

PR-407 E SEU IMPACTO NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO: ESTUDO DO EFEITO DE BORDA A PARTIR DE ANÁLISE SONOGRÁFICA

Manoela Hartmann Martins de Lima

Instituto Federal do Paraná – Campus Paranaguá
Paranaguá, Paraná – Brasil
manoela.hartmann3@gmail.com

Leandro Gumboski

Instituto Federal do Paraná – Campus Paranaguá/Universidade de São Paulo
Paranaguá, Paraná – Brasil
leandro.gumboski@ifpr.edu.br

Leandro Angelo Pereira

Instituto Federal do Paraná – Campus Paranaguá
Paranaguá, Paraná – Brasil
leandro.pereira@ifpr.edu.br

Recebido em 20/10/2020. Aprovado em 09/11/2020.
DOI: [dx.doi.org/10.5380/guaju.v6i2.77167](https://doi.org/10.5380/guaju.v6i2.77167)

Resumo

Atualmente, alguns dos problemas ambientais existentes e com grande impacto em Unidades de Conservação Ambiental (UC) são as rodovias e o tráfego intenso nelas. A rodovia que delimita a borda de uma área de proteção gera diferentes efeitos de bordas a partir de fatores diversos. A borda originada da poluição resultante da combustão dos veículos, por exemplo, é diferente da borda formada pela interferência sonora desses mesmos veículos que trafegam pela rodovia. Para solucionar essa problemática, a bioacústica, apesar de ser uma área de estudo recente, vem buscando soluções a partir de duas perspectivas distintas: estudo do próprio ambiente e análise da comunicação de determinadas espécies. Este trabalho, seguindo a primeira linha de pesquisa mencionada, tem por objetivo analisar a absorção acústica de uma UC de Mata Atlântica que sofre com interferência elevada da rodovia PR-407: a Floresta Estadual do Palmito (FEP). Para tanto, a metodologia do trabalho contou com três principais etapas: coleta

inicial de dados sonoros para identificar as principais faixas de frequência emitidas pela rodovia; produção de um arquivo de áudio fundamentado no espectro de frequências identificado inicialmente; emissão controlada na mata dessa faixa de áudio produzida e gravações comparadas em trilha existente na FEP e em região de mata fechada da mesma UC. Os primeiros resultados alcançados por esta pesquisa em andamento indicam uma atenuação de 33,45% na mata em relação à trilha, sugerindo que a vegetação que compõe a borda da reserva a partir da rodovia apresenta importante função nos processos de absorção dos sons abióticos.

Palavras-chave: Bioacústica. Efeito de borda. Absorção acústica. Mata Atlântica. Unidade de Conservação.

PR-407 and its impact for Palmito State Forest: study of edge effect from sonographic analysis

Abstract

Currently one of the existing environmental problems and with great impact on environmental Conservation Units (CU) are the highways and the heavy traffic on them. The highway, which delimits the edge of a protected area, generates different edge effects from different factors. The edge originated from pollution resulting from the combustion of vehicles, for example, is different from the edge formed by the noise interference of these same vehicles traveling along the highway. To solve this problem, despite being a recent area of study, bioacoustics has been seeking solutions from two different perspectives: study of the environment itself and analysis of the communication of certain species. This work, following the first line of research mentioned, aims to analyze the acoustic absorption of an Atlantic Forest CU that suffers with high interference from the PR-407 highway: Palmito State Forest (PSF). Therefore, the work methodology had three main steps: initial sound data collection to identify the main frequency bands emitted from the highway, production of an audio file based on the initially identified frequency spectrum, and controlled emission of this frequency band audio produced concomitantly with comparisons recorded in the existing trail in PSP and in the dense forest region of the same CU. The results achieved by this research indicate an attenuation of up to 33.75% in relation to the trail, suggesting that the vegetation that makes up the edge of the CU from the highway plays an important role in the abiotic sound absorption processes. There are acoustic phenomena such as absorption, diffraction and reflection, and these phenomena have some interaction with the forest and the environment, sometimes spreading the sound, sometimes absorbing it, interfering with its propagation.

Keywords: Acoustic absorption. Atlantic Forest. Conservation Unit. Bioacoustics.

Introdução

Comunicação é peça-chave na sobrevivência das espécies em um ecossistema. Nós, humanos, temos a fala, a escrita, a música, dentre tantas outras maneiras de nos comunicarmos uns com os outros. Já as inúmeras espécies que compõem a fauna de um ecossistema apresentam, cada qual, um conjunto de códigos de comunicação. Para compreender essas formas de comunicação animal criamos maneiras de entender o que essas distintas formas querem dizer. Quando a comunicação animal utiliza o som como meio, a área científica de estudos adotada é a bioacústica.

