



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MUDANÇAS TEMPORAIS NA MATA ATLÂNTICA E O EFEITO NOS ÍNDICES ACÚSTICOS E NA OCORRÊNCIA DE AVES EM ÁREAS DE EUCALIPTOS COM RESTAURAÇÃO NATURAL

Ricardo Sartorello ^(a), Murillo Prado ^(b), Mônica Andrade ^(c), Daniela Kokubun ^(d),
Letícia Marques ^(e)

^(a) Núcleo de Ciências Ambientais, Universidade de Mogi das Cruzes,
ricardosartorello@umc.br

^(b) Núcleo de Ciências Ambientais, Universidade de Mogi das Cruzes,
murilloprado199@gmail.com

^(c) Núcleo de Ciências Ambientais, Universidade de Mogi das Cruzes,
monica.andrad25@gmail.com

^(d) Núcleo de Ciências Ambientais, Universidade de Mogi das Cruzes,
nakasato.18@outlook.com

^(e) Núcleo de Ciências Ambientais, Universidade de Mogi das Cruzes, letmarq@gmail.com

Eixo: II Workbio - Workshop de Biogeografia Aplicada

Resumo

A supressão da Mata Atlântica do Sudeste para o plantio de eucalipto promoveu alterações na paisagem e, atualmente, o abandono de antigas plantações permitem o processo de regeneração natural. Novas técnicas de monitoramento utilizando índices acústicos são empregadas para avaliar os efeitos sobre a biodiversidade. Essa pesquisa visa avaliar a diversidade acústica e a ocorrência de aves em diferentes fisionomias vegetais, com levantamentos comparados da paisagem sonora. Os métodos utilizados foram: definição da área de estudo; coleta de dados; análise do índice acústico; análise da ocorrência de aves por identificação de vocalizações; e análise estatística. A fisionomia de eucalipto manejado apontou o maior índice de diversidade acústica devido a maior influência de elementos abióticos; contudo essa fisionomia apresentou a menor ocorrência de vocalizações de aves, sendo significativamente distinta das áreas de eucalipto com regeneração e áreas controles de Mata Atlântica, com ocorrências mais similares.

Palavras chave: Mata Atlântica, Aves, Mudanças, Paisagem Sonora e Restauração Natural.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

1. Introdução

As mudanças na paisagem promovidas pelas sociedades humanas geram importantes efeitos sobre a biodiversidade, como a fragmentação de habitats, a extinção de espécies e a perda de serviços ecossistêmicos. No Brasil, a Mata Atlântica, reduzida a uma fração do seu tamanho original, é um exemplo desse processo (FHARIG *et al.*, 2003; FORMAN, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2009).

A Mata Atlântica sofre de forma sistemática um processo abrupto de transformação, tendo sua área original de mais de um milhão de quilômetros quadrados reduzida para cerca de 12% remanescente, distribuídos em sua maioria (84%) em fragmentos com menos de 50 hectares (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Esse processo de divisão de áreas contínuas de biótopos em duas ou mais áreas menores é denominado fragmentação (LANG; BLASCHKE, 2009) e possui um grande efeito negativo sobre a diversidade de espécies. Apesar disso, é um dos fatores marcantes nas mudanças na cobertura vegetal.

As mudanças em florestas tropicais, como a Mata Atlântica, e a substituição de habitats naturais por monoculturas de plantação de árvores, resultam na simplificação da estrutura e composição da vegetação e na redução da riqueza de espécies de aves, alterando também a composição das comunidades (LINDENMAYER e HOBBS, 2004; MAZUREK e ZIELINSKI, 2004).

Mudanças na composição e comunidade de aves estão relacionadas a capacidade que as espécies possuem de colonizar habitats modificados e, geralmente, espécies dependentes de sistemas florestais são o grupo mais afetado, quando comparado a grupos de espécies generalistas (STOTZ *et al.*, 1996; LINDENMAYER *et al.*, 2003;). Como consequência da alta sensibilidade aos distúrbios humanos, a maioria das espécies de aves neotropicais ameaçadas de extinção no planeta são espécies dependentes de ambientes florestais (PETIT AND PETIT, 2003; ZURITA, 2006).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Diversos estudos têm sido desenvolvidos nos últimos anos utilizando a gravação e análise dos sinais acústicos de aves, insetos e outros organismos para avaliar os efeitos dos distúrbios naturais e antropogênicos na biodiversidade, no entanto, ainda existem múltiplas possibilidades de exploração do assunto (BLUMSTEIN *et al.*, 2011; PROPPE *et al.*, 2013; SUEUR *et al.*, 2008b).

