



Efeito de estímulos sonoros no comportamento de fuga de antas (*Tapirus terrestris*): potenciais estratégias para mitigação de atropelamentos nas ferrovias

Tatiane Bressan Moreira^{1*} , Luana Gobbo Mamede¹ , Daniel Mendonça Torres¹ , Diego Fernandes² , Aline Luiza Konell³ , Fabiana de Orte Stamm³ , Patricia Ruth Ribeiro¹ 

*Contato principal

¹ Rumo Logística, Curitiba/PR, Brasil. <tatianebmoreira@gmail.com, luana.mamede@rumolog.com, daniel.torres@rumolog.com, patricia.ribeiro@rumolog.com>.

² UTrem Engenharia de Projetos, Curitiba/PR, Brasil. <diegofernandes.mdf@hotmail.com>.

³ Itaipu Binacional, Foz do Iguaçu/PR, Brasil. <akonell@itaipu.gov.br; fstamm@itaipu.gov.br>.

Como citar:

Moreira TB, Mamede LG, Torres DM, Fernandes D, Konell AL, Stamm FO, et al. Efeito de estímulos sonoros no comportamento de fuga de antas (*Tapirus terrestris*): potenciais estratégias para mitigação de atropelamentos nas ferrovias. Biodivers. Bras. [Internet]. 2025; 15(4): e2808. doi:10.37002/biodiversidadebrasileira.v15i4.2808

Recebido em 28/02/2025 – Aceito em 13/11/2025

RESUMO – A anta-brasileira (*Tapirus terrestris*), o maior mamífero terrestre da América do Sul, tem papel crucial na manutenção dos ecossistemas. No entanto, a espécie enfrenta sérias ameaças, como perda de *habitat*, caça e atropelamentos. Estima-se que milhões de vertebrados sejam mortos anualmente nas estradas e ferrovias brasileiras, sendo que as antas são vítimas frequentes de atropelamentos em ferrovias. Com isso, a necessidade de desenvolver estratégias de mitigação mais direcionadas torna-se urgente. Diversos métodos, como cercas de proteção e passagens de fauna, têm sido testados para reduzir a mortalidade de fauna, embora com resultados variados. O presente estudo investigou o comportamento de antas mantidas sob cuidados humanos em resposta a diferentes estímulos sonoros. Os resultados mostraram que a emissão de ruídos provocou um aumento significativo nos comportamentos de alerta e fuga, sugerindo que ruídos podem ser eficazes para melhorar o tempo de resposta de antas em áreas de risco. Entre os sons testados, a “sirene de ambulância” demonstrou maior eficiência em provocar os comportamentos “alerta” e “correr”. Esses achados fornecem informações que podem contribuir para o desenvolvimento de dispositivos sonoros que ajudem a reduzir os atropelamentos de antas em ferrovias, tornando o modal mais sustentável.

Palavras-chave: Anta-brasileira; afugentamento; ruídos; fatalidades; fauna.

Effect of sound stimuli on the escape behavior of tapirs (*Tapirus terrestris*): potential strategies for mitigating railway collisions

ABSTRACT – The lowland tapir (*Tapirus terrestris*), the largest terrestrial mammal in South America, plays a crucial role in maintaining ecosystems. However, the species faces serious threats, including habitat loss, hunting, and collisions with vehicles. It is estimated that millions

of vertebrates are killed annually on Brazilian roads and railways, with tapirs being frequent victims of railway collisions. This highlights the urgent need to develop more targeted mitigation strategies. Various methods, such as protective fencing and wildlife crossings, have been tested to reduce wildlife mortality, though with varying results. This study investigated the behavior of tapirs under human care in response to different sound stimuli. The results showed that noise emission significantly increased alert and escape behaviors, suggesting that sounds could be effective in improving tapirs' response time in high-risk areas. Among the tested sounds, the "ambulance siren" proved to be the most effective in triggering "alert" and "running" behaviors. These findings provide valuable insights for the development of sound-based devices that could help reduce tapir collisions on railways, making the transportation system more sustainable.

Keywords: Lowland tapir; deterrence; noise; fatalities; fauna.

Efecto de estímulos sonoros en el comportamiento de huida de las tapires (*Tapirus terrestris*): estrategias potenciales para la mitigación de atropellos en ferrocarriles

RESUMEN – El tapir (*Tapirus terrestris*), el mamífero terrestre más grande de América del Sur, desempeña un papel crucial en el mantenimiento de los ecosistemas. Sin embargo, la especie enfrenta serias amenazas, como la pérdida de hábitat, la caza y los atropellos. Se estima que millones de vertebrados mueren anualmente en las carreteras y ferrocarriles brasileños, siendo los tapires víctimas frecuentes de colisiones en las vías férreas. Esto resalta la urgente necesidad de desarrollar estrategias de mitigación más específicas. Diversos métodos, como cercas de protección y pasos de fauna, han sido probados para reducir la mortalidad de la fauna, aunque con resultados variados. Este estudio investigó el comportamiento de tapires bajo cuidado humano en respuesta a diferentes estímulos sonoros. Los resultados mostraron que la emisión de sonidos provocó un aumento significativo en los comportamientos de alerta y huida, lo que sugiere que los sonidos pueden ser eficaces para mejorar el tiempo de respuesta de los tapires en áreas de riesgo. Entre los sonidos probados, la "sirena de ambulancia" fue la más eficiente en provocar los comportamientos de "alerta" y "correr". Estos hallazgos proporcionan información valiosa para el desarrollo de dispositivos sonoros que ayuden a reducir los atropellos de tapires en las vías férreas, haciendo el transporte ferroviario más sostenible.

Palabras clave: Tapir; ahuentamiento; ruido; fatalidades; fauna.

