



**INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**RIO DE JANEIRO**  
Campus Arraial do Cabo

**Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu***  
**Especialização em Ciências Ambientais em Áreas Costeiras**  
*Campus Arraial do Cabo*

Yagho Ferreira Ramos

**PAISAGEM ACÚSTICA: COMPARAÇÃO DE BIODIVERSIDADE ENTRE AMBIENTES  
DE RESTINGA NA REGIÃO DOS LAGOS/RJ**

Yagho Ferreira Ramos

**PAISAGEM ACÚSTICA: COMPARAÇÃO DE BIODIVERSIDADE ENTRE AMBIENTES DE  
RESTINGA NA REGIÃO DOS LAGOS/RJ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Especialista no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais em Áreas Costeiras.

Orientador: Prof. MSc. Murilo Minello

Coorientador: Prof. MSc. Fábio Contrera Xavier

Arraial do Cabo – RJ  
2019

Ficha catalográfica elaborada por  
Marcia da Silva  
CRB7 5299

R175

Ramos, Yagho Ferreira.

Paisagem acústica: comparação de biodiversidade entre ambientes de restinga na Região dos Lagos/RJ / Yagho Ferreira Ramos. – Arraial do Cabo, RJ, 2019.

66 f.: il.; 21 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Ambientais em Áreas Costeiras) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, 2019.

Orientador: Prof. MSc. Murilo Minello

Coorientador: Prof. MSc. Fábio Contrera Xavier

1. Acústica - Ecologia. 2. Monitoramento Ambiental. 3. Restinga – Lagos (RJ ; Microrregião). I. Minello, Murilo. II. Xavier, Fábio Contrera. III. Título.

IFRJ/CAC/CoBib

CDU : 504.6:551.435.32 (815.3)

Yagho Ferreira Ramos

**PAISAGEM ACÚSTICA: COMPARAÇÃO DE BIODIVERSIDADE ENTRE AMBIENTES DE  
RESTINGA NA REGIÃO DOS LAGOS/RJ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como parte dos requisitos necessários para  
obtenção do título de Especialista no Programa de  
Pós-graduação em Ciências Ambientais em Áreas  
Costeiras.

Data de Aprovação: 18 de Dezembro de 2019.



Prof. MSc. Murilo Minello (Orientador)  
Instituto Federal do Rio de Janeiro – Campus Arraial do Cabo – IFRJ



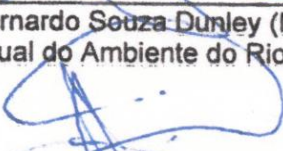
Prof. MSc. Fábio Contrera Xavier (Coorientador)  
Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM



Prof. MSc. Carlos Augusto Fernandes Filho (Membro interno)  
Instituto Federal do Rio de Janeiro – Campus Arraial do Cabo – IFRJ



MSc. Bernardo Souza Dunley (Membro externo)  
Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro – INEA-RJ



Prof. Dr. Fernando Moraes de Oliveira (Suplente)  
Instituto Federal do Rio de Janeiro – Campus Arraial do Cabo – IFRJ

Arraial do Cabo – RJ

2019

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me permitir chegar até aqui.

Aos meus orientadores Prof. Murilo Minello e Prof. Fábio Contrera Xavier por toda a ajuda, apoio e incentivo e símbolo de inspiração. Aos componentes da banca, Carlos Augusto Fernandes Filho, Fernando Moraes de Oliveira e Bernardo Souza Dunley, pelo prestígio da presença e colaboração na melhoria deste Trabalho de Conclusão de Curso. Faltam palavras pra agradecer o quanto contribuíram para meu crescimento acadêmico.

Agradecimentos à Juliane Telles Moreira Bezerra de Jesús, parceira de pesquisa, por toda a ajuda, incentivo e pelo belo trabalho desenvolvido que abriu minha percepção acadêmica para um novo caminho; ao engenheiro Rodrigo Brito do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), pelo auxílio na montagem do equipamento de coleta (EA-2); à Lis Bittencourt do Laboratório de Mamíferos Aquáticos da UERJ, pela ajuda com a análise dos dados; à Fernanda Stefany Nunes Costa do Museu Nacional/UFRJ pela ajuda com a caracterização da vegetação de restinga; e ao condutor ambiental do PECS Cid Soares pelo auxílio na identificação de algumas espécies de aves registradas. Obrigado aos meus amigos Thainá França Coelho e Thalles Lopes de Araújo pela ajuda com a revisão do texto.

A todos os professores que contribuíram para meu aprendizado, ao longo do programa de Pós-graduação. Aos meus colegas de curso: Camila, Débora, Hervaldir, Mônica, Paloma, Sarepta e Wallace, obrigado pela companhia, pelas ideias, pelos lanches, pelas caronas e cada momento de aprendizado e parceria.

E aos meus pais; um agradecimento mais que especial à minha mãe, Dilcea Ferreira da Cunha, minha maior inspiração e exemplo na vida, que me deu forças, apoio sempre que precisei e por acreditar no meu potencial.

A todos, meus mais sinceros agradecimentos. Obrigado por fazerem parte desta minha jornada.

*“... E enquanto uma fotografia vale por mil palavras,  
uma paisagem acústica vale por mil fotografias.”*

– Bernie Krause

RAMOS, Y. F. *Paisagem Acústica: Comparação de biodiversidade entre ambientes de restinga na Região dos Lagos/RJ*. 66p. Trabalho de Conclusão de Curso. Programa de Pós-Graduação *lato sensu*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Arraial do Cabo, Arraial do Cabo, RJ, 2019.

## RESUMO

A Ecologia Acústica emerge como uma nova ciência que estuda os padrões e efeitos sonoros de um ambiente, através da análise da paisagem acústica, sendo composta por três fontes básicas: biofonia (sons de origem biológica), geofonia (sons de origem abiótica) e antropofonia (sons correspondentes às atividades humanas). O arranjo complexo de sons em uma paisagem sonora cria uma assinatura acústica particular, para diferentes ambientes. A análise destas assinaturas acústicas e categorização dos diferentes sinais sonoros presentes no ambiente representa uma ferramenta para descrever o grau de degradação que uma dada paisagem está sujeita, representando uma metodologia não invasiva diante de outras metodologias, por vezes, utilizada. Ecossistemas de restinga do Estado do Rio de Janeiro demonstram-se muito ameaçados e refletem alto grau de degradação, devido à intensificação do processo de urbanização e especulação imobiliária. Em Cabo Frio, na Região dos Lagos (RJ), o estabelecimento e expansão da espécie vegetal exótica *Casuarina equisetifolia* L. (nome popular: “casuarina”) oferece preocupações à preservação da vegetação de restinga, diante de seu potencial de limitar a emergência e crescimento vegetação nativa. Diante da degradação destes ambientes naturais, fazem-se necessários estudos que busquem ressaltar a importância da preservação destas áreas, bem como o desenvolvimento de tecnologias alternativas, principalmente as de baixo impacto, que possam atender as linhas de pesquisa e auxiliar na conservação e gestão de ambientes impactados. O objetivo deste trabalho é caracterizar a paisagem acústica e comparar a biofonia de áreas de restinga preservada e áreas de vegetação de casuarina em Cabo Frio. Inicialmente, foi realizada uma análise bibliométrica em base de dados de literatura científica sobre estudos em paisagem acústica utilizando o *software R 3.6 version*. Em campo, as gravações sonoras foram obtidas a partir de um sistema autônomo desenvolvido para a captura e gravação da paisagem acústica de duas áreas com diferentes tipos de vegetação: uma área de restinga preservada e outra área dominada por vegetação de casuarina. Os áudios foram analisados através do *software Raven Pro 1.5* para elaboração de espectrogramas, a fim de obter a identificação de fontes biológicas e análise qualitativa das paisagens acústicas. Foram calculados valores de complexidade acústica, utilizando um Índice de Complexidade Acústica (ACI), para cada área e período de gravação a partir do *software R 3.6 version*. A análise bibliométrica aponta para um crescimento no número de publicações científicas associadas ao tema, nos últimos anos. Países como os Estados Unidos e países do Reino Unido representam o maior número de publicações nessa área. Os resultados obtidos a partir dos dados acústicos sugerem maior número de registros de biofonia e, conseqüentemente, maior complexidade acústica na área de restinga, sobretudo durante o anoitecer, enquanto o menor número de registros ocorreu na vegetação de casuarina ao anoitecer. Os valores de ACI obtidos traduzem uma alteração, estatisticamente significativa, entre a paisagem acústica da área de restinga preservada e a área das casuarinas, diante da redução da diversidade da vegetação. Através do estudo das paisagens acústicas é possível evidenciar alterações nos padrões acústicos entre as duas áreas, revelando distúrbios ecossistêmicos de origem antrópica, auxiliando na criação de práticas de gestão e conservação ambiental.

**Palavras-chave:** Paisagem acústica; Biofonia; Restinga; Monitoramento ambiental

RAMOS, Y. F. *Paisagem Acústica: Comparação de biodiversidade entre ambientes de restinga na Região dos Lagos/RJ*. 66p. Trabalho de Conclusão de Curso. Programa de Pós-Graduação *lato sensu*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *Campus Arraial do Cabo*, Arraial do Cabo, RJ, 2019.

## ABSTRACT

Acoustic Ecology emerges as a new science that studies the patterns and sound effects of an environment through the analysis of the soundscape, consisting of three basic sources: biophony (sounds of biological origin), geophony (sounds of abiotic origin) and anthrophony (sounds corresponding to human activities). The complex arrangement of sounds in a soundscape creates a specific acoustic signature for different environments. An analysis of these acoustic signatures and the categorization of different acoustic signals presents an environment that represents a tool for describing the degree of degradation that a given landscape is subject, representing a noninvasive methodology, compared to other sometimes used methodologies. Restinga ecosystems in the state of Rio de Janeiro are very threatened and reflect a high degree of degradation due to the intensification of the urbanization process and real estate speculation. In Cabo Frio, in the Região dos Lagos (RJ), the establishment and expansion of the exotic species *Casuarina equisetifolia* L. (popular name: "casuarina") offers benefits for conservation of restinga vegetation, given its potential to limit the emergence and growth of native vegetation. Given the degradation of these natural environments, these factors may affect the impact of interest areas, as well as the development of alternative technologies, especially as low impact, which may follow the lines of research and assistance in conservation and management of impacted environments. The objective of this work is to characterize the soundscape and compare the biophony of preserved restinga areas and casuarina vegetation areas in Cabo Frio. Initially, a bibliometric analysis was performed in the database of the scientific literature on soundscape studies using the *software R 3.6 version*. In the field, the sound recordings were captured from an autonomous system developed for soundscape capture and recording of two areas with different vegetation types: a preserved restinga area and another area dominated by casuarina vegetation. The audios collected were analyzed using the *Raven Pro 1.5 software* to develop spectrograms to identify biological sources and qualitative analysis of soundscapes. Acoustic complexity values were calculated using an Acoustic Complexity Index (ACI), for each area and recording period from the *R 3.6 version software*. The bibliometric analysis indicates a number of scientific publications related to the theme in recent years. Countries like United States and United Kingdom countries represent the largest number of publications in this area. The results obtained from the acoustic data suggest the largest number of biophony records and, consequently, the greater acoustic complexity in the restinga area, especially during dusk, while the smallest number recorded in casuarina vegetation at dusk. The selected ACI values reflect a statistically significant change between the soundscape of the preserved restoration area and an area of casuarina, due to the reduction of vegetation diversity. Through the study of soundscapes, it is possible to demonstrate changes in acoustic patterns between two areas, revealing ecosystem disturbances of anthropic origin, assist in the creation of environmental management and conservation practices.

**Keywords:** Soundscape; Biophony; Restinga; Environmental monitoring



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DO SOM .....	12
1.2 ESTUDOS EM ECOLOGIA ACÚSTICA NO BRASIL .....	13
1.3 POLUIÇÃO SONORA E LEGISLAÇÃO .....	14
1.4 CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES DE RESTINGA .....	15
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>18</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	18
3.2 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA .....	23
3.3 EQUIPAMENTO DE COLETA .....	23
3.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS .....	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>29</b>
4.1 DADOS BIBLIOMÉTRICOS .....	29
4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS PAISAGENS ACÚSTICAS .....	34
4.2.1 <i>Adaptação do equipamento de coleta</i> .....	34
4.2.2 <i>Hipótese</i> .....	34
4.2.3 <i>Análise dos Dados Acústicos</i> .....	35
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>46</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>49</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>59</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Ecologia Acústica é um ramo que emerge como nova ciência que estuda padrões e efeitos sonoros de um ambiente, buscando entender toda complexidade do arranjo de sons biológicos e outros sons ambientais que ocorrem em um determinado local, constituindo as paisagens acústicas (PIJANOWSKI *et al.*, 2011a). A paisagem pode ser entendida como o produto das interações entre elementos de origem biótica e abiótica, que se organizam de forma dinâmica, ao longo do tempo e do espaço (MAXIMIANO, 2004). Estudos sobre paisagem acústica começaram a surgir a partir da criação do Projeto das Paisagens Sonoras Mundiais, liderado por Raymond Murray Schafer, diante do aumento da poluição sonora. Schafer (1977) reconheceu os sons como elementos importantes da paisagem, afirmando que as características acústicas podem refletir os processos naturais de uma área.

O termo Paisagem Acústica<sup>1</sup> (ou paisagem sonora) surgiu diante da necessidade de analisar o som como um dos elementos da Ecologia de Paisagem, com o objetivo de relacionar o conceito tradicional de paisagem à riqueza sonora e sua influência sobre os padrões e processos ecológicos (GUIMARÃES; TINOCO, 2016). Em seu trabalho, Krause (1987) descreveu o arranjo complexo de sons biológicos e não-biológicos de seu ambiente de estudo, com o objetivo de qualificar e parametrizar os diversos sons ambientais, e categorizou estes sons a partir do tipo de emissor: “Biofonia” se refere aos sons de origem biótica (vocalizações e sinais sonoros de animais), “Geofonia” referente aos sons originados de atividades abióticas (como vento, chuva ou água corrente) e, ainda, “Antropofonia”, sons gerados a partir da atividade humana (veículos automotores, música, engenharia) (*Ibid.*; PIJANOWSKI *et al.*, 2011a; FARINA, 2014). Estes componentes da paisagem acústica são representados na *Figura 1.1*. Os estudos sobre paisagem acústica surgem no intuito de quantificar e qualificar o ambiente a partir do registro sonoro, com o objetivo de caracterizar diversos tipos de sons, como se distribuem em um ambiente e afetam aquela paisagem (PIJANOWSKI *et al.*, 2011a).

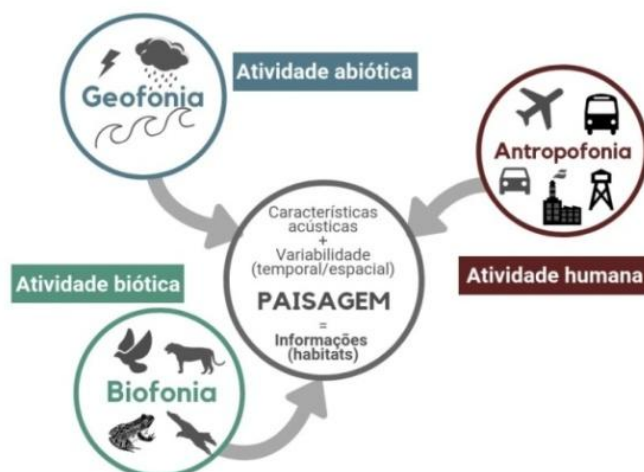


Figura 1.1: Representação de uma paisagem acústica e seus componentes, conforme descrito por Krause (1987). Fonte: O autor.

<sup>1</sup> Em inglês, *Soundscape*.

Krause (1987) ressalta que organismos com capacidade de vocalização ou emissão de algum sinal sonoro evoluíram, ao longo de milhares de anos, de modo a ocupar diferentes faixas de frequência em uma paisagem, introduzindo o conceito de nicho acústico e discutindo a função adaptativa a partir de duas hipóteses: a Hipótese de Adaptação Morfológica<sup>2</sup> e a Hipótese de Adaptação Acústica<sup>3</sup>, que sugerem como os mecanismos ecológicos de emissão e recepção dos sinais sonoros podem dar origem a alterações fisiológicas, morfológicas ou comportamentais para emissão de sinais sonoros emitidos por animais (*Ibid.*; PIJANOWSKI *et al.*, 2011a). O autor, ainda, propôs a Hipótese do Nicho Acústico<sup>4</sup>, na qual a competição interespecífica pelo mesmo espaço acústico levaria a disputa entre as espécies com sinais acústicos semelhantes, isto é, sinais com características de frequência e tempo semelhantes. Ao longo do processo evolutivo, isto levaria espécies a ajustarem seus chamados, na busca por nichos não-ocupados no espectro sonoro, de modo a minimizar as sobreposições, reduzindo a competição entre espécies. A ocupação acústica da biodiversidade em determinado nicho acústico ocorre visando o sucesso da emissão e recepção do sinal de comunicação, diminuindo assim o gasto energético (KRAUSE, 1987; 1993). Em estudos ecológicos em biofonia, evidencia-se a importância da clareza dos sinais de comunicação entre os animais, o que garante sucesso na defesa de seus territórios, acasalamento e captura de presas (FLECHER, 2007 *apud* GUIMARÃES; TINOCO, 2016).

Alguns estudos apontam que o arranjo complexo de sons em uma paisagem sonora cria uma assinatura acústica particular, para diferentes ambientes. A partir da análise destas assinaturas acústicas e categorização dos diferentes sinais sonoros presentes no ambiente é possível obter uma ferramenta para descrever o grau de degradação que uma dada paisagem está sujeita. Por meio do registro sonoro regular e análise dos áudios é possível trabalhar com índices que indicam o nível de complexidade acústica de determinado ambiente (PIERETTI *et al.*, 2011; FARINA, 2014). Um modelo conceitual elaborado por Pijanowski *et al.* (2011b), apresentado na *Figura 1.2*, relaciona os níveis sonoros dos diferentes componentes da paisagem acústica (biofonia, geofonia e antropofonia) com diferentes ambientes (áreas naturais, zonas agrícolas e zonas urbanas). Neste modelo, onde se expressam diferentes níveis de ruídos antrópicos, o aumento da perturbação humana sobre os ambientes resulta na diminuição dos níveis de biofonia.

---

<sup>2</sup> Tradução de *Morphological Adaptation Hypothesis* – MAH

<sup>3</sup> Tradução de *Acoustic Adaptation Hypothesis* – AAH

<sup>4</sup> Tradução de *Acoustic Niche Hypothesis* – ANH

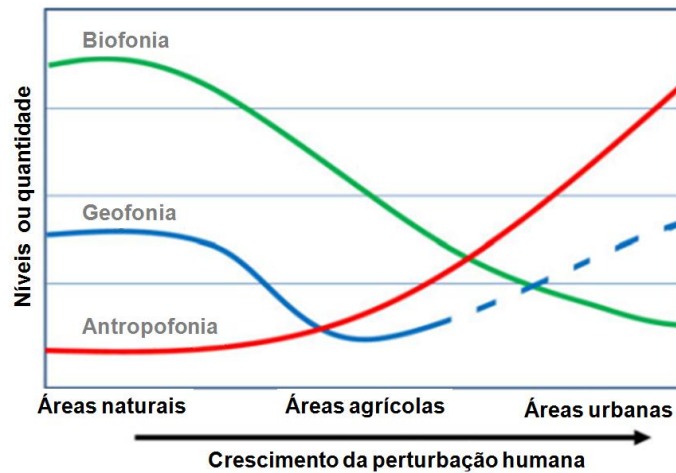


Figura 1.2: Modelo de variação dos componentes da paisagem acústica em diferentes ambientes. Fonte: Adaptado de Pijanowski *et al.* (2011b).

Em estudos sobre a poluição sonora, a aplicação do Índice de Complexidade Acústica<sup>5</sup> (ACI), desenvolvido por Farina e Morri, representa uma medida que permite verificar alterações na paisagem acústica, monitorar a biodiversidade e compreender os impactos da antropofonia sobre a biofonia. O ACI é uma ferramenta capaz de quantificar de forma direta a intensidade da biofonia, baseando-se na hipótese de que estes sons bióticos têm uma variabilidade intrínseca de intensidades, diferente dos ruídos de origem antrópica que apresentariam valores constantes de intensidade (PIERETTI *et al.*, 2011). Ceraulo (2018), em seu estudo de comparação acústica de paisagens submarinas, utilizou a métrica denominada de Densidade Espectral de Potência<sup>6</sup> (PSD) para avaliar a paisagem acústica no domínio de potência dos sinais sonoros em diferentes faixas de frequência.

A bioacústica é um ramo de pesquisa que está inserido no campo da Ecologia Acústica, que consiste em estudos ecológicos de biofonia, isto é, sons emitidos por animais. Estes sons representam sinais de fundamental importância para a comunicação das espécies, representando uma ferramenta importante para o desenvolvimento de diversas linhas de pesquisa em filogenia e comportamento animal, além de estudos de quantificação de biodiversidade e identificação de espécies. A bioacústica tem sido muito utilizada por ornitólogos, entomólogos, herpetólogos e primatólogos em seus estudos, utilizando os sons emitidos como forma de identificar as espécies na natureza e na descrição de sinais de comunicação sonora e em contextos comportamentais (VIELLIARD; SILVA, 2010).

Em seu trabalho, Pijanowski *et al.* (2011b) apresentaram, ainda, outro modelo conceitual baseado nos padrões formados a partir do monitoramento de dados biofônicos, que apontam para uma maior intensidade da biofonia nos períodos de alvorada e crepúsculo, tal como uma variação ao decorrer de diferentes estações do ano. A Figura 1.3 representa a variação diurna e a variação sazonal da paisagem acústica, descritas pelo autor, destacando em A os coros acústicos do amanhecer (“*dawn chorus*”) e do anoitecer (“*dusk chorus*”) e, em B maiores valores de biofonia durante a primavera e o outono (*Ibid.*).