Conforme Pasaroglo (2018a), os estudos em bioacústica podem ser classificados em dois grandes grupos: aqueles que identificam e analisam modos específicos de comunicação de determinadas espécies, e aqueles estudos que se dedicam à análise do ambiente. Com estudos sonoros é possível detectar a influência das atividades humanas sobre a vida selvagem. Cada espécie tem seus motivos (reproduzir-se, comunicar-se, afastar predadores) para se estabelecer em faixas específicas de som. Sabe-se que algumas espécies da fauna dependem de faixas de frequência sonora específicas para estabelecer comunicação com outros indivíduos, de sua espécie ou não (RIBEIRO, 2008). O ambiente em que essas espécies se encontram é um dos mais relevantes condicionantes para que sua vocalização ou canto se estabeleça em faixas mais agudas ou mais graves. Atualmente, há uma ameaça causada pela poluição sonora (fator que altera o comportamento sonoro) que atinge os animais que dependem do som: esse grupo é um dos mais vulneráveis.

As estradas implicam em mudanças nas estruturas das paisagens e inserem poluentes, causando mudanças comportamentais e mortalidade. Ruídos antropogênicos, como o do tráfego de veículos nas estradas, mascaram sons dos animais, que acabam tendo um gasto energético maior devido à necessidade do aumento da intensidade do seu som.

Isso posto, o escopo deste trabalho compreende a relação da rodovia PR-407 com a Unidade de Conservação (UC) Floresta Estadual do Palmito (doravante, FEP) no que tange aos aspectos sonoros. Objetiva-se identificar e examinar sonograficamente a margem de frequência sonora tipicamente emitida na rodovia PR-407, além de analisar a capacidade de retenção de frequências específicas dentro da área de mata fechada da FEP. Em conclusão, busca-se analisar quantitativamente a capacidade de absorção acústica da mata na UC utilizada como campo de estudo, que se localiza às margens da rodovia.

Desenvolvimento

Revisão de literatura

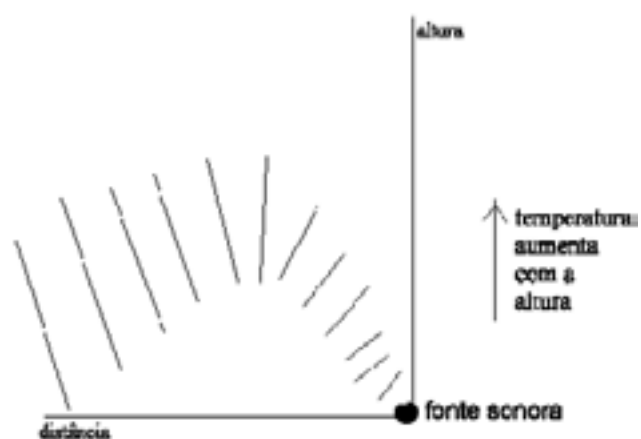
Acústica

O som é a qualidade perceptiva associada à existência de ondas mecânicas que se propagam em meios materiais (não se propagam no vácuo) por meio da recepção do distúrbio de partículas nesse meio por um determinado tempo. Para que isso aconteça, são necessários três principais elementos: emissor, meio e receptor (LAZZARINI, 1998). O emissor tem função de produzir as ondas no meio e o receptor de recebê-las.

Como fenômeno físico, som forte é uma vibração de muita energia e grande amplitude; já um som fraco é de pouca energia e baixa amplitude. Isso se correlaciona com os quatro principais parâmetros do som: altura, timbre, duração e intensidade. Cada um deles apresenta uma função distinta. A altura é a propriedade do som que permite diferenciar sons graves, médios e agudos e é medida em Hertz (Hz). Timbre é o parâmetro pelo qual se identifica a origem sonora, se é natural ou sintética, por exemplo. Pela duração se diferenciam sons mais curtos de sons que são mais longos, com implicações de ordem psicoacústica (LONDON, 2012). Intensidade é o grau do volume sonoro, a partir do qual se diferenciam sons fortes de sons fracos, qualidade essa medida em Decibéis (Db) (HUBER; RUNSTEIN, 2010).

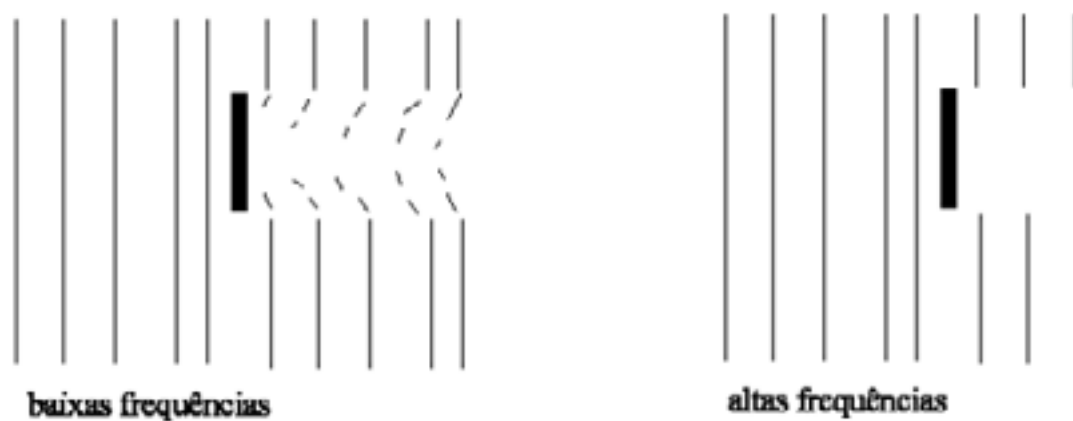
Cumprindo observar, para este trabalho, alguns fenômenos sonoros: refração, difração, reflexão e absorção. Há especificidades inerentes a cada um deles ainda que, na maioria das situações reais, não aconteçam isoladamente. A *refração* (ver Figura 1) é a mudança da onda de um meio físico para outro que geralmente é acompanhada por uma mudança na direção de propagação da onda. *Difração* (ver Figura 2) é o fenômeno no qual a onda encontra algo que impede a sua propagação, obrigando-a a encontrar uma saída ou outro espaço para dar continuidade à sua propagação, contornado, de alguma forma, o objeto em questão. Uma *reflexão* (ver Figura 3) sonora acontece quando as ondas encontram qualquer superfície que as impedem de continuar a se propagar, obrigando-as a refletir novamente no sentido oposto. Por fim, quando um som é absorvido ao entrar em contato com qualquer tipo material, denominamos esse fenômeno de *absorção*. Em todos esses processos as ondas sonoras perdem energia, em uns mais do que em outros (MURGEL, 2007).

