Esta nova disciplina da Ecologia engloba a investigação ecológica e a interpretação dos sons de determinado ambiente, analisando-os ao longo de uma ampla escala espacial e temporal, no intuito de investigar a diversidade biológica, a abundância, o comportamento e a dinâmica dos animais no meio ambiente. A Ecoacústica expande o escopo das investigações acústicas, que até então eram atendidas apenas pela Bioacústica e tem como objetivo descrever toda a variabilidade

acústica de um determinado local (DUMYAHN & PIJANOWSKI, 2011; PIJANOWSKI et al., 2011b; STAATERMAN et al., 2014; SUEUR & FARINA, 2015; FARINA & GAGE, 2017).

Atualmente, a Ecoacústica é caracterizada por três componentes básicos: biofonia (sons biológicos), a geofonia (sons ambiente) e a antropofonia (sons decorrentes de atividades humanas), o que possibilita análise dos reflexos das interações do homem com o meio natural. (PIJANOWSKI et al., 2011b; FARINA, 2014; SUEUR et al., 2014; STAATERMAN et al., 2014). Sons antropogênicos podem impactar de diversas maneiras os seres vivos, podendo afetar múltiplos sistemas biológicos, causar danos ao DNA, em processos celulares neurais, de desenvolvimento, imunológicos e funções fisiológicas (KIGHT & SWADDLE, 2011), além de comprometer o comportamento e a ecologia da comunidade (FRANCIS et al. 2009; BARBER et al. 2010).

Além de estudar os efeitos antrópicos no meio, a ecoacústica investiga a estrutura da paisagem, bem como o tamanho de suas bordas e os efeitos da fragmentação do habitat (SUEUR & FARINA, 2015). Sendo assim, a ecoacústica permite que a complexidade ecológica seja analisada de maneira confiável e pouco invasiva aos seres vivos (SUEUR & FARINA, 2015).

O ecossistema de restinga do município de Ilha Comprida é protegido pela Área de Proteção Ambiental (APA) de Ilha Comprida, existente desde 1987, pelo Decreto Estadual nº 26.881 e regulamentado pelo Decreto Estadual nº 30.817/89, protegendo 17.572 hectares de Floresta de Restinga, Dunas, Praias e Manguezais. Apesar da existência da APA desde 1987, apenas em 2015 foi iniciada a elaboração do Plano de Manejo, que até o momento não foi finalizado, sendo que a última atualização consta no site da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo - Fundação Florestal (www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br) e no SIGAM (Sistema Integrado de Gestão Ambiental) e que consiste somente na minuta do zoneamento da APA. Tendo em vista o exposto, portanto, nota-se a importância da região e da necessidade de estudos de levantamento de fatores biológicos e

de impactos humanos, para que sejam aplicadas práticas sustentáveis de modo mais eficaz.

2. Objetivo

O presente estudo tem como objetivo principal descrever de forma preliminar os diferentes componentes da paisagem acústica terrestre das Florestas de Restinga do extremo sul da Ilha Comprida, sul do Estado de São Paulo. O objetivo específico é estimar a diversidade biológica a partir dos diferentes componentes biofônicos.

3. Materiais e Métodos

3.1. Área de Estudo

A coleta de dados foi realizada na Floresta de Restinga da Ponta da Trincheira, extremo sul da Ilha Comprida, Sistema Estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, localizado no litoral sul do estado de São Paulo (Figura 1).

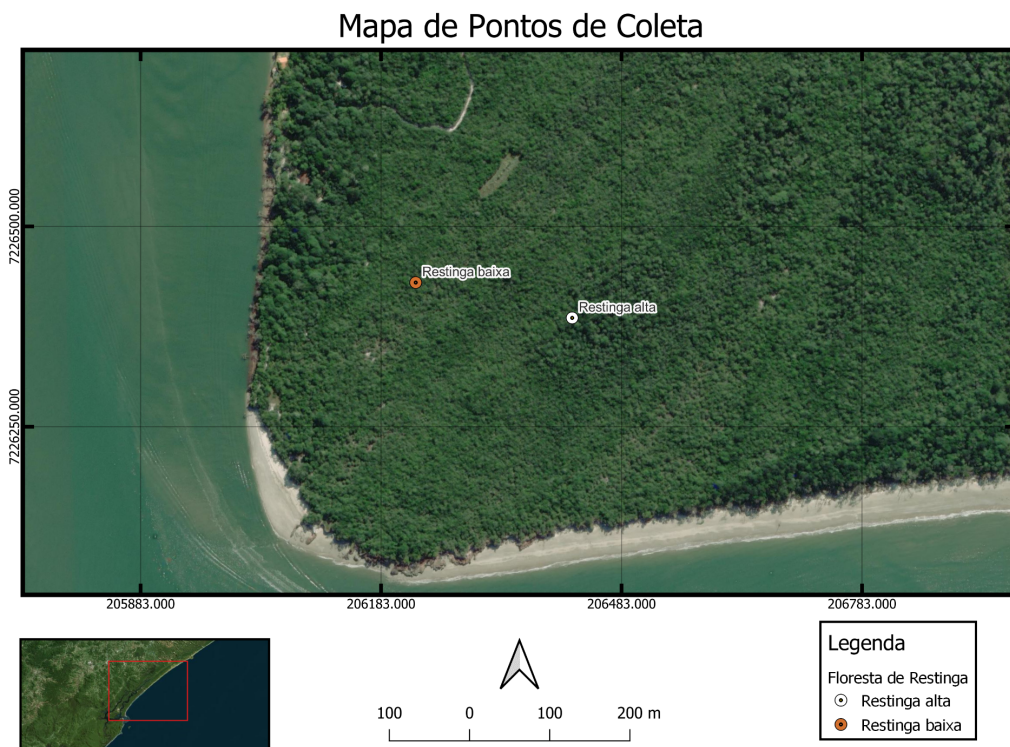


Figura 1. Vista aérea da Ponta da Trincheira, extremo sul de Ilha Comprida/SP, indicando os dois pontos de coleta amostrados neste trabalho, Restinga Baixa (vermelho) e Restinga Alta (Branco). Imagem: Google Earth; Datum: SIRGAS 2000; UTM Zona 23 S.

3.2. Coleta de Dados

Os dados acústicos foram coletados por dois gravadores autônomos de áudio AudioMoth versão 1.1.0 (Open Acoustic Devices, UK; resposta de frequência de $-180\text{dB re: } 1\text{V}/\mu\text{Pa}$, 20 Hz a 24 kHz) que capturaram sons a uma taxa de 48 kHz, 16 bits (Figura 1A e B).

Os instrumentos foram fixados por abraçadeiras com velcro em árvores, o primeiro deles na Floresta de Restinga Baixa e o segundo na Floresta de Restinga Alta. Os gravadores foram programados para coletar sons nos seguintes períodos: 5h às 6h; 11h a 12h; 17h às 18h; e 21h à 0h. Estes períodos foram escolhidos para facilitar a análise e coleta dos dados, além de englobar uma parte de todos os períodos do dia. Os gravadores foram ligados às 11h45 do dia 2 de outubro de 2019 e desligados às 17h45 do dia 3 de outubro de 2019. Após o período de coleta, os instrumentos foram removidos e os respectivos cartões de memória foram conectados ao computador para a transferência dos dados. Os arquivos de áudio originais das amostras foram segmentados em arquivos de áudio de 1 minuto com extensão wav pelo aplicativo SoX (**S**ound **eX**change), versão 14.4.2 (sox.sourceforge.net), no intuito de facilitar a análise dos índices de paisagem acústica.

A)



B)



Figura 2. Gravadores autônomos AudioMoth, versão 1.1.0, utilizados para coletar os dados acústicos. A) unidade exposta; B) unidade presa a uma árvore na Restinga Baixa.

3.3. Análise de dados

As amostras obtidas foram examinadas e analisadas no software Raven Pro 1.6 (Cornell Lab of Ornithology 2014) por meio de oscilogramas e espectrogramas produzidos com janela hann e 50% de sobreposição. Nesses espectrogramas, foram inspecionados os tipos sonoros presentes e atribuídos aos diferentes constituintes da paisagem, de acordo com o acompanhamento da literatura pertinente e experiência prévia do coorientador nesse tipo de análise. Segmentos de no mínimo 15 minutos aleatórios dentro de cada período das amostras originais foram analisados detalhadamente. Para cada um dos tipos sonoros, foram quantificadas a distribuição de frequências e sua temporalidade (se contínua, diurna, noturna ou crepuscular).

Para todos os sons que não puderam ser inicialmente identificados, classificou-se em qual grupo de animais faziam parte. Para o grupo das aves, os cantos foram selecionados e recortados do áudio original. Com o auxílio dos bancos de dados presentes nos sítios BirdNET e eBird (Cornell Lab of Ornithology 2023), foi possível identificar as famílias e espécies para a maioria dos sons. No sítio do BirdNET, os sons foram originalmente processados para audição em smartphones e/ou páginas da web. A partir de algoritmos de inteligência artificial, foi possível identificar as espécies de aves pelo canto produzido. Já no sítio do eBird há um robusto banco de dados com sons de aves. Nele, a região de estudo foi definida e os sons atribuídos a ela foram comparados com aqueles obtidos nas amostras.