<sup>5</sup> Tradução de *Acoustic Complexity Index*

<sup>6</sup> Tradução de *Power Spectral Density*

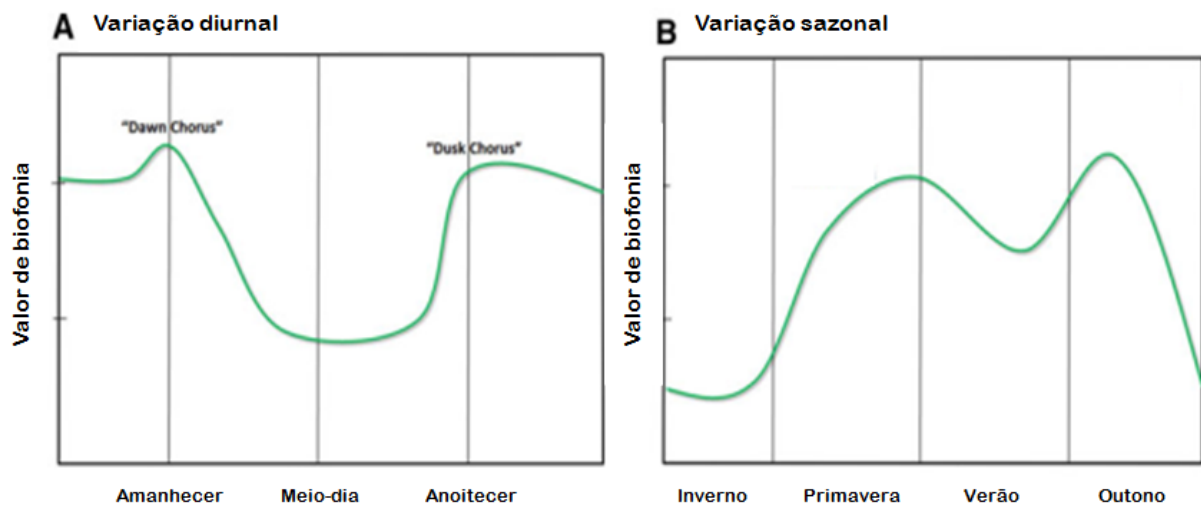


Figura 1.3: Modelo de variação diurna (A) e variação sazonal (B) da biofonia. Fonte: Adaptado de Pijanowski *et al.* (2011b).

Os níveis de ruído ambiental, de origem antropofônica, podem interferir na comunicação da biodiversidade, caracterizando um fator limitante nas atividades biológicas e serviços ecossistêmicos. A análise da distribuição das frequências por meio de monitoramento pode auxiliar na compreensão de diferentes relações ecológicas ou evidenciar a competição entre a biofonia e a antropofonia na ocupação pelos nichos acústicos. O estudo de paisagens acústicas tem se tornado um campo de pesquisa muito importante, pois através da sua análise e compreensão buscam-se informações que auxiliem no planejamento e políticas de gestão ambiental, com o objetivo de promover ações de preservação e conservação de áreas naturais (GUIMARÃES; TINOCO, 2016).

## 1.1 PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DO SOM

O som é um fenômeno físico e consiste em ondas mecânicas que se propagam em meios materiais (gasosos, líquidos ou sólidos), produzindo zonas alternadas de alta e baixa pressão através da compressão e distensão das moléculas deste meio (LACERDA; AGUIAR, 2018). A velocidade do som depende do meio onde se propaga, sendo sua velocidade no ar (a 20°C) de aproximadamente 343~344 m/s (NUSSENZVEIG, 2002; YOUNG; FREEDMAN, 2003). Uma onda sonora pode ser caracterizada a partir de três parâmetros: período, intensidade e frequência (VIELLIARD, 1987) – o período corresponde ao tempo de propagação de uma onda através do meio material; a intensidade diz respeito à potência sonora (energia) transmitida por unidade de superfície, proporcional ao quadro da amplitude da onda, e corresponde à diferença entre sons fracos e fortes, que pode ser medida em uma unidade denominada decibel (dB); a frequência indica o número de vibrações produzidas por segundo, relacionada com a altura do som, correspondendo à diferença entre sons mais graves e mais agudos (medida em Hertz, Hz) (NUSSENZVEIG, 2002; COSTA, 2003; DONOSO, 2019). Em relação à frequência sonora, o som audível pelo ouvido humano está compreendido entre a faixa de 20 e 20.000 Hz (LACERDA; AGUIAR, 2018).

A utilização do registro sonoro como recurso científico, em estudos de bioacústica, ressalta a existência de uma grande variedade de comportamentos de comunicação sonora entre diversos animais que utilizam sinais acústicos para trocar informação. Recursos como gravadores portáteis, técnica do *play-back* se difundiram e contribuíram muito neste campo de pesquisa (VIELLIARD, 2004; VIELLIARD; SILVA 2010). Dessa forma, ressalta-se que o som se mostra como ferramenta de pesquisa que permite quantificação rigorosa, que pode ser registrado à distância e coletado de forma remota e não invasiva (BLUMSTEIN *et al.*, 2011).

## 1.2 ESTUDOS EM ECOLOGIA ACÚSTICA NO BRASIL

No Brasil, apesar de estudos em paisagem acústica ainda serem pouco difundidos, pode-se citar Vielliard e Silva (2010) sobre vocalizações de avifauna na Amazônia, e outros trabalhos como os de Barros e Yoshida (2009), Lima (2012) e Silva (2017) realizando estudos acústicos em áreas de Mata Atlântica com primatas, no monitoramento e estudo comportamental de diferentes espécies. Santos e Bernard (2015) realizaram um inventário acústico da atividade de morcegos em aeroporto de Pernambuco para determinação da presença e frequência destes na pista de vôo, enquanto Albuquerque (2016) utilizou um Índice de Complexidade Acústica (ACI) e um índice de entropia acústica para determinar a diversidade acústica de anuros em fragmentos de Floresta Atlântica na Paraíba, impactadas por atividades agrárias.

Um estudo em paisagem acústica submarina em áreas da costa brasileira apresenta a caracterização sonora dos níveis de ruído subaquático em áreas de proteção na Baía de Santos/SP, sugerindo que não há grande impacto do ruído gerado pelas atividades portuárias sobre estas áreas (SÁNCHEZ-GENDRIZ; PADOVESE, 2016). Entre outros trabalhos em paisagem acústica submarina, destacam-se o Laboratório de Acústica e Meio Ambiente da Universidade de São Paulo realizando pesquisas no litoral paulista (LACMAM, 2019) e o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM, realizando pesquisas no Município de Arraial do Cabo/RJ (CAMPBELL *et al.*, 2018) por suas contribuições neste campo de pesquisa. O LACMAM/USP tem desenvolvido diferentes projetos de pesquisa em ambientes terrestres e subaquáticos, além de novas tecnologias de monitoramento autônomo, *softwares* de análise e bancos de dados de diversos ecossistemas brasileiros.

O Projeto Sons do Pantanal, iniciativa de pesquisa em Ecologia Acústica, iniciado em 2013, foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Áreas Úmidas (INAU/UFMT/CNPq) em parceria com o Programa Ciência sem Fronteiras (CsF/CNPq/CAPES). Este projeto envolve o monitoramento acústico da biodiversidade da região do Pantanal e a formação de bancos de dados, como ferramenta de pesquisa (SCHUCHMANN *et al.*, 2014). Outros trabalhos como os de Szeremeta (2007) e Lobo e Moraes (2008), realizados em zonas de Parques, buscam evidenciar a importância da preservação de áreas verdes e da qualidade sonora para saúde humana. Guimarães e Tinoco (2016) realizaram estudos preliminares em uma área de restinga na Bahia, demonstrando a tensão provocada pelo ruído antrópico sobre a biodiversidade local. Em um trabalho similar,

Jesús *et al.* (2019) realizaram a caracterização primária da paisagem acústica de fragmentos de restinga nos municípios de Arraial do Cabo e Cabo Frio (RJ), onde foram registradas assinaturas acústicas de diferentes classes de animais e, também, registrados grandes picos (dB) de antropofonia e geofonia. Estes estudos de caracterização da paisagem acústica evidenciam a eficácia do som como ferramenta de pesquisa para monitoramento ambiental, bem como ressaltam a importância destes trabalhos para políticas de gestão e promoção de ações de manejo das áreas naturais para preservação da biodiversidade (*Ibid.*).

### 1.3 POLUIÇÃO SONORA E LEGISLAÇÃO

O ruído pode ser definido, de forma simples, como o som indesejável ou desagradável (MACE *et al.*, 2004). A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera o ruído como agente prejudicial à saúde afetando um grande número de pessoas, sendo o terceiro tipo de poluição mais grave em ambientes urbanos, associado ao crescimento desordenado das cidades, a inexistência ou descumprimento de planos diretores e a falta de controle no uso do solo (*apud* JUNIOR; SILVA 2019). Níveis de ruído em excesso interferem na qualidade de vida da população, podendo ocasionar problemas como aumento da pressão arterial, aceleração cerebral, fadiga muscular, entre outros (PIMENTEL-SOUZA, 1992). Junior e Silva (2019) chamam a atenção para a poluição sonora e como esta afeta o ser humano, a flora e a fauna, reduzindo a qualidade de vida e a qualidade ambiental desta e das próximas gerações, devendo-se reconhecer que o direito a propriedade, ao domínio e ao uso de bens deve ser compatíveis com a boa qualidade de vida e a um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Em relação à legislação sobre ruído ambiental, a Organização Internacional de Padronização<sup>7</sup> determina o Padrão Internacional para Avaliação de Ruído Ambiental ISO 1996 “Acústica - Descrição e Medição de Ruído Ambiental<sup>8</sup>”, atuando como um trabalho de referência na avaliação do ruído ambiental. Está dividida em três partes: ISO 1996-1 define itens básicos a serem utilizados para descrever o ruído e procedimentos de avaliação; ISO 1996-2 trata da aquisição de dados pertinentes ao uso da terra; ISO 1996-3 que trata da aplicação aos limites de ruído e define nível de classificação e descreve as melhores práticas para avaliar o ruído ambiental (ENVIRONMENTAL NOISE, 2019).

No Brasil, foi estabelecida a norma da ABNT<sup>9</sup>, NBR 10151 “Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas” que estabelece o procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos e internos às edificações e áreas destinadas à ocupação humana, e estabelece limites de níveis de pressão sonora, em função da finalidade de uso e ocupação do solo (ABNT, 2019). A Lei Estadual Nº 126, de 10 de Maio de 1977 dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora, estendendo, a todo Estado do Rio de Janeiro, enquanto o CONAMA<sup>10</sup>, em sua Resolução 001/90, dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de atividades industriais,

<sup>7</sup> Tradução de *International Organization Standardization*.

<sup>8</sup> Tradução de *Acoustics – Description and Measurement of Environmental Noise*.

<sup>9</sup> Sigla para Associação Brasileira de Normas Técnicas.

<sup>10</sup> Sigla para Conselho Nacional do Meio Ambiente.

comerciais, sociais ou recreativas, com o objetivo de garantir o sossego público e a saúde da população. O ruído pode ser quantificado pelos níveis de pressão sonora de forma objetiva e mensurável, sendo passível de ser confrontado com os valores legalmente estabelecidos. A existência de uma legislação adequada e a construção de políticas públicas que regulem as ações humanas são fundamentais para o controle dos níveis de ruído, a fim de que os impactos gerados sejam minimizados (SILVA, 2012).

#### 1.4 CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES DE RESTINGA

O termo “restinga” tem sido genericamente utilizado para se referir ao conjunto de formações geomorfológicas litorâneas e às diferentes comunidades biológicas que ocupam as planícies sedimentares arenosas, que se formaram em consequência das transgressões e regressões marinhas (ARAÚJO; LACERDA, 1987). A vegetação de restinga apresenta-se associada ao Bioma de Mata Atlântica e, no Estado do Rio de Janeiro, é caracterizada conforme o estabelecido nas resoluções nº 417/2009 e 453/2012 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, como comunidades vegetais distribuídas em mosaico, com diferentes perfis fisionômicos sob a influência marinha, fluvio-marinha e da natureza do solo. Estas formações são encontradas em áreas de praias, cordões arenosos, dunas, depressões e áreas de transição para ambientes adjacentes, apresentando estrato herbáceo, arbustivo ou arbóreo (CONAMA, 2009; 2012). Araújo *et al.* (2009) apontam para a identificação de dez formações vegetais para as áreas de restinga: psamófila reptante, arbustiva fechada pós-praia, arbustiva aberta não inundável (fáceis baixa), arbustiva aberta não inundável (fáceis alta), arbustiva aberta inundável, herbácea aberta inundável, herbácea-arbustiva salina, florestal não inundada, florestal inundável e florestal inundada.

Nos ambientes de restinga, diferentes condições abióticas como o excesso de radiação solar, temperaturas elevadas e alta salinidade oriunda da influência do mar sobre esses ecossistemas exigem determinadas adaptações morfológicas ou fisiológicas da vegetação, que permitam sua sobrevivência (AZEVEDO *et al.*, 2014). Diante da importância das restingas na estabilização dos substratos arenosos das planícies, com alta biodiversidade e diversos serviços ecossistêmicos, tal como o aumento das pressões antrópicas, estes ecossistemas foram amparados pelo Código Florestal, mais recentemente pela Lei nº 12.651/2012, pela Lei da Mata Atlântica nº 11.428/2006 e pelas resoluções do CONAMA nº 417/2009 e 453/2012, anteriormente citadas. Atualmente, as áreas de restinga são classificadas como Áreas de Preservação Permanente – APP, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

A exploração das áreas litorâneas, desde a colonização, demonstra a intervenção antrópica sobre os ambientes de restinga. A derrubada de grandes extensões de mata devido à exploração de recursos naturais, utilização do solo para fins agrícolas ou pecuários, a extração de areia ou turfa, o uso de veículos e utilização da área como aterro de lixo representam grandes impactos sobre esses ecossistemas. A urbanização, aliada à



especulação imobiliária, resultam na degradação da vegetação para demarcação de loteamentos e, geralmente ajardinamento com espécies exóticas, que estão associados à perda de biodiversidade e eliminação do ecossistema (ROCHA, 1994).

O Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio (RJ) é descrito como maior centro de diversidade florística do litoral fluminense, abrangendo extensas áreas de restinga (ARAÚJO *et al.*, 2009). Um dos principais problemas associado à perda de diversidade vegetal na região é a introdução de espécies exóticas, dentre elas, a invasão de *Casuarina equisetifolia* L., principalmente em áreas impactadas pela ação humana (BOHRER *et al.*, 2009). Na região do Arraial do Cabo, sudeste da Região dos Lagos (RJ), o estabelecimento e expansão desta espécie vegetal (nome popular: “casuarina”) em áreas de salinas desativadas oferece preocupações à preservação da vegetação de restinga, diante de seu potencial de limitar o crescimento e a recuperação vegetação nativa. A casuarina é considerada exótica, pois sua introdução na região ocorreu como resultado de atividade humana, sendo uma espécie nativa da costa leste da Austrália e sudeste asiático (PARROTA, 1993). Acredita-se que no Rio de Janeiro, o plantio da espécie foi intensificado após os anos 1950 nas áreas de restinga como cerca-viva, na arborização e como fonte de combustível em geradores termoelétricos (DUNLEY, 2004). No Brasil, *C. equisetifolia* é considerada como espécie exótica naturalizada, isto é, que mantém uma população viável sem a intervenção do homem, mas devido à extensão de áreas favoráveis ao seu estabelecimento, podem ocorrer invasões no futuro (POTGIETER *et al.*, 2014). Em seu trabalho na região, Zimmermann (2016) aponta o potencial alelopático da espécie como um fator responsável pela baixa regeneração natural nas áreas invadidas e a grande produção de serapilheira que atua como barreira física, limitando a germinação de sementes e o crescimento de plântulas. A autora ressalta que, em restingas, a casuarina se estabelece apenas em áreas abertas, que sofreram com algum distúrbio ocasionando aumento de luminosidade e da disponibilidade hídrica, também associada à tolerância a salinidade e a capacidade de realizar associações simbióticas, que aumentam a fixação de nitrogênio, desta espécie vegetal (*Ibid.*).

Diante da grande diversidade ambiental e biológica, a preservação das áreas de restinga é importante para a reprodução e alimentação de diferentes espécies de aves migratórias, répteis e peixes além da preservação da diversidade vegetal, incluindo espécies endêmicas, que têm grande importância do ponto de vista etnobotânico (RODRIGUES, 2008).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Comparar a paisagem acústica entre uma área de restinga preservada e uma área de vegetação de casuarina no Município de Cabo Frio/RJ.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Realizar um levantamento bibliométrico sobre estudos em Paisagem Acústica, nos últimos anos, em base de dados de literatura científica;

Realizar a adaptação e montagem de equipamento para monitoramento acústico;

Realizar a identificação primária de espécies nos diferentes ambientes; e

Analisar a biofonia dos dois ambientes estudados a partir de índice acústico.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Região dos Lagos, no Estado do Rio de Janeiro, intitulada pela Lei Complementar Nº 97/2001 como microrregião integrada por nove municípios (Araruama, Armação de Búzios, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Iguaba Grande, Maricá, São Pedro d'Aldeia, Saquarema e Silva Jardim), cuja planície costeira caracteriza-se por diferentes sistemas lagunares, dos quais a evolução paleogeográfica está diretamente associada às variações do nível do mar durante o Período Quaternário (SCHEEL-YBERT, 1999). Nas áreas de baixada da região, de acordo com Bergallo (2009), formam-se diversas planícies aluviais e planícies costeiras, constituídas de praias, dunas e restingas, dos quais os cordões represaram parte da água do mar, dando origem a diversas lagunas, como as de Saquarema, de Maricá e a de Araruama. A porção costeira banhada pelo Oceano Atlântico é caracterizada pela presença de extensos arcos praias, que conferem à região grande potencial turístico (MUEHE; VALENTINI, 1998).

O clima, na maior parte dessa região é tropical úmido, com verão quente e chuvoso e um período curto de inverno seco, caracterizado como *Aw* na classificação de Köppen. Especificamente nos municípios de Cabo Frio, Búzios e Arraial do Cabo, no extremo sudeste da Região dos Lagos, o clima local é classificado como semiárido quente, Köppen *BSh*, caracterizado por precipitações fracas (em média 770 e 854 mm/ano), cuja temperatura média anual é de 23°C e insolação variando entre 200 e 240h/mês (BARBIERI, 1975; 1984). Classificou-se a região como enclave semiárido em meio às condições circundantes essencialmente tropicais (BARBIERI, 1999 *apud* PEREIRA *et. al.*, 2008; ARAUJO *et. al.*, 2009). Este perfil climático distinto da região, comparado ao resto do Estado, se deve à topografia, à distância da Serra do Mar, bem como à ocorrência do fenômeno da ressurgência, que determina mudanças na temperatura e umidade do ar, centrado nessa região da costa (FEEMA, 1988).

O recorte territorial da Região dos Lagos encontra-se inserido na Bacia Hidrográfica Lagos São João, e tem o complexo lagunar da Lagoa de Araruama como seu principal contribuinte (PMMA/RJ, 2017). A Lagoa de Araruama, maior laguna hipersalina em estado permanente do mundo, comunica-se com o mar através do Canal de Itajuru, na cidade de Cabo Frio e, além desta, circunda os municípios de Araruama, Arraial do Cabo, Iguaba Grande, São Pedro d'Aldeia e Saquarema, cujas características permitiram o estabelecimento de salinas e de atividades de pesca artesanal ao longo da história da região (BIDEGAIN, 2002).

A vegetação típica da região, integrante do Bioma Mata Atlântica é constituída por formações diferenciadas, incluindo diferentes ecossistemas, principalmente vegetação de restinga e dunas e de vegetação do tipo arbóreo-baixo, tecnicamente chamado de “estepe arbórea aberta”, que recobre os maciços litorâneos compreendidos entre Arraial do Cabo e Búzios, além de mangues e ambientes inundáveis, como brejos e margens de lagoas (PMMA/RJ, 2017; BRAZÃO; SANTOS, 1997). A área de restinga, localizada ao longo de toda

faixa litoral, entre a Lagoa de Araruama e o mar, apresenta, no geral, formação vegetal de aspecto arbustivo, representada por plantas com espinhos e arbustos de galhos rígidos, e plantas rasteiras exercendo importante função de fixadoras de areia (FEEMA, 1988; BIDEGAIN, 2002).

O Município de Cabo Frio, com aproximadamente 413 km<sup>2</sup> de extensão, mantém limites com os municípios de Araruama, São Pedro d'Aldeia, Arraial do Cabo, Búzios e Casimiro de Abreu e, ao leste, a costa banhada pelo Atlântico Sul (IBGE, 2016) – *Figura 3.1* – e possui a maior densidade demográfica da região – cerca de 454 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Arraial do Cabo, antigo Distrito de Cabo Frio, recebeu emancipação em 1985 e, com um perfil litorâneo em forma de cabo, que dá nome à cidade, o relevo caracteriza-se por duas unidades topográficas: planícies e morros com declividade acentuada, como os morros do Atalaia e do Forno, assim como as ilhas próximas à costa, como a Ilha do Cabo Frio (FEEMA, 1988). A Região dos Lagos vem apresentando um crescimento populacional acentuado nas últimas décadas, incluindo Cabo Frio e Arraial do Cabo, com o desenvolvimento da indústria do sal, da pesca, sobretudo pela implantação da rodovia e da estrada de ferro, por sua transformação em importante ponto turístico e a implantação da Companhia Nacional Álcalis, definitivamente instalada em 1960 e encerrando suas atividades em 2006, atraiu um contingente significativo de mão-de-obra na época (FEEMA, 1988; IBGE 2010; PEREIRA, 2009).

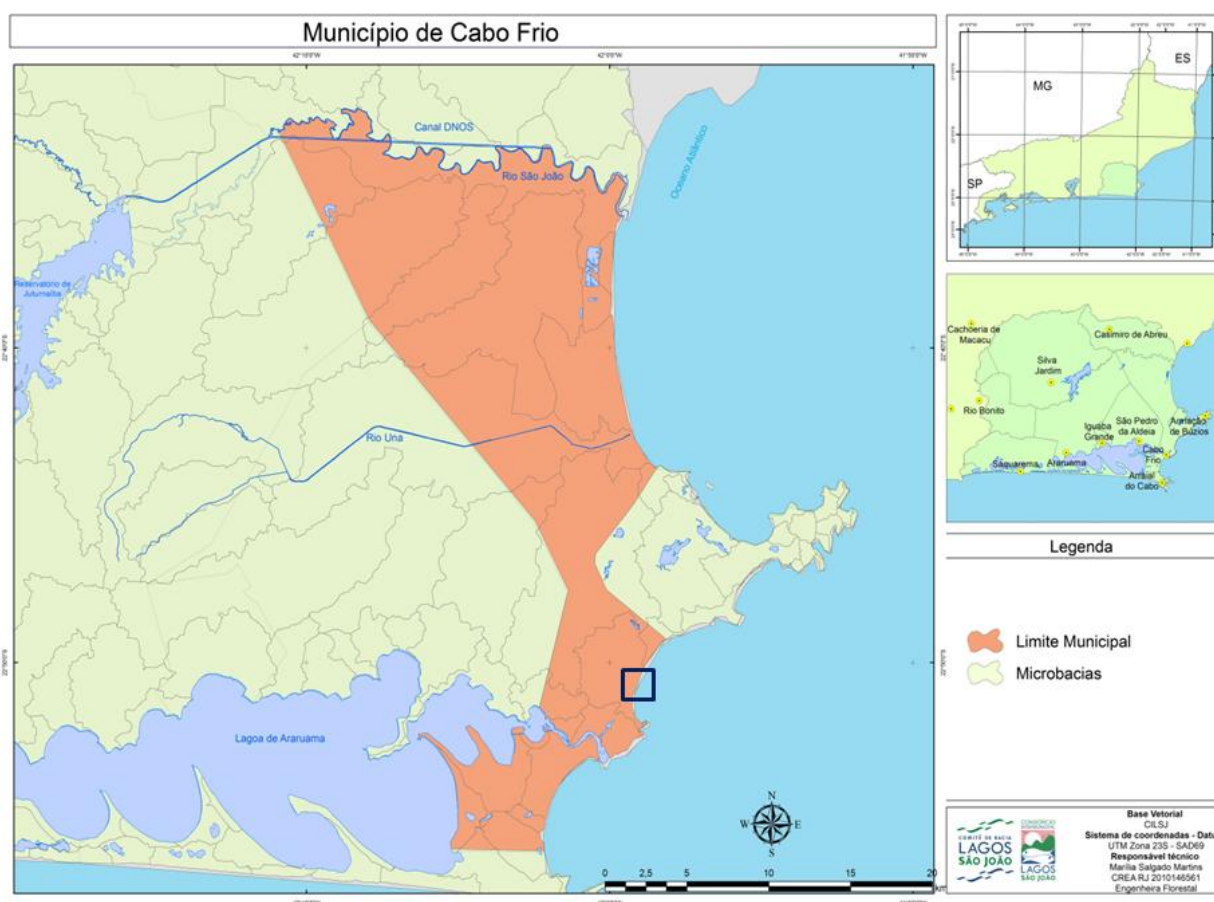


Figura 3.1: Mapa de localização do município de Cabo Frio/RJ e área de estudo demarcada. Fonte: Comitê de Bacia Lagos São João, 2018.