Introdução

A anta-brasileira, *Tapirus terrestris* (Linnaeus, 1758) é o maior mamífero terrestre da América do Sul e pode ser encontrado em quase todos os biomas brasileiros [1]. A espécie é herbívora e tem papel fundamental na dispersão de sementes, contribuindo para a saúde do ecossistema em que habita [2]. Seu ciclo reprodutivo é lento, com uma gestação que dura cerca de 13 meses e que frequentemente resulta no nascimento de um único filhote por vez. O intervalo entre gestações é aproximadamente dois anos, o que implica que populações pequenas têm poucas oportunidades de se recuperarem na ausência de intervenções de manejo adequadas [3-5]. A ameaça de extinção local ou o declínio populacional dessa espécie pode repercutir em um desequilíbrio do ecossistema [6-7]. Atualmente a população de antas enfrenta um declínio preocupante e, de acordo com a Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), a espécie está classificada como vulnerável (VU) à extinção [8]. As principais ameaças que cercam a espécie incluem a perda de *habitat* devido a incêndios, expansão urbana e outros eventos que afetam as áreas protegidas, além da caça e dos frequentes atropelamentos [9-10].

Em rodovias, os atropelamentos da fauna silvestre resultam em grandes impactos na conservação da biodiversidade [11]. De acordo com o Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas, estima-se que

anualmente 475 milhões de vertebrados sejam atropelados nas estradas brasileiras [12]. Considerando-se mamíferos silvestres, pesquisas estimam que são mortos por atropelamento de 2 milhões [13] a 8.7 milhões [14] de mamíferos por ano nas estradas brasileiras, sendo que, somente no estado de São Paulo, a estimativa é de 39.605 mortes de mamíferos ao ano [15]. Em relação às antas, dados obtidos entre 2013 e 2019 em rodovias do Mato Grosso do Sul apontaram 501 fatalidades, resultando em uma média de 84 antas por ano [11].

Já para as ferrovias, existem atualmente apenas dois estudos que apresentam estimativas de atropelamento de fauna: aproximadamente 10 mil sapos mortos por ano em uma ferrovia na Amazônia [16], e cerca de 4.300 mamíferos silvestres mortos ao longo de 23 meses em uma ferrovia localizada nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul [17]. De acordo com o estudo de Dasoler [17], entre 2015 e 2016, a anta (*Tapirus terrestris*) foi a segunda espécie silvestre mais frequentemente registrada em atropelamentos ao longo de uma ferrovia no Cerrado, com 217 fatalidades. A espécie com o maior número de registros no período foi o tatu-peba (*Euphractus sexcinctus*), com 1.459 ocorrências.

A ecologia de transportes voltada para o modal ferroviário ainda é incipiente no Brasil. Segundo Campos [18], que analisou 160 artigos científicos sobre o tema, entre os anos de 1981 e 2021, as publicações começaram a ganhar volume a partir de 2014. No entanto, apenas 30% desses estudos abordam colisões com a fauna, e apenas 13% mencionam medidas de mitigação, como passagens de fauna e cercamento [18].

De acordo com Saito [19], diversas estratégias são empregadas para reduzir as fatalidades causadas por colisões entre veículos e fauna silvestre em rodovias, algumas das quais também podem ser adaptadas para ferrovias, como é o caso da instalação de cercas de proteção, que quando realizada de maneira adequada, pode reduzir mais de 80% das colisões com a fauna [20]. Porém, tal estratégia possui ressalvas: é necessário encontrar um modelo de cerca que supere as habilidades de transposição de diferentes espécies da fauna, devido às capacidades de saltar, escalar, cavar, voar e até romper o cercamento [21] e que não direcione os animais à extremidade oposta à passagem segura, aumentando o risco de colisão [20]. Além disso, no Brasil, o custo de implementação e manutenção de cercas é elevado para as concessionárias e o poder público, e o roubo de alambrados é um problema recorrente [22].

Pesquisadores de diversos países têm testado diferentes metodologias para mitigação do atropelamento de fauna, como, por exemplo, a instalação de refletores para o afugentamento de animais; porém ainda não existem indícios de efetividade desse método [23-26]. Já o uso de repelentes ultrassônicos (que produzem ruídos inaudíveis para humanos) é controverso: locomotivas equipadas com apitos ultrassônicos, que emitiam frequências sonoras entre 16 e 20kHz, contribuíram para redução de 75% dos atropelamentos de alces no Canadá [27]. Entretanto, em outros testes com repelentes ultrassônicos houve ineficiência dos dispositivos para afastar animais de diferentes espécies [28-31]. Considerando tais divergências, fica claro que o desenvolvimento de metodologias que envolvam a emissão de sons deve inicialmente considerar a capacidade auditiva e as formas de comunicação entre o grupo ou a espécie alvo de estudo. No caso da anta-brasileira, Hunsaker e Hahn [32] identificaram que a espécie utiliza quatro tipos de sons em suas interações sociais: dois estridentes, um de estalo e um de ronco, com intensidade sonora que varia de 10 a 135 dB. Em relação à frequência dos sons emitidos, existem dados disponíveis apenas para *Tapirus bairdii* e *Tapirus indicus*, as quais mantêm sua faixa de comunicação entre 1 kHz e 10 kHz [33-34].

Posto isso, o presente estudo tem como objetivo entender como antas-brasileiras mantidas sob cuidados humanos se comportam mediante a emissão de diferentes tipos de ruídos, e quais deles despertam maior motivação para fuga (afastamento da fonte sonora). Os resultados obtidos fornecerão informações inéditas sobre a espécie e poderão subsidiar o desenvolvimento de estratégias direcionadas à mitigação dos atropelamentos de antas em ferrovias. Considerando que a ecologia de transportes aplicada ao modal ferroviário ainda é incipiente

no Brasil, espera-se que este trabalho contribua para o avanço do conhecimento na área e incentive futuras pesquisas voltadas à conservação da fauna frente à expansão da malha ferroviária nacional.

Material e Método

Área de estudo e animais

O experimento foi conduzido entre os dias 13 e 21 de junho de 2024, no Refúgio Biológico Bela Vista (RBV) da ITAIPU Binacional (coordenadas geográficas 25°26'49.94"S; 54°33'4.77"O; elevação: 219m; datum WGS84), localizado no município de Foz do Iguaçu, Paraná. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética no Uso de Animais em Pesquisas na ITAIPU, certificado número 01/2024.