Já para os grupos dos morcegos, insetos e anfíbios, os sons presentes nas amostras foram comparados com aqueles disponíveis no banco de dados de sons da Fonoteca Neotropical Jacques Vielliard (www2.ib.unicamp.br/fnjv/). As ferramentas disponíveis neste sítio permitem filtrar o tipo de som pela localidade e identidade taxonômica do grupo. Após ouvir os áudios das amostras de sons e observar os espectrogramas gerados, foi possível compará-los com aqueles encontrados na área de estudo.

Em seguida, para cada um dos períodos amostrados, foram calculados os seguintes índices acústicos: a diversidade alfa (α), ou seja, a diversidade dentro do grupo, baseado no índice de Shannon, a partir do índice de entropia (H), conforme descrito por Sueur et al. (2014); o índice de complexidade acústica (ACI), desenvolvido por Pieretti et al. (2011), que quantifica os sons biológicos a partir da variabilidade das intensidades registradas e independe do ruído constante gerado pelo homem; o número de picos (NP), elaborado por Gasc et al. (2013), que computa o número de picos de frequência; o índice de bioacústica (BIO) que mensura a abundância de espécies, computando a relação das frequências e das intensidades, em seguida selecionando as intensidades significativas, e então realizando o cálculo e soma das curvas remanescentes (BOELMAN et al. 2007); por fim, o índice de diferença normalizada da paisagem acústica (NDSI) que estima o nível de antropofonia da paisagem acústica, elaborado por Kasten et al. (2012).

Os índices foram calculados no ambiente R para todos os segmentos de áudio de 1 minuto de duração. Os índices H e NP foram calculados utilizando os pacotes Seewave (SUEUR et al., 2008) e TuneR (LIGGES et al., 2018). Já os índices ACI, BIO e NDSI foram calculados por meio do pacote Soundecology (VILLANUEVA-RIVERA & PIJANOWSKI, 2013).

Por fim, para avaliar se existiam diferenças de cada índice entre os períodos do dia, foi utilizado o teste Kruskal-Wallis para dados não-paramétricos, juntamente com o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e o teste de igualdade de variâncias de Levene. O meio-dia do primeiro dia e o crepúsculo do segundo dia não foram utilizados nos testes estatísticos, pois não completaram 60 minutos.

4. Resultados

4.1. Restinga alta

Na Floresta de Restinga Alta, todos os índices apresentaram diferenças significativas entre períodos do dia. Observou-se um incremento dos valores de NP ($\chi^2 = 167.76$, $df = 3$, $p < 2.2e-16$), BIO ($\chi^2 = 146.75$, $df = 3$, $p < 2.2e-16$) e ACI ($\chi^2 = 120.89$, $df = 3$, $p < 2.2e-16$) durante o alvorecer, bem como a redução dos valores destes índices ao meio-dia (Tabela 1 e Figura 3). O NDSI ($\chi^2 = 100.87$, $df = 3$, $p < 2.2e-16$) permaneceu acima de zero praticamente durante todo período; apenas próximo das 11h45 ocorreu um valor negativo, apresentando as menores médias no crepúsculo e meio-dia. O índice H ($\chi^2 = 138.28$, $df = 3$, $p < 2.2e-16$) não acompanhou os demais, sendo praticamente constante, porém apresentou diferença significativa com valor maior ao meio-dia, além de declínios eventuais em todos os períodos (Figura 3).

Tabela 1. Médias e desvios padrão dos índices calculados da Restinga Alta, para cada período do dia, entre os dias 02/10/19 e 03/10/19.

	Meio-dia (11:00-12:00)	Crepúsculo (17:00-18:00)	Noite (21:00-22:00)	Alvorecer (05:00-06:00)	Meio-dia (11:00-12:00)	Crepúsculo (17:00-17:45)
NP	0,2 ±0,36	2,0±0,89	4,1±0,85	5,3±2,29	0,8±1,04	2,7±1,33
ACI	1692,1± 39,60	1680,0± 16,18	1705,4± 38,30	1763,4± 56,6	1677,9± 12,90	1680,1± 8,59
BIO	1,0±0,32	1,9±0,74	4,2±0,69	6,0±3,05	1,6±1,21	1,6±0,43
H	0,9±0,05	0,9±0,02	0,9±0,01	0,9±0,02	1,0±0,01	0,9±0,02
NDSI	0,6±0,20	0,7±0,07	0,9±0,07	0,8±0,17	0,7±0,12	0,5±0,08

Durante o período do alvorecer, até às 05:19, foi possível identificar sons de coros de insetos ortópteros, sons de anfíbios anuros e sons de morcegos (chamados e ecolocalização). Entre 05:20 e 6:00, o canto da Mariquita (*Setophaga pitaiayumi*) foi dominante em relação aos demais sons. Além destes, registraram-se também os sons das seguintes espécies de aves: Juruviara (*Vireo chivi*); Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*); e Coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) (Figura 4).

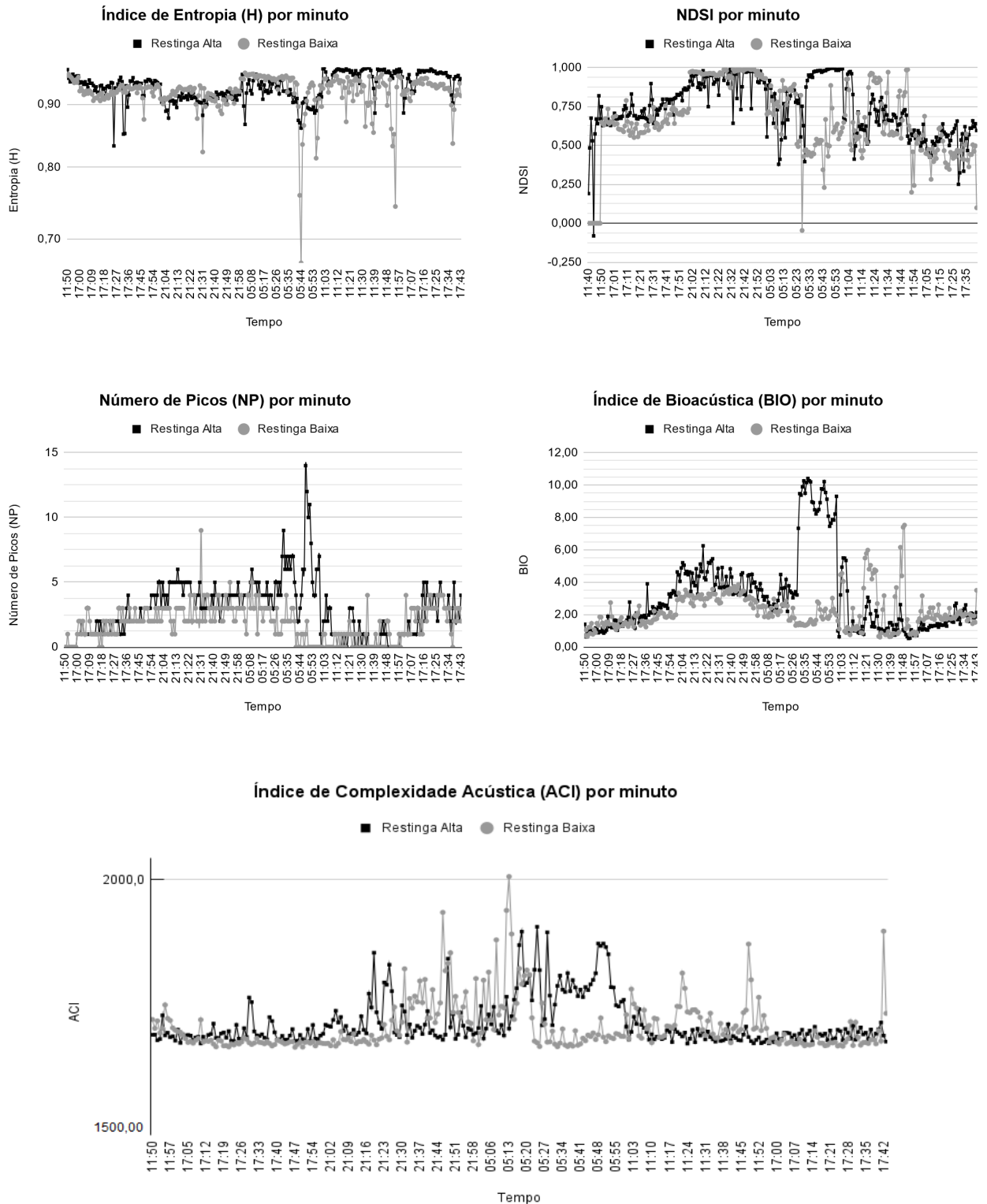


Figura 3. Resultados obtidos para o Índice de Entropia (H), Índice de Diferença Normalizada da Paisagem Acústica (NDSI), Número de Picos (NP), Índice de Bioacústica (BIO) e Índice de Complexidade Acústica (ACI), pelo tempo de gravação, sendo cada ponto representando o valor de 1 minuto dentro dos quatro períodos amostrados (alvorecer, meio-dia, crepúsculo e noite).