Entre as Unidades de Conservação dentro dos limites do município de Cabo Frio, conforme definido pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação<sup>11</sup> (SNUC), destacam-se a Área de Proteção Ambiental do Pau-Brasil<sup>12</sup>, o Parque Estadual da Costa do Sol<sup>13</sup>, o Parque Ecológico Municipal do Mico-leão-dourado<sup>14</sup> e o Parque Municipal Ecológico Dormitório das Garças<sup>15</sup> (PMMA/RJ, 2017). A APA do Pau-Brasil foi criada com o objetivo, segundo o Instituto Estadual do Ambiente – INEA (2018), de “proteger os ambientes remanescentes de Mata Atlântica, manguezais, restingas, ilhas, dunas e aspectos geológicos”, se estendendo entre Cabo Frio e Búzios, incluindo as praias de José Gonçalves, das Caravelas, das Conchas, Brava e de Tucuns, uma porção marinha e diversas ilhas costeiras – *Figura 3.2*. O Parque Estadual da Costa do Sol (PECS), criado em 2011, é composto por diversos fragmentos pela Região dos Lagos, abrangendo parte dos municípios de Araruama, Armação de Búzios, Arraial do Cabo, Cabo Frio, São Pedro d’Aldeia e Saquarema (RIO DE JANEIRO, 2011) – *Figura 3.3*. Em Cabo Frio, as áreas correspondentes ao PECS sobrepõem os limites da APA do Pau-Brasil e se insere na categoria de Unidades de Conservação de Proteção Integral, com o objetivo de assegurar a preservação dos remanescentes de Mata Atlântica e ecossistemas associados da região das baixadas litorâneas (restingas, mangues, lagoas, brejos, lagoas, entre outros), possibilitando a recuperação das áreas degradadas ali existentes (INEA, 2018).

---

<sup>11</sup> O Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, define Unidades de Conservação (UCs), em diferentes categorias, como espaços territoriais nos quais recursos ambientais com características naturais relevantes, incluindo as águas jurisdicionais, são legalmente instituídos pelo poder público, com limites definidos e objetivos de conservação específicos, sob regime especial de administração (Lei nº 9.985/2000) (BRASIL, 2000).

<sup>12</sup> A Área de Proteção Ambiental (APA) do Pau-Brasil, criada pelo Decreto Estadual nº 31.346, de 06 de maio de 2002, se estende pelos municípios de Cabo Frio e Armação de Búzios e é categorizada como área de uso sustentável, conforme o SNUC. A APA abriga áreas remanescentes de Mata Atlântica, restingas, manguezais, ilhas, dunas, praias e uma parte marinha (RIO DE JANEIRO, 2002).

<sup>13</sup> O Parque Estadual da Costa do Sol (PECS), criado pelo Decreto Estadual nº 42.929 de 18 de Abril de 2011, constitui uma Unidade de Conservação descontínua, dividida em quatro setores, abrangidos pelos municípios da região: Núcleo Massambaba (Araruama, Arraial do Cabo e Saquarema), Núcleo Atalaia-Dama Branca (Arraial do Cabo e Cabo Frio), Núcleo Pau-Brasil (Armação de Búzios e Cabo Frio) e o Núcleo Sapiatiba (São Pedro d’Aldeia) (RIO DE JANEIRO, 2011).

<sup>14</sup> O Parque Ecológico Municipal do Mico-leão-dourado é uma Unidade de Conservação Municipal criada pelo Decreto nº 2.401 de 27/03/1997, extinto em 2010 e recriado pelo Decreto nº 5.014/2013, com o objetivo de defender os últimos remanescentes florestais do bioma Mata Atlântica e da fauna de micos (CABO FRIO, 2013).

<sup>15</sup> O Parque Municipal Ecológico Dormitório das Garças, criado pela Lei nº 1.596 de 29 de Novembro de 2001, representa um ecossistema de manguezal às proximidades da laguna hipersalina de Araruama (CABO FRIO, 2001).

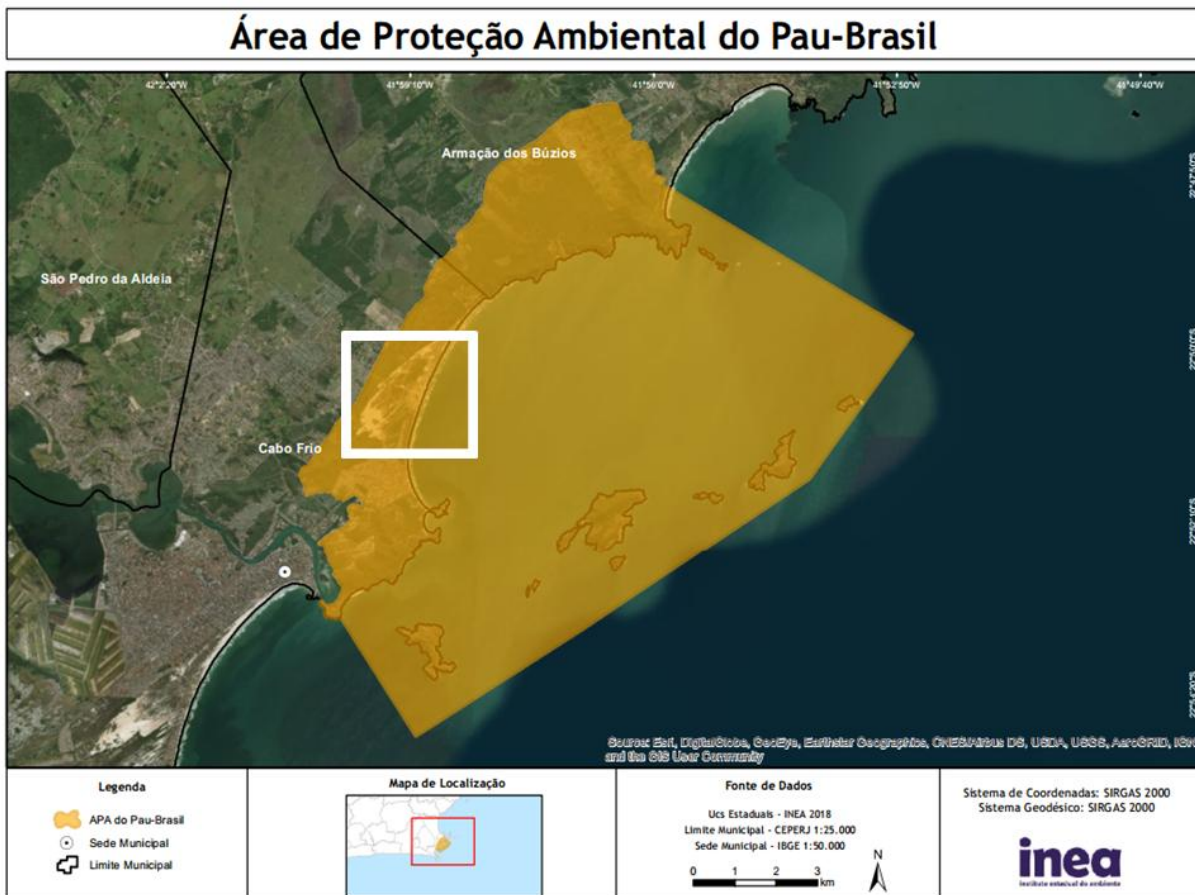


Figura 3.2: Área de abrangência da APA do Pau-Brasil (em destaque) e área de estudo demarcada. Fonte: INEA, 2019a.



Figura 3.3: Áreas de abrangência do Parque Estadual da Costa do Sol (em destaque) e área de estudo demarcada. Fonte: INEA, 2019b.

Estudos mais atualizados da Fundação SOS Mata Atlântica (2014) apresentam o percentual de 8% de vegetação nativa em relação à área total do município de Cabo Frio, representando cerca de 3,2 mil hectares de vegetação natural, dos quais 1,6 mil correspondem às áreas de restinga – a maior extensão de restinga preservada da Região dos Lagos. Entre os estudos sobre a flora da APA do Pau-Brasil, podem ser citados dois: Cordeiro (2005) que analisou a estrutura da vegetação herbácea em três faixas distintas e; Kurtz, *et al.* (2009), que apresentam a composição florística e estrutura fitossociológica da área.

Foram selecionadas duas áreas de estudo dentro dos limites da APA do Pau-Brasil, em Cabo Frio, em diferentes áreas de vegetação que se encontram em uma localidade conhecida como Dunas do Perú. Os pontos de coleta se localizam nas proximidades de uma Zona de Ocupação Controlada – ZOC, com adensamento urbano à aproximadamente 800 metros de distância, em média. A primeira área de estudo caracteriza-se como vegetação de restinga arbustiva aberta (Área 1), e a segunda área de estudo como vegetação de casuarina – *Casuarina equisetifolia* – (Área 2), apontadas na *Figura 3.4*.



Figura 3.4: Imagem de satélite das Áreas de estudo, nas Dunas do Perú – Cabo Frio/RJ. Área 1 – Vegetação de Restinga preservada (em verde) – (22°49'55.56"S / 41°58'54.10"O) / Área 2 – Vegetação de Casuarina (em roxo) – (22°50'45.38"S / 41°59'28.23"O). (Fonte: *Software Google Earth*)

### 3.2 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

O termo “bibliometria” definido por Pritchard (1969) como conjunto de métodos matemáticos e estatísticos aplicados a livros e outros meios de comunicação, representa uma metodologia utilizada para medir a produção de pesquisa científica e tecnológica a partir de dados derivados não apenas da literatura científica. O conceito tem aplicação em várias disciplinas, a fim de ampliar o desempenho de pesquisa e de avaliar tendências na publicação científica, incluindo autoria, áreas temáticas, origens geográficas e contagem de citações.

Neste trabalho, a análise bibliométrica foi realizada com dados obtidos a partir de publicações acadêmicas disponíveis na base de dados de literatura científica SCOPUS (2019). Produções científicas relacionados à pesquisa sobre paisagem acústica foram identificadas e os dados reunidos a partir do *Software R 3.6 version* através do *Bibliometrix R-package* (R CORE TEAM, 2019), uma ferramenta estatística para pesquisa quantitativa que inclui os principais métodos bibliométricos de análise para mapeamento científico (ARIA & CUCCURULLO, 2017). O programa *R* é um ambiente computacional e uma linguagem de programação, que tem sido utilizada progressivamente para manipulação, fornecendo uma ampla variedade de técnicas estatísticas para análise e visualização gráfica de dados (R CORE TEAM, 2019).

Utilizando a ferramenta de busca do SCOPUS, os termos "Soundscape AND Acoustic AND environmental OR Ecology" foram combinados como palavras-chave para localizar publicações que continham estas palavras no título dos arquivos disponibilizados. Os dados foram importados utilizando o pacote *R-Bibliometrix*, e trabalhados a partir de títulos de publicação, ano de publicação, nome do autor, país do autor, citações, tipo de arquivo e coleção da publicação.

### 3.3 EQUIPAMENTO DE COLETA

O equipamento de coleta de dados consiste em um sistema autônomo desenvolvido para aquisição de sinais acústicos, denominado Estetoscópio Ambiental (EA-2), desenvolvido a partir do sistema de coleta EA-1 descrito no trabalho de Jesús *et al.* (2019) – *Figura 3.5*. O EA-2 é composto por um microfone *Yoga HT-320* com cápsula condensada e resposta de frequência *flat* entre 100 e 1600Hz, uma placa de áudio da marca *Creative SB1730 Sound Blaster*, modelo *Play!3* (Qualidade de 48kHz), um microcomputador da marca *Raspberry PI Modelo 3-B Quadcore* e dois *power banks* da marca *Pineng*, modelo PN-999, 20000 mAh e saída 5V 2.1<sup>a</sup>, conforme a *Figura 3.6*.



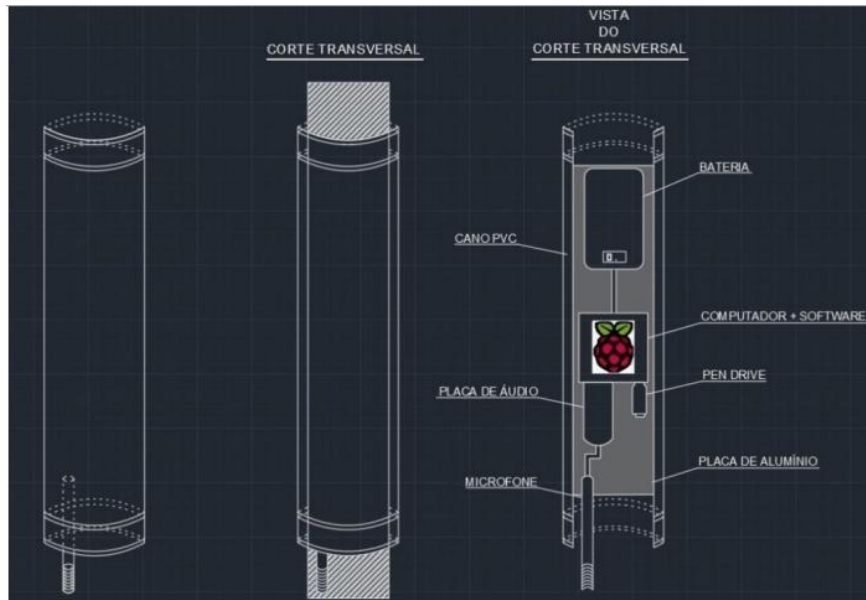


Figura 3.5: Estetoscópio Ambiental – EA-1, proposto por Jesús *et al.* (2019).



Figura 3.6: Fases de montagem do EA-2.

O sistema foi acoplado em um molde de madeira, para fornecer apoio e evitar choques mecânicos, inserido em uma estrutura plástica de dimensões 32x12x30cm. Um corte foi feito na tampa, de modo a adaptá-la para saída do microfone e cabo conector. O equipamento finalizado possui aproximadamente 1,5kg e 48cm de comprimento. O *software* do EA-2 possui linguagem de script e utiliza uma ferramenta do Linux que permite o agendamento de comandos para aquisição dos áudios.

### 3.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Os dados acústicos foram obtidos a partir da instalação do EA-2 em duas áreas com diferentes tipos de vegetação: uma área de restinga preservada (Área 1) e outra área dominada por vegetação de casuarina (Área 2). As Dunas do Perú foram selecionadas para realização do estudo devido à proximidade entre ambos os perfis de vegetação e a distância considerável dos adensamentos urbanos. As imagens dos diferentes tipos de vegetação das áreas de estudo são evidenciadas na *Figura 3.7* e na *Figura 3.8*, respectivamente. Na *Figura 3.9* é evidenciado o contraste entre a vegetação de restinga e as áreas de invasão pela casuarina.



Figura 3.7: Área 1 – Vegetação de Restinga nas Dunas do Perú – Cabo Frio (RJ).



Figura 3.8: Área 2 – Vegetação de Casuarina nas Dunas do Perú – Cabo Frio (RJ).



Figura 3.9: Contraste entre fragmentos de restinga preservada (destaque em verde) e áreas de invasão por casuarina, ao fundo (destaque em roxo), nas Dunas do Peró – Cabo Frio (RJ).

Nas *figuras 3.10 e 3.11* são apresentadas as formas como o EA-2 foi instalado em ambas as áreas, com o microfone voltado para cima, em um ponto sem contato com outros galhos para evitar pancadas que poderiam gerar ruídos desnecessários, fixado com fita elástica de borracha à vegetação, levando-se em conta a altura da vegetação em cada área. Na Área 1, o EA-2 foi instalado em um arbusto, à aproximadamente 20cm do solo, enquanto na Área 2 o equipamento foi fixado no tronco de uma árvore de casuarina, a cerca de 50cm do solo, de acordo com os diferentes portes apresentados pela vegetação.



Figura 3.10: EA-2 na Área 1.



Figura 3.11: EA-2 na Área 2.

O EA-2 foi programado, de modo a realizar gravações com duração de 1 minuto, em intervalos de 05 minutos (12 min/h) e os áudios foram armazenados em uma memória interna. As primeiras gravações efetivas foram realizadas na Área 2 (vegetação de casuarina) no intervalo entre a tarde do dia 21 de Novembro de 2019 e a manhã do dia 22 de Novembro de 2019. Em seguida, os áudios foram gravados na Área 1 (vegetação de

restinga) no intervalo entre a tarde do dia 22 de Novembro de 2019 e a manhã do dia 23 de Novembro de 2019. As gravações foram realizadas ao longo de apenas 03 dias devido à limitação de tempo e de forma não-simultânea, devido à limitação de recursos para desenvolvimento de outro equipamento de coleta.

Entre os áudios gravados nas duas áreas, nesta análise foram consideradas as gravações obtidas entre dois períodos denominados: anoitecer (no intervalo entre 17:30h e 22:30h) e amanhecer (no intervalo entre 03:30h e 08:30h), representando um período de 10h de análise para cada área e, aproximadamente 04 horas (240 min) de gravação no total. O recorte permite uma adequação dos dados para posteriores comparações. Os dados foram agrupados conforme o *Quadro 3.1* e os principais registros das condições meteorológicas nos dias de coleta são apresentados no *Quadro 3.2*.

<i>Período</i>	<i>Ambiente</i>	<i>Intervalo de gravação</i>	<i>Data</i>	<i>Gravações totais (min)</i>
<b>Anoitecer</b>	Casuarina	17:30h - 22:30h	21/11/2019	60
<b>Amanhecer</b>	Casuarina	03:30h - 08:30h	22/11/2019	60
<b>Anoitecer</b>	Restinga	17:30h - 22:30h	22/11/2019	60
<b>Amanhecer</b>	Restinga	03:30h - 08:30h	23/11/2019	60

Quadro 3.1: Organização dos dados acústicos em diferentes grupos para análise.

<i>Parâmetros / Dia</i>	<i>21/11/2019</i>	<i>22/11/2019</i>	<i>23/11/2019</i>
<b>Condições do tempo</b>	Céu parcialmente nublado	Céu limpo	Céu nublado / ventos
<b>Temperatura (Min/Max)</b>	22° / 27°C	22° / 30°C	23° / 32°C
<b>Precipitação acumulada</b>	0 mm	0 mm	0,5 mm
<b>Nascer-do-Sol</b>	05:55h	05:54h	05:54h
<b>Por-do-Sol</b>	18:13h	18:14h	18:15h

Quadro 3.2: Condições meteorológicas nos dias de coleta de dados – Cabo Frio (RJ). Fonte: The Weather Channel, 2019.

Após a retirada do equipamento dos locais de coleta, os dados acústicos foram recuperados e transferidos para o computador para análise através do *software Raven Pro 1.5*, programa desenvolvido pela Universidade de Cornell, nos Estados Unidos para elaboração de espectrogramas e análise das paisagens acústicas (BIOACOUSTICS RESEARCH PROGRAM, 2014). Este software é disponibilizado gratuitamente para alguns países, dentre os quais o Brasil. Os áudios foram reproduzidos com ampliação de 30dB para correlação audiovisual e caracterização primária das paisagens acústicas observadas.

Ainda, o *software R 3.6 version* foi utilizado para calcular o Índice de Complexidade Acústica (ACI) de cada registro sonoro utilizando o pacote *Soundecology* (R CORE TEAM, 2019) – conforme o *script* descrito no *Anexo A*. Foram consideradas as todas as gravações dentro dos períodos estipulados, em um intervalo de frequência entre 100 e 20.000 Hz, valor

do algoritmo para processamento digital de sinais (FFT = 1024) e tamanho do cluster ( $j = 5$  segundos). Os dados obtidos foram submetidos ao Teste de Kruskal-Wallis, para uma análise estatística, utilizando o *software Bioestat* versão 5.3 (AYRES, *et al.*, 2007), desenvolvido pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá e disponibilizado para download gratuito.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DADOS BIBLIOMÉTRICOS

A Bibliometria abrange um conjunto de técnicas para monitoramento de recursos de informação, utilizadas para avaliação da atividade de pesquisa e administração da informação científica. Vários métodos estatísticos têm sido aplicados para medir autoria, áreas temáticas, origem geográfica, citações, padrões de publicação e as diferentes relações dentro dos domínios científicos e comunidades de pesquisa.

O levantamento bibliométrico realizado na base de dados SCOPUS (2019) reuniu documentos que foram selecionados a partir do título utilizando os termos de busca combinados e os dados obtidos foram importados a partir do programa *R-Bibliometrix*. O SCOPUS é o maior banco de dados de resumos e referências bibliográficas de literatura científica revisada por pares, representando uma ferramenta para estudos bibliométricos e avaliação de produção científica diante da riqueza de conteúdo apresentado e por reunir diversas informações, tais como: perfil do autor, perfil da instituição, rastreador de citações e analisador de periódicos.

Foram encontrados 600 arquivos de produção científica com data de publicação entre os anos de 1989-2018. Nos últimos 30 anos observa-se um crescimento significativo no número de publicações associadas ao estudo das Paisagens Acústicas, estando, aproximadamente, 54,8% das produções concentradas nos últimos cinco anos (2014-2018). Os dados da produção científica anual são apresentados na *Tabela 4.1* e no *Gráfico 4.1*, e o percentual dos diferentes tipos de documentos analisados é apresentado no *Gráfico 4.2*. Dentre os arquivos reunidos, 586 (97,7%) apresentam-se dissertados em língua inglesa e apenas 03 arquivos (0,5%), em língua portuguesa.

Produção Científica Anual			
Anos	Nº publicações	Anos	Nº publicações
1989	1	2004	3
1990	0	2005	9
1991	0	2006	23
1992	0	2007	22
1993	2	2008	12
1994	0	2009	24
1995	0	2010	28
1996	2	2011	41
1997	3	2012	34
1998	0	2013	53
1999	1	2014	48
2000	0	2015	47
2001	0	2016	81
2002	6	2017	91
2003	7	2018	62

Tabela 4.1: Levantamento bibliométrico – Número de publicações disponíveis na Base de Dados Bibliográfica SCOPUS (2019) por ano.