Foram utilizados dez espécimes de anta-brasileira (*Tapirus terrestris*), de ambos os sexos e diferentes faixas etárias (Tabela 1), distribuídos em três recintos com dimensões e composições vegetais distintas. O recinto 1 apresentava a menor área, com 530 m², seguido pelo recinto 2, com 800 m², e pelo recinto 3, o maior em extensão e cobertura vegetal, com 4.100 m² (Figura 2). É importante ressaltar que todos os recintos, ainda que de dimensões diferentes, atendem às especificações estabelecidas a partir da Instrução Normativa nº 04, de 4 de março de 2002, que define condições mínimas de alojamento, como dimensões, tipo de piso, abrigo e substrato para diversos grupos animais.

Os animais foram marcados com *spray* prata (produto de uso veterinário), utilizando-se uma numeração aplicada na região do flanco e da paleta, com o objetivo de facilitar a identificação individual a distância.

Tabela 1 – Identificação do número de indivíduos, sexo e idade dos animais avaliados na pesquisa.

Recinto 1			Recinto 2			Recinto 3		
Indivíduo	Sexo	Idade	Indivíduo	Sexo	Idade	Indivíduo	Sexo	Idade
1	Macho	13 anos	1	Macho	7 anos	1	Macho	4 anos
2	Fêmea	14 anos	2	Macho	6 anos	2	Macho	3 anos
3	Fêmea	1 ano				3	Macho	1 ano
						4	Fêmea	13 anos
						5	Fêmea	2 anos

Todos os recintos atendem aos requisitos estabelecidos pela Instrução Normativa Ibama nº 7, de 30 de abril de 2015, que institui e normatiza as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro.

Adaptação dos recintos para realização dos experimentos

Os recintos foram preparados para que os diferentes estímulos sonoros fossem testados simultaneamente em cada fase de teste para as frequências sonoras experimentais, devido à proximidade entre eles. A instalação durou dois dias e em todos os recintos foram posicionadas câmeras Intelbras® com infravermelho de longo alcance e autofalantes JBL®. Os equipamentos foram conectados com condutores de energia, cabos de som e fibra ótica, sendo todas as devidas conexões realizadas em uma caixa hermética que serviu de estrutura para a central do sistema. Todo o equipamento possibilitou o acionamento dos sons, bem como a visualização das imagens de forma remota.

No recinto 1, foram instalados duas câmeras e dois alto-falantes. No recinto de 2, duas câmeras e dois alto-falantes e, no recinto 3, quatro câmeras e quatro alto-falantes, conforme mostram as Figuras 1 e 2.

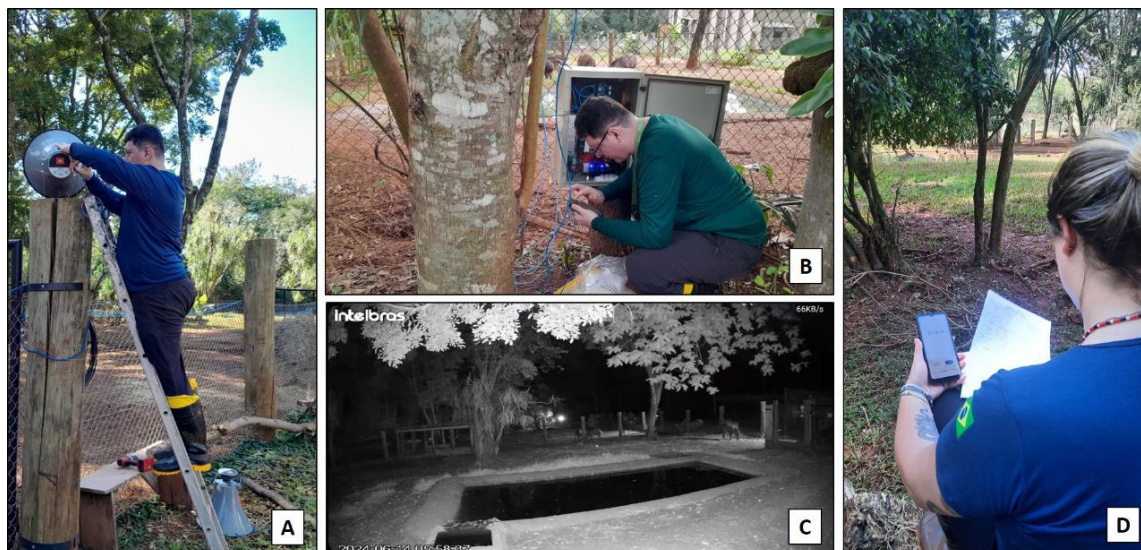


Figura 1 – Processo de instalação das câmeras (A) e da central de recebimento e envio de dados (B) para experimento de estímulos sonoros (C e D) com antas no Refúgio Biológico Bela Vista.



Figura 2 – Disposição de câmeras e alto-falantes nos recintos para experimento de estímulos sonoros em antas no Refúgio Biológico Bela Vista.

Etograma

O etograma utilizado para avaliação dos comportamentos no presente estudo foi adaptado a partir do Diagnóstico Comportamental realizado em 2022 como parte do programa de bem-estar do RBV. As adaptações tiveram o objetivo de compactar e simplificar a classificação dos comportamentos, visto que a principal finalidade do estudo não foi a classificação minuciosa dos comportamentos das antas, mas sim identificar os comportamentos relacionados ao estado de alerta, deslocamento e fuga dos indivíduos. Desta forma, foram

agrupados comportamentos semelhantes em categorias mais amplas, por exemplo, comportamentos como alimentação, amamentação e forrageamento foram classificados sob a única categoria “Alimentação”. Essa adaptação permitiu concentrar as observações e análises mais direcionadas para o objetivo da pesquisa. O etograma utilizado se encontra na Tabela 2.

Tabela 2 – Etograma para *Tapirus terrestris*.

Categoria	Comportamento	Sigla	Descrição
Repouso	Parado Inativo	PI	Animal deitado, é possível ver que os olhos estão fechados (dormindo).
	Parado Ativo	PA	Animal parado, em pé ou deitado. Se deitado, está de olhos abertos.
Alerta	Alerta	AT	Animal apresenta comportamento alerta em resposta a algum estímulo sonoro ou visual (orelhas em pé, olhar fixo para algum ponto, olhos arregalados etc.)
Fisiológico	Comportamento Fisiológico	CF	Beber água; defecar; urinar; urinar jatos; flehmen; bocejar.
Manutenção	Comportamento de Manutenção	CM	Coçar; lamber o pelo; sacudir a cabeça.
Ativo	Andar	AD	Animal anda pelo recinto.
	Correr	CR	Animal corre pelo recinto.
Alimentação	Alimentar	AL	Animal se alimentando ou forrageando.
Vocalização	Vocalizar	VO	Animal vocaliza.
Interação social	Interação Positiva	IP	Interação positiva com indivíduos da mesma espécie.
	Interação Negativa	IN	Interação negativa com indivíduos da mesma espécie (morder, brigar, etc.)
Comportamento aquático	Nadar	NA	Animal dentro da água parado, nadando ou submerso.
Outros	Não Visível	NV	Animal fora do campo de visão do observador.
	Outro	O	Outros comportamentos não listados: descrever.