Figura 1 - Exemplo de Refração



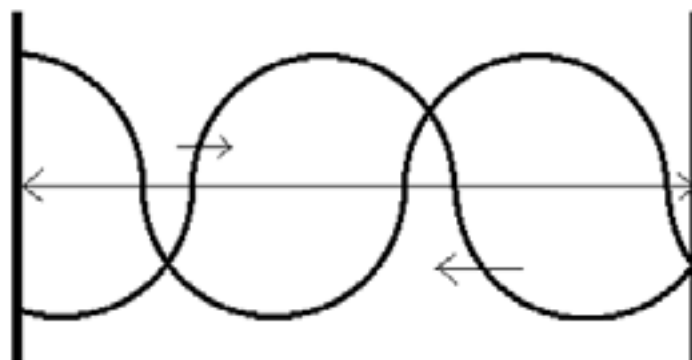
Fonte: LAZZARINI (1998).

Figura 2 - Exemplo de Difração



Fonte: LAZZARINI (1998).

Figura 3 - Exemplo de Reflexão



Fonte: LAZZARINI (1998).

Bioacústica

Todos os animais precisam de uma forma de interação com outros. Alguns deles produzem sons que servem para a interação e comunicação entre si ou entre diferentes espécies, seja em ambientes terrestre, aéreos ou aquáticos. O estudo das funções ou das características desses sons é o que denominamos *bioacústica* (HAUSER, 1996), estudo dos sons dos animais que representam sinais de comunicação e tem papel fundamental no comportamento das espécies (SIMMONS; POPPER; FAY, 2003).

O som tornou-se uma das mais importantes ferramentas para o reconhecimento e taxonomia de espécies, já que hoje é mais facilmente captado por conta dos bons equipamentos de gravação que temos, tanto em qualidade quanto na portabilidade desses equipamentos. Porém, o acesso à produção sonora de muitas espécies ainda é um dos grandes desafios dos estudiosos de bioacústica. Por outro lado, uma vez captada a sonoridade de uma certa espécie, o material estará integral e facilmente disponível para análise, descrição e reprodução. Por isso, a bioacústica vem utilizando conceitos acústicos, como os descritos anteriormente, para explicar alguns processos bióticos por meio da comunicação acústica. Hoje, a descrição da vocalização é obrigatória para caracterizar espécies de aves, grilos, anuros e anfíbios. Muitas espécies desses grupos de animais só foram descobertas graças a estudos de bioacústica, como, por exemplo, o Caburé-da-Amazônia (VIELLIARD; SILVA, 2010). Desse modo, podemos dividir a área em dois grandes grupos: um que explica a comunicação específica de espécies e a outra parte que se dedica a analisar o ambiente por meio dos sons e ruídos que nele existem, já que o ambiente é uma condicionante crucial para o bem-estar e sobrevivência de todos os animais (PASAROGLO, 2018b).

Processos biológicos são submetidos a processos evolutivos, inseridos no comportamento e no ambiente das espécies que os desenvolvem, tal qual como ocorre com a bioacústica (VIELLIARD; SILVA, 2010). Entretanto, a bioacústica, como área de pesquisa científica, toma forma somente no período posterior à Primeira Guerra, quando os então recentes equipamentos de gravação e reprodução sonora passam a ser comercializados mais intensamente. Até então, os estudos pioneiros dos séculos XVII, XVIII e XIX, motivados em grande parte pela curiosidade de personalidades como Hercule Florence (1804-1879), costumavam ser reconhecidos pela designação de *zoophonia*¹.

1 Embora o termo tenha caído em desuso no início do século passado, é possível encontrar em algumas obras brasileiras nos anos de 1930 e 1940, como as de Mário de Andrade, que se utilizava do termo *zoophonia* para se referir ao canto dos pássaros e da influência desse ambiente sonoro nas manifestações musicais que compõem o folclore brasileiro, então objeto de estudo dele.