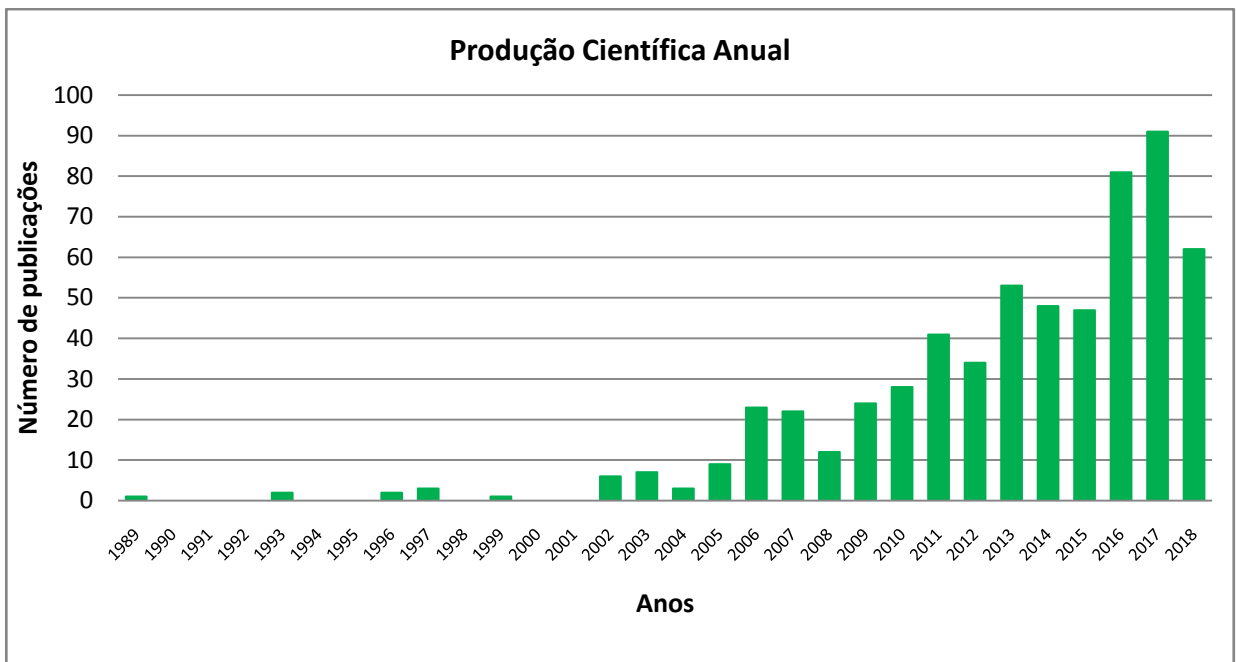


Gráfico 4.1: Número de publicações disponíveis na Base de Dados Bibliográfica SCOPUS (2019) entre os anos de 1989-2018. Termos de busca: “Soundscape” e “Acoustic” e “environmental” ou “Ecology”.

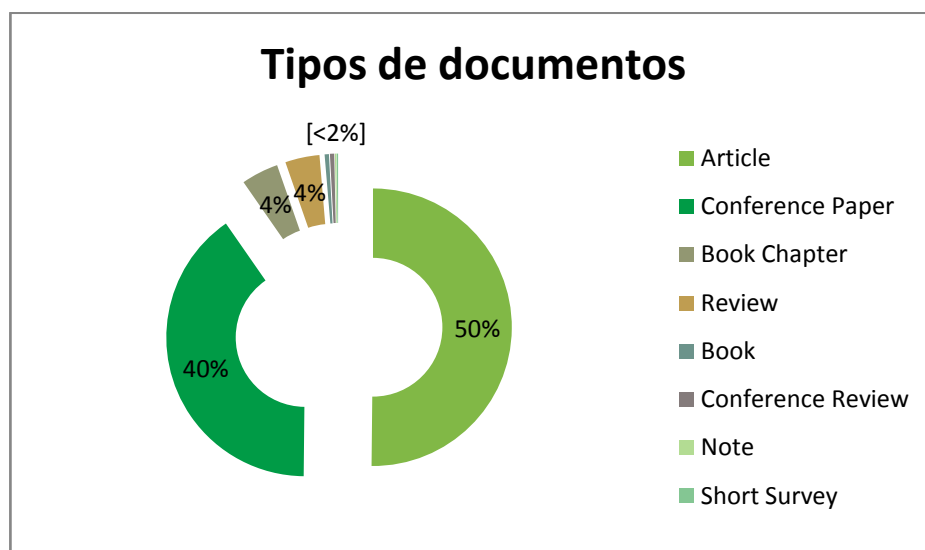


Gráfico 4.2: Tipos de documentos analisados (SCOPUS, 2019).

Os dados das produções científicas importados incluem a relação de países associados às publicações, as fontes de pesquisa mais relevantes, informações de autoria e citações e, também, principais tópicos associados. Foram identificados 50 países relacionados à produção científica, cujo número de publicações é apresentado na *Tabela 4.2*. Observa-se que países como os Estados Unidos e países do Reino Unido representam o maior número de publicações, estando associados a 50,8% e 22,7%, respectivamente, enquanto o Brasil representa cerca de 5,7% dos trabalhos nessa área. De forma geral, os países europeus destacam-se quanto ao número de publicações e relações de colaboração científica com outros países. Na *Figura 4.1* são destacados os países com maior contribuição entre os artigos analisados. Os valores totais ultrapassam cem por cento, pois são consideradas as colaborações em co-autorias entre diferentes países. As relações de colaboração científica são representadas na *Figura 4.2*.

Número de publicações por País/Região			
Países	Nº	Países	Nº
Estados Unidos	305	Dinamarca	7
Reino Unido	136	Croácia	6
Itália	99	Chile	5
França	75	Colômbia	5
Austrália	63	Indonésia	5
Canadá	57	Nova Zelândia	5
Alemanha	54	Turquia	5
Japão	50	Peru	3
China	47	Bulgária	2
Espanha	45	Costa Rica	2
Holanda	36	Chipre	2
Brasil	34	República Checa	2
Suécia	29	México	2
Bélgica	26	Suíça	2
Grécia	23	Tailândia	2
Coréia do Sul	20	Argélia	1
Portugal	18	Butão	1
Finlândia	12	Egito	1
Polônia	12	Estônia	1
Noruega	11	Guiné	1
Argentina	10	Hungria	1
Taiwan	10	Índia	1
Áustria	9	Irã	1
Irlanda	8	Malásia	1
Singapura	8	Panamá	1

Tabela 4.2: Levantamento bibliométrico – Número de publicações científicas disponíveis na base de dados SCOPUS (2019) por país/região.

#### MAPA DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA POR PAÍS

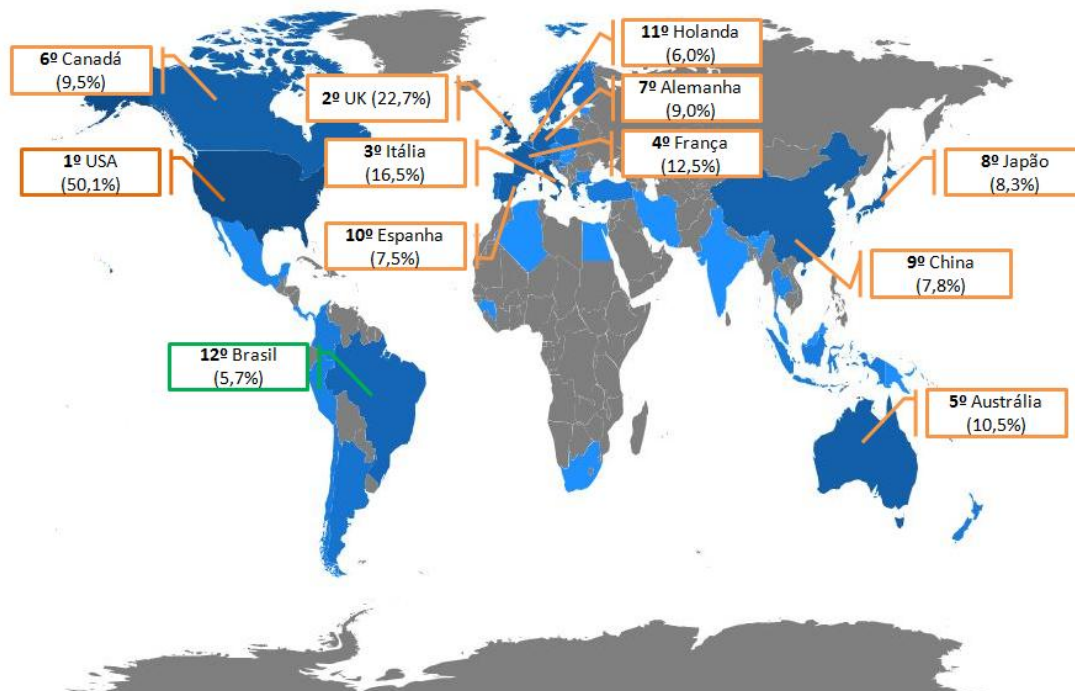


Figura 4.1: Ranking de países com maior número de publicações (SCOPUS, 2019). Fonte: R-Bibliometrix (R CORE TEAM, 2019).



## MAPA DE COLABORAÇÃO ENTRE OS PAÍSES

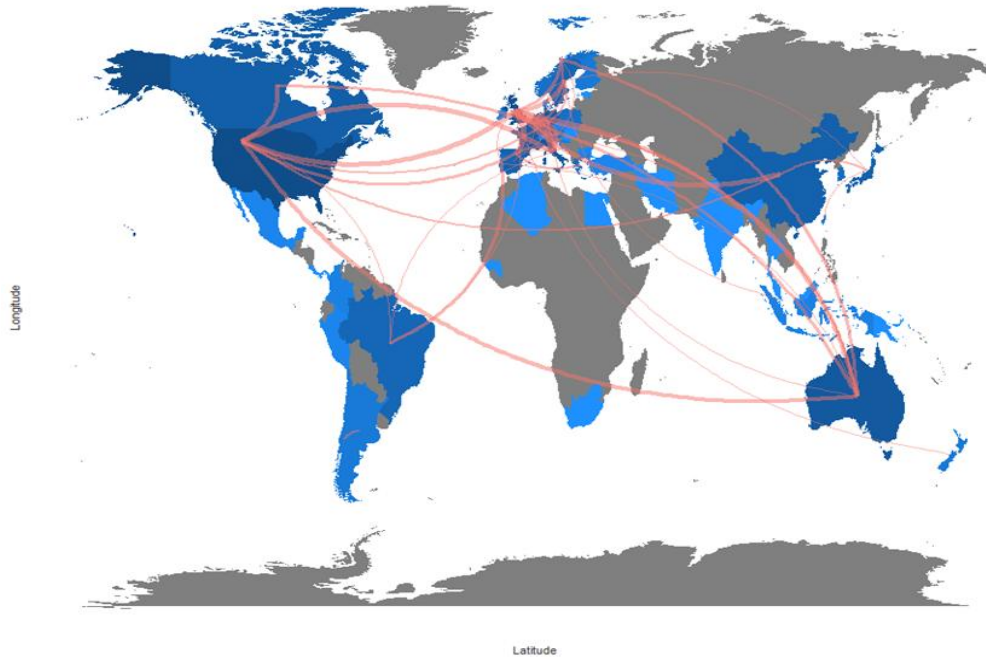


Figura 4.2: Representação da colaboração científica entre os diferentes países (SCOPUS, 2019). Fonte: R-Bibliometrix (R CORE TEAM, 2019).

A partir do levantamento de dados, foram identificadas 249 fontes de pesquisa (revistas, livros, etc.), 1294 autores (sendo 95 autores de documentos de autoria única e 1199 autores de documentos com co-autoria), 126 documentos de autoria única e uma média de 12,04 citações por documento. As fontes de pesquisa mais relevantes, os autores mais relevantes e os documentos mais citados são apresentados, respectivamente, nos Gráficos 4.3, 4.4 e 4.5.

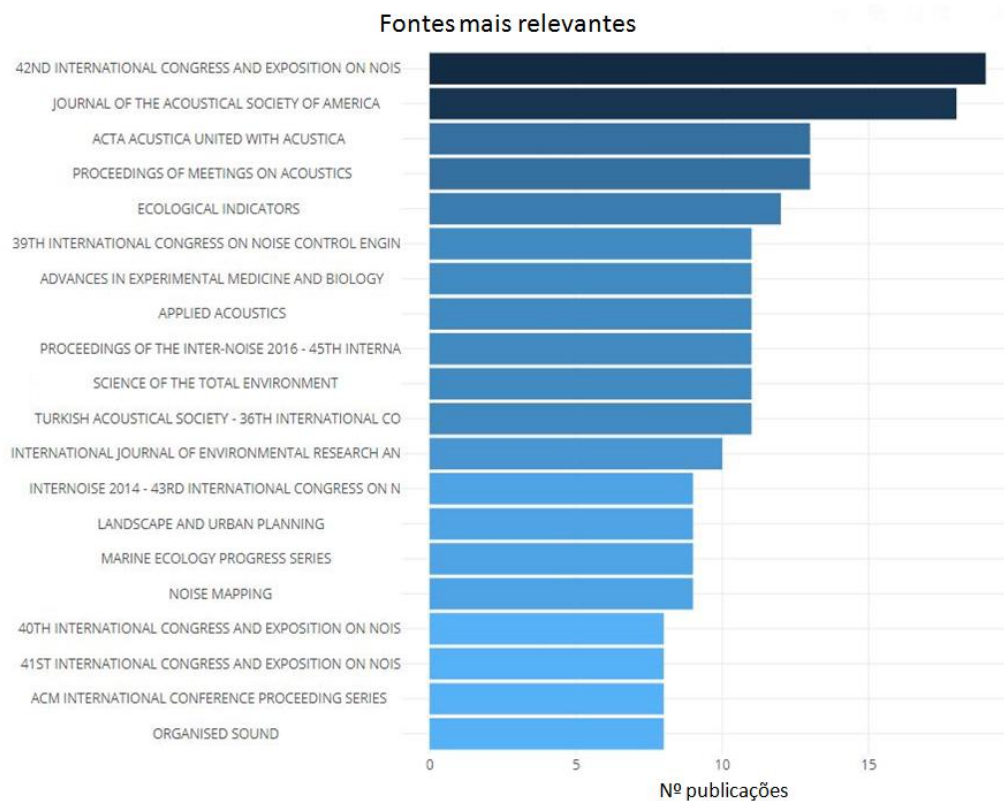


Gráfico 4.3: Fontes mais relevantes de pesquisa associadas aos documentos analisados (SCOPUS, 2019). Fonte: R-Bibliometrix (R CORE TEAM, 2019).

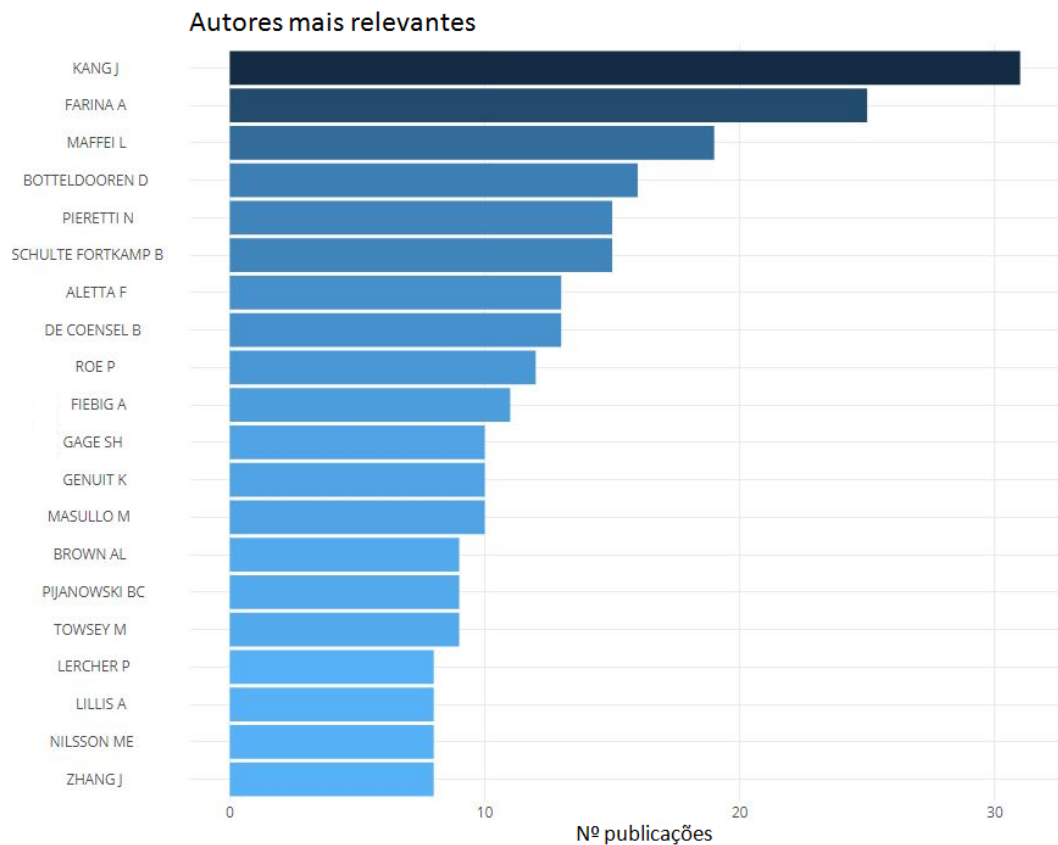


Gráfico 4.4: Autores mais relevantes de pesquisa associados aos documentos analisados (SCOPUS, 2019). Fonte: R-Bibliometrix (R CORE TEAM, 2019).

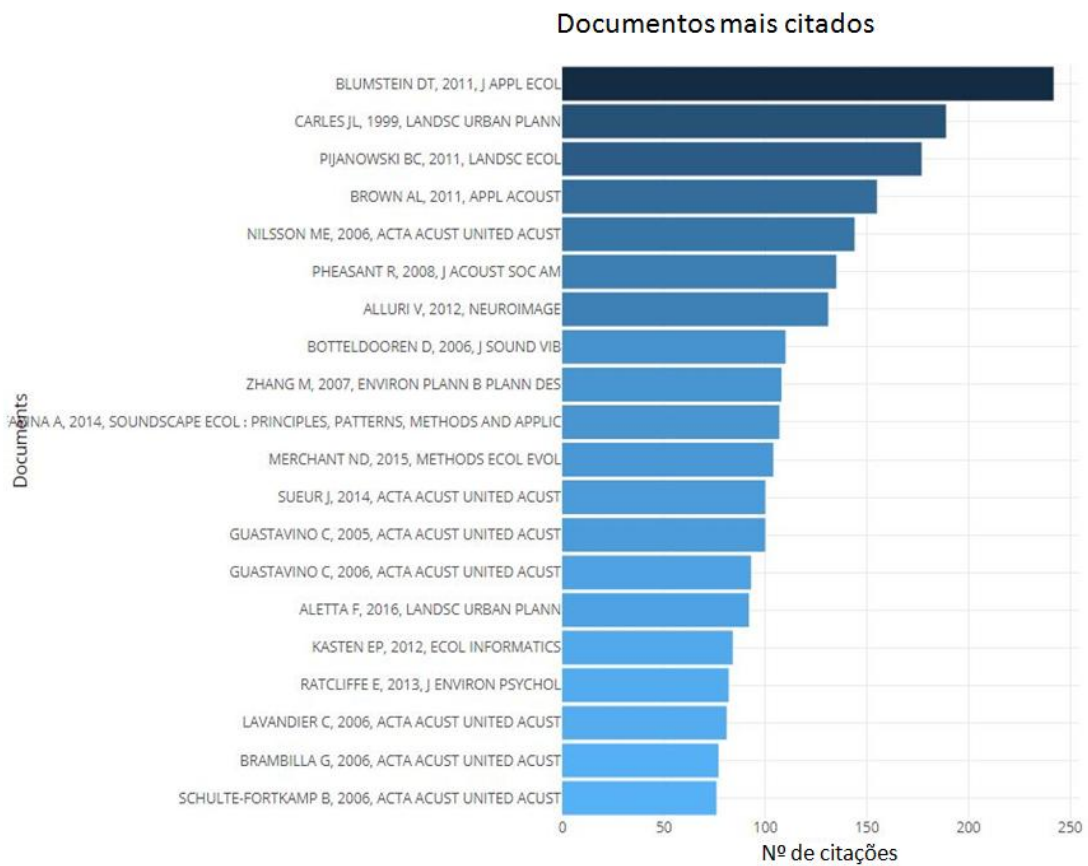


Gráfico 4.5: Documentos mais citados nas publicações analisadas (SCOPUS, 2019). Fonte: R-Bibliometrix (R CORE TEAM, 2019).

A ampliação e aperfeiçoamento das técnicas bibliométricas, ao longo do tempo, têm se combinado de modo a oferecer medições mais detalhadas e eficazes sobre a produção científica em diferentes áreas de conhecimento. A partir do levantamento bibliométrico realizado neste trabalho, observa-se um crescimento no número de publicações associados ao estudo das paisagens acústicas, nos últimos anos, revelando uma nova tendência deste campo de pesquisa no cenário científico.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS PAISAGENS ACÚSTICAS

### 4.2.1 Adaptação do equipamento de coleta

O Quadro 4.1 compara as principais características entre o EA-1 (JESÚS *et al.*, 2019) e o EA-2, desenvolvido para este trabalho. O sistema foi acoplado a uma placa de madeira para melhor sustentação dos componentes internos e evitar um aquecimento devido às altas temperaturas do meio e a estrutura plástica oferece proteção contra a ação do vento, areia e eventuais chuvas. As adaptações resultaram em um equipamento mais leve e com menor comprimento, que facilitam o manuseio, o transporte e a instalação em campo e, também, com um microcomputador com maior frequência de amostragem (Qualidade de 48kHz).

<b>Componentes</b>	<b>EA-1</b>	<b>EA-2</b>
<b>Microfone</b>	Yoga HT-320A	Yoga HT-320A
<b>Placa de áudio</b>	Creative Labs SB1290 Sound Blaster	Creative SB1730 Sound Blaster modelo <i>play!3</i>
<b>Microcomputador</b>	Raspberry PI 3-B (Qualidade de 44.1 kHz)	Raspberry PI 3-B (Qualidade de 48kHz)
<b>Power banks</b>	Pineng modelo PN-999	Pineng modelo PN-999
<b>Molde interno</b>	Placa de alumínio	Placa de madeira
<b>Estrutura externa</b>	PVC de 100mm e colar elisabetano	plástico
<b>Peso</b>	2,2kg	1,5kg
<b>Comprimento</b>	60cm	48cm

Quadro 4.1: Comparação entre os equipamentos de coleta EA-1 (JESÚS *et al.*, 2019) e EA-2.