Avaliação pré-estímulo sonoro

Com o objetivo de caracterizar os comportamentos cotidianos dos animais, fez-se a avaliação pré-estímulos sonoros. Durante quatro dias os animais foram observados através do método focal contínuo [35] que ocorreu tanto por observação direta quanto por registros em vídeo.

Aplicação de estímulos sonoros

Os estímulos sonoros foram testados simultaneamente em todos os recintos e aconteceram durante cinco dias. Foram testados cinco estímulos diferentes, sendo eles: apito de frequência 1.5 kHz; apito de frequência 2.5 kHz; latido de cão; sirene de ambulância (sonograma de tom alternado entre 500Hz e 1500Hz) e buzina de trem. Os sons foram testados de maneira individual e em diferentes horários do dia, conforme mostrado na Tabela 3.

O comportamento dos animais foi avaliado durante 10 min antes e 10 min após a exposição sonora. A sequência de exposição sonora consistiu em 25 s de som, seguidos por 15 s de pausa; 25 s de som, mais 15 s de pausa; e 25 s de som, totalizando 1 min e 15 s de exposição ao estímulo sonoro (Figura 3).

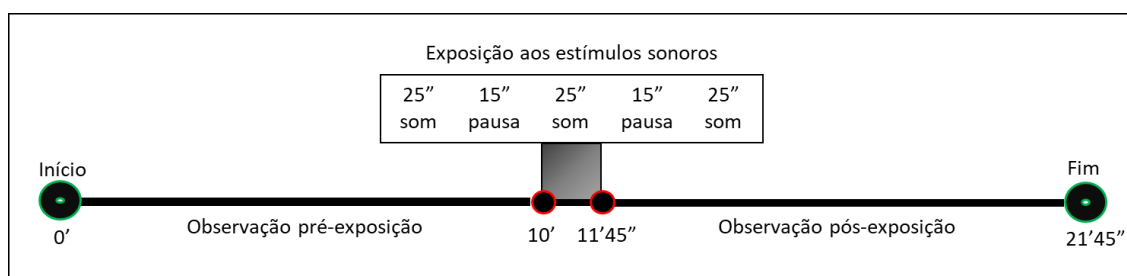


Figura 3 – Esquema de observação dos animais na fase de aplicação dos estímulos.

Os animais foram observados durante nove dias, sendo quatro dias de observação sem estímulo sonoro e cinco dias de observação com estímulos sonoros variados. As observações ocorreram durante 21 min, em quatro horários diferentes do dia, sendo eles: 08:00; 11:00; 16:00 e 19:00, conforme mostra a Tabela 3:

Tabela 3 – Esquema de exposição diária aos estímulos sonoros.

Data	08:00h	11:00h	16:00h	19:00h	Fase
13/06	Sem som	Sem som	-	Sem som	Controle
14/06	Sem som	Sem som	Sem som	Sem som	
15/06	Sem som	Sem som	Sem som	Sem som	
16/06	Sem som	Sem som	Sem som	Sem som	
17/06	1.5 kHz	1.5 kHz	1.5 kHz	-	Experimental
18/06	Sirene	2.5 kHz	Sirene	2.5 kHz	
19/06	Buzina de trem	Latido de cão	-	Sirene	
20/06	Latido de cão	Buzina de trem	Latido de cão	Buzina de trem	
21/06	2.5 kHz	-	-	-	

Análise de dados

Os dados obtidos foram compilados e analisados através de testes estatísticos univariados por meio do *software* PAST 4.17 [36]. Inicialmente, por meio de um teste não paramétrico de Wilcoxon ($p < 0,05$), foram comparados os comportamentos observados entre os etogramas pré-estímulo sonoro e o etograma com estímulo sonoro, denominados “controle” e “experimental”, respectivamente. Nessa etapa, foram consideradas as observações ao longo dos 21'45" para ambos os etogramas e o objetivo foi analisar o padrão comportamental geral dos espécimes, sem que houvesse direcionamento para comportamentos “resposta” aos estímulos. Diante disso, consideraram-se as oito variáveis do etograma que apresentaram mais de dez observações – AD; AL; AT; CF; CR; NA; PA; e PI – excluindo-se NV que se refere apenas às observações “não visualizadas” (Tabela 4).

Considerando a fase experimental da pesquisa e o direcionamento de variáveis de interesse (resposta), quatro comportamentos foram selecionados – AD; AT; CR; e PA – para serem testados entre as fases pré-estímulo (minutos 0' ao 10'), fase de estímulo sonoro (minutos 10' ao 11'45") e fase pós-estímulo (minutos 11'45" ao 21'45"). Os estímulos sonoros nessa etapa não foram diferenciados, ou seja, considerou-se apenas a presença e ausência de estímulo em relação às observações sem estímulos e utilizou-se nessa etapa o teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis a 5% de confiança ($p < 0,05$).

As distribuições de frequência dos quatro comportamentos de interesse – AD; AT; CR; e PA – para os cinco estímulos sonoros experimentados foram desenvolvidas a partir das médias das observações coletadas nas

fases pré, estímulo e pós-estímulo. As médias de cada comportamento consideradas para cada estímulo sonoro foram analisadas por meio do teste de Kurskal-Wallis também a 5% de confiança ($p < 0,05$) com objetivo da identificação de respostas individualizadas por fonte de emissão sonora. Por fim, com objetivo de analisar a eficiência dos dispositivos sonoros em relação ao comportamento mais esperado para o efeito de fuga (CR – correr) e, portanto, com potencial para redução de atropelamentos, um novo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) foi realizado considerando os valores de CR observados nas fases pré e pós-estímulo.