Efeito(s) de borda(s)

Efeito de borda acontece em áreas de transição entre dois espaços distintos: um espaço natural e outro construído ou com interferência humana. Em suma, corresponde às áreas de encontro de dois ecossistemas (FARIA, 2018). É uma área caracterizada por mudanças, abruptas ou graduais, mudanças essas que podem ser físicas, como temperatura ou umidade, ou alterações bióticas nos ecossistemas (MALCHOW; KOEHLER; NETTO, 2006). As bordas são áreas mais expostas a perturbações externas e todo esse processo acaba sendo um fator condicionante e selecionador das comunidades capazes de se instalarem e utilizarem as bordas como área de desenvolvimento, devido às adaptações necessárias para as espécies habitarem com sucesso esses ambientes (PACIENCIA; PRADO, 2004). Conforme Antunes e Moro (2017), bordas causadas por estradas têm algumas especificidades e por isso diferem de bordas ocasionadas por outros fatores, pois nelas ocorre um processo denominado fragmentação. Através dele, afetam-se muitas espécies, às vezes raras ou até mesmo endêmicas. Essas espécies acabam formando pequenas populações em uma mesma área e tendo sua capacidade de dispersão extremamente reduzida ou completamente impedida devido a essas estradas, o potencial de extinção acaba se elevando para esses animais. Somado a isso, é preciso destacar a dispersão de poluentes específicos provenientes da combustão dos combustíveis e os ruídos únicos do tráfego de estradas (CARVALHO, 2012).

Metodologia

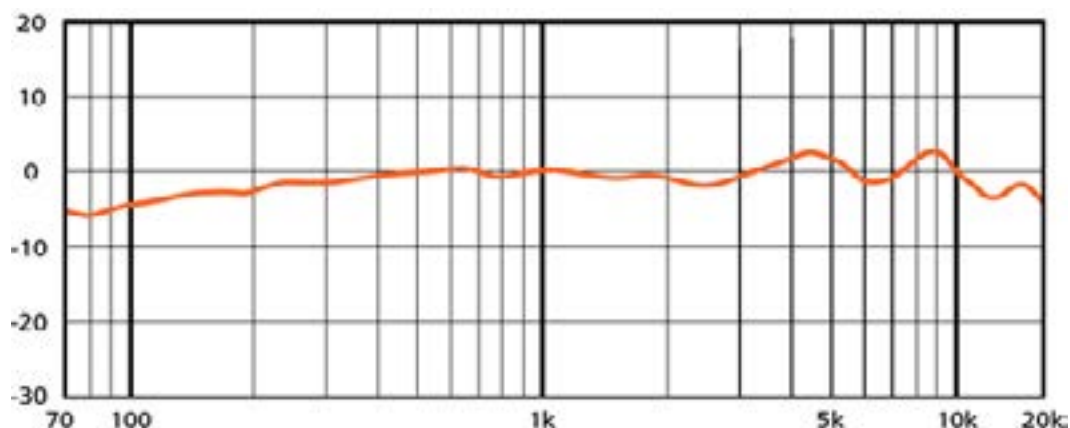
A Floresta Estadual do Palmito é uma Unidade de Conservação localizada no quilômetro 4,5 da PR-407, a “Estrada das Praias”, como é chamado esse trecho de rodovia. Criada em 1998 para proteger uma área de Mata Atlântica que abriga fauna e flora características, a FEP é referência em avifauna: nela podem ser observadas mais de 250 espécies de aves. É nessa UC que se concentra a coleta dos dados para a presente pesquisa.

Os primeiros dados para este trabalho foram coletados no dia 22 de março de 2018, entre 14h e 16h. Sobre as condições meteorológicas desse dia úmido, destaca-se que a temperatura era de 24°C. Foram feitos registros de áudio, todos com duração de 1 (um) minuto, gravados com o microfone gravador *Zoom H1 Handy Recorder*. Conforme especificações técnicas (ZOOM, 2010), o microfone utilizado caracteriza-se como um cardioide duplo – um par de microfones posicionados em XY (OWSINSKI, 2005) de alta sensibilidade enquanto

gera registros em formato digital de alta qualidade. O formato de gravação utilizado nesta pesquisa é wave com taxa de amostragem de 44.100 Hz e resolução de 16 bits (HUBER; RUNSTEIN, 2010). O primeiro registro foi feito no acostamento da rodovia, na entrada do parque. As gravações seguintes foram feitas com distâncias de 40 (quarenta) metros entre os pontos, seguindo-se o curso da trilha. Em todas as gravações realizadas, registraram-se as coordenadas através de GPS. No total foram registrados 45 (quarenta e cinco) pontos, por um percurso de dois quilômetros, aproximadamente, na trilha. Essa primeira coleta *in loco* permitiu a identificação do espectro de frequência predominantemente emitido pelo tráfego na rodovia, o que era o primeiro objetivo da pesquisa.

Após essa primeira saída exploratória, produziram-se, com o auxílio do *software* sintetizador e multipistas *Audacity*, faixas de áudio senoides, de oitava em oitava a partir de 40 Hz até 2560 Hz. A utilização desse formato de onda – senoidal – é justificada por se tratar de um som que não encontramos na natureza, então se diferenciaria de qualquer outro som que fosse captado pelo gravador. Essas frequências estão compreendidas dentro do espectro identificado na coleta realizada com a primeira ida a campo. Como equipamentos de áudio (gravação e reprodução) apresentam distintas respostas de frequência (doravante, RF)², foi preciso realizar compensações de áudio quando da leitura de amplitudes em situações controladas. Os equipamentos utilizados neste trabalho apresentam RF que não é plana. A Figura 4 ilustra o gráfico de RF do microfone *Zoom H1*, conforme informações divulgadas pela própria fabricante.