A ecologia sonora é o estudo dos sons na paisagem (soundscape) e é baseada em como os sons de fontes biológicas, geofísicas e antropogênicas podem ser usados para a compreensão dos sistemas naturais e humanos em múltiplas escalas temporais e espaciais (PIJANOWSKI *et al.*, 2011).

Uma das formas de avaliação da biodiversidade é a análise dos diferentes sinais acústicos presentes em cada tipo de fisionomia vegetal, bioma, etc., como por exemplo, o índice de diversidade acústica (GAGE e NAPOLETANO, 2004).

O monitoramento acústico passivo usa gravadores colocados em uma área de estudo para gravar vocalizações e detectar a presença de espécies (BLUMSTEIN *et al.*, 2011). Os métodos acústicos oferecem uma maneira econômica de colecionar de forma autônoma grandes quantidades de dados, fornecendo registros contínuos, simultâneos e permanentes de animais vocais que podem ser revisados e reanalisados para responder a novas questões ou para aplicar novos métodos (AIDE *et al.*, 2013).

Como uma forma de avaliar os efeitos das mudanças na Mata Atlântica, propõe-se o estudo que avalie a biodiversidade por meio de índices acústicos e da ocorrência de espécies de aves em diferentes locais, impactados por mudanças abruptas, por meio de levantamentos comparados da paisagem sonora.

2. Métodos

2.1. Área de Estudo

A escolha das áreas considerou o histórico de mudanças na Mata Atlântica nativa, desde a supressão para o plantio de espécies exóticas como o Eucalipto e o



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Pinus, até fisionomias vegetais que representam a restauração da Mata Atlântica em diferentes estágios de sucessão ecológica.

A partir de análises preliminares de imagens de satélites e pesquisa sobre os distúrbios e manejo nos locais, foram escolhidos cinco tipos de fisionomias: Eucalipto com manejo (E1); Eucalipto abandonado com regeneração natural com até sete anos (E2); Eucalipto abandonado com regeneração natural entre 14 e 21 anos (E3); Mata Atlântica com processo de restauração em estágio de sucessão ecológica inicial (M1); e Mata Atlântica com processo de restauração em estágio de sucessão ecológica médio (M2).

Foram selecionados dois conjuntos de áreas de estudo na região do Alto Tietê, cada um com as cinco fisionomias de vegetação desejadas: o primeiro na Serra do Itapeti, em Mogi das Cruzes, nas duas unidades de conservação que existem na Serra, o Parque Natural Municipal da Serra do Itapeti “Chiquinho Veríssimo”, com grande área de Mata Atlântica em estágios médio e inicial de regeneração e a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Botujuru, constituída basicamente por áreas de eucaliptos, algumas ainda manejadas e outras abandonadas há cerca de 20 anos; o segundo conjunto foi selecionado próximo a Serra do Mar, na parte sul do município de Mogi das Cruzes e norte de Bertioga, correspondendo à área do Parque das Neblinas, também com cultivo de eucalipto abandonado há mais de 20 anos, mas cercada por grandes fragmentos florestais que estão diretamente conectados com os remanescentes do Parque Estadual da Serra do Mar. Em cada conjunto foram selecionadas duas áreas para cada tipo de fisionomia, totalizando 20 áreas.