Resultados e Discussão

O principal comportamento observado dentre os animais foi o PA (parado ativo), tanto na fase controle (32%), como na experimental (46%) havendo, no entanto, aumento significativo ($p=0,0001$) do ponto de vista etológico na fase experimental. Os estados PI (parado inativo) e AT (alerta) também sofreram incrementos significativos em porcentagem de ocorrência e a soma total desses três comportamentos saltou de 33% na fase controle para 71% no período experimental. Comportamentos de vigilância podem aumentar em resposta a novos estímulos sonoros, especialmente em casos de ausência visual da fonte sonora [37]. A elevação no estado de alerta, combinado com a postura “parada” dos animais sugere que os estímulos sonoros influenciaram na mudança do padrão comportamental dos animais em relação à necessidade de atentarem-se para estímulos antes não perceptíveis, constatado também por Ken & Radford [38] que verificaram que experimentos com *playback* aumentam a duração de comportamentos de atenção. Apenas dois comportamentos – AL (alimentação) e NA (nadar) – tiveram decréscimos significativos entre as fases e essa mudança de interesse alimentar também pode ser originada de alterações dos estados normais de relaxamento dos animais com a possível perda de apetite. Essa reação também foi observada por Slabbekoorn e colaboradores [37] onde herbívoros expostos a estímulos sonoros antropogênicos reduzem comportamentos de forrageamento. Quanto ao NA, comportamento que teve a maior redução observada (Tabela 4), acredita-se que isso tenha ocorrido porque os animais ficariam mais aptos à fuga fora do ambiente aquático restrito dos tanques.

Tabela 4 – Análise comparativa dos principais comportamentos ($n > 10$) entre as fases controle e experimental de antas no Refúgio Biológico Bela Vista (RBV) através do teste não paramétrico de Wilcoxon à 5% de confiança.

Controle	(n)	(μ)	(σ)	(%)	Experimental	(n)	(μ)	(σ)	(%)	(p)
AD	674	30,64	11,27	26%	AD	765	34,77	6,44	20%	0,0543
AL	303	13,77	4,93	11%	AL	142	6,45	4,68	4%	0,0002*
AT	5	0,23	0,61	0%	AT	531	24,14	35,34	14%	0,0001*
CF	3	0,14	0,35	0%	CF	38	1,73	1,24	1%	0,0001*
CR	24	1,09	1,48	1%	CR	84	3,82	9,86	2%	0,8246
NA	753	34,23	7,89	29%	NA	55	2,50	2,92	1%	0,0001*
PA	844	38,36	7,85	32%	PA	1713	77,86	13,04	46%	0,0001*
PI	31	1,41	0,59	1%	PI	432	19,64	10,30	11%	0,0001*

Comportamentos: AD = andar; AL = alimentar; AT = alerta; CF = comportamento fisiológico; CR = correr; NA = nadar; PA = parado ativo; e PI = parado inativo.

Das quatro variáveis analisadas exclusivamente na fase experimental, três delas apresentaram respostas significativas aos estímulos sonoros: AT, CR e PA (Tabela 5) e, assim como na análise comparativa “controle x experimental” (Tabela 4), o comportamento AD também foi estatisticamente igual entre as fases pré-estímulo,

estímulo e pós-estímulo. Os valores médios da fase pré-estímulo saltaram de 2,9 para 122,5 na fase de estímulo em AT, enquanto em CR houve um incremento de 0,3 para 33. Por outro lado, no comportamento PA houve decréscimo médio entre as fases de pré e estímulo com redução de 73,4 para 52, sugerindo, com isso, que os estímulos sonoros ativaram os animais retirando-os de seus estados de PA (calma) para estados de AT (atenção) ou de CR (fuga).

Tabela 5 – Análise dos principais comportamentos de resposta em relação aos estímulos sonoros em antas no Refúgio Biológico Bela Vista (RBV) através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis à 5% de confiança.

Comportamentos	(n)	Máx	Min	(μ)	(σ)	Kruskal-Wallis
AD	765	51	25	34,77	6,44	$p = 0,9391$
AT	531	133	1	24,14	35,34	$p = 0,0004^*$
CR	84	41	0	3,82	9,86	$p = 0,0037^*$
PA	1713	106	46	77,86	13,04	$p = 0,0001^*$

Comportamentos: AD = andar; AT = alerta; CR = correr; e PA = parado ativo (n = número de observações; Máx = número máximo de observações; Min = número mínimo de observações; (μ) = média observada; e (σ) = variância observada.

O padrão de incremento de observações de AT e CR foram significativos para todas as fontes de emissão sonora (Figura 3A-E). Esse crescimento dos valores de AT e CR reduziu-se visualmente na fase pós estímulo indicando que o aumento dos valores observados se deve de fato ao estímulo induzido no experimento. O comportamento de fuga era esperado, já que é um comportamento de defesa apresentado pelas antas e observado como resposta a qualquer potencial ameaça verificada por esses animais [39]. O comportamento PA também seguiu os padrões das análises descritas no estudo com a redução de valores em resposta aos estímulos. Essa redução indica também que o ruído sonoro induziu os animais a saírem de seus estados de relaxamento, o que pode ser interessante para estimular comportamentos de fuga. Em um estudo sobre o afugentamento de vertebrados por meio da emissão de alertas sonoros, pesquisadores na Polônia verificaram que para todas as espécies observadas, a reação dominante foi fugir da área dos trilhos (84% com emissão de som vs. 68% do grupo controle), apresentando uma reação 20 s mais rápida diante da aproximação do trem, evitando a colisão [40]. A pesquisa de Babińska-Werka [40] também evidenciou maior porcentagem no afugentamento de animais por meio da emissão de alertas sonoros naturais, como latido de cães, uivo de lobos, guincho de javalis, dentre outros sons de advertência de diferentes espécies da região. Apesar de observada reação significativa ao estímulo natural do latido de cachorro (Figuras 3A-E), a resposta dos animais a este estímulo foi estatisticamente similar aos demais, exceto pela sirene de ambulância, que foi o único que se destacou dos demais conforme o gráfico apresentado na Figura 3 F. Os comportamentos AT e CR apresentaram respostas significativas para todos os estímulos sonoros testados (Figura 3A-E). Isso demonstra que o uso dessa tecnologia é um potencial instrumento para mitigação de atropelamentos de antas em ferrovias. Dentre os resultados, por fim, sugere-se que, ao menos o estímulo da sirene de ambulância poderá ser adotado para o implemento operacional de dispositivos sonoros para mitigação do atropelamento de antas em ferrovias. Acredita-se também que outras frequências sonoras de ampla resposta significativa observada (todos os quatro comportamentos significativos) como 1,5 kHz (Figura 3A) e latido de cachorro (Figura 3E) poderão ser adotadas para ampliar o repertório de sons e possivelmente evitar habituação das antas a um único estímulo sonoro. Entretanto, novos experimentos precisam ser conduzidos com objetivo de testar essas hipóteses com foco na mitigação de impactos e na conservação dessas e de outras populações animais de interesse.