### 4.2.2 Hipótese

A hipótese nula ( $H_0$ ) deste trabalho é que não há diferença entre a paisagem acústica da área das casuarinas e a área de restinga. A hipótese alternativa ( $H_1$ ) é que há alteração entre a paisagem acústica da área das casuarinas e a área de restinga preservada, diante da alteração da diversidade de plantas nativas, pela introdução da casuarina na região, que altera, conseqüentemente, a dinâmica e composição da fauna. Como muitos animais são atraídos por flores, frutos, outras estruturas vegetacionais e microhabitats característicos e as






áreas de casuarina são consideradas menos ricas, acreditando-se que estas áreas sejam menos atrativas a fauna. Portanto, a redução da diversidade da vegetação deve ser acompanhada da redução da diversidade de fauna, refletindo-se na redução da biofonia.

As possíveis diferenças entre os elementos da paisagem acústica se darão de forma qualitativa, através da análise audiovisual primária dos espectrogramas obtidos e identificação de diferentes espécies, e de forma quantitativa, através da análise do índice acústico de cada ambiente.

#### 4.2.3 *Análise dos dados acústicos*

Os espectrogramas são representações gráficas que analisam a densidade espectral de energia, juntamente com as variações de tempo e frequência. Os espectrogramas obtidos a partir do *software Raven 1.5* apresentam as variáveis de tempo no eixo x, a frequência acústica no eixo y, e a intensidade dos sinais acústicos são dadas por variações de cor dentro espectro visível.

Os dados coletados correspondem a 244 arquivos de áudio, divididos em quatro grupos baseados na área e período de gravação: Casuarina-Anoitecer / Casuarina-Amanhecer / Restinga-Anoitecer / Restinga-Amanhecer. A partir de uma análise audiovisual dos arquivos por meio da interpretação dos espectrogramas, os principais registros identificados são apresentados no *Quadro 4.2*.

horario / luz dia		21/11/19	22/11/19	23/11/19
	03:30 - 04:29		04:10 - Bem-te-vi 04:10 - Anu-branco ( <i>Guira guira</i> ) e Quero-quero ( <i>Vanellus chilensis</i> )	
	04:30 - 05:29		05:10 - Passarinho; 05:20 - Quero-quero	04:40 - Veículo; 04:45 - Insetos diversos; 04:50 - Moto, Anfíbios e insetos;
	05:30 - 06:29			06:00 - Mico-Leão-dourado ( <i>Leontopithecus rosalia</i> ); 06:15 - Inseto
	06:30 - 07:29			06:55 - Insetos diversos e fogos de artifício
	07:30 - 08:30		07:45 - Inseto e Pássaro; 07:50 - Passarinho; 08:05 - Anu-branco 08:25 - Inseto	07:30 - Fogos de artifício; 07:50 - insetos diversos; 08:05 - Insetos e fogos de artifício; 08:15 - Moto
	17:30 - 18:29	17:45 - Bem-te-vi ( <i>Pitangus sulphuratus</i> ) e inseto	17:35 - Ventos intensos e anfíbio; 17:45 - Cigarra; 18:10 - inseto;	
	18:30 - 19:29		18:45 - Insetos diversos; 19:10 - Insetos diversos e morcego	
	19:30 - 20:29			
	20:30 - 21:29	20:40 - Registro não classificado (fraco)	21:10 - Insetos diversos	
	21:30 - 22:30	22:00 - Pássaro; 22:15 - Ventos intensos		
<p>Legenda:</p> <p>Luz       Nenhuma       Parcial       Intensa</p> <p>Fonte de emissão sonora      <b>A</b> Biofonia      <b>A</b> Antropofonia      <b>A</b> Geofonia</p> <p>Ambiente       Casuarina       Restinga</p>				

Quadro 4.2: Principais registros acústicos organizados por dia, horário e ambientes de coleta.

As assinaturas acústicas são os registros formados por um ruído em um espectrograma (PIJANOWSKI *et al.*, 2011a). A análise pelo *software Raven 1.5* facilita a análise, pois permite selecionar cada assinatura no espectrograma, para reprodução dos áudios em intervalos isolados, diante de muitas fontes sonoras que podem compor uma paisagem acústica. Todos os áudios analisados neste capítulo estão disponíveis, em anexo (CD) que acompanha este trabalho (Faixa 1 a 12) – Anexo B.

Entre os dados obtidos na vegetação de casuarina, no dia 21 de Novembro de 2019, às 17:45h, foram identificados sinais acústicos de insetos entre 6 e 10kHz, de um Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) entre 1 e 12kHz e o som do vento na faixa até 1kHz, aproximadamente, como pode ser observado no espectrograma da *Figura 4.3*. No mesmo dia, às 20:40h, pode-se verificar a presença de um registro fraco na faixa entre 1 e 4kHz (entre 04-12s), não sendo

identificada o tipo de fonte de emissão – *Figura 4.4*, e o breve registro sonoro de um pássaro, possivelmente sobrevoando a vegetação – *Figura 4.5*.

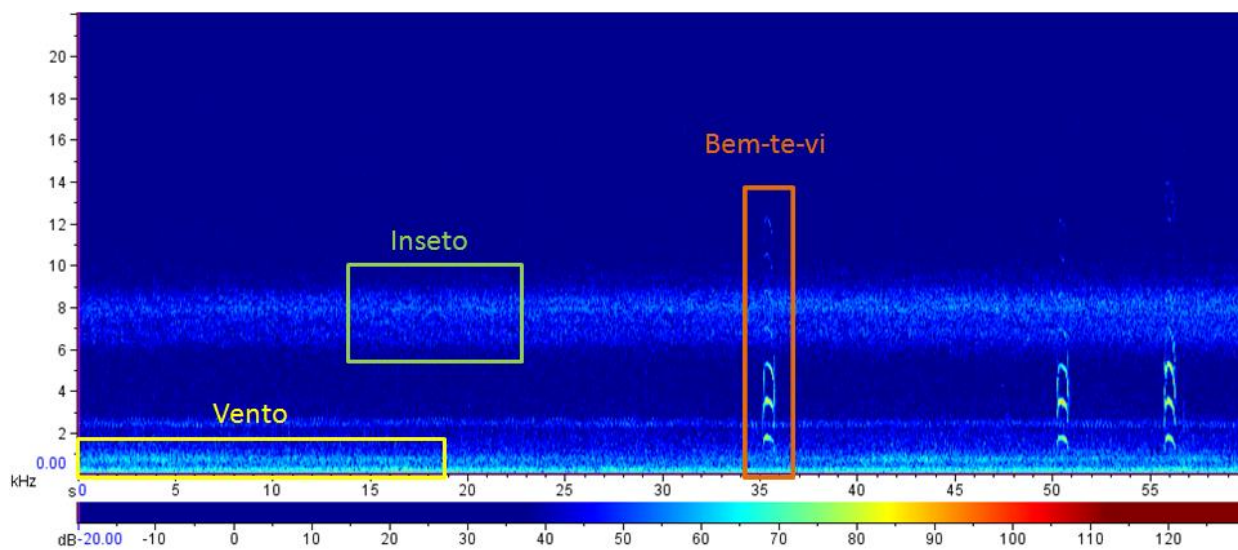


Figura 4.3: Faixa 1 – Espectrograma da Casuarina-Anoitecer, às 17:45h do dia 21/11/2019, com predominância de biofonia entre 1 e 12kHz. Abaixo, encontra-se a escala de cores relacionadas à Potência (dB).

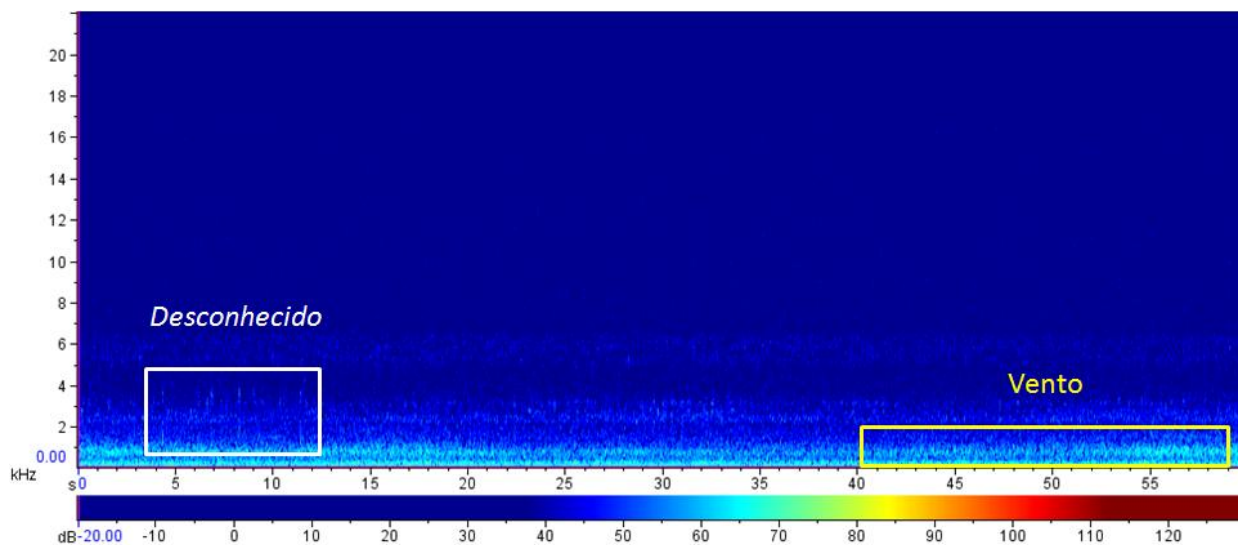


Figura 4.4: Faixa 2 – Espectrograma da Casuarina-Anoitecer, às 20:40h do dia 21/11/2019, apresentando um registro (fraco) desconhecido entre 1 e 5kHz e faixa inferior (0 à 1,5kHz) apresenta geofonia (vento).

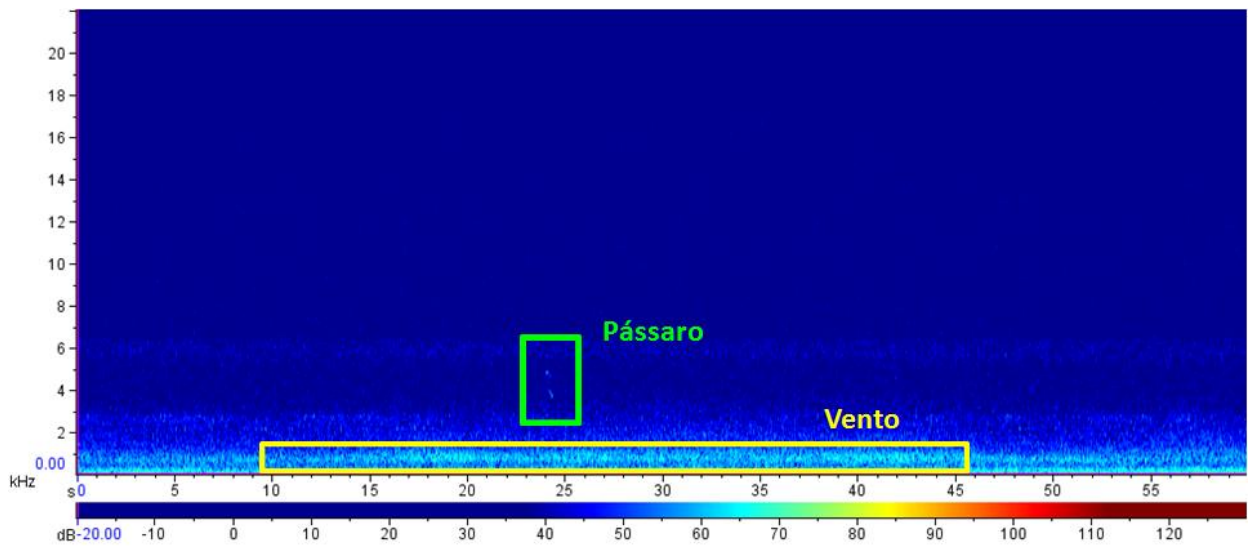


Figura 4.5: Faixa 3 – Espectrograma da Casuarina-Anoitecer, às 22:00h do dia 21/11/2019, apresentando a assinatura de um pássaro entre 3 e 5kHz e faixa inferior (0 à 1,5kHz) apresenta geofonia (vento).

Entre os áudios do grupo da Casuarina-Amanhecer, do dia 22 de Novembro de 2019, registrou-se o canto repetido de Bem-te-vi, às 03:50h, juntamente com o som de um inseto – *Figura 4.6*. A assinatura acústica do Bem-te-vi nesta gravação se mostra diferente da assinatura registrada na figura 4.3, devido à diferença no padrão de canto apresentado pela espécie. Às 04:10h foram registrados cantos de pássaros diversos, de forma intercalada, identificados como Anu-branco (*Guira guira*) e Quero-quero (*Vanellus chilensis*), conforme o espectrograma da *Figura 4.7*. Ao longo das primeiras horas após o nascer-do-Sol, observa-se uma diminuição dos registros de pássaros, em geral, na área das casuarinas, que passam a ser menos frequentes. Na *Figura 4.8* foi feito um breve registro de Anu-branco (*Guira guira*), às 08:05h, diferente da assinatura registrada na figura 4.7 por também ser uma espécie que apresenta diferentes padrões de canto.

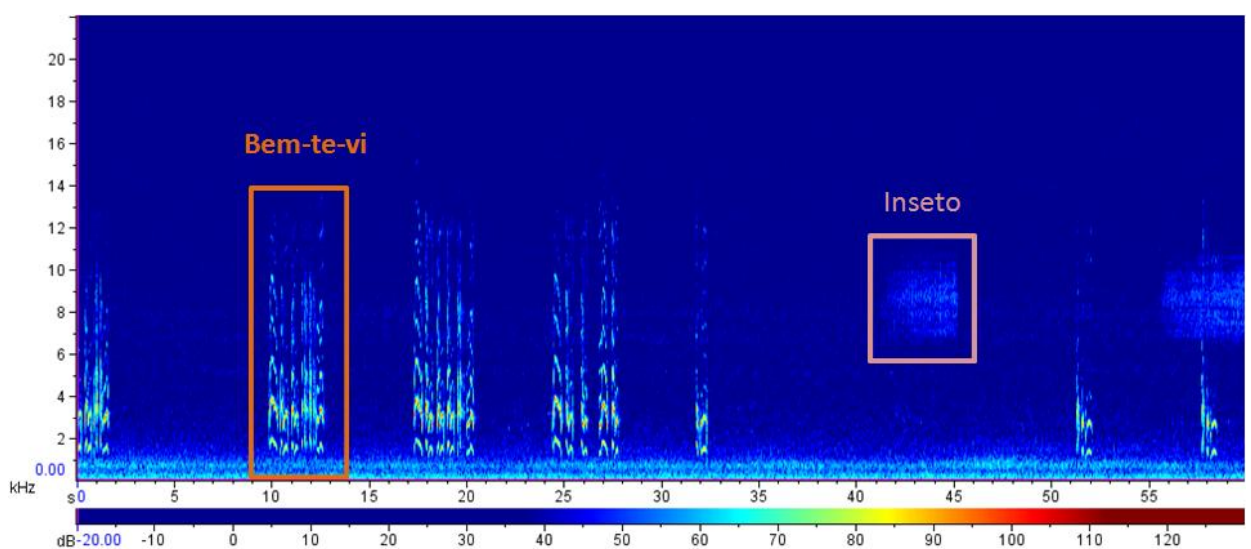


Figura 4.6: Faixa 4 – Espectrograma da Casuarina-Amanhecer, às 03:50h do dia 22/11/2019, apresentando registro sonoro de Bem-te-vi e de um inseto.

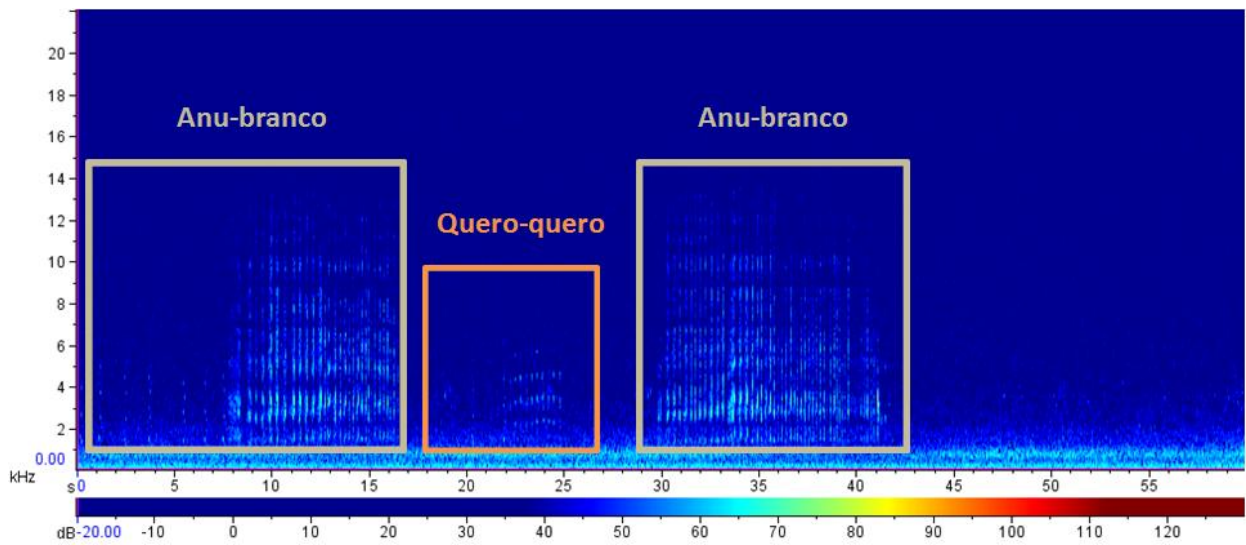


Figura 4.7: Faixa 5 – Espectrograma da Casuarina-Amanhecer, às 04:10h do dia 22/11/2019, apresentando registro sonoro do Anu-branco (com diferentes padrões de canto) e do Quero-quero (entre 1 e 6kHz).

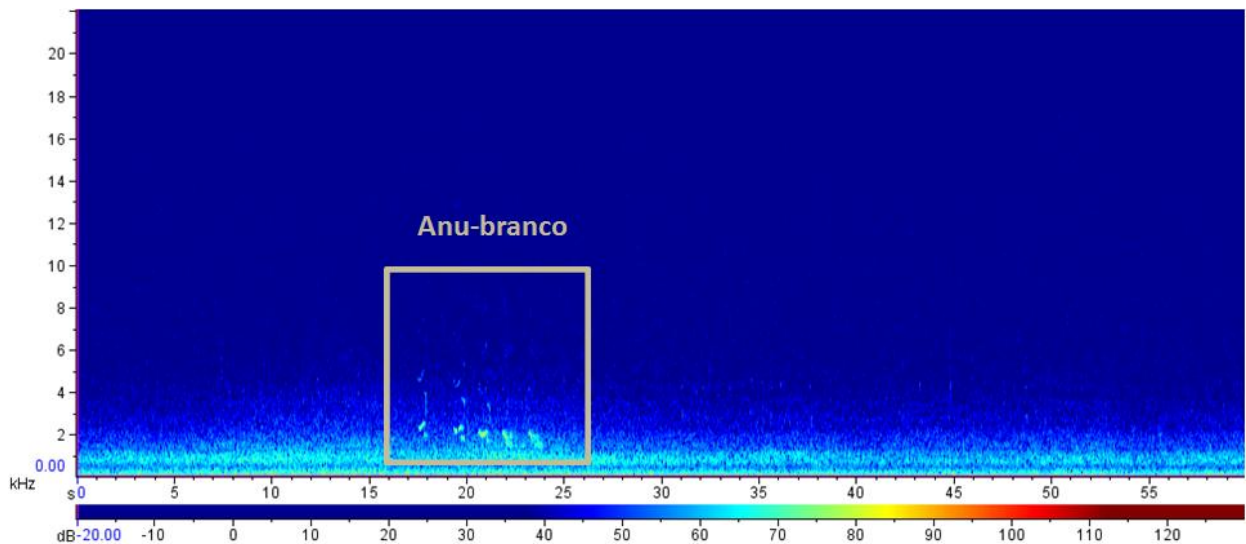


Figura 4.8: Faixa 6 – Espectrograma da Casuarina-Amanhecer, às 08:05h do dia 22/11/2019, apresentando registro sonoro de Anu-branco.

Entre as gravações realizadas na área de restinga, no dia 22 de Novembro de 2019, às 17:35h, conforme visualizado na *Figura 4.9*, verifica-se a presença de ventos mais intensos, ultrapassando a faixa de 1kHz, assim como um som, aparentemente de um anfíbio entre 47-55s, na faixa entre 1 e 3kHz. Em seguida, durante o anoitecer na restinga, foram registrados diversos sons de origem biofônica. Às 17:45h foi registrado o som de uma cigarra e, posteriormente, às 19:10h, a assinatura acústica de insetos diversos e de morcegos também foram registradas, sendo apresentadas, respectivamente, nas *Figuras 4.10 e 4.11*.



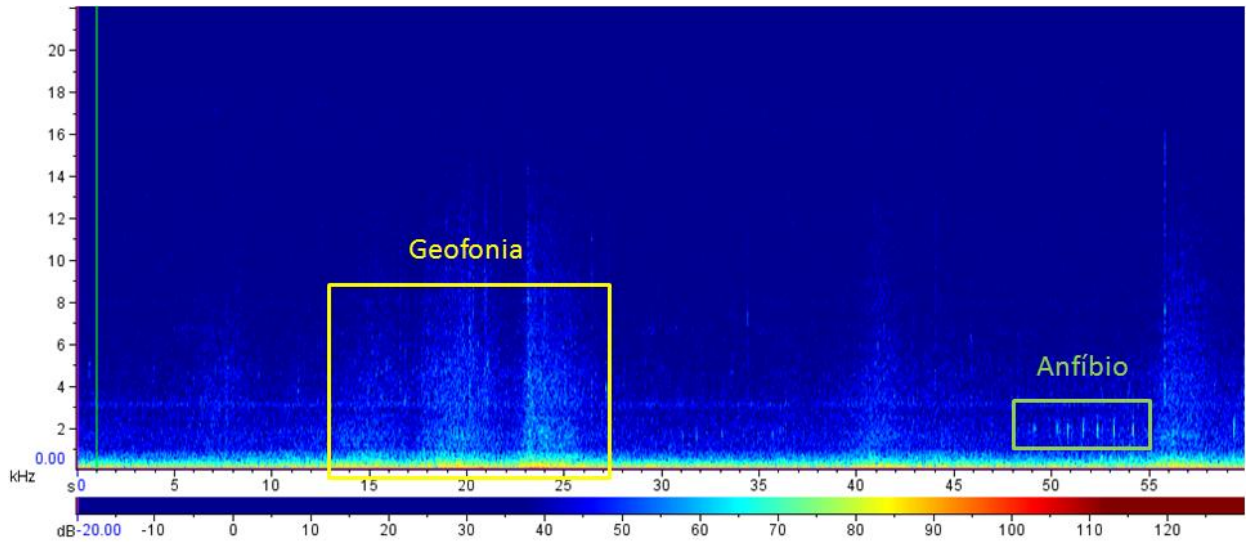


Figura 4.9: Faixa 7 – Espectrograma da Restinga-Anoitecer, às 17:35h do dia 22/11/2019, com intensificação dos ventos (geofonia) e registro de um anfíbio (entre 1 e 3kHz).