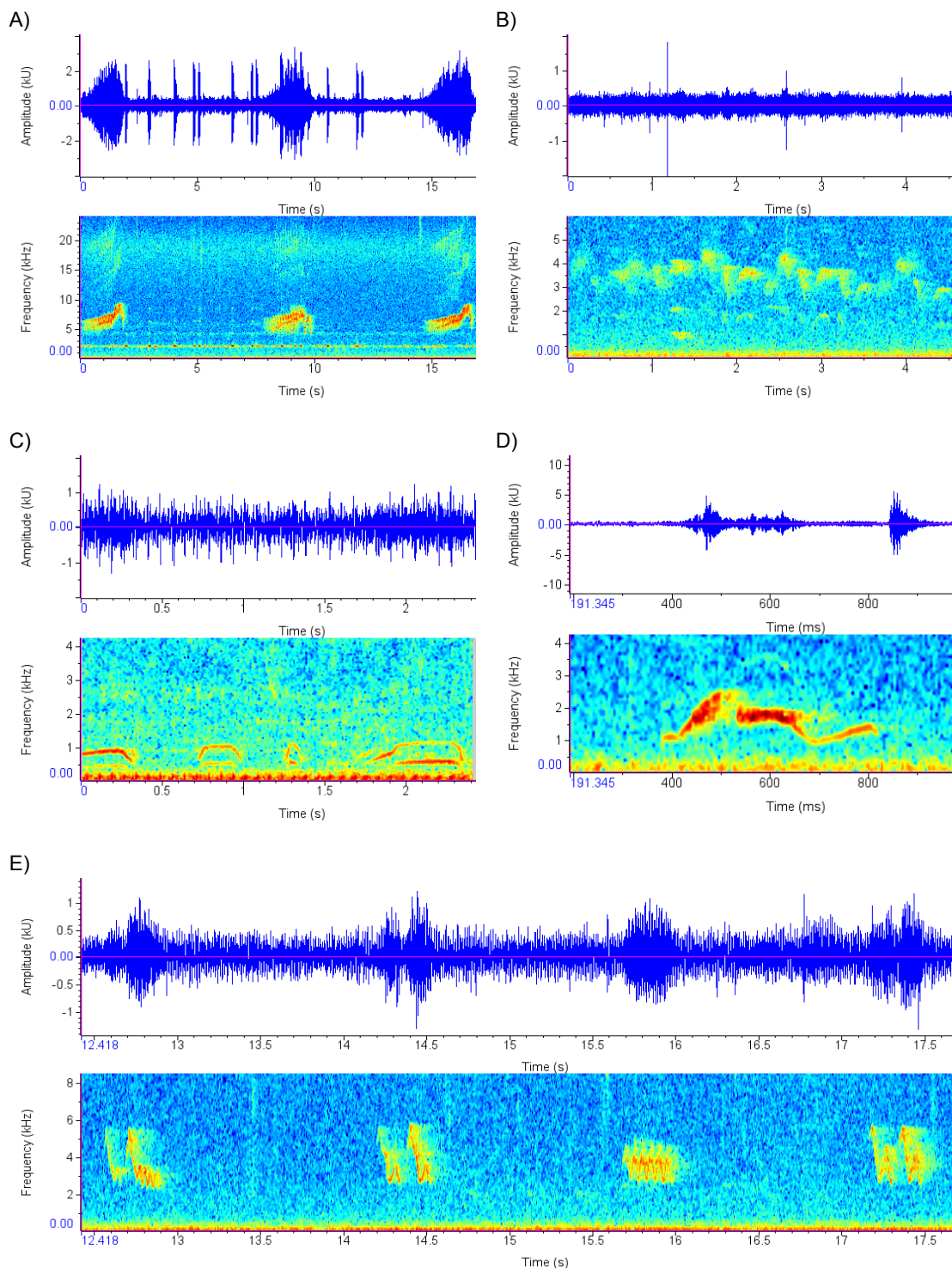


Figura 4. Oscilogramas e espectrogramas ilustrando a distribuição de frequências ao longo do tempo de componentes da biofonia, com amplitude representada por escala de cores em decibéis (dB), onde as cores quentes equivalem a amplitudes maiores e as cores frias a amplitudes menores. **(A)** 16.4 s, destaque para a vocalização da Mariquita (*S. pitayumi*). **(B)** 4.6 s, contendo o canto do Bem-te-vi (*P. sulphuratus*). **(C)** 2.5 s, destaque para a vocalização da Coruja-buraqueira (*A. cunicularia*). **(D)** 1.15 s, demonstrando o som do Curiango (*Nyctidromus albicollis*). **(E)** 6 s, contendo a vocalização da Juruviara (*V. chivi*). Em todos os espectrogramas, o tamanho de janela Hann utilizado foi de 1024 pontos.

No período do meio dia, entre as 11h00 e 12h00, foram identificados os cantos das seguintes espécies de aves: Juruviara (*Vireo chivi*), Bem-te-vi (*P. sulphuratus*), Trinta-réis (*Sternula albifrons*), Mariquita (*S. pitiayumi*) e Sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*) (Figura 4 e 5). Além destas espécies, foram registrados dois cantos de aves cujas espécies não puderam ser identificadas, um canto característico da família Tyrannidae e outro característico da família Parulidae. Durante o segundo dia de coleta, observou-se a presença do canto do Bem-te-vi (*P. sulphuratus*) por cerca de 2 minutos (Figura 4B). Foram também constatados sons de insetos ortópteros e, bem como de Mamangavas (*Bombus spp* Hymenoptera).

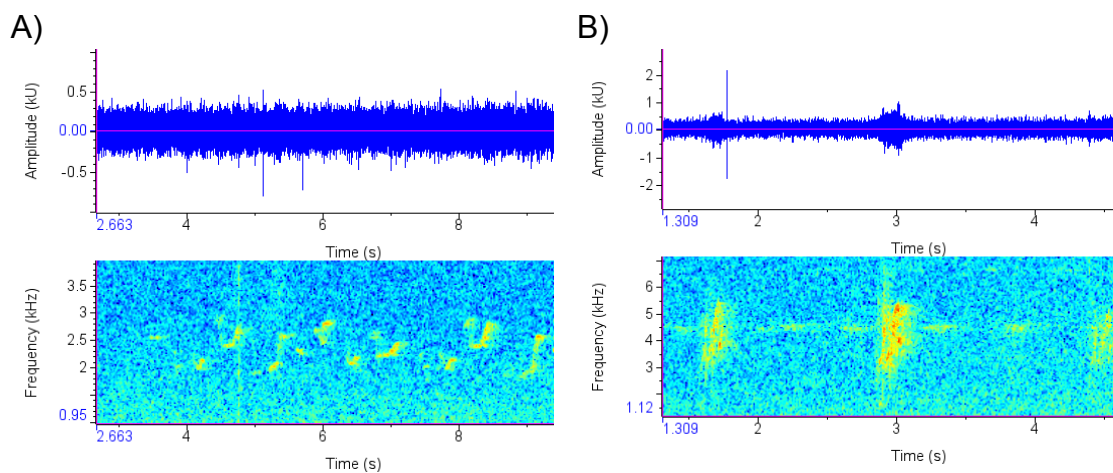


Figura 5. Oscilogramas e espectrogramas ilustrando a distribuição de frequências ao longo do tempo de componentes da biofonia, com a amplitude representada por escala de cores em decibéis (dB), onde as cores quentes equivalem a amplitudes maiores e as cores frias a amplitudes menores. **(A)** 9.5 s, evidenciando a vocalização do Sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*). **(B)** 4.6 s, apresentando o canto da Andorinha-serradora (*Stelgidopteryx ruficollis*). Em todos os espectrogramas, o tamanho de janela Hann utilizado foi de 1024 pontos

Ao longo do crepúsculo, entre 17h00 e 18h00, foram observados cantos de aves não identificadas pertencentes à família Turdidae, além de cantos de Sabiás (*Turdus sp.*), Maria-cavaleiras (*Myiarchus ferox*), Enferrujados (*Lathrotriccus euleri*), Pardais (*Passer domesticus*), Corujas-jacurutus (*Bubo virginianus*), Pombas-galegas (*Patagioenas cayennensis*), Juruviaras (*Vireo sp*) e Andorinhas-serradoras (*Stelgidopteryx ruficollis*) (Figuras 5 e 6). Além disso, morcegos também estiveram presentes, bem como insetos ortópteros durante todo o período. Por fim, ocorreram ruídos de provável origem antrópica no segundo dia de coleta.