2.2. Coleta de dados

Vinte gravadores profissionais, modelo SM3 (Wildlife), foram instalados, seguindo o desenho experimental pré-estabelecido, nas áreas na Serra do Itapeti e Parque das Neblinas, na região sudeste do Estado de São Paulo (Figura 1).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

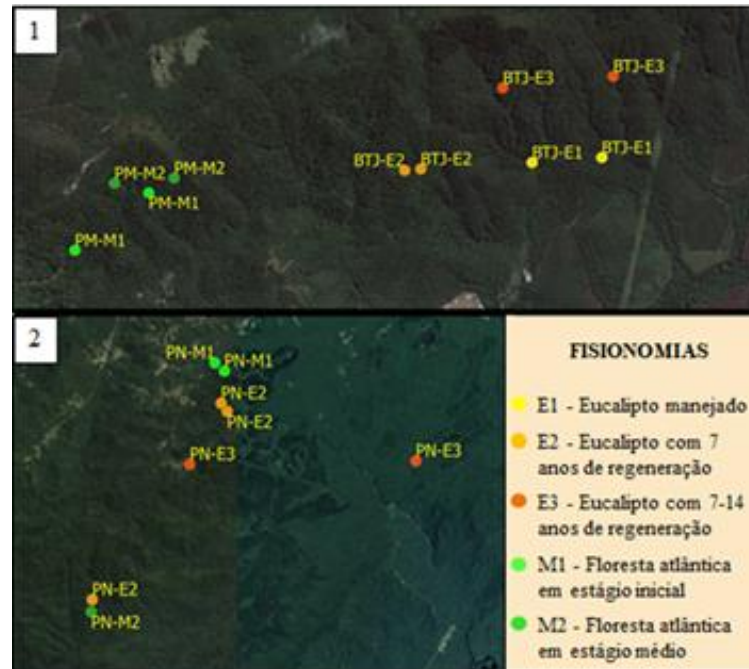


Figura 1 - Áreas das fisionomias vegetais selecionadas para a instalação dos gravadores levantamento da ocorrência de aves na Serra do Itapeti (1) e na Serra do Mar (2). Org. Ricardo Sartorello, 2018.

Os gravadores foram programados para gravar por 2 horas no período da manhã, 10 minutos nas horas mais quentes do dia e 35 minutos no período noturno, com gravação mais intensa no início da noite (a cada 5 minutos), durante o período de amostragem. Os arquivos possuem formato *wav*, não compactados.

A distância mínima entre os gravadores foi de 200 metros, evitando assim sobreposições de informações. Os gravadores foram instalados entre os dias 21 e 23 de dezembro de 2017 e foram retirados entre os dias 21 e 23 de janeiro de 2018, permanecendo em média 30 dias em cada ponto.

2.3 Análise de diversidade acústica



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O índice de diversidade acústica, é baseado na quantificação de imagens de espectrogramas, calculados pela divisão do espectro em intervalos de frequência (GAGE e NAPOLETANO, 2004).

Para a análise por índices acústicos foram selecionados 5 áudios de cada gravador, correspondendo a 1 áudio no horário das 6h a cada 5 dias. Foram utilizados os pacotes Seewave, TurneR e ineq, do software R 3.5.2, desenvolvidos para a análise sonora. Um espectrograma foi gerado para os arquivos de áudio selecionados.

O espectrograma corresponde a um gráfico de energia por frequência, gerado a partir de uma transformação de Fourier que converte o sinal de onda sonora em níveis de amplitude por frequência (VILLANUEVA-RIVERA *et al.*, 2011).

O pacote Seewave transforma os dados do espectrograma em uma matriz numérica, a partir da qual o índice de diversidade foi calculado, utilizando o script `soundscape_band_diversity.R`, de Villanueva-Rivera *et al.*, 2011. O script também gerou o índice de equitabilidade de espécies, pela função Gini do pacote ineq. A partir dos índices de diversidade e equitabilidade de cada gravador, foi calculado o valor médio para cada fisionomia.

2.5 Análise da ocorrência de aves por identificação de vocalizações

A análise da ocorrência de aves foi feita a partir da dos dois primeiros dias de gravação, 23 e 24 de dezembro de 2017. Em cada dia foram sorteados 11 minutos de gravação, sendo eles 9 minutos entre às 5h30 e 7h30, horário de maior atividade das aves, 1 minutos entre às 10h e 12h e, por fim 1 minuto no período noturno. A amostragem por sorteio dos áudios foi necessária devido à grande quantidade de informação obtida e o tempo limitado para análise.