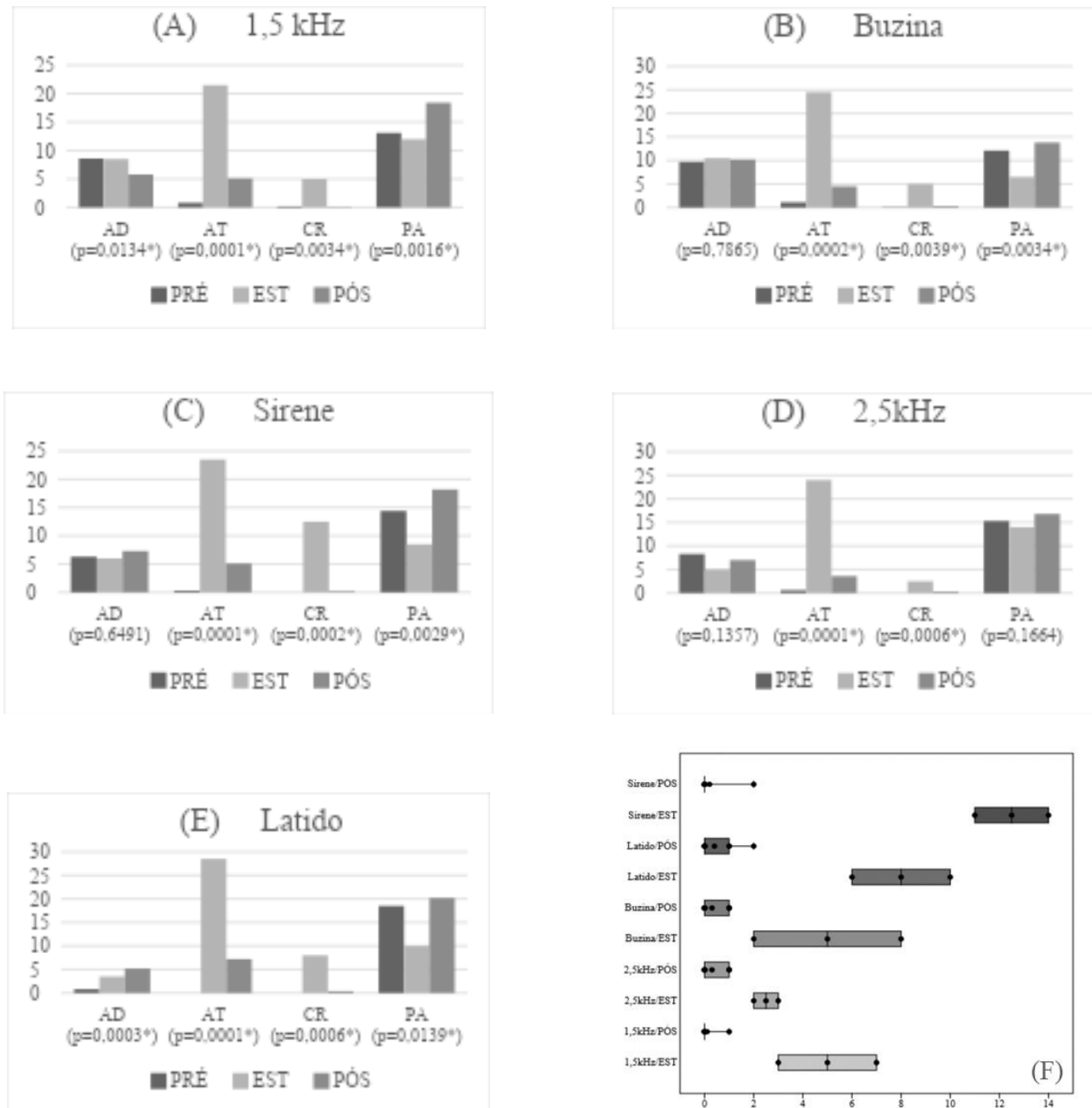


Figura 4 – Gráfico comparativo dos principais comportamentos de antas sob cuidados humanos do RBV, em junho de 2024, nas fases pré, durante e após diferentes estímulos sonoros. Comportamentos: AD = andar; AT = alerta; CR = correr; e PA = parado ativo.

Conclusão

Nosso estudo reforça a importância de entender o comportamento específico das espécies-alvo no contexto de mitigação de atropelamentos. No caso da anta-brasileira (*Tapirus terrestris*), observou-se que estímulos sonoros são capazes de induzir mudanças comportamentais significativas, até mesmo em animais habituados ao contato humano e ruídos antrópicos, principalmente no que diz respeito ao aumento de estados de alerta e fuga. Esses comportamentos indicam que há potencial para o uso de dispositivos sonoros como uma estratégia preventiva para colisões no contexto ferroviário, considerando que o comportamento de fuga é uma resposta de defesa natural e fundamental para a sobrevivência da espécie em situações de ameaça. Embora todos os estímulos sonoros tenham provocado alterações comportamentais, o som de sirene de ambulância destacou-se como o mais eficaz na indução de comportamento de fuga, sugerindo que pode ser uma opção viável para ser incorporada em tecnologias de mitigação. No entanto, a aplicação prática desses dispositivos em ferrovias demanda estudos adicionais que avaliem padrões de ativação, alcance dos sons e efetividade na redução das fatalidades de antas em trechos mitigados.