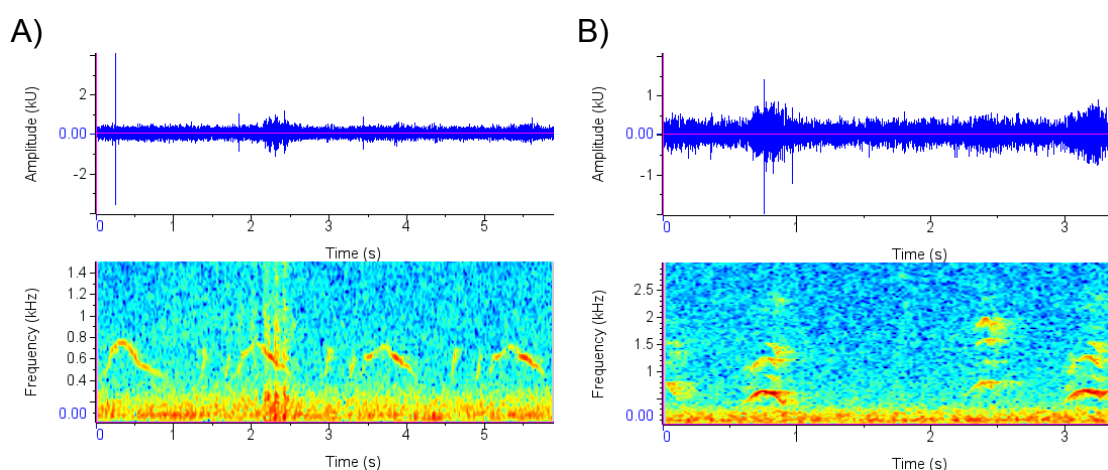


Figura 6. Oscilogramas e espectrogramas ilustrando a distribuição de frequências ao longo do tempo de componentes da biofonia, com amplitude representada por escala de cores em decibéis (dB), onde as cores quentes apresentam uma amplitude maior e as cores frias uma amplitude menor. **(A)** 6 s, evidenciando a vocalização da Pomba-galega (*Patagioenas cayennensis*). **(B)** 4.6 s, apresentando o canto da Coruja-jacurutu (*Bubo virginianus*). Em todos os espectrogramas, o tamanho de janela Hann utilizado foi de 1024 pontos.

No período noturno, entre 21h00 e 22h00, predominaram sons de morcegos, com chamados e sons de ecolocalização. Foi possível observar a presença variada de sons de ortópteros e sons de anuros.

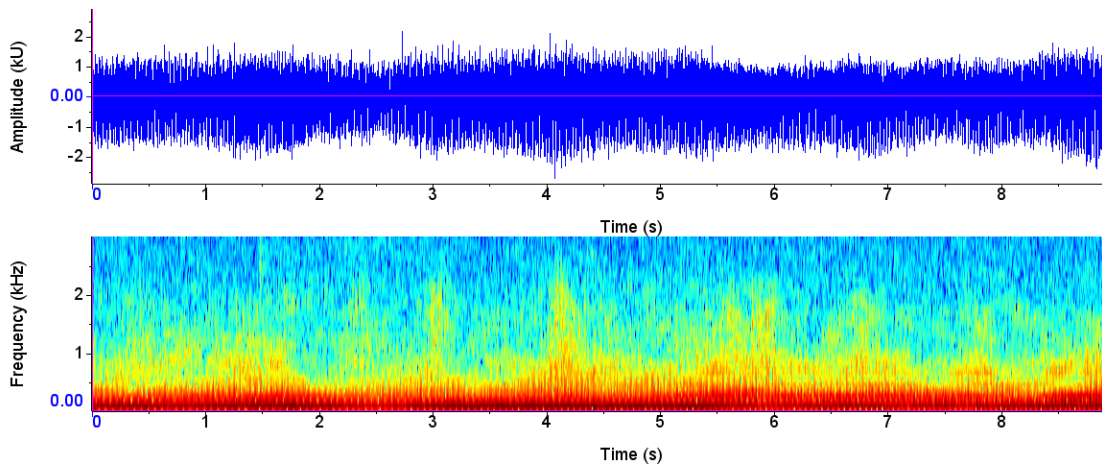


Figura 7. Oscilogramas e espectrogramas de 1 min. de antropofonia, ilustrando a distribuição de frequências pelo tempo, com amplitude representada por escala de cores em decibéis (dB), onde as cores quentes equivalem a amplitudes maiores e as cores frias a amplitudes menores. Destaca-se o som de uma aeronave abaixo de 500 Hz. O tamanho de janela Hann empregado foi 512 pontos.

O principal som antrópico identificado nos áudios analisados foi o caminhar das pessoas pela trilha próxima ao gravador, que contudo ocorreu poucas vezes, já que a trilha não era utilizada com frequência. Além disso, às 11h44 foi possível registrar a passagem de uma aeronave na região, provavelmente um helicóptero (Figura 7). Entre 17h29 e 17h30 do primeiro dia, o gravador captou o som de um objeto cortante abrindo caminho na mata, bem como sons associados de passos humanos. Por fim, com relação à geofonia, apenas o ruído do vento foi identificado, porém sem grandes interferências (mascaramento) sobre os demais, pois a vegetação possivelmente contribuiu para atenuá-lo.

4.2. Restinga baixa

Na Floresta de Restinga Baixa, todos os índices acústicos também apresentaram uma diferença significativa. Todavia, observou-se um padrão diferente dos índices da Restinga Alta, com o aumento dos valores do NP ($\chi^2 = 82.811$, $df = 3$, $p < 2.2e-16$) durante a noite e crepúsculo, e redução durante o alvorecer e o meio-dia. Já os valores de BIO ($\chi^2 = 54.902$, $df = 3$, $p = 7.205e-12$) foram maiores durante a noite e o meio-dia. Os valores de ACI ($\chi^2 = 76.555$, $df = 3$, $p < 2.2e-16$) não apresentaram grandes variações, mais elevados no período da noite e do alvorecer. Já os valores de NDSI ($\chi^2 = 97.87$, $df = 3$, $p < 2.2e-16$) foram positivos durante toda coleta, exceção feita ao horário de 05h27 do segundo dia, com valores mais baixos durante o meio-dia, alvorecer e crepúsculo. Por fim, o índice H ($\chi^2 = 20.853$, $df = 3$, $p = 0.000113$) apresentou uma diversidade acústica alta e praticamente constante, com quedas de valores pontuais no alvorecer e no meio-dia, porém com média significativamente maior no alvorecer (Tabela 2, Figura 3).

Durante o alvorecer, observou-se coro de insetos da ordem Orthoptera, bem como sons de ecolocalização e chamados de morcego (Figura 8), quando mais próximo das 06h00, estes sons cessaram. Neste período, notou-se o canto do curiangó (*Nyctidromus albicollis*) antes do nascer do sol (Figura 4D).

Tabela 2. Média e desvio padrão dos índices calculados da Restinga Baixa, para cada período do dia, entre os dias 02/10/19 e 03/10/19.

	Meio-dia (11:00-12:00)	Crepúsculo (17:00-18:00)	Noite (21:00-22:00)	Alvorecer (05:00-06:00)	Meio-dia (11:00-12:00)	Crepúsculo (17:00-17:45)
NP	1,0±1,03	2,0±0,80	2,9±1,21	1,4±1,29	0,8±1,00	2,7±0,98
ACI	1687,9± 18,62	1665,2± 7,56	1722,7± 57,4	1708,4± 67,9	1699,2± 37,03	1675,6± 39,55
BIO	1,2±0,35	2,0±0,63	3,0±0,49	2,0±0,77	2,4±1,87	2,0±0,36
H	0,944± 0,01	0,920± 0,01	0,912± 0,02	0,924± 0,05	0,919± 0,04	0,925± 0,02
NDSI	0,6±0,04	0,7±0,13	0,9±0,09	0,6±0,19	0,6±0,20	0,4±0,09

No período do meio-dia, observou-se a predominância do canto da Juruviara (*V. chivi*) e outras aves não identificadas, além disso, foi um período que apresentou minutos sem produção sonora animal (Figura 9).