As marcações das vocalizações foram realizadas por meio de análise visual do espectrograma e audição dos arquivos utilizando o programa Raven Lite 2.0,



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

desenvolvido pelo Laboratório de Ornitologia da Cornell University. O programa permite a visualização das frequências sonoras (Hz) e espectrogramas, proporcionando a diferenciação dos cantos das aves pelos tipos de comportamento das ondas sonoras. O índice da quantidade de diferentes vocalizações de aves foi calculado por meio das marcações para cada fisionomia vegetal

Os valores obtidos pelos índices e contagem de vocalizações foram comparados pelo método de análise estatística ANOVA e teste de separação de Tukey, utilizando o programa GraphPad Prism 5.0. A normalidade dos dados foi testada por meio do teste de Shapiro-Wilk, no programa R 3.5.1.

3. Resultados e discussões

3.1 Diversidade acústica

A análise inicial de 100 áudios a partir do índice de diversidade acústica demonstrou que as áreas de Eucalipto 1 e 2 apresentam maior diversidade de sons, valor que diminui nas áreas de Eucalipto 3 e Mata 1 e volta a crescer nas áreas de Mata 2 (Figura 2).

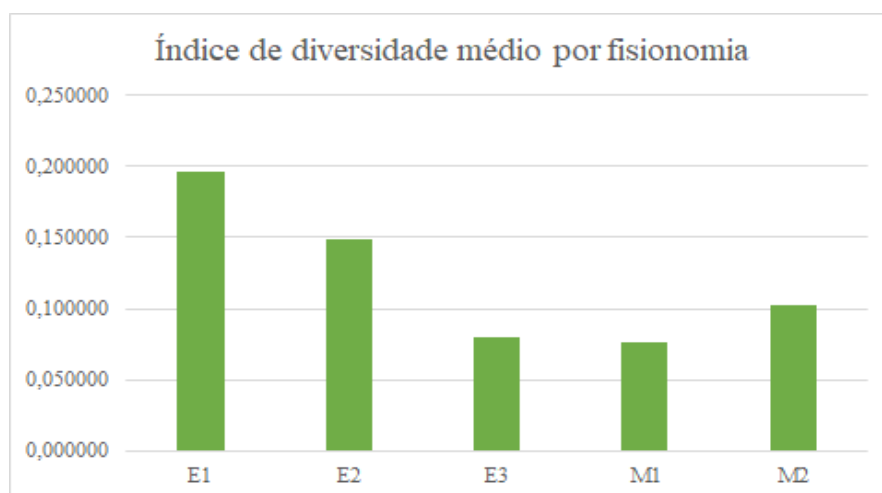


Figura 2 - Gráfico gerado a partir do cálculo do índice de diversidade médio em cada fisionomia estudada.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O teste estatístico apontou que as áreas de Eucalipto 1 e Eucalipto 2 são significativamente distintas ($p < 0,05$) das áreas de Eucalipto 3, Mata 1 e Mata 2, porém não apresentam diferenças significativas entre si, assim como as áreas de Eucalipto 3, Mata 1 e Mata 2.

Essas diferenças indicam que a paisagem sonora responde à mudanças de ambiente, sendo uma característica descritiva do meio. Uma medida simples da diversidade sonora em um espectrograma resume os dados acústicos complexos de maneira efetiva (VILLANUEVA-RIVERA *et al.*, 2011).

Em relação à diversidade sonora, as áreas de Eucalipto 3 se comportam de forma semelhante às áreas de Mata em maiores estágios de regeneração, o que pode indicar que o tempo de abandono do eucalipto promoveu uma aproximação dessa área à suas características iniciais, provavelmente por uma regeneração natural se seu sub-bosque.

Por outro lado, as áreas de Eucalipto 1, que recebem manejo e corte de sub-bosque, se distanciam em quase 100% das características de uma área de Mata, em relação à paisagem sonora. Isso pode indicar o impacto causado por essas plantações em uma ambiente natural.

A fisionomia composta por Eucalipto 2, com abandono mais recente, apresenta-se como uma clara transição entre os estágios 1 e 3 de eucalipto. No entanto, essas áreas ainda apresentam-se mais próximas ao estágio com maior alteração.