Este trabalho contribui com informações inéditas sobre o comportamento das antas frente a diferentes estímulos sonoros, fornecendo uma base científica para o desenvolvimento de soluções tecnológicas que promovam a coexistência entre a fauna e os sistemas ferroviários, além de avançar na consolidação da linha de pesquisa em ecologia de ferrovias no Brasil. A proteção da anta-brasileira e de outras espécies ameaçadas é essencial para garantir o equilíbrio dos ecossistemas brasileiros e reafirmar o compromisso com a sustentabilidade no setor de transporte. Nesse sentido, entende-se que a aplicação de métodos de afugentamento a partir da emissão de sons deve ser implementada e monitorada em ferrovias, visando a verificação da efetividade da estratégia em médio e longo prazo.

Agradecimentos

Agradecemos à Rumo Logística, pelo patrocínio e apoio na realização dos experimentos; e à Itaipu Binacional, por abrir as portas do Refúgio Biológico Bela Vista, permitir o uso dos animais e a validação das atividades junto ao comitê de ética, contribuindo de forma essencial para o desenvolvimento da pesquisa.

Referências

1. Padilla M, Dowler RC. *Tapirus terrestris*. Mamm Species. 1994; 481: 1-8. doi:10.2307/3504109.
2. Medici EP, Nunes ALV, Mangini PR, Ferreira JRV. Order Perissodactyla, Family Tapiridae (Tapirs). In: Fowler ME, Cubas ZS, editors. Biology, medicine, and surgery of South American wild animals. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons; 2008. p. 363-376. doi:10.1002/9780470376980.ch32.
3. Redford KH. The Empty Forest: Many large animals are already ecologically extinct in vast areas of neotropical forest where the vegetation still appears intact. BioScience. 1992; 42(6): 412-422. doi:10.2307/1311860.
4. Brooks DM, Bodmer RE, Matola S. Tapirs: status survey and conservation action plan. Gland: IUCN; 1997. 164 p. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/node/7328>.
5. Alvard M, Robinson JG, Redford KH, Kaplan H. The sustainability of subsistence hunting in the neotropics. Conserv Biol. 1997; 11(5): 977-982. doi:10.1046/j.1523-1739.1997.96047.x.
6. Bizerril MX, Rodrigues FH, Hass A. Fruit consumption and seed dispersal of *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae) by the lowland tapir in the cerrado of Central Brazil. Braz J Biol. 2005; 65(3): 407-413. doi:10.1590/s1519-69842005000300005.
7. Tófoli CF. Frugivoria e dispersão de sementes por *Tapirus terrestris* (Linnaeus, 1758) na paisagem fragmentada do Pontal do Paranapanema, São Paulo [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2006. 98 p. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11134/tde-03082006-115436/pt-br.php>.

8. Varela D, Flesher K, Cartes JL, de Bustos S, Chalukian S, Ayala G, Richard-Hansen C. *Tapirus terrestris*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2019 [citado 2025 fev 4]. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20191.RLTS.T21474A45174127.en>.
9. Medici EP. Assessing the viability of lowland tapir populations in a fragmented landscape [thesis]. United Kingdom: University of Kent; 2010. 293 p. Disponível em: https://www.ipe.org.br/docs/projetos/pantanal/premios/medici_phd_%202010.pdf.
10. Medici EP, Nunes ALV, Lima F, Almeida N. Avaliação do risco de extinção da anta brasileira *Tapirus terrestris* Linnaeus, 1758, no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*. 2012; 2(1): 103-116. doi:10.37002/bb.v2i1.243.
11. Medici EP, Testa-José C, Fernandes-Santos RC, Canena AC, Abra FD. Impacto de atropelamentos de anta brasileira (*Tapirus terrestris*), entre 2013 e 2019, em rodovias estaduais e federais do estado do Mato Grosso do Sul, Brasil [Internet]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Ecológicas-IPE; 2019 [citado 2024 mar 25]. Disponível em: <https://ipe.org.br/images/Impacto-de-Atropelamentos.pdf>.
12. CBEE – Centro Brasileiro de Ecologia de Estradas. Atropelômetro [Internet]. 2019 [citado 2019 mar 14]. Disponível em: <http://cbee.ufra.br/portal/atropelometro/>.
13. González-Suárez M, Zanchetta Ferreira F, Grilo C. Spatial and species-level predictions of road mortality risk using trait data. *Glob Ecol Biogeogr*. 2018; 27(9): 1093-1105. doi:10.1111/geb.12769.
14. Silva Pinto FA, Bager A, Cerqueira RC, Milagres AP, Moraes BC, Silva PBAC, et al. Diagnóstico do atropelamento de mamíferos silvestres em estradas na bacia do alto Paraguai. *Bol Mus Para Emílio Goeldi Cienc Nat*. 2022; 17(1): 1-15. doi:10.46357/bcnaturais.v16i3.812.
15. Abra F, Huijser M, Magioli M, Bovo A, Ferraz K. Uma estimativa de atropelamento de mamíferos silvestres no estado de São Paulo, Brasil. *Heliyon*. 2021; 7(1): e06015. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e06015.
16. Dornas RAP. Estimativas e padrões temporais e espaciais de fatalidades de sapos-cururu (*Rhinella gr. marina*) numa ferrovia da Amazônia brasileira [dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/33853>.
17. Dasoler BT. Fatalidades de mamíferos em ferrovias: como estimar quantos morrem e planejar mitigação? [dissertação]. Porto Alegre: Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/221517>.
18. Campos GR. Ecologia de ferrovias: análises de lacunas e padrões espaciais de impactos na vida silvestre [dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2023 [citado 2025 ago 14]. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/58559>.
19. Saito EN, Balestieri MF. Manual de Orientações Técnicas para Mitigação de Colisões Veiculares com Fauna Silvestre nas Rodovias Estaduais do Mato Grosso do Sul. 1ª ed. Campo Grande: SEINFRA; 2021. 63 p. Disponível em: <https://www.seilog.ms.gov.br/wp-content/uploads/2025/05/Manual-orientacoes-mitigacao-CVF-MS-SEINFRA...>
20. Huijser MP, Fairbank ER, Means WC, Graham J, Watson V, et al. Effectiveness of short sections of wildlife fencing and crossing structures along highways in reducing wildlife–vehicle collisions and providing safe crossing opportunities for large mammals. *Biol Conserv*. 2016; 197: 61-8. doi:10.1016/j.biocon.2016.02.002.
21. Jackson SD, Griffin CR. A strategy for mitigating highway impacts on wildlife. In: Messmer TA, West B, editors. *Wildlife and highways: Seeking solutions to an ecological and socio-economic dilemma*. Bethesda: The Wildlife Society; 2000. p. 143-159. Disponível em: https://www.umass.edu/agriculture-food-environment/sites/ag.umass.edu/files/pdf-doc-ppt/tws_strateg...
22. Cercar ou Não Cercar? Um desafio para mitigação do atropelamento de fauna em ferrovias. 2024 [Internet]. Disponível em: <https://faunanews.com.br/desafios-das-concessoes-ferroviarias-para-mitigar-atropelamento-de-fauna/>.
23. Ujvári M, Baagøe HJ, Madsen AB. Effectiveness of wildlife warning reflectors in reducing deer-vehicle collisions: A behavioral study. *J Wildl Manage*. 1998; 62(3): 1094-9. doi:10.2307/3802562.
24. D'Angelo GJ, D'Angelo JG, Gallagher CR, Osborn DA, Miller KV, Warren RJ. Evaluation of wildlife warning reflectors for altering white-tailed deer behavior along roadways. *Wildl Soc Bull*. 2006; 34: 175-83. doi:10.2193/0091-7648(2006)34[1175:EOWWRF]2.0.CO;2.
25. D'Angelo G, van der Ree R. Use of reflectors and auditory deterrents to prevent wildlife–vehicle collisions. In: van der Ree R, Smith DJ, Grilo C, editors. *Handbook of road ecology*. 1st ed. Chichester: John Wiley & Sons; 2015. doi:10.1002/9781118568170.ch25.
26. Jasińska KD, Babińska-Werka J, Krauze-Gryz D. A test of wildlife warning reflectors as a way to reduce risk of wildlife-train collisions. *Nat Conserv*. 2022; 47: 303-16. doi:10.3897/natureconservation.47.73052. Disponível em: <https://natureconservation.pensoft.net>.
27. Muzzi PD, Bisset AR. Effectiveness of ultrasonic wildlife warning devices to reduce moose fatalities along railway corridors. *Alces*. 1990; 26: 37-43. Disponível em: <https://alcesjournal.org/index.php/alces/article/view/1143>.