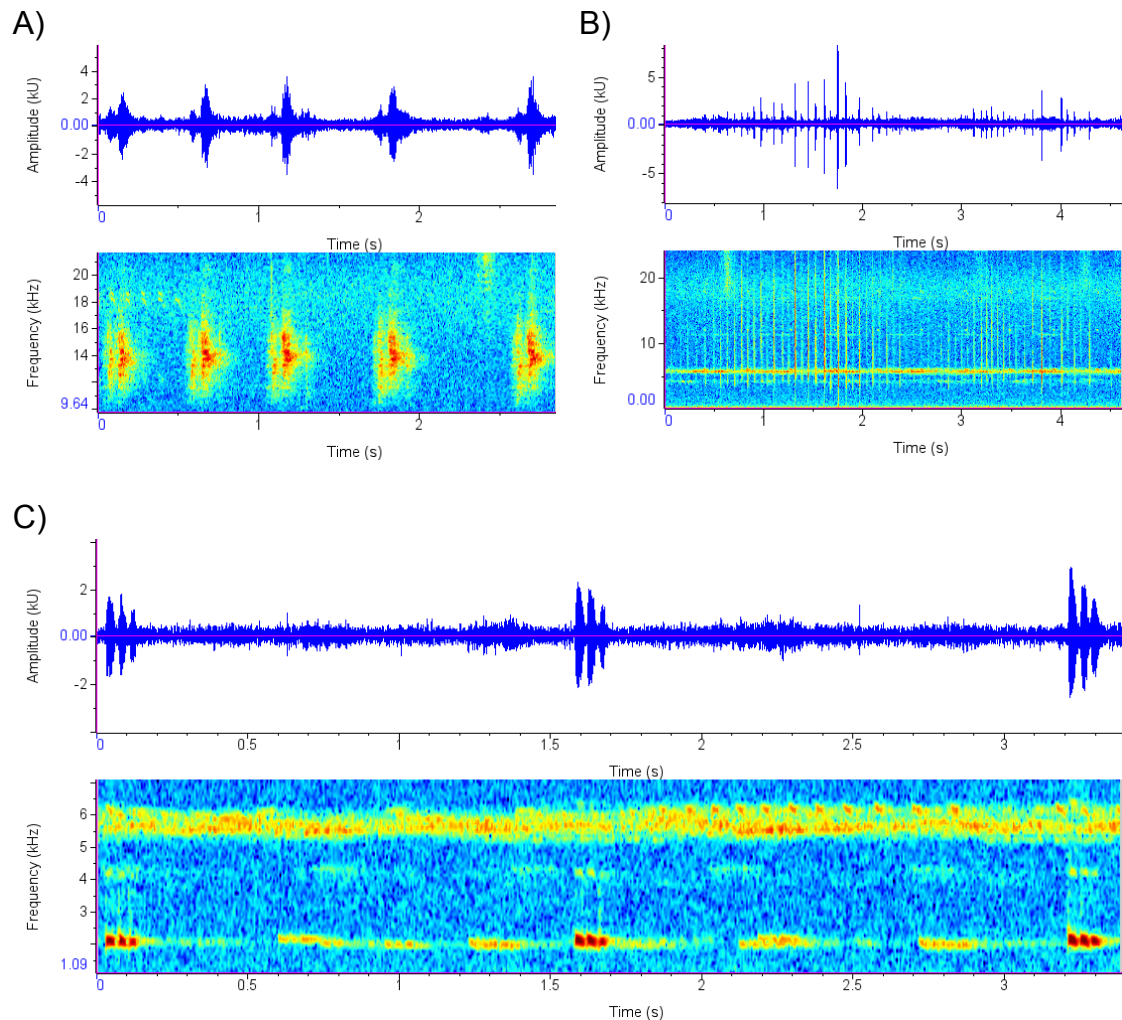


Figura 8. Oscilogramas e espectrogramas ilustrando a distribuição de frequências ao longo do tempo da biofonia, com amplitude representada por escala de cores em decibéis (dB), onde as cores quentes apresentam uma amplitude maior e as cores frias uma amplitude menor. **(A)** 3 s, evidenciando os sons de morcegos acima de 10 kHz. **(B)** 4.5 s, apresentando os pulsos de ecolocalização produzidos pelos morcegos. **(C)** 3.5 s, destaque para 3 tipos de sons de coros produzidos por Ortópteros, o primeiro na banda de 2 kHz, o segundo na faixa de 5.5 kHz e o terceiro na banda de 6 kHz. Em todos os espectrogramas, o tamanho de janela Hann utilizado foi de 512 pontos.

No crepúsculo, notou-se o som de insetos Ortópteros, e de aves não identificadas. Já durante a noite o coro dos insetos foi mais intenso do que nos demais períodos (Figura 8C). Além dos insetos, também havia presença de morcegos com chamados e sons de ecolocalização.

Nesta restinga, o único som antrópico observado foi o caminhar das pessoas pela trilha próxima ao gravador, que também não era utilizada com frequência, e em relação a geofonia, apenas o som dos ventos foi observado.

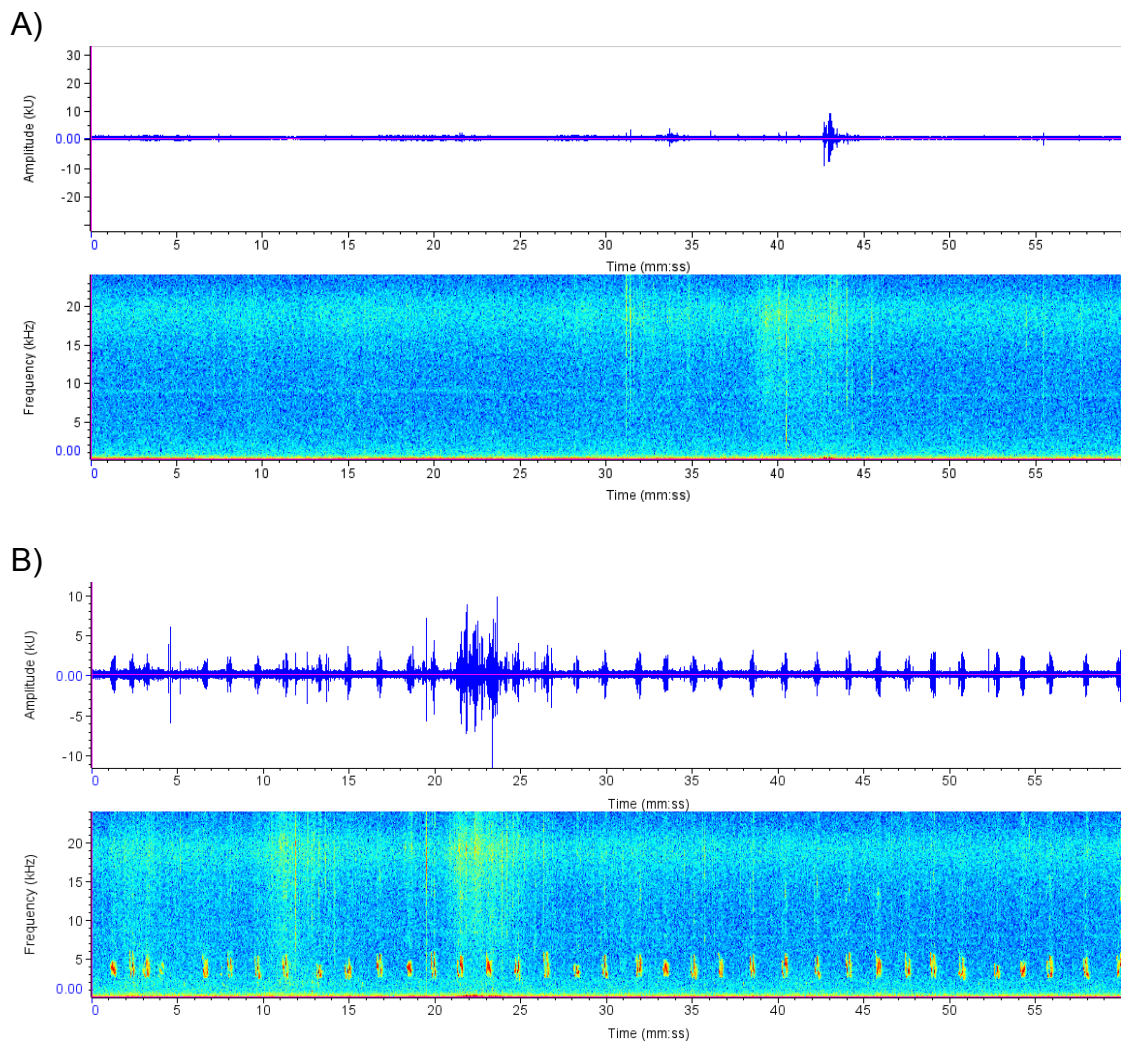


Figura 9. Oscilogramas e espectrogramas ilustrando a distribuição de frequências ao longo do tempo, com amplitude representada por escala de cores em decibéis (dB), onde as cores quentes apresentam uma amplitude maior e as cores frias uma amplitude menor. **(A)** 60 s, evidenciando a ausência de biofonia, com sons de passos por volta dos 40 s. **(B)** 60 s, contendo intensa atividade biológica, com destaque para o canto da Juruviara (*V. chivi*). Em todos os espectrogramas, o tamanho de janela Hann utilizado foi de 512 pontos.

5. Discussão

Com a biodiversidade do planeta ameaçada pela fragmentação e perda de habitats, extinção de espécies e declínios populacionais (ANSON et al. 2022, CEBALLOS et al, 2015), torna-se urgente estudar e monitorar a diversidade biológica. Para quantificar e monitorar a biodiversidade animal, costumam ser empregados índices de diversidade, calculados a partir de dados obtidos por meios convencionais de amostragem, tais como observação de pegadas e vestígios, bem como captura e marcação, entre outros. Todavia, estes métodos demandam tempo e esforço amostral prolongados, bem como recursos financeiros vultosos (BURIVALOVA et al 2019; LAIOLO, 2010; RIBEIRO et al. 2017).