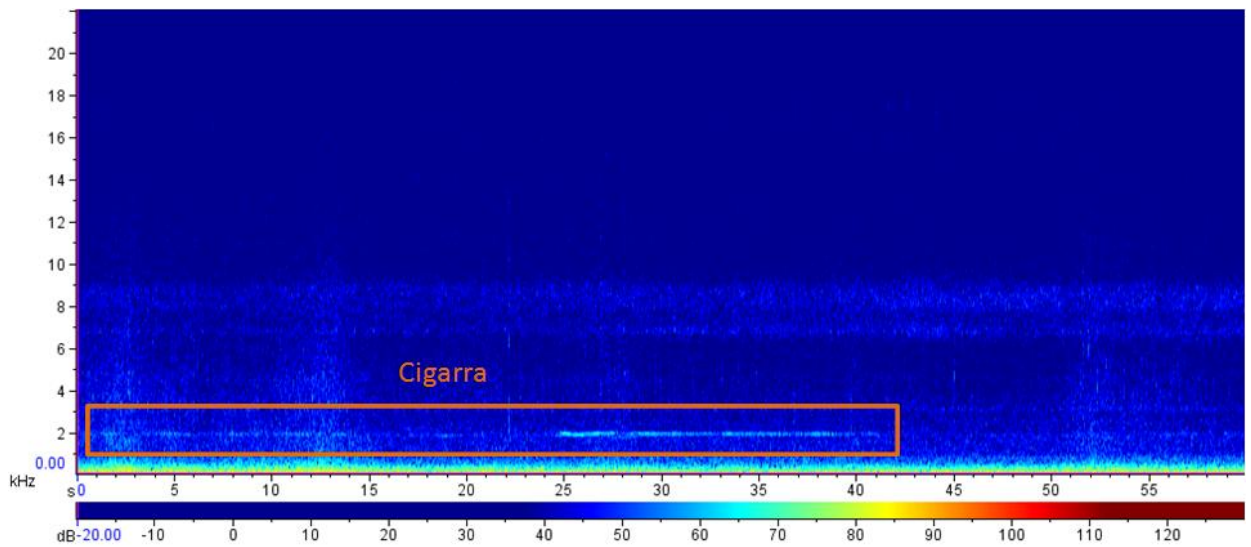


Figura 4.10: Faixa 8 – Espectrograma da Restinga- Anoitecer, às 17:45h do dia 22/11/2019, com registro sonoro de uma cigarra (entre 1,5 e 2,5kHz).

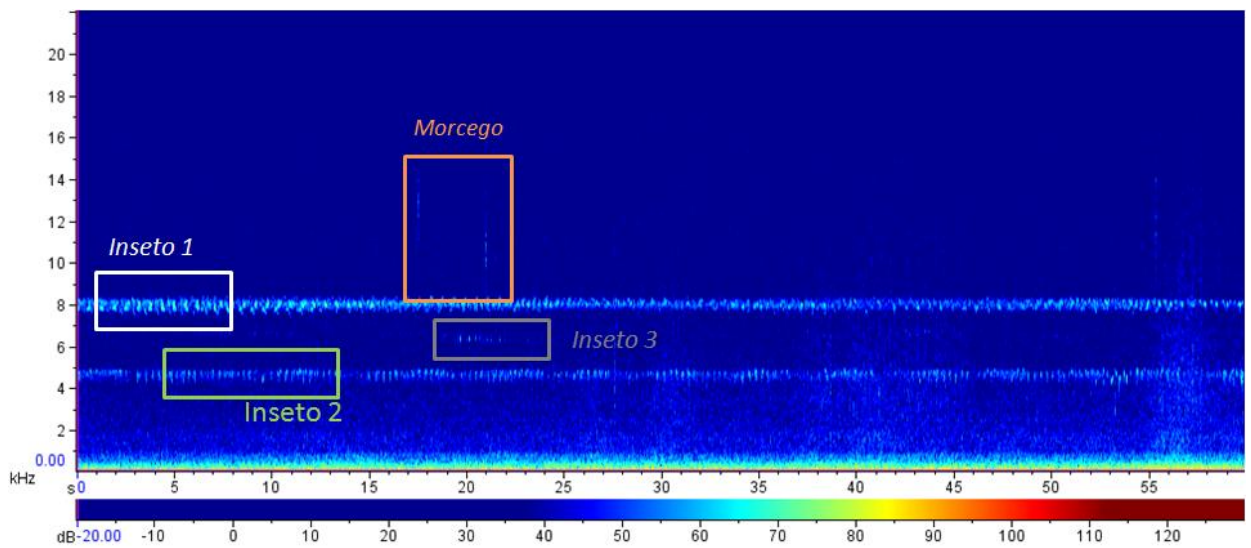


Figura 4.11: Faixa 9 – Espectrograma da Restinga-Anoitecer, às 19:10h do dia 22/11/2019, apresentando o registro sonoro de diversos insetos e de morcegos.

No dia 23 de Novembro de 2019, entre as gravações classificadas como Restinga-Amanhecer, verificou-se grande número de registros de biofonia e antropofonia. A *Figura 4.12* representa o espectrograma da paisagem acústica da restinga, às 04:50h, sendo possível identificar duas assinaturas acústicas de anfíbios, uma de inseto e outra, na faixa até 1kHz, correspondente ao ruído produzido por uma moto, representando um som associado à atividade humana (antropofonia). Durante o amanhecer, às 06:00h foi registrada uma assinatura acústica de origem biológica correspondente ao mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*), espécie endêmica da Mata Atlântica e sob perigo de extinção (EN – pelos critérios B2ab(iii)) (IUCN, 2008), conforme mostrada na *Figura 4.13*. Outro registro de antropofonia feito nesta área corresponde ao ruído gerado por fogos de artifício, juntamente com alguns registros de biofonia, às 06:55h – *Figura 4.14*.

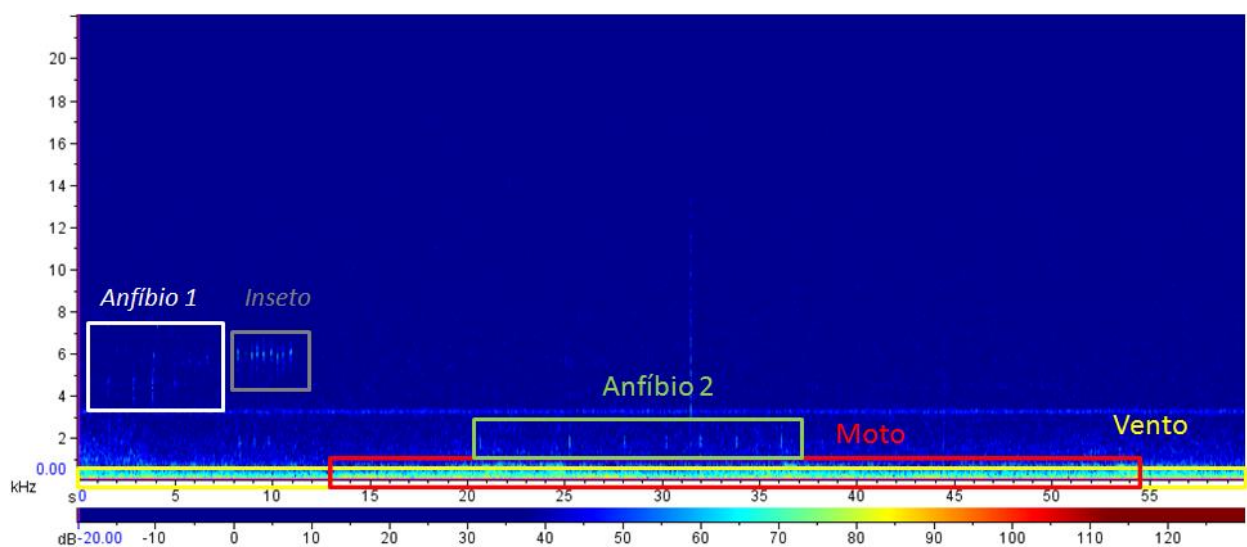


Figura 4.12: Faixa 10 – Espectrograma da Restinga-Amanhecer, às 04:50h do dia 23/11/2019, apresentando o registro sonoro de duas espécies de anfíbios, um inseto e faixa inferior (0 à 1,5kHz) apresenta geofonia (vento) e antropofonia (moto).

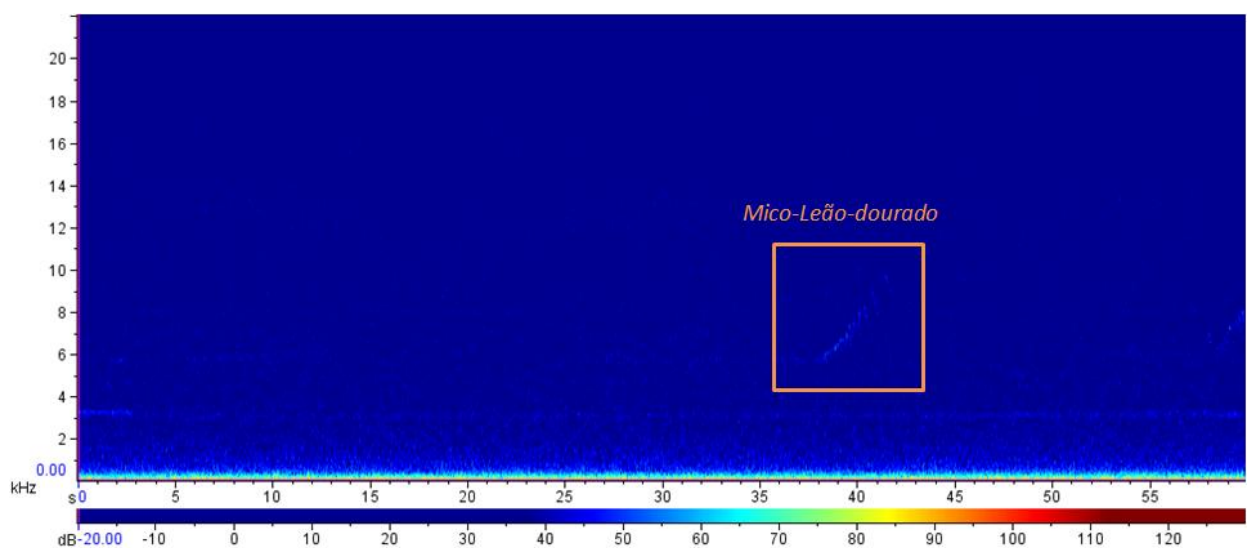


Figura 4.13: Faixa 11 – Espectrograma da Restinga-Amanhecer, às 06:00h do dia 23/11/2019, apresentando o registro da assinatura acústica do Mico-Leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*).

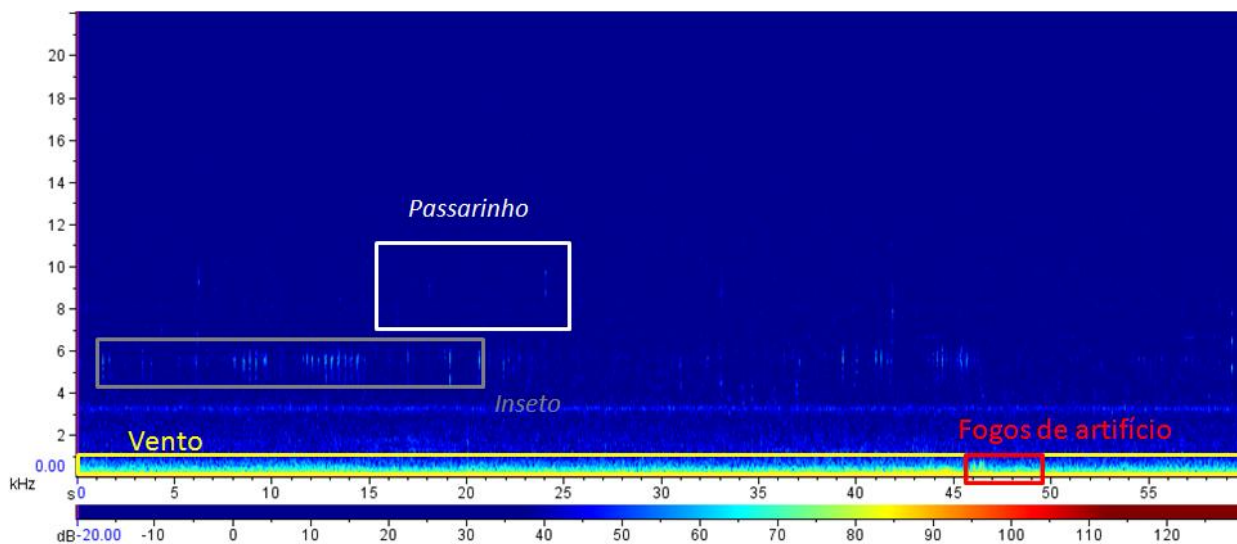


Figura 4.14: Faixa 12 – Espectrograma da Restinga-Amanhecer, às 06:55h do dia 23/11/2019, com registro de biofonia (passarinho e inseto), geofonia (vento) e ruído de fogos de artifício (antropofonia) entre 46-49s (na faixa entre 0 e 1kHz).

Através da análise audiovisual dos espectrogramas foram identificadas diferentes assinaturas acústicas de biofonia, assim como elementos da geofonia e antropofonia. Observou-se, através dos áudios analisados, que as fontes sonoras associadas à geofonia e antropofonia ocupam constantemente faixas de frequência até 1kHz, enquanto diferentes assinaturas de biofonia ocupam determinadas faixas aproximadamente entre 2 e 14kHz. A ocupação de diferentes faixas sonoras por determinadas espécies evidenciada demonstra concordância com a Hipótese do Nicho Acústico proposta por Krause (1987).

Na vegetação de casuarina, entre os registros de biofonia, houve predominância de pássaros, principalmente do bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) e do anu-branco (*Guira guira*), excepcionalmente durante o período do amanhecer, sugerindo esta área como área de passagem dos pássaros para a área da restinga, considerando os registros não-significativos nos demais horários. Apoiar-se, também, a ideia de que os pássaros possam usar as árvores de casuarina como “poleiros” para marcação de território através do canto, diante do maior porte da vegetação. Outro ponto, observado em campo, é a proximidade da área das casuarinas com áreas descampadas e de vegetação rasteira, habitadas por pássaros como o quero-quero (*Vanellus chilensis*), cujo canto também foi captado. Durante o período de anoitecer, foram registrados e identificados poucos sinais de origem biológica, prevalecendo os sons da geofonia (vento).

Na área de restinga, observou-se diversas assinaturas de biofonia, com predominância de insetos e anfíbios, em ambos os períodos de gravação, e sinais sonoros emitidos por morcegos, no período de anoitecer. Durante o período de amanhecer, foram captados diferentes ruídos de antropofonia e identificados como ruídos de moto e fogos de artifício, cujo maior registro nesta área pode estar associado à proximidade dos adensamentos urbanos na região das Dunas do Perú, e maior desenvolvimento de atividades potencialmente geradoras de ruído nas redondezas. Observou-se menor presença de aves nos registros de biofonia da restinga do que na vegetação de casuarina, possivelmente associada à maior presença de

predadores naturais nesta área, como o mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*) que se alimenta de ovos, cuja assinatura acústica foi registrada no espectrograma da *Figura 4.13*.

A análise quantitativa dos dados acústicos foi realizada através do ACI calculado para cada gravação obtida dentro do período de coleta, utilizando o pacote *Soundecology* do Programa *R*. O índice de complexidade fundamenta-se no pressuposto de que a emissão acústica de uma comunidade aumenta, em anuência com o aumento do número de vocalizações de diferentes espécies e, conseqüentemente, sua complexidade (SUEUR *et al.*, 2014). O Índice de Complexidade Acústica (ACI) elaborado por Farina e Morri (PIERETTI *et al.*, 2011), foi criado baseado na hipótese de que sons bióticos são caracterizados por uma variedade intrínseca de intensidades, enquanto a geofonia e a antropofonia apresentam valores relativamente constantes. O ACI é calculado com base em uma matriz de intensidades extrapoladas do espectrograma, dividido em intervalos de tempo e bandas de freqüência, calculando-se a diferença absoluta entre dois valores adjacentes de intensidade.

Os valores de complexidade acústica para os áudios coletados, gerados no *R*, foram importados e organizados por área e período de gravação e são apresentados, na íntegra, no *Anexo C*. Em seguida, foram calculados os respectivos valores de média e desvio padrão para o ACI de cada um dos grupos de estudos, sendo apresentados na *Tabela 4.3* e no *Gráfico 4.6*.

Gravações	ACI	desvio
Restinga Amanhecer	3000,65	73,74
Restinga Anoitecer	3036,15	30,83
Casuarina Amanhecer	2995,11	78,42
Casuarina Anoitecer	2977,57	10,42

Tabela 4.3: Valores de ACI calculados por área e período de gravação.

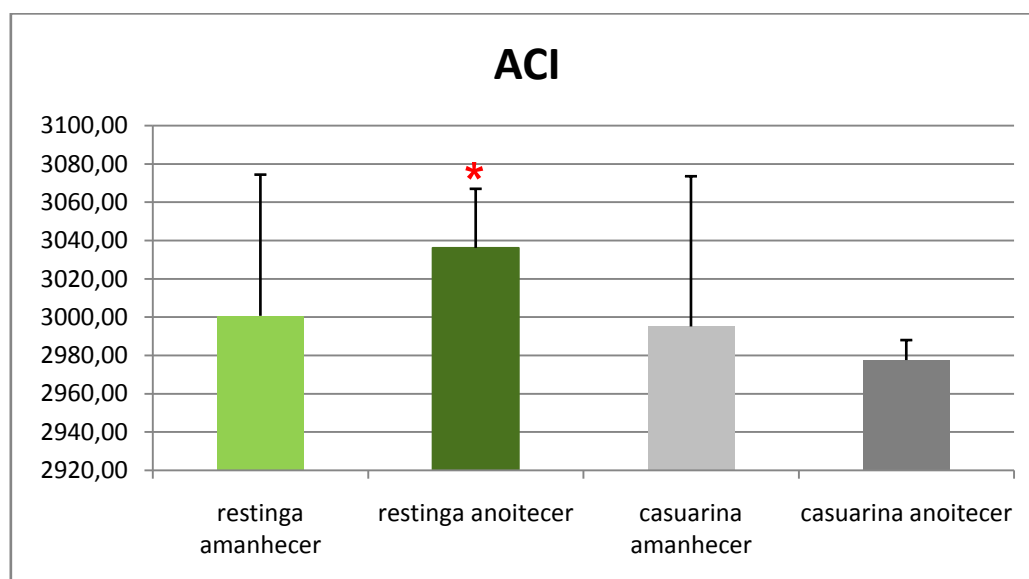


Gráfico 4.6: Valores de ACI calculados por área e período de gravação. (\*) Restinga-Anoitecer com diferença significativa comparado aos demais ( $p < 0,05$ )

A partir do *Gráfico 4.6*, pode-se observar que os maiores valores de complexidade acústica registrados correspondem ao ambiente de restinga, sendo o maior valor de ACI atribuído ao período do anoitecer, podendo refletir o comportamento noturno de diversos representantes da fauna como adaptação diante das altas temperaturas e incidência solar neste ambiente. Os menores valores de complexidade acústica registrados correspondem à área de vegetação de casuarinas, excepcionalmente durante o anoitecer. Os períodos de amanhecer em ambos os ambientes se destacam pelos altos valores de desvio padrão, indicando um maior grau de dispersão dos dados, enquanto os registros durante o anoitecer expressam menores valores de desvio, evidenciando uma maior homogeneidade dos dados.

Os dados obtidos a partir do Índice de Complexidade Acústica do programa *R* foram submetidos a uma análise estatística através do programa *Bioestat* versão 5.3 (AYRES, *et al.*, 2007) utilizando o teste de *Kruskal-Wallis*, para análise de variância de dados não normais, para  $p < 0,05$ . Primeiramente, todos os dados foram organizados em quatro grupos (Restinga-Amanhecer, Restinga-Anoitecer, Casuarina-Amanhecer e Casuarina-Anoitecer) e comparados. Os resultados são apresentados na *Figura 4.15*. A partir dos cálculos estatísticos, constata-se diferença significativa entre a paisagem acústica do anoitecer na restinga e a paisagem do amanhecer na restinga, entre o anoitecer da restinga e o amanhecer na área das casuarinas e entre o anoitecer na restinga e o anoitecer na área das casuarinas. Estatisticamente, não constata-se diferença significativa entre o amanhecer na restinga e o amanhecer e o anoitecer na área das casuarinas. Após o teste de *Kruskal-Wallis*, destaca-se a coluna Restinga-Anoitecer do *Gráfico 4.6* (\*) com valores que se distinguem dos demais.

	Resultados			
H =	84.8551			
Graus de liberdade =	3			
(p) Kruskal-Wallis =	< 0.0001			
R 1 =	6209.0000			
R 2 =	11865.0000			
R 3 =	5903.5000			
R 4 =	5912.5000			
R 1 (posto médio) =	101.7869			
R 2 (posto médio) =	194.5082			
R 3 (posto médio) =	96.7787			
R 4 (posto médio) =	96.9262			
Comparações (método de Dunn)	Dif. Postos	z calculado	z crítico	p
Postos médios 1 e 2	92.7213	7.2551	2.635	< 0.05
Postos médios 1 e 3	5.0082	0.3919	2.635	ns
Postos médios 1 e 4	4.8607	0.3803	2.635	ns
Postos médios 2 e 3	97.7295	7.6470	2.635	< 0.05
Postos médios 2 e 4	97.5820	7.6354	2.635	< 0.05
Postos médios 3 e 4	0.1475	0.0115	2.635	ns

Figura 4.15: Análise de variância – Teste de *Kruskal-Wallis*. Legenda: (1) Restinga-Amanhecer; (2) Restinga-Anoitecer; (3) Casuarina-Amanhecer; (4) Casuarina-Anoitecer.

Posteriormente, todos os dados foram organizados em dois grupos (Restinga e Casuarina) e submetidos, mais uma vez, ao teste de *Kruskal-Wallis* ( $p < 0,05$ ), a fim de se comparar os registros acústicos coletados na área de vegetação de restinga preservada e na área com dominância das casuarinas. Os resultados importados do programa *Bioestat* são apresentados na *Figura 4.16*. Estatisticamente, constata-se diferença significativa entre as paisagens acústicas da restinga e da área das casuarinas.