Figura 4 - Gráfico de RF do Microfone Zoom H1



Fonte: ZOOM (2010).

A amplitude das frequências geradas anteriormente (40-2560 Hz) foi testada com

três distâncias de medição a partir do sistema de reprodução utilizado no ambiente da FEP. A somatória dos fatores microfone e sistema de alto-falantes tende a gerar um resultado em que certas faixas de frequência são reforçadas, enquanto outras são atenuadas. Os testes efetuados demonstraram a necessidade de se implementar compensações para cada frequência em função das especificidades do sistema de som utilizado, de modo que essas variações não interferissem no resultado das amplitudes analisadas posteriormente. A Tabela 1 ilustra as diferenças de intensidade detectadas em cada frequência. A coluna “Resultado” da tabela abaixo indica o valor de amplitude aplicado para cada frequência no arquivo de áudio, de modo que o resultado final, considerando-se os fatores *microfone* e *sistema de alto-falantes*, tenha ficado o mais próximo possível entre todas as frequências.

Tabela 1 - Compensações de amplitude por faixa de frequência

Frequência	Média de leitura obtida	Compensação utilizada	Resultado
40 Hz	-8,68 Db	+4,42 Db	-5,53 Db
80 Hz	-4,26 Db	0 Db	-9,95 Db
160 Hz	-11,07 Db	+6,81 Db	-3,14 Db
320 Hz	-10,23 Db	+5,97 Db	-3,98 Db
640 Hz	-14,21 Db	+9,95 Db	0 Db
1280 Hz	-10,10 Db	+5,84 Db	-4,11 Db
2560 Hz	-10,321 Db	+6,05 Db	-3,90 Db

Fonte: Dos autores (2018).

A segunda saída foi realizada no dia 16 de maio de 2018 por volta das 14h, com os mesmos equipamentos anteriormente descritos. As condições meteorológicas desse segundo dia eram similares às do primeiro, com temperatura na faixa dos 26°C. Nessa etapa, disparou-se o arquivo de áudio gerado anteriormente. Os registros tiveram dois momentos diferentes: no primeiro, as gravações foram feitas na trilha; no segundo, dentro da mata. Em ambas as situações foram realizados (9) nove pontos de registro, porém, com diferenças de distância entre eles. O percurso mais linear e facilitado da trilha permitiu que as gravações fossem realizadas de 100 em 100 metros, totalizando uma distância percorrida de 800 metros. Por outro lado, ao se realizar os registros dentro da mata, observou-se a necessidade de interferir o mínimo possível na biota local, seguindo as brechas encontradas naturalmente na mata. Por esse motivo, a distância entre os pontos de gravação não seguiu um padrão estrito. Entretanto, os registros de coordenadas por GPS de cada ponto de gravação

permitiram realizar análises posteriores, a fim de atingir os objetivos propostos para esta pesquisa. A Figura 5 apresenta um mapa com os pontos de gravação em ambos os trajetos mencionados.

Figura 5 - Pontos de gravação na trilha e em mata fechada



Fonte: Dos autores (2018).

A última etapa foi a leitura analítica de todos os dados coletados, utilizando-se dois *softwares* específicos: *S_Tools* (STx), programa livre desenvolvido pelo departamento de acústica da Universidade de Viena; e *Spectrum Analyser Pro Live* (SAPL), programa disponibilizado gratuitamente pela fabricante em versão reduzida. No STx, identificou-se quais faixas de frequência foram registradas em cada gravação, já que o *software* em questão apresenta resposta gráfica em *tempo x frequência*. No SAPL, qual era a intensidade de cada uma dessas frequências, pois ele apresenta resposta gráfica em *frequência x intensidade*. Nessa etapa, procurou-se identificar as questões que foram levantadas no começo da pesquisa: se houve diferença nos registros entre as gravações da trilha e na mata; qual a capacidade de absorção da mata – como borda, se houver, para cada frequência específica – e a possibilidade de outros fenômenos acústicos, comparando as gravações da trilha e da mata. Esses dados são apresentados a seguir.