A partir do emprego de técnicas de monitoramento acústico, é possível obter informações sobre a paisagem, processos do ecossistema e efeitos de perturbações nos animais, bem como diferenciar ambientes saudáveis daqueles impactados (HARRIS et al., 2016; LAIOLO 2010; PIJANOWSKI et al. 2011; CHIBUIKE, 2016). Através da gravação dos sons, é possível identificar a fauna de determinado ambiente e obter índices ecológicos. Todavia, os índices acústicos não são suficientes para quantificar toda a diversidade animal de uma comunidade, pois algumas espécies não são sonoras ou então apresentam um repertório sonoro ocasional e/ou pouco diverso. No entanto, o estudo dos sons da paisagem não deixa de ser uma ferramenta poderosa, principalmente se estiver associada a métodos tradicionais de monitoramento (CHIBUIKE, 2016).

Até o presente momento, não foram publicados estudos de avaliação da biodiversidade animal através de acústica nas florestas de restinga do litoral do estado de São Paulo. Como tem sido verificado em outros estudos utilizando índices acústicos (DEPRAETERE et al. 2012, HARRIS et al. 2016), para cada tipo de habitat há um índice que melhor se enquadra em um determinado objetivo. Além disso, como apontado por Izaguirre et al. (2018) e Bradfer-Lawrence et al. (2019), para se estudar os padrões da paisagem

acústica, recomenda-se a utilização de múltiplos índices. Por este motivo, foram utilizados aqui os índices acústicos mais frequentemente empregados, de acordo com a literatura disponível, ressaltando-se que existem cerca de 60 índices criados para avaliar a paisagem acústica.

A partir da análise dos áudios individuais e dos LTSAs gerados, observou-se uma variação e intensidade maior de sons durante o alvorecer e o crepúsculo na Floresta de Restinga Alta, bem como durante a noite e o meio-dia na Restinga Baixa. Os resultados dos índices NP, BIO e ACI demonstraram uma maior diversidade durante o alvorecer da Restinga Alta, confirmando um dos padrões observados. Já na Restinga Baixa, apenas o índice BIO acompanhou a avaliação qualitativa.

Na Restinga Alta, o índice NP foi mais baixo no meio-dia, elevando-se durante o crepúsculo e atingindo o máximo no alvorecer. Este padrão pode ser explicado pela presença frequente na paisagem da espécie de ave Mariquita (*S. pitaiyumi*) durante o alvorecer, e dos morcegos, grilos e anfíbios durante a noite, tendo em vista que o NP contabiliza os picos de frequência. Além disso, houve uma relação positiva entre a diversidade de aves e os valores de NP, como também foi observado por Izaguirre et al. (2018). Na Restinga Baixa, também foi observado um valor de NP mais baixo durante o meio-dia. Todavia, a noite e o alvorecer apresentaram os maiores valores, com o maior pico durante a noite, devido aos sons de morcegos.

Os morcegos são mamíferos da ordem Chiroptera, distribuídos em 18 famílias, com 180 espécies descritas com ocorrência no Brasil até o ano de 2018 (ARIAS-AGUILAR et al. 2018; SUCKOW, 2014). Essas espécies são essenciais para o equilíbrio das comunidades por contribuírem com a polinização e dispersão de sementes (KUNZ & FENTON, 2003; KUNZ et al., 2011, SUCKOW, 2014). Tendo em vista serem animais de hábitos noturnos, a produção de emissões sonoras é fundamental para este grupo, principalmente para se localizar e encontrar alimento, no que denominamos ecolocalização (DENZINGER et al. 2004; SUCKOW, 2014).

Como o presente trabalho foi realizado em ambientes de florestas, a maioria das espécies de morcegos presentes produziram sons do tipo FM (Frequência Modulada) de baixa amplitude, tendo em vista a existência de múltiplos obstáculos no ambiente e a necessidade de diferenciá-los. Na Floresta Atlântica, a maioria das espécies encontradas em habitats fechados são da família Phyllostomidae (DENZINGER et al. 2004; SUCKOW, 2014). Os morcegos em florestas utilizam áreas mais abertas. Assim, a locomoção aérea acaba sendo facilitada, uma vez que há menos obstáculos. Por essa razão, as trilhas presentes na floresta acabam sendo usadas por estes animais (MARIO ROLLO, com. pess.). Sendo assim, a posição dos gravadores, próximos às trilhas, facilita a captura dos sons deste grupo.

As aves são animais que indicam a saúde de um ambiente (GREGORY & STRIEN, 2010, PECK ET AL., 2015). No presente estudo, registramos algumas aves com maior frequência, como por exemplo *Setophaga pitaiayumi* (Mariquita), passeriforme da família Parulidae, uma espécie de ave residente e que possui período reprodutivo entre agosto e dezembro, compreendendo assim o período de coleta dos dados (MARCON & VIEIRA, 2017). Além dessa espécie, presente apenas na Restinga Alta, *Vireo chivi* (Juruviara), família Vireonidae, foi observada em ambas as fitofisionomias, com alta produção sonora durante o alvorecer e o meio-dia. A Juruviara se reproduz entre a primavera e o verão, migrando para a região sul em setembro e permanecendo até março, seguindo depois para o norte da América do Sul (MARCON & VIEIRA, 2017). Assim, estas aves possivelmente estavam migrando para regiões mais ao sul do país, ou então permanecendo em Ilha Comprida para reprodução. Além das espécies de aves supracitadas, que foram as de maior produção sonora nos dados coletados, é válido mencionar que nem todas as aves puderam ser identificadas ao nível de espécie, devido à escassez de estudos e registros sonoros para estas fitofisionomias.

Já com relação aos anfíbios, foi constatada a presença de sons pertencentes à ordem Anura, na qual a maioria das espécies utilizam sons para fins reprodutivos e também para comunicação intraespecífica (LITTLEJOHN,

1977; GUIMARÃES & BASTOS, 2003). Tendo em vista que a reprodução deste grupo está ligada a condições climáticas, ocorrendo geralmente em períodos chuvosos, que podem variar durante o ano (CERON et al. 2020). Uma vez que não estava chovendo na semana em que os dados foram coletados, a atividade deste grupo pode ter sido reduzida.

O índice BIO demonstrou o mesmo de NP para Restinga Alta, com a elevação do índice após o crepúsculo, atingindo o ápice durante o alvorecer. A presença das aves, principalmente mariquitas, é possivelmente o fator de maior influência deste resultado. Todavia, deve-se ressaltar a importância dos insetos para diversidade sonora, sendo muitos grupos ainda pouco estudados a despeito de elevada relevância ecológica. Devem-se às suas emissões sonoras serem o crepúsculo e noite os períodos de maior diversidade acústica.

Nos dados coletados, foram identificados insetos ortópteros, que produzem som por estridulação. Os sons destes animais são essenciais para comportamentos de acasalamento, escolha de parceiros, interações com predadores e parasitóides, competição intrasexual, além da diferenciação de populações e espécies (HALL & ROBINSON, 2021). Durante a análise, foi possível observar que os sons de ortópteros estavam em bandas de frequências distintas, como tem sido observado frequentemente na literatura (WALKER; CARLYSLE, 1975; BAILEY, 1991; OTTE, 1992; RIEDE, 1993; ZEFA, 2006; DIWAKAR; BALAKRISHNAM, 2007 apud BROD, 2008), pois desta forma a competição acústica interespecífica pode ser evitada. Os insetos desta ordem são muitas vezes estudados apenas por se tratarem de pragas agrícolas. Todavia, em um ambiente de floresta, estes animais são essenciais para a cadeia alimentar, sendo parte importante da comunidade natural desses ecossistemas (GARDINER, 2018).

Para a Restinga Baixa, o índice BIO demonstrou uma maior biodiversidade de sons durante a noite de forma constante. Os valores mais elevados foram observados durante o meio-dia do segundo dia. Entretanto, é possível notar variabilidade, com picos altos e baixos durante este período. Por exemplo, ao analisar os áudios do meio-dia, notou-se que, às 11h48, o BIO

resultou em 7.4, com intensa atividade sonora de aves, principalmente Juruviara. Já às 11h38, o índice BIO resultou em 0.63, como consequência de um minuto sem produção sonora animal, apenas geofonia pouco intensa e passos, provavelmente humanos, na trilha próxima (Figura 9A e B).

O ACI apresentou variabilidade na Restinga Alta, indicando alta diversidade de sons durante a noite e o amanhecer. Não obstante, não apresentou um padrão claro na Restinga Baixa. Este resultado pode ser consequência do propósito deste índice, pois desconsidera sons contínuos, como coros dos insetos (PIERETTI et al. 2011, BRADFER-LAWRENCE et al. 2019). Considerando que foi observado um predomínio de sons deste grupo na Restinga Baixa, isso talvez explique o padrão de ACI nesta fitofisionomia.

O índice H se manteve acima de 0.7 em ambos os ambientes durante todo o período analisado. Considerando que esse índice é sensível à presença de geofonia (DEPRAETERE et al. 2012; GASC et al., 2015; DESJONQUÈRES et al. 2015; DIAS, 2019), sua elevação pode estar associada a períodos em que foi observada baixa diversidade biológica.