	Resultados			
H =	32.2187			
Graus de liberdade =	1			
(p) Kruskal-Wallis =	< 0.0001			
R 1 =	18074.0000			
R 2 =	11816.0000			
R 1 (posto médio) =	148.1475			
R 2 (posto médio) =	96.8525			
Comparações (método de Dunn)	Dif. Postos	z calculado	z crítico	p
Postos médios 1 e 2	51.2951	5.6761	1.96	< 0.05

Figura 4.16: Análise de variância – Teste de *Kruskal-Wallis*.  
 Legenda: (1) Área de restinga preservada; (2) Área com dominância de casuarinas.

Através da análise qualitativa e quantitativa realizada, sugere-se uma maior complexidade acústica das áreas de restinga preservada, em concordância com o maior registro da biofonia. Associando à vegetação de casuarina com a atividade de monocultura, da qual Davidson (1985) argumenta que a introdução de florestas de eucalipto em áreas de floresta nativa reduz, evidentemente, a variedade da fauna, sugere-se que a menor complexidade acústica e, conseqüentemente, menor biofonia registradas na área das casuarinas esteja relacionada ao perfil da vegetação. Poore e Fries (1985) afirmam que as florestas compostas de espécies exóticas abrigam menor variedade de herbívoros que as coberturas vegetais que substituem, geralmente por fornecerem menor variedade de alimentos, em função da predominância de uma única espécie. O estabelecimento das casuarinas e seu potencial de supressão da vegetação de restinga condicionam um microambiente excepcionalmente contrastante com as áreas de vegetação nativa adjacentes, o que resulta em mudanças expressivas na paisagem acústica.

## 5. CONCLUSÃO

Neste trabalho, a partir da análise dos dados acústicos coletados na área de restinga preservada, na APA do Pau-Brasil em Cabo Frio (RJ), foram observados diversos registros de biofonia, com predominância de grupos de insetos e anfíbios, enquanto a análise audiovisual dos espectrogramas aponta para um menor registro biofonia na área das casuarinas. Através do ACI, observou-se maior complexidade acústica na área de restinga preservada, excepcionalmente no período do anoitecer. Ressalta-se que a caracterização realizada, de caráter primário, refere-se às paisagens acústicas dos áudios obtidos nos períodos de coleta, sendo necessário um monitoramento prolongado e uma pesquisa aprofundada para caracterização definitiva das paisagens acústicas das áreas estudadas.

O Estetoscópio Ambiental (EA-2) confirmou a eficácia do sistema autônomo proposto por Jesús *et al.* (2019) para monitoramento a partir da obtenção de dados acústicos e fomenta a criação de um banco de dados para estudos acerca da paisagem acústica e caracterização das áreas de restinga. Em meio ao avanço acelerado do processo de urbanização e a degradação de ambientes naturais, principalmente na Região dos Lagos (RJ), fazem-se necessários estudos que busquem ressaltar a importância de áreas preservadas. As restingas se mostram grandemente impactados pelo crescimento e desenvolvimento urbano e, nestes ambientes, em meio à vegetação e em áreas úmidas, os grupos das aves, dos anfíbios e dos insetos merecem destaque por sua diversidade taxonômica e sua capacidade de vocalização.

Os registros na vegetação de casuarina sugerem a utilização desses ambientes como locais de passagem e marcação de território por aves canoras, nas primeiras horas do amanhecer, enquanto as assinaturas de biofonia, ao longo do dia, são inferiores aos registros da restinga, como evidenciam os valores de complexidade acústica. Diante disto, este estudo soma-se a outros na busca pelo esclarecimento sobre os impactos do estabelecimento da espécie vegetal exótica na região e que possam direcionar os órgãos competentes às devidas práticas de gestão ambiental. Neste trabalho, a utilização do Índice de Complexidade Acústica (ACI) representou uma ferramenta útil para determinar mudanças no comportamento e na composição de comunidades, a partir da análise das paisagens acústicas. Assim, através da análise estatística dos dados acústicos coletados, aceita-se a hipótese alternativa ( $H_1$ ) de que há alteração entre a paisagem acústica da área das casuarinas e a área de restinga preservada, provavelmente por causa da alteração da diversidade de plantas nativas que oferecem maior disponibilidade de frutos, recursos e microhabitats característicos para a fauna.

Os sons dos animais são uma parte integrante da paisagem e constituem, com outros sons, as paisagens acústicas, caracterizadas pelo perfil dinâmico. A paisagem acústica de cada ambiente possui assinaturas únicas. Através da análise e interpretação dos dados adquiridos por registro sonoro, essa assinatura acústica pode ser capaz de revelar complexas redes de interações ecológicas, servindo de base para tomada de decisões, no que diz respeito ao gerenciamento ambiental. As vocalizações representam assinaturas particulares

das espécies, que revelam funções associadas à comunicação entre os indivíduos.

Estudos de caracterização das paisagens acústicas e em bioacústica têm ganhado espaço no meio científico, nos últimos anos. A vocalização desses animais, no âmbito da ecologia acústica, oferece uma ferramenta para estudos de monitoramento ecossistêmico e para estudos sobre a ecologia e comportamento das espécies. Através deste estudo, buscaram-se ferramentas para a preservação desses ecossistemas em meio ao desenvolvimento urbano, para verificar o grau de conservação e a qualidade desses habitats, evidenciando sua importância para uma gama de espécies, que utilizam este ecossistema como local de repouso, alimentação e reprodução. O estudo da paisagem acústica demonstra-se como grande ferramenta para o estudo de ecossistemas, terrestres e aquáticos, e para a conservação ambiental, representando uma metodologia não invasiva, diante de outras metodologias, por vezes, utilizada.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da utilização da metodologia empregada neste estudo, sobre Paisagem Acústica, são feitas as seguintes sugestões para trabalhos futuros:

- Dar continuidade às coletas iniciadas na área de estudo para monitoramento e caracterização das áreas de restinga da Região dos Lagos (RJ), diante da intensificação da urbanização na região e degradação desses ecossistemas como ferramenta de diagnóstico ambiental. Investir no aprofundamento desta investigação, comparando áreas mais adensadas de Casuarina com e sem vegetação nativa adjacentes.
- Identificação das espécies e desenvolvimento de pesquisas em comportamento animal, a partir de estudos em biofonia, e criação de um banco de dados acústicos da fauna da restinga, tendo em vista a carência de estudos aprofundados sobre fauna na Região dos Lagos. Direcionar um enfoque maior, inicialmente, nas espécies ameaçadas, tais como o mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*) ou o formigueiro do litoral (*Formicivora littoralis*), ave endêmica, símbolo do Parque Estadual da Costa do Sol.
- Investigar os impactos da antropofonia, como agente de poluição sonora, sobre as áreas naturais, para melhor compreensão de seus efeitos e busca por medidas mitigadoras.
- Criação de um catálogo acústico como recurso para práticas de Educação Ambiental, representando uma ferramenta para conscientização para valorização dos ecossistemas de restinga.
- Promover a adaptação do Estetoscópio Ambiental para estudos sobre paisagem acústica em ambientes aquáticos, diante da eficácia na aquisição de dados acústicos e menor preço do equipamento.
- Adequar/testar o uso desta ferramenta como uma prática para avaliação/monitoramento de recuperação de áreas degradadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-10151: *Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral*. Rio de Janeiro, 2019.

ALBUQUERQUE, P. R. A. *A diversidade filogenética e acústica de anuros com base em levantamento acústico de curta duração*, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas. Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, Brasil.

ARIA, M. & CUCCURULLO, C. *Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis*, Journal of Informetrics, Elsevier, DOI: 10.1016/j.joi.2017.08.007, 2017. 11(4), p.959-975

ARAÚJO, D. S. D. *et al. Área De Proteção Ambiental De Massambaba, Rio De Janeiro: Caracterização Fitofisionômica e Florística. Rodriguésia*, 2009. 60 (1): p.067-096.

ARAÚJO, D. S. D.; LACERDA, L. D. *A natureza das restingas*. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v.6, n.33, jul. 1987. p.42-48.

AYRES, M., AYRES JR, M., AYRES, D. L., SANTOS, A. A. S. *Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Belém: IDSM, 2007.364p.

AZEVEDO, N. H.; MARTINI, A. M. Z.; OLIVEIRA, A. A.; SCARPA, D. L.; PETROBRAS: USP, IB, IABTROP/BIOIN (ORG.). *Ecologia na restinga: uma sequência didática argumentativa*. 1ed. São Paulo: edição dos autores, 2014. 140p

BARBIÉRI, E. B. *Ritmo climático e extração de sal em Cabo Frio. Revista Brasileira de Geografia*, 1975. 37(4): p.23-109.

BARBIERI, E.B. *Cabo Frio e Iguaba Grande: Dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial*. In LACERDA, L.D.; ARAÚJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R. e TURQ, B. (Eds). Restingas: Origem, Estruturas, Processos. CEUFF, Niterói, 1984.

BARBIERI, E.B. *Origin and evolution of Quaternary coastal palin between Guaratiba and Cape Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil*. In KNOPPERS, B. A., BIDIONE, E. D. and ABRÃO, J. J. (Eds.). *Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon System of Rio de Janeiro Brazil*. Série Geoquímica Ambiental, 1999. 6: p.47-56.

BARROS, A.; YOSHIDA, C. E. *Vocalização de saguis-de-tufo-preto (Callithrix penicillata): identificação e descrição de sons e respostas comportamentais*. Bioikos, Campinas, 2009. 23(1):p.19-27.

BERGALLO, H. G. *et al. Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Instituto Biomass, 2009.

BIDEGAIN, P. *Lagoa de Araruama - Perfil Ambiental do Maior Ecossistema Lagunar Hipersalino do Mundo / Paulo Bidegain, Carlos Bizerril*. - Rio de Janeiro: Semads, 2002.

BIOACOUSTICS RESEARCH PROGRAM. *Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (Version 1.5)* [Computer software]. Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology. 2014. Disponível em: <<http://www.birds.cornell.edu/raven>> Acesso em 26 de novembro de 2019.

BLUMSTEIN, D. T. *et al. Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus*. Journal of Applied Ecology 2011, 48, p.758–767.

BOHRER, C. B. A.; DANTAS, H. G. R.; CRONEMBERGER, F. M.; VICENS, R. S. & ANDRADE, S. F. *Mapeamento da vegetação e do uso do solo no centro de diversidade vegetal de Cabo Frio*, Rio de Janeiro, Brasil. Rodriguésia, 2009. 60(1): p.1-33.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, *SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação*. Diário Oficial da União, Poder Executivo. Publicada no DOU de 19.7.2000.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, *Direito Ambiental. Flora. Florestas Preservação Do Meio Ambiente*. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo. Publicada no D.O.U. de 26/12/2006, p.1

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, *Código Florestal, Política do Meio Ambiente*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis no 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 no 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. Diário Oficial da União, Poder Executivo. Publicada no D.O.U. de 28/05/2012.

BRAZÃO, J. E. M.; SANTOS, M. M. *Vegetação, recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE. 1997. p.111-124.

CABO FRIO. Lei nº 1596, de 29 de novembro de 2001. Dispõe sobre a criação do parque municipal ecológico dormitório das garças. Câmara Municipal de Cabo Frio, 29/11/2001, RJ. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/rj/c/cabo-frio/lei-ordinaria/2001/159/1596/lei-ordinaria-n-1596-2001-dispoe-sobre-a-criacao-do-parque-municipal-ecologico-dormitorio-das-garcas>> Acesso em 24 dez 2019.

CABO FRIO. Decreto nº 5.014, de 10 de outubro de 2013, Revoga o Decreto nº 4.224, de 6 de agosto de 2010, que “Declara nulos e sem efeitos os Decretos nº 2.401, de 27 de março de 1997 e nº 3.491, de 5 de junho de 2006”, restaura os efeitos dos Decretos anteriormente declarados nulos e dispõe sobre as providências de elaboração e aprovação do Plano de Manejo da Unidade Conservação denominada Parque Natural Municipal do Mico-Leão-Dourado. Secretaria de Meio Ambiente de Cabo Frio, RJ. Disponível em: <<http://oads.org.br/leis/1764.pdf>> Acesso em 24 dez 2019.

CAMPBELL, D. *et al. Estudo da Paisagem Acústica submarina na região do Arraial do Cabo – Rio de Janeiro, Brasil*, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Programa de mestrado em Biotecnologia Marinha do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira, Arraial do Cabo, Rio de Janeiro.

CERAULO, M. *et al. Acoustic comparison of a patchy Mediterranean shallow water seascape: Posidonia oceanica meadow and sandy bottom habitats. In: Ecological Indicators*. Elsevier, 2018. p.1030-1043.

COMITÊ DE BACIA LAGOS SÃO JOÃO. *Unidades de Conservação*. Disponível em: <<http://cbhlagossaojoao.org.br/unidades-de-conservacao/>>. Acesso em 03 Dez 2018.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 001, de 08 de março de 1990. Publicada no D.O.U, de 02/04/90, Seção I, Pág. 6.408.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 417, de 23 de novembro de 2009. Publicada no D.O.U, Seção 1, nº 224, de 24 de novembro de 2009, p72.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 453, de 02 de outubro de 2012. Publicada no D.O.U, Seção 1, nº 192, de 03 de outubro de 2012, p83.

CORDEIRO, S. Z. *Composição e distribuição da vegetação herbácea em três áreas com fisionomias distintas na Praia do Peró, Cabo Frio, RJ, Brasil*. Acta Bot. Bras., v. 19, n. 4, p. 679-693, 2005.

COSTA, E. C. *Acústica técnica* – São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2003.

DAVIDSON, J. "Setting aside the idea that eucalyptus are always bad". UNDP/FAO project Bangladesh BGD/79/017, 1985 (Working Paper, 10).

DONOSO, J. P. *Som e Acústica: Ondas sonoras*. Disponível em: <[http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica\\_arquitetura/12\\_som\\_acustica\\_1.pdf](http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/12_som_acustica_1.pdf)> Acesso em 22 de Julho de 2019.

DUNLEY, B. S. *Avaliação de dois padrões de colonização da Casuarina equisetifolia (L.) (Casuarinales: Casuarinaceae) na Reserva Biológica das Orquídeas, restinga de Massambaba, Arraial do Cabo, RJ*. Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2004. 49p.

ENVIRONMENTAL NOISE. ISO 1996 – *Rating Level*. Disponível em: <[http://acessoverd.dominiotemporario.com/doc/environmental\\_noise.pdf](http://acessoverd.dominiotemporario.com/doc/environmental_noise.pdf)> Acesso em 24 de Julho de 2019.

FARINA A. *Soundscape Ecology: Principles, Patterns, Methods and Applications*, DOI 10.1007/978-94-007-7374-5\_1, © Springer Science+Business Media Dordrecht, 2014.

FEEMA. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiental. *Perfil Ambiental do Município de Arraial do Cabo*. Rio de Janeiro, 1988. 43p.

GUIMARÃES, F. P. B. B; TINOCO, M. S. *Estudos preliminares da paisagem sonora do parque das dunas, remanescente de restinga da cidade do Salvador*. In: SEMANA DE MOBILIZAÇÃO CIENTÍFICA DA UCSAL. Bahia. 19<sup>o</sup> Edição, 2016. 20p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Densidade demográfica de Cabo Frio, Rio de Janeiro*, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/cabo-frio/panorama>>. Acesso em: 29 abr 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Panorama de Cabo Frio, Rio de Janeiro*, 2016. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/cabo-frio/panorama>>. Acesso em: 29 abr 2019.

INEA. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. *Biodiversidade e Áreas Protegidas, Rio de Janeiro*, 2018. Disponível em: <[http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/BIODIVERSIDADEEAREASPROTEGIDAS/Unidade\\_sdeConservacao/INEA\\_008614](http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/BIODIVERSIDADEEAREASPROTEGIDAS/Unidade_sdeConservacao/INEA_008614)>. Acesso em: 21 mai 2018.

INEA. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. *Biodiversidade e Território, Rio de Janeiro*, 2019. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/conheca-as-unidades-de-conservacao/apa-do-pau-brasil/>>. Acesso em: 16 nov 2019a.

INEA. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. *Biodiversidade e Território, Rio de Janeiro*, 2019. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/conheca-as-unidades-de-conservacao/parque-estadual-da-costa-do-sol/>>. Acesso em: 16 nov 2019b.

IUCN. INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. *The IUCN Red List of Threatened Species: Leontopithecus rosalia*, Golden Lion Tamarin. ISSN 2307-8235 (online), 2008. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/species/11506/3287321>> Acesso em 26 Nov 2019.

JESÚS, J.; MINELLO, M.; XAVIER, F. *Um estudo sobre a paisagem acústica de dois fragmentos de restinga da Região dos Lagos/RJ*. Revista Vértices, v. 21, n. 3, 19 dez. 2019. p.495-513,

JUNIOR, A. S. M.; SILVA, R. A. M. *Do Impacto da Poluição Sonora no Meio Ambiente Urbano*. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=2e5cc5258c6fe155>> Acesso em 24 de Julho de 2019.

KRAUSE B. L. *Bioacoustics, habitat ambience in ecological balance*. Whole Earth Review 57, 1987.

KRAUSE B. L. *The Niche Hypothesis: a virtual symphony of animal sounds, the origins of musical expression and the health of habitats*, Soundscape Newsletter, World Forum for Acoustic Ecology, Simon Fraser Univ., 1993.

KURTZ, B.C.; FARNEY, C.; SILVA, D.O. *Fitossociologia do componente arbustivo-arbóreo de florestas semidecíduas costeiras da região de Emerenças, Área de Proteção Ambiental do Pau-Brasil, Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil.*, Rodriguésia, Rio de Janeiro, v.60, 2009. p.129-146.

LACERDA, F. L.; AGUIAR, C. E. *Qualidade acústica da sala de aula*. Disponível em: <[http://www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2018\\_Marcio\\_Lacerda/material\\_instrucional\\_marcio\\_lacerda-1.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2018_Marcio_Lacerda/material_instrucional_marcio_lacerda-1.pdf)> Acesso em 22 de Julho de 2019.

LACMAM – LABORATÓRIO DE ACÚSTICA E MEIO AMBIENTE. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://lacmam.poli.usp.br/pt/>> Acesso em 23 de Dez de 2019.

LIMA, N. B. *Análise da Estrutura Acústica do Chamado Longo de Duas Frases do Mico Leão Dourado (Leontopithecus rosalia) Selvagem Para Obtenção de Informações Sobre Sexo, Região e Indivíduo*, 2012. Dissertação de mestrado em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

LOBO SOARES, A. C.; MORAES, E. *Impactos da Urbanização Sobre Parques Públicos: Estudo de caso do Parque Zoológico do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 2009. MSc. Dissertation (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano), Universidade da Amazônia (in Portuguese).

MACE, B. L.; BELL, P.A.; LOOMIS R. J. *Visibility and natural quiet in national parks and wilderness areas psychological considerations*. Environment and Behavior, v. 36, n. 1, 2004. p.5-31.

MAXIMIANO, L. A. *Considerações sobre o conceito de Paisagem*. R. RA'EGA, Curitiba, nº8. Editora UFPR, 2004. p. 83-91.

MUEHE D., VALENTINI E. *O Litoral do Estado do Rio de Janeiro: uma caracterização físico-ambiental*. (Ed.): FEMAR, Rio de Janeiro, 1998. 99p.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física básica, 2 – 4ª edição rev.* – São Paulo: Edgard Blucher, 2002. p.107-132.

PARROTTA, J. A. *Casuarina equisetifolia L.* ex J.R. & G. Forst. International Institute of Tropical Forestry, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Río Piedras, Puerto Rico, 1993.

PEREIRA, T. G.; ROCHA, T. B.; FERNANDEZ, G. B. *Geomorfologia e Morfodinâmica Costeira da Planície entre Cabo Frio e Arraial do Cabo-RJ*. Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia/ I Encontro Latino-Americano de Geomorfologia. Belo Horizonte, 2008.

PEREIRA, W. L. C. M. *Cabo das tormentas, vagas da modernidade: uma história da Companhia Nacional de Alcalis e de seus trabalhadores. Cabo Frio (1943/1964) Arraial do Cabo*, 2009. Tese de doutorado em História pela Universidade Federal Fluminense e professor adjunto do Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal Fluminense, Campos, Brasil.

PIERETTI, N.; FARINA, A.; MORRI, D. *A new methodology to infer the singing activity of an avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI)*. In: Ecological Indicators. Elsevier, 2011. p.868-873.

PIJANOWSKI, B. C. *et al*, *Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape*. American Institute of Biological Sciences, 2011a.

PIJANOWSKI, B. C. *et al*, *What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science*, Received: 7 September 2010/Accepted: 14 March 2011/Published online: 1 May 2011 © Springer Science+Business Media B.V. 2011b.

PIMENTEL-SOUZA, F. *Efeitos do ruído estressante*. Anais da 49ª Reunião Anual da SBPC, Belo Horizonte: SBPC. 1997.

PMMA/RJ. *Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Cabo Frio* / Secretaria de Estado do Ambiente; Organizadores: Renata de Souza Lopes, Janete Abrahão. – Rio de Janeiro, 2017.

POORE, M. E. D; FRIES, C. *The ecological effects of Eucalyptus*. FAO, 1985.

POTGIETER, L. J; RICHARDSON, D. M; WILSON J. R. U. *Casuarina: Biogeography and ecology of an important tree genus in a changing world*. *Biological Invasions*, 2014. 16: p.609-633.

PRITCHARD, J. “*Statistical-Bibliography or Bibliometrics?*”, *Journal of Documentation*, Vol. 25 (4), 1969. p. 348-349

R CORE TEAM (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em 01 dez 2019.

RIO DE JANEIRO. Decreto Estadual nº 31.346, de 06 de Junho de 2002. Cria a Área de Proteção Ambiental - APA do Pau-Brasil, no estado do Rio de Janeiro e da outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, RJ, 07 jun 2002.

RIO DE JANEIRO. Decreto Estadual nº 42.929, de 18 de abril de 2011. Cria o Parque Estadual da Costa do Sol e da outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, RJ, 19 abr 2011.



RIO DE JANEIRO. Lei nº 126, de 10 de Maio de 1977. Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora, estendendo, a todo o estado do Rio de Janeiro, o disposto no decreto-lei nº 112, de 12 de agosto de 1969, do ex-estado da Guanabara, com as modificações que menciona. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, RJ, 10 maio 1977. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/e9764a9ddfeb2847032565a10062efee>>. Acesso em: 24 Jul 2019.

RIO DE JANEIRO. Lei Complementar nº 97, de 02 de Outubro de 2001. Dispõe sobre a Região Metropolitana do Rio De Janeiro, sua composição, organização e gestão, e sobre a Microrregião dos Lagos, define as funções públicas e serviços de interesse comum e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, RJ, 02 out 2001. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/a99e317a9cfec383032568620071f5d2/ee5efc2f23237f3be03256af00072dcf5>>. Acesso em: 15 Nov 2019.

ROCHA, R. M. *A Restinga como exemplo de ecossistema e a sua urbanização subsídios para possíveis intervenções*. Paisagem Ambiente Ensaios São Paulo n. 6, dez. 1994. p.57 - 73

RODRIGUES, G. R. G. *Análise do crescimento de espécies vegetais utilizadas na restauração de áreas de restinga: resposta da adição de fungos micorrízicos arbusculares e nitrogênio*. 2008. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

SÁNCHEZ-GENDRIZ I.; PADOVESE L. *Underwater soundscape of marine protected areas in the south Brazilian coast*. Mar Pollut Bull, 2016. 105: p.65–72.