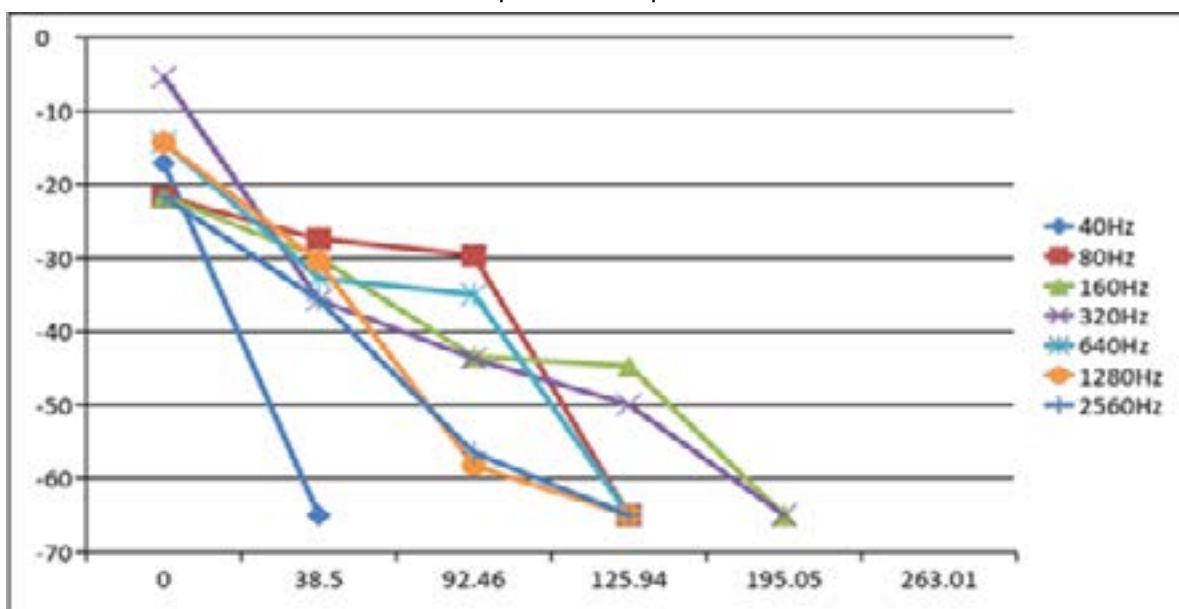
Resultados obtidos

Os dados coletados na segunda ida a campo, no dia 16 de maio, indicam que existe uma taxa geral de atenuação de 33,45%. Esse valor foi obtido a partir da relação das últimas distâncias em que ainda foi possível identificar cada uma das frequências emitidas por nosso sistema de alto-falantes pela intensidade observada, com auxílio dos *softwares* de análise, tanto na trilha como na mata. A taxa geral de atenuação apresentada aqui é uma média aritmética das taxas observadas para cada uma das frequências emitidas.

Na trilha, a maior distância em que foi possível identificar algum sinal do áudio emitido corresponde ao ponto 4, localizado a 198,39 metros de distância do ponto 1. Na mata, a maior distância em que foi possível identificar o mesmo sinal de áudio corresponde, igualmente, ao quarto ponto de gravação, localizado a 125,95 metros do primeiro registro feito na mata.

Produziram-se gráficos para melhor apresentação dos resultados obtidos. O Gráfico 1 corresponde às leituras de cada frequência específica da *mata*, enquanto o Gráfico 2 apresenta as leituras da *trilha*. Esses gráficos apresentam leituras de intensidades para cada uma das sete frequências em senoide por ponto de gravação.

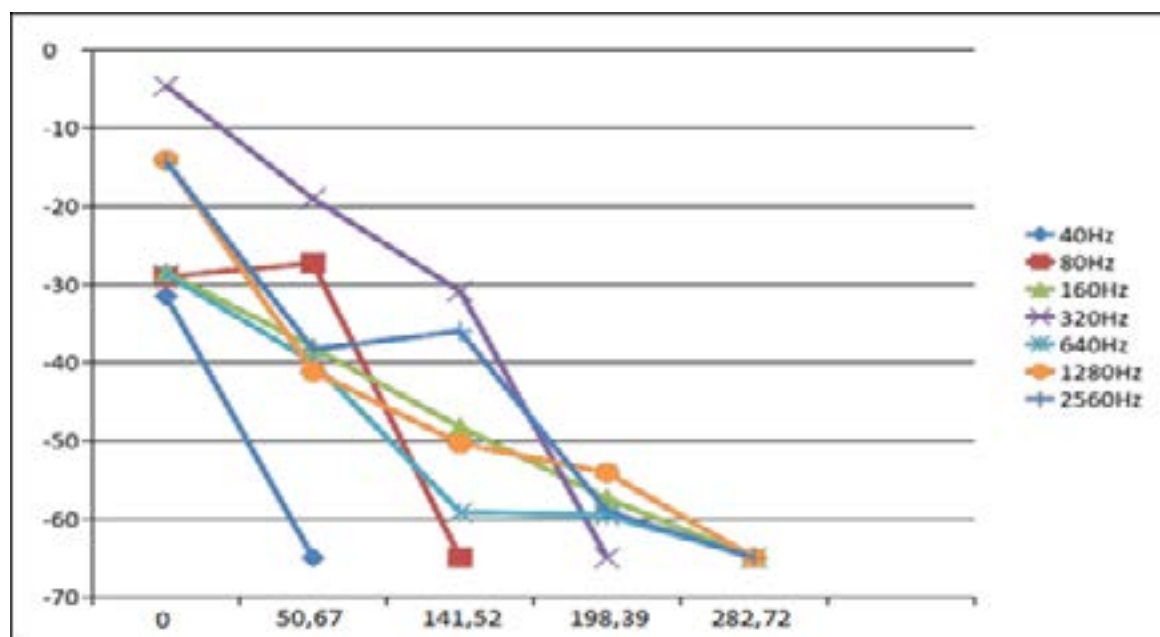
Gráfico 1 - Leituras de intensidade x distância para cada frequência na mata



Fonte: Dos autores (2018).