Um ponto que deve ser ressaltado é que os índices não apresentaram o padrão esperado na Restinga Baixa. Esse resultado pode ser explicado pela proximidade deste ambiente com o sistema estuarino da região. Por ser uma floresta mais baixa, diversos grupos animais podem optar pela busca de abrigo na Restinga Alta. Todavia, só será possível avaliar melhor esse resultado com uma investigação em escala de tempo maior.

O índice NDSI indica a presença de sons antrópicos na gravação (KASTEN et al. 2012). Sendo assim, valores próximo de 1 representam sons biológicos, valores negativos representam os sons antrópicos e valores próximos de 0 ocorrem em áudios com presença equivalente de ambos os tipos de sons. Tendo em vista esta funcionalidade, quando observamos os resultados, o valor negativo presente às 11h44 na Restinga Alta pode estar associado à passagem de uma aeronave (Figura 7). Na Restinga Baixa, às

05h27, todavia, não foram observadas perturbações antrópicas, apenas sons de aves e morcegos.

Ocorreram declínios isolados de valores de NDSI nas duas fitofisionomias durante todos os períodos do dia e que não ultrapassaram 0. Tal resultado pode ser explicado pelo fato do NDSI interpretar determinados tipos de vocalizações animais como perturbações antrópicas. Todavia, este índice também pode esclarecer períodos de alta interferência antrópica, como foi observado na Restinga Alta.

A influência dos sons antrópicos é o principal empecilho para avaliação precisa da diversidade acústica em um ambiente natural. Apesar do estudo ter sido realizado em uma floresta relativamente bem preservada, parte da APA de Ilha Comprida, que está na fase de elaboração do Plano de Manejo, foram observadas influências antrópicas. A região da Ponta de Trincheira é procurada pelo turismo de observação de botos-cinza (*Sotalia guianensis*). Como existem diversas trilhas na floresta de entorno, é possível ouvir pessoas caminhando em alguns momentos das audições das amostras. No crepúsculo do primeiro dia, além de passos humanos, foi gravado logo em seguida o som similar ao uso de objeto cortante sobre a vegetação, possivelmente proveniente de um facão, o que indica abertura de mata. Tal ato pode estar associado à manutenção de trilhas já existentes, que costuma ser realizada pelos moradores locais, como também pode se tratar da abertura de novas, o que acaba afetando negativamente a mata.

Por fim, observou-se que a ecoacústica é capaz de fornecer informações valiosas sobre as Florestas de Restinga, dando a possibilidade de estudar a biodiversidade desta fitofisionomia, todavia, são necessários estudos a longo prazo para compreender por completo sua diversidade. Neste estudo, notou-se que ACI, BIO e NP são os ideais para o estudo da biodiversidade de Restinga Alta, enquanto para Restinga Baixa ainda necessita de maiores investigações. Vale destacar a captura do som de uma aeronave sobrevoando a região, que pôde ser registrada pelo índice NDSI, que se demonstra uma ferramenta

poderosa para o monitoramento acústico em ambientes naturais, visando a conservação ambiental.

6. Conclusão

Estudos de ecologia acústica no ecossistema Restinga são escassos no Brasil. Tendo em vista serem estes ambientes altamente impactados pela presença humana e contínua expansão urbana, seus componentes devem ser investigados para assim protegê-la de maneira sustentável.

A investigação da paisagem acústica da Floresta de Restinga demonstrou ser uma ferramenta útil para monitorar e estudar a diversidade biológica animal, bem como os eventuais impactos antrópicos sobre este ambiente. Apesar dos resultados promissores, é essencial que seja realizado um estudo efetivo de longo prazo, principalmente devido à crescente pressão do turismo na região. Ao compreender a biodiversidade deste ecossistema, pode-se melhorar a gestão da relação homem-natureza, permitindo um uso sustentável dos recursos naturais e uma conservação de maneira eficaz.

7. Referências Bibliográficas

- ANSO, J.; GASC, A.; BOURGUET, E.; DESUTTER-GRANDCOLAS, L.; JOURDAN, H. Crickets as indicators of ecological succession in tropical systems, New Caledonia. *Biotropica*, 54, 1270–1284, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/btp.13151>>
- ARIAS-AGUILAR, A.; HINTZE, F.; AGUIAR, L. M. S.; RUFRAY, V.; BERNARD, E.; PEREIRA, M. J. R. Who's calling? Acoustic identification of Brazilian bats. *Mammal Research*, 63(3), 231–253, 2018. Disponível em: <[doi:10.1007/s13364-018-0367-z](https://doi.org/10.1007/s13364-018-0367-z)>
- AZEVEDO, N.H.; MARTINI, A.M.Z.; OLIVEIRA, A.A.; SCARPA, D.L. Ecologia na restinga: uma sequência didática argumentativa. PETROBRAS: USP, IB, Lab Trop/Bio in (org.). 1 ed. São Paulo: edição dos autores, Janeiro de 2014. 140p.
- BARBER, J.R.; CROOKS, K.R.; FRISTRUP, K.M. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. *Trends Ecol Evol* 25: 180–89, 2010.
- BOELMAN N., ASNER G., HART P., AND MARTIN R. Multi-trophic invasion resistance in Hawaii: Bioacoustics, field surveys, and airborne remote sensing. *Ecological Applications*. 17 (8): 2137–2144, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1890/07-0004.1>>
- BRADFER-LAWRENCE, T.; GARDNER, N.; BUNNEFELD, L.; NILS BUNNEFELD, N.; WILLIS, S. G.; DENT, D. H. Guidelines for the use of acoustic indices in environmental research. *Methods Ecol Evol*. 2019;10:1796–1807, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/2041-210X.13254>>.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 07, de 23 de julho de 1996. Aprovar como parâmetro básico para análise dos estágios de sucessão de vegetação de restinga para o Estado de São Paulo, as diretrizes constantes no anexo desta Resolução. Brasília, DF, 26 ago. 1996.
- BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. Disponível em <<http://portal.in.gov.br/>>.
- BROD, M. P. Sons de chamado e comportamento de estridulação em uma assembléia de grilos no município do Capão do Leão, RS (Orthoptera, Grylloidea) / Mateus Pinto Brod ; orientador Edison Zefa. – Pelotas, 2008.

– 44f. : il. – Monografia (Conclusão de curso). Instituto de Biologia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2008.

BURIVALOVA, Z.; GAME, E.; BUTLER, R. The sound of a tropical forest. *Science*, 363(6422), 28– 29, 2019.

CEBALLOS, G.; EHRLICH, P. R.; BARNOSKY, A. D.; GARCÍA, A.; PRINGLE, R. M.; PALMER, T. M. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1, e1400253, 2015.

CERON, K.; SANTANA, D.J.; LUCAS, E.M.; ZOCHE, J.J.; PROVETE, D.B. Climatic variables influence the temporal dynamics of an anuran metacommunity in a nonstationary way. *Ecol. Evol.* Apr 3;10(11):4630-4639, 2020. Disponível em: <doi:10.1002/ece3.6217>.

CHIBUIKE, N. E. Comparative Study of Soundscape and Point Count Methods of Biodiversity Measurement. *International Journal of Recent Scientific Research*, [s. l.], v. 7, n. 74, 2016. Disponível em: <<http://www.recentscientific.com/>>

DENZINGER, A.; KALKO, E. K. V.; JONES, G. Ecological and evolutionary aspects of echolocation in bats. In: THOMAS, J. A.; MOSS, C. F.; VATER, M (Ed.). *Echolocation in Bats and Dolphins*. Chicago: University of Chicago Press, p. 311-339, 2004.

DEPRAETERE, M.; PAVOINE, S.; JIGUET, F.; GASC, A.; DUVAIL, S.; SUEUR, J. Monitoring animal diversity using acoustic indices: Implementation in a temperate woodland. *Ecological Indicators*, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 46–54, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.05.006>>

DESJONQUÈRES, C.; RYBAK, F.; DEPRAETERE, M.; GASC, A.; LE VIOL, I.; PAVOINE, S.; SUEUR, J. First description of underwater acoustic diversity in three temperate ponds. *PeerJ*, [s. l.], v. 2015, n. 11, p. 1–16, 2015.

DUMYAHN, S. L.; PIJANOWSKI, B. C. Soundscape conservation. *Landscape Ecology*, [s. l.], v. 26, n. 9, p. 1327–1344, 2011.

DIAS, F. F. Uma estratégia para análise visual de Paisagens Acústicas com base em seleção de características discriminantes / Fábio Felix Dias; orientadora Rosane Minghim. -- São Carlos, 2018. 133 p.

FARINA, A. *Soundscape Ecology: Principles, Patterns, Methods and Applications*. [s.l.]. 2014.

FARINA, A.; GAGE, S. H. *Ecoacoustics The Ecological Role of Sounds*. [s.l.]. 2017.