SANTOS, V. B.; BERNARD E. *Bioacústica Aplicada: Monitoramento da Atividade de Morcegos no Aeroporto Internacional de Recife*. [2015]. Disponível em: <[https://www.ufpe.br/documents/616030/863589/Bioacustica\\_aplicada\\_monitoramento\\_da\\_atividade\\_de\\_morcegos.pdf](https://www.ufpe.br/documents/616030/863589/Bioacustica_aplicada_monitoramento_da_atividade_de_morcegos.pdf)> Acesso em 23 de outubro de 2019.

SCHAFFER, R. M. *Tuning of the World*. Knopf. 1977.

SCHEEL-YBERT, R. *Paleoambiente e paleoetnologia de populações sambaqueiras do sudeste do estado do Rio de Janeiro*. Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia, São Paulo, 1999. 9: p.43-59.

SCHUCHMANN, K. L.; MARQUEZ, M. I.; JAHN, O.; GANCHEV, T; FIGUEIREDO, J. *Os sons do Pantanal*, Número 108 – Curitiba, abril de 2014 – ISSN 1808-0812

SCOPUS (2019). *Scopus Info*. Base de Dados Bibliográfica, Elsevier. URL <<http://www.scopus.com/>>. Acesso em 01 jul 2019.

SILVA, M. A. A. *Medição e Avaliação do Ruído Ambiente - Estudo dos fatores que condicionam a determinação dos níveis de pressão sonora*, 2012. Relatório de Estágio – Mestrado em Tecnologias Ambientais pelo Instituto Superior Politécnico de Viseu, Portugal.

SILVA, N. C. *Ocupação e Detecção de Callicebus nigrifrons E Callithrix aurita em Fragmentos da Mata Atlântica no Sul de Minas Gerais*, 2017. Dissertação de mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas fragmentados e Agrossistemas pela Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil.

SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2012-2013: relatório técnico*. São Paulo: ArcPlan, 2014.

SUEUR J., FARINA A., GASC A., PIERETTI N., PAVOINE S. *Acoustic indices for biodiversity assessment and landscape investigation*. Acta Acustica United with Acustica. v.100, 2014. p.772-781.

SZEREMETA, B. *Avaliação e Percepção da Paisagem Sonora de Parques Públicos de Curitiba-PR*, 2017. Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Paraná, Paraná, Brasil.

THE WEATHER CHANNEL (2019). Clima para o mês para Cabo Frio, Rio de Janeiro. An IBM business. © Copyright TWC Product and Technology LLC 2014, 2019. Disponível em: <<https://weather.com/pt-BR/clima/mensal//Cabo+Frio+Rio+de+Janeiro>> Acesso em 24 dez 2019.

VIELLIARD, J. M. E. *O Uso da Bio-Acústica na Observação de Aves*. II Encontro Regional de Anilhadores de Aves. UFRJ. Rio de Janeiro, 1987.

VIELLIARD, J. M. E. *A Diversidade de sinais e sistemas de comunicação sonora na fauna brasileira*. Anais do I Seminário Música Ciência e Tecnologia, [2004]. 1(1):p.145-52,

VIELLIARD, J.; SILVA, M. L. *A Bioacústica como ferramenta de pesquisa em Comportamento animal*. [2010]. 15p.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Física II: Termodinâmica e ondas*. 10. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2003. 328p.

ZIMMERMANN, T. G. *Potencial de Invasão das Restingas por Casuarina equisetifolia L.: Fatores que Limitam a Regeneração da Vegetação*, 2016. Tese de doutorado em Botânica pelo Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, Brasil.

## ANEXO A – Pacotes do *Software R* e *Scripts* utilizados

O programa *R* foi empregado na metodologia deste trabalho para obtenção de dados bibliométricos sobre o histórico de publicação na base de dados de literatura científica SCOPUS e para a obtenção do Índice de Complexidade Acústica (ACI) das áreas de estudo a partir dos arquivos de áudios coletados. Os pacotes do *R* (e o *script*) utilizados são descritos, a seguir:

*Bibliometrix Package* (ARIA & CUCCURULLO, 2017) – Análise bibliométrica

*Soundecology Package* – cálculo do Índice de Complexidade Acústica

*Script*:

```
multiple_sounds(directory="", soundindex="acoustic_complexity", resultfile=".csv", fft_w=1024, j=5, min_freq=100, max_freq=20000)
```

Argumentos:

`directory` – Diretório ("C:\\") do(s) arquivo(s) de som.

`acoustic_complexity` – *Índice de Complexidade Acústica*.

`resultfile` – Arquivo resultado (.csv) em Excel.

`fft_w` – Janela da FFT (algoritmo para processamento digital de sinais) a ser usada.

`j` – o tamanho do cluster, em segundos.

`min_freq` – Frequência mínima a ser usada ao calcular o valor, em Hertz.

`max_freq` – Frequência máxima a ser usada ao calcular o valor, em Hertz.

## **ANEXO B – Faixas de áudio (CD)**

Os áudios coletados neste trabalho, analisados e representados nos espectrogramas (Figuras 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 e 4.14) estão disponíveis, em anexo (CD) que acompanha este trabalho (Faixa 1 a 12).

*Faixa 1: Arquivo de áudio (duração: 59s) / Formato: WAV / Grupo: Casuarina-Anoitecer / Data e hora: 21/11/2019 às 17:45h.*

*Faixa 2: Arquivo de áudio (duração: 59s) / Formato: WAV / Grupo: Casuarina-Anoitecer / Data e hora: 21/11/2019 às 20:40h.*

*Faixa 3: Arquivo de áudio (duração: 59s) / Formato: WAV / Grupo: Casuarina-Anoitecer / Data e hora: 21/11/2019 às 22:00h.*

*Faixa 4: Arquivo de áudio (duração: 59s) / Formato: WAV / Grupo: Casuarina-Amanhecer / Data e hora: 22/11/2019 às 03:50h.*

*Faixa 5: Arquivo de áudio (duração: 59s) / Formato: WAV / Grupo: Casuarina-Amanhecer / Data e hora: 22/11/2019 às 04:10h.*

*Faixa 6: Arquivo de áudio (duração: 59s) / Formato: WAV / Grupo: Casuarina-Amanhecer / Data e hora: 22/11/2019 às 08:05h.*

*Faixa 7: Arquivo de áudio (duração: 59s) / Formato: WAV / Grupo: Restinga-Anoitecer / Data e hora: 22/11/2019 às 17:35h.*

*Faixa 8: Arquivo de áudio (duração: 59s) / Formato: WAV / Grupo: Restinga-Anoitecer / Data e hora: 22/11/2019 às 17:45h.*

*Faixa 9: Arquivo de áudio (duração: 59s) / Formato: WAV / Grupo: Restinga-Anoitecer / Data e hora: 22/11/2019 às 19:10h.*

*Faixa 10: Arquivo de áudio (duração: 59s) / Formato: WAV / Grupo: Restinga-Amanhecer / Data e hora: 23/11/2019 às 04:50h.*

*Faixa 11: Arquivo de áudio (duração: 59s) / Formato: WAV / Grupo: Restinga-Amanhecer / Data e hora: 23/11/2019 às 06:00h.*

*Faixa 12: Arquivo de áudio (duração: 59s) / Formato: WAV / Grupo: Restinga-Amanhecer / Data e hora: 23/11/2019 às 06:55h.*

## ANEXO C – Valores de ACI (Índice de Complexidade Acústica)

Utilizando o pacote *Soundecology* do *Software R*, foram calculados os valores de complexidade acústica para cada áudio coletado dentro do período estipulado por este trabalho.

O Índice de Complexidade Acústica (ACI), elaborado por Farina e Morri, é calculado através da diferença absoluta ( $dk$ ) entre dois valores adjacentes da intensidade ( $I_k$  e  $I_{(k+1)}$ ), dentro de determinadas caixas de frequência ( $\Delta f$ ) e intervalos temporais no espectrograma (PIERETTI *et al.*, 2011). O ACI é calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$ACI = D / \sum_{k=1}^n I_k$$

Onde:  $D = \sum_{k=1}^n dk$  (contidas em  $j$ ). Posteriormente, o ACI trabalhado em todas as etapas temporais ( $j$ ) e para todos os compartimentos de frequência incluídos resultam no valor total do índice para toda a gravação.

Os dados importados do programa *R* foram organizados por área e período de coleta e os valores de Complexidade Acústica para cada arquivo de áudio são apresentados a seguir:

### Informações:

FILENAME (Nome do Arquivo): *Formato: Ano\_Mês\_Dia\_Hora.*

DURATION (Duração): 59 segundos.

FFT\_W (Transformada rápida de Fourier): algoritmo.

MIN\_FREQ (Frequência Mínima): 100 Hz.

MAX\_FREQ (Frequência Máxima): 20.000 Hz.

J: tamanho do cluster (05 segundos).

LEFT\_CHANNEL: Valor de Complexidade Acústica (ACI).

## Valores de ACI: Restinga-Amanhecer

FILENAME	DURATION	FFT_W	MIN_FREQ	MAX_FREQ	J	LEFT_CHANNEL
2019_11233300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2979.958506
2019_11233350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2985.923619
2019_11233400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2978.621631
2019_11233450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2985.393294
2019_11233500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2958.249695
2019_11233550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2973.708031
2019_1123400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2993.834577
2019_11234100.wav	59.91	1024	100	20000	5	2995.036346
2019_11234150.wav	59.91	1024	100	20000	5	3007.040061
2019_11234200.wav	59.91	1024	100	20000	5	2993.923791
2019_11234250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2970.865291
2019_11234300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.393875
2019_11234350.wav	59.91	1024	100	20000	5	3024.579267
2019_11234400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2967.064425
2019_11234450.wav	59.91	1024	100	20000	5	3026.680516
2019_1123450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2978.043934
2019_11234500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2982.975021
2019_11234550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2983.504409
2019_1123500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2979.003127
2019_11235100.wav	59.91	1024	100	20000	5	3347.532399
2019_11235150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.500878
2019_11235200.wav	59.91	1024	100	20000	5	3211.314187
2019_11235250.wav	59.91	1024	100	20000	5	3047.373489
2019_11235300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2974.10207
2019_11235350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2985.168661
2019_11235400.wav	59.91	1024	100	20000	5	3025.221338
2019_11235450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2976.501862
2019_1123550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2966.738905
2019_11235500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2983.44162
2019_11235550.wav	59.91	1024	100	20000	5	3007.480229
2019_1123600.wav	59.91	1024	100	20000	5	2974.389025
2019_11236100.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.263967
2019_11236150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2865.30874
2019_11236200.wav	59.91	1024	100	20000	5	3068.919036
2019_11236250.wav	59.91	1024	100	20000	5	3209.170808
2019_11236300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2971.233648
2019_11236350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2971.78573
2019_11236400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2969.687086
2019_11236450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2968.226934
2019_1123650.wav	59.91	1024	100	20000	5	2971.00448
2019_11236500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2969.404981
2019_11236550.wav	59.91	1024	100	20000	5	3003.682497
2019_1123700.wav	59.91	1024	100	20000	5	2966.088631
2019_11237100.wav	59.91	1024	100	20000	5	3013.643587
2019_11237150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2995.707634
2019_11237200.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.596629
2019_11237250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2970.470358
2019_11237300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.616143
2019_11237350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2969.246887
2019_11237400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2970.205517
2019_11237450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2972.017841
2019_1123750.wav	59.91	1024	100	20000	5	2971.659528
2019_11237500.wav	59.91	1024	100	20000	5	3020.896375
2019_11237550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2972.606959
2019_1123800.wav	59.91	1024	100	20000	5	2979.907044
2019_11238100.wav	59.91	1024	100	20000	5	2978.908283
2019_11238150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2983.120144
2019_11238200.wav	59.91	1024	100	20000	5	2976.861171
2019_11238250.wav	59.91	1024	100	20000	5	3246.231128
2019_11238300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2969.921644
2019_1123850.wav	59.91	1024	100	20000	5	2968.445053

## Valores de ACI: Restinga-Anoitecer

FILENAME	DURATION	FFT_W	MIN_FREQ	MAX_FREQ	J	LEFT_CHANNEL
2019_112217300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2999.295259
2019_112217350.wav	59.91	1024	100	20000	5	3035.019678
2019_112217400.wav	59.91	1024	100	20000	5	3000.081977
2019_112217450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2973.836784
2019_112217500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2965.519633
2019_112217550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2970.30072
2019_11221800.wav	59.91	1024	100	20000	5	3000.748869
2019_112218100.wav	59.91	1024	100	20000	5	3006.987478
2019_112218150.wav	59.91	1024	100	20000	5	3031.740601
2019_112218200.wav	59.91	1024	100	20000	5	3062.979519
2019_112218250.wav	59.91	1024	100	20000	5	3036.246286
2019_112218300.wav	59.91	1024	100	20000	5	3113.43986
2019_112218350.wav	59.91	1024	100	20000	5	3028.839597
2019_112218400.wav	59.91	1024	100	20000	5	3024.990123
2019_112218450.wav	59.91	1024	100	20000	5	3063.184414
2019_11221850.wav	59.91	1024	100	20000	5	2992.17867
2019_112218500.wav	59.91	1024	100	20000	5	3037.272383
2019_112218550.wav	59.91	1024	100	20000	5	3021.886471
2019_11221900.wav	59.91	1024	100	20000	5	3021.784462
2019_112219100.wav	59.91	1024	100	20000	5	3033.220306
2019_112219150.wav	59.91	1024	100	20000	5	3060.595932
2019_112219200.wav	59.91	1024	100	20000	5	3049.772888
2019_112219250.wav	59.91	1024	100	20000	5	3035.89447
2019_112219300.wav	59.91	1024	100	20000	5	3017.471678
2019_112219350.wav	59.91	1024	100	20000	5	3025.854751
2019_112219400.wav	59.91	1024	100	20000	5	3085.596787
2019_112219450.wav	59.91	1024	100	20000	5	3033.538016
2019_11221950.wav	59.91	1024	100	20000	5	3070.429441
2019_112219500.wav	59.91	1024	100	20000	5	3035.378937
2019_112219550.wav	59.91	1024	100	20000	5	3036.439805
2019_11222000.wav	59.91	1024	100	20000	5	3008.907336
2019_112220100.wav	59.91	1024	100	20000	5	3046.63383
2019_112220150.wav	59.91	1024	100	20000	5	3040.102807
2019_112220200.wav	59.91	1024	100	20000	5	3033.877235
2019_112220250.wav	59.91	1024	100	20000	5	3042.528533
2019_112220300.wav	59.91	1024	100	20000	5	3061.291094
2019_112220350.wav	59.91	1024	100	20000	5	3048.197547
2019_112220400.wav	59.91	1024	100	20000	5	3044.067331
2019_112220450.wav	59.91	1024	100	20000	5	3019.563408
2019_11222050.wav	59.91	1024	100	20000	5	3032.588081
2019_112220500.wav	59.91	1024	100	20000	5	3027.910535
2019_112220550.wav	59.91	1024	100	20000	5	3007.095916
2019_11222100.wav	59.91	1024	100	20000	5	3100.383678
2019_112221100.wav	59.91	1024	100	20000	5	3042.059124
2019_112221150.wav	59.91	1024	100	20000	5	3074.286355
2019_112221200.wav	59.91	1024	100	20000	5	3077.758337
2019_112221250.wav	59.91	1024	100	20000	5	3093.131836
2019_112221300.wav	59.91	1024	100	20000	5	3084.29321
2019_112221350.wav	59.91	1024	100	20000	5	3081.675067
2019_112221400.wav	59.91	1024	100	20000	5	3043.382912
2019_112221450.wav	59.91	1024	100	20000	5	3011.909038
2019_11222150.wav	59.91	1024	100	20000	5	3017.211154
2019_112221500.wav	59.91	1024	100	20000	5	3013.418285
2019_112221550.wav	59.91	1024	100	20000	5	3045.456161
2019_11222200.wav	59.91	1024	100	20000	5	3011.214636
2019_112222100.wav	59.91	1024	100	20000	5	3074.883316
2019_112222150.wav	59.91	1024	100	20000	5	3038.131763
2019_112222200.wav	59.91	1024	100	20000	5	3005.456287
2019_112222250.wav	59.91	1024	100	20000	5	3022.076224
2019_112222300.wav	59.91	1024	100	20000	5	3068.28472
2019_11222250.wav	59.91	1024	100	20000	5	3016.630073



### Valores de ACI: Casuarina-Amanhecer

FILENAME	DURATION	FFT_W	MIN_FREQ	MAX_FREQ	J	LEFT_CHANNEL
2019_11223300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2978.569286
2019_11223350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.320398
2019_11223400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2972.496446
2019_11223450.wav	59.91	1024	100	20000	5	3020.682557
2019_11223500.wav	59.91	1024	100	20000	5	3435.708171
2019_11223550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2980.906694
2019_1122400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2924.118717
2019_11224100.wav	59.91	1024	100	20000	5	3359.521644
2019_11224150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2981.722144
2019_11224200.wav	59.91	1024	100	20000	5	3025.051632
2019_11224250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2987.744283
2019_11224300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2980.323373
2019_11224350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.889887
2019_11224400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2973.605889
2019_11224450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2976.56804
2019_1122450.wav	59.91	1024	100	20000	5	3053.198091
2019_11224500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2983.285653
2019_11224550.wav	59.91	1024	100	20000	5	3013.207872
2019_1122500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2989.520085
2019_11225100.wav	59.91	1024	100	20000	5	3028.066114
2019_11225150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2983.659328
2019_11225200.wav	59.91	1024	100	20000	5	3018.659436
2019_11225250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2970.343985
2019_11225300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2976.381588
2019_11225350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2979.123631
2019_11225400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.248642
2019_11225450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2974.753286
2019_1122550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2971.122799
2019_11225500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2980.288851
2019_11225550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2976.170195
2019_1122600.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.229769
2019_11226100.wav	59.91	1024	100	20000	5	2976.695682
2019_11226150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2980.261142
2019_11226200.wav	59.91	1024	100	20000	5	2979.557797
2019_11226250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.372509
2019_11226300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2989.30166
2019_11226350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.215034
2019_11226400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2982.138427
2019_11226450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2970.85182
2019_1122650.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.656691
2019_11226500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2971.894585
2019_11226550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.036801
2019_1122700.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.96059
2019_11227100.wav	59.91	1024	100	20000	5	2973.725507
2019_11227150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2972.950358
2019_11227200.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.269555
2019_11227250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2973.769781
2019_11227300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2974.936471
2019_11227350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2982.070088
2019_11227400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2971.977906
2019_11227450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2941.176631
2019_1122750.wav	59.91	1024	100	20000	5	2972.272302
2019_11227500.wav	59.91	1024	100	20000	5	3070.534306
2019_11227550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.886363
2019_1122800.wav	59.91	1024	100	20000	5	2976.750105
2019_11228100.wav	59.91	1024	100	20000	5	2973.817445
2019_11228150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2954.034394
2019_11228200.wav	59.91	1024	100	20000	5	2988.400626
2019_11228250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2931.308418
2019_11228300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2980.792594
2019_1122850.wav	59.91	1024	100	20000	5	2981.796104

### Valores de ACI: Casuarina-Anoitecer

FILENAME	DURATION	FFT_W	MIN_FREQ	MAX_FREQ	J	LEFT_CHANNEL
2019_112117300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2995.167419
2019_112117350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2981.441391
2019_112117400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.608727
2019_112117450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2994.187094
2019_112117500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2949.087422
2019_112117550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2954.336811
2019_11211800.wav	59.91	1024	100	20000	5	2916.872054
2019_112118100.wav	59.91	1024	100	20000	5	2982.201021
2019_112118150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2973.146381
2019_112118200.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.606475
2019_112118250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2976.58297
2019_112118300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.264182
2019_112118350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2983.200229
2019_112118400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2985.854429
2019_112118450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2985.507946
2019_11211850.wav	59.91	1024	100	20000	5	2978.188736
2019_112118500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2978.381962
2019_112118550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.585355
2019_11211900.wav	59.91	1024	100	20000	5	2976.752339
2019_112119100.wav	59.91	1024	100	20000	5	2982.659706
2019_112119150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2985.984548
2019_112119200.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.565155
2019_112119250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2979.342916
2019_112119300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2984.452923
2019_112119350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2985.393826
2019_112119400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2979.540698
2019_112119450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2980.062869
2019_11211950.wav	59.91	1024	100	20000	5	2979.525154
2019_112119500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2982.120287
2019_112119550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2981.298217
2019_11212000.wav	59.91	1024	100	20000	5	2984.438402
2019_112120100.wav	59.91	1024	100	20000	5	2979.098066
2019_112120150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.942632
2019_112120200.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.671612
2019_112120250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2982.074144
2019_112120300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2979.75667
2019_112120350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2980.212529
2019_112120400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2977.270127
2019_112120450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2979.040537
2019_11212050.wav	59.91	1024	100	20000	5	2980.11564
2019_112120500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2978.477669
2019_112120550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2982.405773
2019_11212100.wav	59.91	1024	100	20000	5	2980.962951
2019_112121100.wav	59.91	1024	100	20000	5	2985.920682
2019_112121150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2978.102917
2019_112121200.wav	59.91	1024	100	20000	5	2980.7725
2019_112121250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2980.117981
2019_112121300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.30376
2019_112121350.wav	59.91	1024	100	20000	5	2981.476139
2019_112121400.wav	59.91	1024	100	20000	5	2974.633676
2019_112121450.wav	59.91	1024	100	20000	5	2976.683206
2019_11212150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2976.281546
2019_112121500.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.799075
2019_112121550.wav	59.91	1024	100	20000	5	2972.762282
2019_11212200.wav	59.91	1024	100	20000	5	2971.498
2019_112122100.wav	59.91	1024	100	20000	5	2973.911203
2019_112122150.wav	59.91	1024	100	20000	5	2974.168401
2019_112122200.wav	59.91	1024	100	20000	5	2973.673237
2019_112122250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2975.877836
2019_112122300.wav	59.91	1024	100	20000	5	2969.393456
2019_11212250.wav	59.91	1024	100	20000	5	2976.709296

Ficha catalográfica elaborada por  
Marcia da Silva  
CRB7 5299

R175

Ramos, Yagho Ferreira.

Paisagem acústica: comparação de biodiversidade entre ambientes de restinga na Região dos Lagos/RJ / Yagho Ferreira Ramos. – Arraial do Cabo, RJ, 2019.

66 f.: il.; 21 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Ambientais em Áreas Costeiras) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, 2019.

Orientador: Prof. MSc. Murilo Minello

Coorientador: Prof. MSc. Fábio Contrera Xavier

1. Acústica - Ecologia. 2. Monitoramento Ambiental. 3. Restinga – Lagos (RJ ; Microrregião). I. Minello, Murilo. II. Xavier, Fábio Contrera. III. Título.

IFRJ/CAC/CoBib

CDU : 504.6:551.435.32 (815.3)