Os dados do Gráfico 1, referentes às análises dos registros na *mata* apresentam que: a frequência mais baixa entre as sete, a de 40Hz, desaparece logo nos primeiros metros da mata, pois logo no ponto dois ela não é mais identificada. Nesse mesmo ponto dois, as outras seis frequências continuam uniformemente, porém, no ponto seguinte, quatro frequências deixam de ser identificadas pelos *softwares*: a segunda mais baixa, de 80Hz, e as três mais altas, de 640Hz, 1280Hz e 2560Hz. As duas frequências intermediárias, de 160Hz e 320Hz, são as que se mantêm até o último ponto audível, em que ainda se detectava algum sinal proveniente do arquivo de áudio sintetizado. O som se propaga de maneira relativamente uniforme na mata; observa-se que ponto a ponto cada uma das frequências desaparece e isso se segue até o quarto ponto.

Gráfico 2 - Leituras de intensidade x distância para cada frequência na trilha



Fonte: Dos autores (2018).

Os dados do Gráfico 2, referentes às análises dos registros feitos na *trilha*, apresentam que: a frequência de 40Hz é a primeira a desaparecer, tal qual como na mata. Em seguida, no ponto dois, a frequência de 80Hz já não é mais identificada pelos *softwares*; no ponto três, a frequência que desaparece é uma das intermediárias, a de 320Hz. No quarto e último ponto é onde todas as outras frequências, 160Hz, 640Hz, 1280Hz e 2560Hz, deixam de ser detectadas. Observa-se, também, que a cada ponto na trilha uma frequência deixa de ser

reconhecida, de modo que não há uma propagação das ondas sonoras uniformemente. Acreditamos que isso ocorre por conta de um processo de canalização das ondas sonoras pela própria trilha, devido ao seu formato, como uma espécie de corredor delimitado pela vegetação, que dissipa as ondas de maneira diferente do que em um ambiente natural, de mata fechada.

Comparando os dois gráficos, observamos que na mata o som se propaga mais uniformemente. A mata exerce, efetivamente, a função de borda, atenuando, ainda que não nas mesmas proporções. Observamos, também, que uma mesma faixa de frequência – por exemplo, de 320Hz – comporta-se de modo distinto, entre um ponto de gravação e outro, na mata e na trilha, ainda que emitidas em um mesmo grande ambiente (FEP). Esse último dado indica que a própria trilha existente na FEP também gera um efeito de borda local diferente daquele gerado pela rodovia PR-407. Embora essa interferência exista, não foi compreendida no escopo desta pesquisa.

Por outro lado, nota-se que a frequência mais baixa emitida neste estudo - 40Hz - é a primeira a deixar de ser reconhecida nas análises assistidas por softwares em ambas as situações - mata e trilha. Outras frequências, ainda, como as de 80Hz e 320Hz, apresentam taxas de atenuação relativamente próximas na mata e na trilha, sugerindo que, para essas faixas específicas, o efeito de borda tende a acontecer por um longo trecho. Esses dados podem ser verificados na Tabela 2, que apresenta um cálculo aproximado da taxa de atenuação de cada frequência. Os valores de atenuação apresentados abaixo resultam da proporção entre as distâncias dos últimos pontos registrados de cada frequência, na trilha e na mata.

Tabela 2 - Taxas de atenuação para cada frequência específica

Frequência	Maior distância TRILHA	Maior distância MATA	Taxa de atenuação
40Hz	50,67 m	38,5 m	24,02%
80Hz	141,52 m	125,94 m	11,01%
160Hz	282,72 m	195,05 m	31,01%
320Hz	198,39 m	195,05 m	1,69%
640Hz	282,72 m	125,94 m	55,46%
1280Hz	282,72 m	125,94 m	55,46%
2560Hz	282,72 m	125,94 m	55,46%

Fonte: Dos autores (2018).

Finalmente, as informações apresentadas na Tabela 2 confirmam um aspecto comumente mencionado na literatura científica sobre acústica: as frequências mais graves tendem a apresentar uma taxa de atenuação menor devido ao fenômeno da difração. Essa propriedade indica que as faixas de frequência com maior comprimento de onda – aquelas mais graves – tendem a se propagar por distâncias maiores. Essa questão é de grande relevância para o âmbito deste trabalho tendo em vista o perfil dos veículos que trafegam na via em questão: o grande fluxo do tráfego de ônibus intermunicipais e caminhões de abastecimento dos municípios de Pontal do Paraná e Matinhos, já que a PR-407 é uma das poucas rodovias que liga os municípios do litoral à capital, Curitiba, e ao resto do estado – caminhões e ônibus são veículos cuja parte mecânica emite ruídos consideravelmente graves. Uma observação pertinente é que esse cenário pode ser alterado, intensificando o nível de interferência da rodovia nas UCs locais, caso haja a efetivação do projeto de construção de um porto em Pontal do Sul, balneário de Pontal do Paraná.