28. Curtis PD, Fitzgerald C, Richmond ME. Evaluation of the Yard Gard ultrasonic yard protector for repelling white-tailed deer. In: Eastern Wildlife Control Conferences. 1995; 7: 172-6. Disponível em: <https://digitalcommons.usu.edu/wdmconference/1995/all1995/28/>.
29. Belant J, Seamans T, Tyson L. Evaluation of electronic frightening devices as white-tailed deer deterrents. In: Baker RO, Crabb AC, editors. Proceedings of the Eighteenth Vertebrate Pest Conference; 1998 Mar 2-5; Costa Mesa, California. Davis: University of California at Davis; 1998. p. 107-10. Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/vpc18/3>.
30. Putman RJ. Deer and road traffic accidents: options for management. J Environ Manage. 1997; 51: 43-57. doi:10.1006/jema.1997.0135.
31. Edgar J, Miners M, Pritchard C, et al. Efficacy of an ultrasonic device as a deterrent to dingoes (*Canis lupus dingo*): a preliminary investigation. J Ethol. 2007; 25: 209-13. doi:10.1007/s10164-006-0004-1.
32. Hunsaker D, Hahn TC. Vocalization of the South American tapir, *Tapirus terrestris*. Anim Behav. 1965; 13(1): 69-74. doi:10.1016/0003-3472(65)90073-4.
33. Gomez-Hoyos DA, Escobar-Lasso S, Brenes-Mora E, Schipper J, Gonzales-Maya JF. Interaction behavior and vocalization of the Baird's tapir *Tapirus bairdii* de Talamanca, Costa Rica. Neotrop Biol Conserv. 2018; 13(1): 17-23. doi:10.4013/nbc.2018.131.03.
34. Walb R, Von Fersen L, Meijer T, Hammerschmidt K. Individual differences in the vocal communication of malayan tapirs (*Tapirus indicus*) considering familiarity and relatedness. Animals (Basel). 2021; 11(4): 1026. doi:10.3390/ani11041026.
35. Altmann J. Observational study of behavior: sampling methods. Behaviour. 1974; 49(3): 227-67. doi:10.1163/156853974X00534.
36. Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontol Electron. 2001; 4: 9. Disponível em: https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf.
37. Slabbekoorn H, McGee J, Walsh EJ. Effects of man-made sound on terrestrial mammals. In: Effects of anthropogenic noise on animals. 2018. p. 243-76. doi:10.1007/978-1-4939-8574-6_10.
38. Kern JM, Radford AN. Anthropogenic noise disrupts use of vocal information about predation risk. Environ Pollut. 2016; 218: 988-95. doi:10.1016/j.envpol.2016.08.049.
39. Montenegro OL. The behavior of lowland tapir (*Tapirus terrestris*) at a natural mineral lick in the Peruvian Amazon [dissertation]. Gainesville: University of Florida; 1998. Disponível em: https://atrium.tapirs.org/documents/bibliofile_20070612110207_Montenegro1998_BehaviourLowlandTapirN...
40. Babińska-Werka J, Krauze-Gryz D, Wasilewski M, Jasińska K. Effectiveness of an acoustic wildlife warning device using natural calls to reduce the risk of train collisions with animals. Transp Res Part D Transp Environ. 2015; 38: 6-14. doi:10.1016/j.trd.2015.04.021.

Biodiversidade Brasileira

Fluxo Contínuo

v. 15, n. 4, 2025

<https://revistaeletronica.icmbio.gov.br/index.php/BioBR/>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a difusão de experiências em conservação e manejo de unidades de conservação, gestão e uso sustentável de recursos naturais renováveis, biodiversidade e espécies ameaçadas, fiscalização e proteção da biodiversidade e patrimônio natural, e educação e formação para a conservação da sociobiodiversidade.

ISSN: 2236-2886