Os índices mais altos de diversidade sonora em Eucalipto 1 e 2 podem estar relacionados à geofonia ou até mesmo à antropofonia, visto que o tipo de vegetação aberta favorece a interferência e propagação desses sons. No entanto, o aumento no índice de diversidade das áreas de Mata 2, em relação à Mata 1, indica maior diversidade nos sons bióticos, em especial de espécies de aves.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

3.1 Ocorrência de aves por identificação de vocalizações

Ao todo foram analisados 440 áudios de 1 minuto dos 20 gravadores distribuídos nas fisionomias estipuladas, nos quais identificou-se um total de 1.356 vocalizações. A fisionomia Mata 2 apresentou o maior número de vocalizações, enquanto as áreas de Eucalipto 1 apresentaram a menor quantidade (figura 3).

As fisionomias de Eucalipto 2 e Eucalipto 3 apresentaram uma quantidade de vocalizações muito próximas entre si e diferenciam-se das áreas de Eucalipto 1, que recebem manejo. Apesar disso, o teste de Tukey apontou que a diferença no número de vocalizações só é significativa entre as áreas de Eucalipto 1 e Matas 1 e 2.

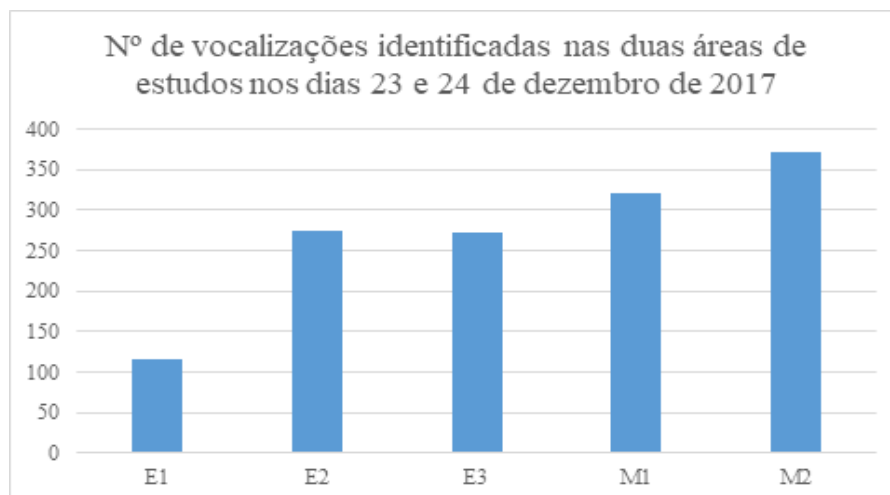


Figura 3. Gráfico realizado com os resultados somados de gravadores por fisionomia.

As fisionomias de Eucalipto 2 e Eucalipto 3 apresentaram uma quantidade de vocalizações muito próximas entre si e diferenciam-se das áreas de Eucalipto 1, que recebem manejo. Apesar disso, o teste de Tukey apontou que a diferença no número de vocalizações só é significativa entre as áreas de Eucalipto 1 e Matas 1 e 2.

Os eucaliptos manejados são a única fisionomia que não possui elementos nativos, assim o baixo número de vocalizações pode indicar que a ocorrência de aves é inferior por falta de recursos para sua sobrevivência.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

As áreas de eucalipto em que o sub-bosque é mais desenvolvido e as áreas de florestas em maior estágio de regeneração, são bons refúgios para as aves, por conterem mais recursos, favorecendo sua manutenção e reprodução. Desta forma a quantidade de vocalizações tende a crescer nessas áreas.

A interferência de fatores naturais, como o clima, deve também ser considerada na variação dos resultados entre as fisionomias, visto que influenciam no método utilizado (BRYAN *et al.*, 2011). Ruídos gerados por chuva ou insetos próximos aos gravadores provocaram dúvidas e impossibilitaram a identificação de vocalizações das aves em alguns áudios. CHRISTOS *et al.* (2017) também relatou a interferência de ruídos de insetos nos áudios, gerando inconsistências na identificação de espécies de aves.

4. Considerações finais

Os resultados apontam evidências de que os plantios de eucaliptos abandonados com regeneração natural de Mata Atlântica podem apresentar ocorrência de vocalização de aves mais similar às fisionomias de Mata Atlântica em estágio inicial do que quando comparados ao eucalipto manejado. Fato que deveria ser considerado na interpretação do papel desse tipo de plantio exótico nos planejamentos para manejo e restauração desse tipo de área.