Considerações finais

Realizando uma média aritmética das taxas de atenuação para cada uma das sete frequências emitidas e identificadas comparativamente, observamos que a taxa geral de atenuação acústica da mata é de 33,45%. Nota-se, ainda, que quanto mais intenso é o som emitido a partir da rodovia, maior é o espaço de influência desse som dentro da mata, isto é, maior a distância necessária para que esse som perca completamente sua energia e chegue a 0 Db.

Para as atividades humanas existe uma legislação que regulamenta o problema de ruídos excessivos que implicam na poluição sonora: a Resolução Conama nº 01, de 08 de março de 1990, que dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política (CONAMA, 1990). Cumpre observar que tal lei dispõe unicamente sobre critérios referentes à intensidade sonora, desconsiderando outros parâmetros, tais como timbre e altura. Mesmo com a vigência de legislações que regulamentam a emissão de ruídos, a fiscalização e o controle da emissão e interferência desses ruídos na vida de outras espécies, que não a humana, é deveras difícil. Estudos e pesquisas como esta têm a importante função de buscar compreender como esses ruídos se comportam no ambiente

e qual o seu grau de influência em cada espécie presente. A partir disso é possível analisar uma forma de mitigar ou diminuir a influência negativa que, por exemplo, os ruídos de uma rodovia causam em uma área de mata.

Como sugestão para estudos futuros, é possível abranger um recorte territorial maior ao longo de toda a PR-407, utilizando-se os dados e a metodologia descritas neste artigo, uma vez que a rodovia perpassa duas unidades de conservação: o Parque Estadual do Palmito, que foi objeto de estudo da presente pesquisa, e a Estação Ecológica do Guaraguaçu. Apesar de serem categorias diferentes de UC, a fauna e flora local são similares e ambos os lugares sofrem como o mesmo tipo de poluição sonora.

Este trabalho contribuiu com a linha de pesquisa que estuda o ambiente em que os animais se encontram, com foco no efeito de borda causado pelos sons provenientes da rodovia PR-407. Como dito, a bioacústica tem outra vertente que estuda a comunicação específica de animais. Sugere-se, assim, desenvolver um estudo sobre a comunicação acústica de espécies presentes no território abrangido pela FEP, cruzando dados com as análises aqui apresentadas. A importância deste trabalho, portanto, se dá por ser um gatilho para esse tipo de estudo, dado que a bioacústica e efeitos de borda são assuntos novos e pouco explorados.

Referências

ANTUNES, Dinameres A.; MORO, Rosemeri S. Critérios para delimitação de bordas de estradas na análise de paisagem. **Terra Plural**, v. 11 n. 1, 2017, p. 156-166.

CARVALHO, Nathália Silva de. **Impacto de estradas sobre a cobertura florestal adjacente**: zona-de-efeito de fragmentos no sul de Minas Gerais. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 01, de 08 de março de 1990**. Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.

FARIA, Patrícia. **Ecologia de comunidades**: abordagem geral sobre distúrbios: fragmentação de habitats, efeito de borda, ecologia da paisagem. Curitiba: Universidade Tecnológica do Paraná, 2018.

HAUSER, Marc D. **The evolution of communication**. Cambridge: MIT, 1996.

HUBER, David Miles; RUNSTEIN, Robert E. **Modern recording techniques**. 7. ed. Oxford: Focal Press, 2010.

LAZZARINI, Victor. **Elementos de acústica**. Londrina: UEL, 1998.

LONDON, Justin. **Hearing in time: psychological aspects of musical meter**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2012.

MALCHOW, Eduardo; KOEHLER, Alexandre Bernardi; NETTO, Sylvio Péllico. Efeito de borda em um trecho da floresta Ombrófila Mista, em Fazenda Rio Grande, PR. **Rev. Acad.**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 85-94, abr./jun. 2006.

MURGEL, Eduardo. **Fundamentos de acústica ambiental**. São Paulo: Senac, 2007.

OWSINSKI, Bobby. **The recording engineer's handbook**. Boston: Thomson, 2005.

PACIENCIA, Mateus L. B.; PRADO, Jefferson. Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlântica da região de Una, sul da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 641-653, 2004.

PASAROGLO, Lucimary S. D. Bioacústica como ferramenta para avaliação de impactos ambientais. Palestra, GEBIO, UFPR. 2018a.

PASAROGLO, Lucimary S. D. **Importância e influências de fatores ambientais na propagação de sons de Sotalia guianensis (Van Bénédén, 1864)**. Tese (Doutorado em Zoologia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018b.

RIBEIRO, Darcy. Abordagens sobre a bioacústica na ornitologia: Parte I - Conceitos básicos. **Atualidades Ornitológicas On-line**, n. 146, p. 38-40, 2008.

SIMMONS, Andrea Megela; POPPER, Arthur, N.; FAY, Richard R. **Acoustic communication**. New York: Springer-Verlag, 2003.

VELLIARD, Jacques Marie Edme; SILVA, M. L. A bioacústica como ferramenta de pesquisa em Comportamento animal. In: ASSIS, Grauben J. A. de; BRITO, Regina C. S.; MARTIN, William Lee B. (Orgs.). **Estudos do Comportamento II**. Belém: Editora da UFPA, 2010. p. 141-156.

ZOOM. **H1 Handy Recorder**. Tokyo: Zoom Corporation, 2010.