FRANCIS, C.D.; ORTEGA, C.P.; CRUZ, A. Noise pollution changes avian communities and species interactions. *Curr Biol* 19:1415–19, 2009.

- FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais. Mapa de Vegetação Nativa na Área de Aplicação da Lei no. 11.428/2006 – Lei da Mata Atlântica (ano base 2009), Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2015.
- GARDINER, T. Grazing and Orthoptera: a review. *Journal of Orthoptera Research*, 27(1), 3–11, 2018. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/44841030>>.
- GASC, A.; SUEUR, J.; PAVOINE, S.; PELLENS, R.; GRANDCOLAS P. Biodiversity sampling using a global acoustic approach: Contrasting sites with microendemics in New Caledonia. *PLoS ONE*. 8 (5): e65311, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065311>>.
- GASC, A.; PAVOINE, S.; LELLOUCH, L.; GRANDCOLAS, P.; SUEUR, J. Acoustic indices for biodiversity assessments: Analyses of bias based on simulated bird assemblages and recommendations for field surveys. *Biological Conservation*, v. 191, p. 306–312, 2015. ISSN 00063207.
- GIBB, R.; BROWNING, E.; GLOVER-KAPFER, P.; JONES, K. E. Emerging opportunities and challenges for passive acoustics in ecological assessment and monitoring. *Methods in Ecology and Evolution*, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 169–185, 2019.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO (Brasil). FUNDAÇÃO FLORESTAL. Plano de Manejo – Área de Proteção Ambiental Ilha Comprida. [S. l.], Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/pagina-inicial/apas/plano-de-manejo-area-de-protecao-ambiental-ilha-comprida/>. Acesso em: 6 dez. 2022.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO (Brasil). SIGAM/SIMA - Sistema Integrado de Gestão Ambiental. Área de Proteção Ambiental Ilha Comprida. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Default.aspx?idPagina=14959>. Acesso em: 6 dez. 2022.
- GREGORY, R. D. & STRIEN, A.V. Wild bird indicators: using composite population trends of birds as measures of environmental health. *Ornithol Sci* 9: 3–22, 2010. Disponível em: <doi: 10.2326/osj.9.3>.
- GUIMARÃES, L. D.; BASTOS, R. P. Vocalizações e interações acústicas em *Hyla raniceps* (Anura, Hylidae) durante a atividade reprodutiva. *Iheringia, Sér. Zool.* 93 (2), Jun 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0073-47212003000200005>>.
- HALL, M.; ROBINSON, D. J. Acoustic signalling in Orthoptera. *Advances in Insect Physiology*. 61, 1-99, 2021. Disponível em: <DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.aip.2021.09.001>>

- HARRIS, S. A.; SHEARS, N. T.; RADFORD, C. A. Ecoacoustics indices as proxies for biodiversity on temperate reefs. *Methods in Ecology and Evolution*, [s. l.], v. 7, n. 6, p. 713–724, 2016.
- IZAGUIRRE, M. I. R.; RAMÍREZ-ALÁN, O. Acoustic indices applied to biodiversity monitoring in a Costa Rica dry tropical forest. *Journal of Ecoacoustics*, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.22261/JEA.TNW2NP>>.
- KASTEN, E.; GAGE, S.; FOX, J.; JOO, W. The remote environmental assessment laboratory's acoustic library: An archive for studying soundscape ecology. *Ecological Informatics*. 12: 50–67, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2012.08.001>>
- KIGHT, C. R.; SWADDLE, J. P. How and why environmental noise impacts animals: An integrative, mechanistic review. *Ecology Letters*, [s. l.], v. 14, n. 10, p. 1052–1061, 2011.
- KUNZ, T. H.; BRAUN DE TORREZ, E.; BAUER, D.; LOBOVA, T. A.; FLEMING, T. H. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, n. 1223, p. 1–38, 2011.
- KUNZ, T. H.; FENTON, M. B. *Bat Ecology*. Chicago: University of Chicago Press, 2003.
- LAIOLO, P. The emerging significance of bioacoustics in animal species conservation. *Biological Conservation*, [s. l.], v. 143, n. 7, p. 1635–1645, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2010.03.025>>
- LIGGES, U.; KREY, S.; MERSMANN, O.; SCHNACKENBERG, S. *tuneR: Analysis of Music and Speech*. 2018. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=tuneR>>.
- LITTLEJOHN, M. J. 1977. Long-range acoustic communities in anurans: an integrated and evolutionary approach. In: TAYLOR, D. H.; GUTTMAN, S. I. eds. *The reproductive biology of amphibians* New York, Phenum. p.263,264.
- MARCON, A. P.; VIEIRA, B. P. *Aves do Parque Ecológico do Córrego Grande*. Amanda Perin Marcon; Bianca Pinto Vieira - 1ª ed., Florianópolis, SC, 2017. 138 p. / 21 cm ISBN 978-85-923489-0-8.
- MERCHANT, N. D.; FRISTRUP, K. M.; JOHNSON, M. P.; TYACK, P. L.; WITT, M. J.; BLONDEL, P.; PARKS, S. E. Measuring acoustic habitats. *Methods in Ecology and Evolution*, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 257–265, 2015.
- PECK, M.; MADDOCK, S.; MORALES, J.; PEÑAFIEL, V.; TORRES-CARVAJAL, O.; POZO-RIVERA, W.; CUEVA-ARROYO, X; TOLHURST, A. Cost-effectiveness of using small vertebrates as indicators

of disturbance. *Conservation Biology*. 28(5):1331–1341, 2015. Disponível em: <[doi:10.1111/cobi.12373](https://doi.org/10.1111/cobi.12373)>.

PIERETTI, N.; FARINA, A.; MORRI D. A new methodology to infer the singing activity of an avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI). *Ecological Indicators*. 11 (3): 868–873, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.11.005>>.

PIJANOWSKI, B. C.; FARINA, A.; GAGE, S. H.; DUMYAHN, S. L.; KRAUSE, B. L. What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science. *Landscape Ecology*, [s. l.], v. 26, n. 9, p. 1213–1232, 2011. a.

PIJANOWSKI, B. C.; VILLANUEVA-RIVERA, L. J.; DUMYAHN, S. L.; FARINA, A.; KRAUSE, B. L.; NAPOLETANO, B. M.; GAGE, S. H.; PIERETTI, N. Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape. *BioScience*, [s. l.], v. 61, n. 3, p. 203–216, 2011. b. Disponível em: <<https://academic.oup.com/bioscience/article-lookup/doi/10.1525/bio.2011.61.3.6>>

RIBEIRO, J.; SUGAI, L.; CAMPOS-CERQUEIRA, M. Passive acoustic monitoring as a complementary strategy to assess biodiversity in the Brazilian Amazonia. *Biodiversity and Conservation*, 26, 2999– 3002, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10531-017-1390-0>>

SANTOS, A. R. Restinga. 2018. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/restinga.htm>>

SISTEMA DA INFORMAÇÃO SOBRE A BIODIVERSIDADE BRASILEIRA (SiBBr). 2016. Disponível em: <<https://sibbr.gov.br>>.

STAATERMAN, E.; PARIS, C. B.; DEFERRARI, H. A.; MANN, D. A.; RICE, A. N.; D’ALESSANDRO, E. K. Celestial patterns in marine soundscapes. *Marine Ecology Progress Series*, [s. l.], v. 508, p. 17–32, 2014.

SUCKOW, U. M. S. Atividade de morcegos em cinco habitats de uma paisagem fragmentada de Floresta Atlântica do sul do Brasil. 2014. 68 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/110981>>.

SUEUR, J.; FARINA, A. Ecoacoustics: the Ecological Investigation and Interpretation of Environmental Sound. *Biosemiotics*, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 493–502, 2015.

SUEUR, J.; AUBIN, T.; SIMONIS, C. Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*. 18 (2): 213–226. 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09524622.2008.9753600>>.

SUEUR, J.; FARINA, A.; GASC, A.; PIERETTI, N.; PAVOINE S. Acoustic indices for biodiversity assessment and landscape investigation. *Acta Acustica united with Acustica*. 100 (4): 772–781, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.3813/AAA.918757>>

UNITED NATIONS. The Ocean Conference. [s. l.], v. 01, p. 1–7, 2017. Disponível em: <<http://www.albayan.ae>>

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: MELISSA BATISTA SOARES

Título: "Sons da Restinga: Paisagem Acústica para Acessar a Biodiversidade"

Orientador: Prof. Dr. Roberto Fioravanti Carelli Fontes

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Gerenciamento Costeiro

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Prof. Dr. Roberto Fioravanti Carelli Fontes	APROVADA
Prof. Dr. Alfredo Leandro Borie Mojica	APROVADA

PARECER:

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente **Melissa Batista Soares** obteve o seguinte conceito:

APROVADO

REPROVADO

São Vicente, 27 de janeiro de 2023.

R. Fioravanti Carelli Fontes

Prof. Dr. Roberto Fioravanti Carelli Fontes

p/ Alfredo Leandro Borie Mojica

Prof. Dr. Alfredo Leandro Borie Mojica