Por outro lado o índice acústico mostra que a diversidade acústica é maior no eucalipto manejado, indicativo de que a biofonia na paisagem acústica pode conter outros grupos que não foram analisados, com insetos e anuros, além de maior potencial para a presença de geofonia e antropofonia, por ser uma formação mais aberta.

Conclusões mais específicas dependem do aprofundamento das análises, como a identificação das espécies de aves registradas nos áudios e aplicação de outros índices acústicos



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Agradecimentos

À UNESP de Rio Claro - Laboratório de Ecologia Espacial do Departamento de Ecologia pelo empréstimo dos equipamentos; e ao Instituto Ecofuturo e a Prefeitura de Mogi das Cruzes por ceder as áreas de estudo.

Referências bibliográficas

AIDE, T. M. et. al. Real-time bioacoustics monitoring and automated species identification. *Peer J.* 1, e 103, 2013.

BLUMSTEIN, D. T. et al. Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus. *J. Appl. Ecol.* 48, 758–767, 2011.

BRYAN, C. Pijanowski, Luis J. Villanueva-Rivera, Sarah L. Dumyahn, Almo Farina, Bernie L. Krause, Brian M. Napoletano, Stuart H. Gage, Nadia Pieretti; *Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape*, *BioScience*, Volume 61, Issue 3, 1 203–216, 2011.

CHRISTOS, Mammides, Eben Goodale, Salindra K. Dayananda, Luo Kang, Jin Chen, Do acoustic indices correlate with bird diversity? Insights from two biodiverse regions in Yunnan Province, south China, *Ecological Indicators*, Volume 82, 470-477, 2017.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, v. 34, p. 487-515, 2003.

FORMAN, R.T.T. *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

GAGE, S.H., NAPOLETANO, B. *Envirosonics Equipment and Operations Manual*. Computational Ecology and Visualization Laboratory, Michigan State University, 30 pp, 2004

LANG, S.; BLASCHKE, T. *Análise da paisagem com SIG*. Trad. Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LINDENMAYER, D. B.; HOBBS, R. Fauna conservation in Australian plantation forests—a review. *Biol. Conserv.* 119, 151–168, 2004.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

LINDENMAYER, D. B.; MCINTYREB, S.; FISCHER, J. Birds in eucalypt and pine forests: landscape alteration and its implications for research models of faunal habitat use. *Biol. Conserv.* 110, 45–53., 2003.

MAZUREK, M. J.; ZIELINSKI, W. J. Individual legacy trees influence vertebrate wildlife diversity in commercial forests. *Forest Ecol. Manage.* 193, 321–334. 2004.

PETIT, L. J.; PETIT, D. R. Evaluating the importance of human-modified lands for neotropical bird conservation. *Conserv. Biol.* 17, 687–694, 2003.

PIJANOWSKI, B.C. et al. Soundscape Ecology: the science of sound in the landscape. *Bioscience* 61, 203–216, 2011.

PROPPE, D. S.; STURDY, C. B.; ST CLAIR, C. C. Anthropogenic noise decreases urban songbird diversity and may contribute to homogenization. *Glob. Change Biol.* 19, 1075–1084, 2013.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 149. 2009.

SUEUR, J. et al. Rapid acoustic survey for biodiversity appraisal. *PLoS ONE* 3, e4065, 2008b.

STOTZ, D.F. et al. *Neotropical Birds: Ecology and Conservation*. The University of Chicago Press, Chicago, 1996.

VILLANUEVA-RIVERA, L. J.; PIJANOWSKI, B. C., DOUCETTE, J.; PEKIN, B. A primer of acoustic analysis for landscape ecologists. ***Landscape Ecology***, n.26, p.1233–1246, 2011

ZURITA, G. A.; REY, N.; VARELA; D. M.; VILLAGRA, M.; BELLOCQ, M. I. Conversion of the Atlantic Forest into native and exotic tree plantations: Effects on bird communities from the local and regional perspectives. *Forest Ecology and Management* 235 164–173, 2006.