



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA

Influência do ambiente na propagação do canto de anúncio de
***Pithecopus nordestinus* (Phyllomedusidae: Anura)**

Lidiane Gomes

Feira de Santana

Março/ 2017



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA

Influência do ambiente na propagação do canto de anúncio de
***Pithecopus nordestinus* (Phyllomedusidae: Anura)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zoologia da Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requerimentos necessários para obtenção do título de mestre em Zoologia.

Lidiane Gomes

Orientadora: Dra. Flora Acuña Juncá

Feira de Santana

Março/ 2017

Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado – UEFS

Gomes, Lidiane

G615 Influência do ambiente na propagação do canto de anúncio de *Pithecopus nordestinus* (Phyllomedusidae: Anura) / Lidiane Gomes. – Feira de Santana, 2017.

67 f.: il.

Orientadora: Flora Acuña Juncá.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Zoologia, 2017.

1. *Pithecopus nordestinus*. 2. Phyllomedusa nordestina. 3. Propagação acústica. 4. Meio ambiente – influência. I. Juncá, Flora Acuña, orient.
II. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.

CDU: 597.6(812/814)

LIDIANE GOMES

Influência do ambiente na propagação do canto de anúncio de *Pithecopus nordestinus* (Phyllomedusidae: Anura)

Aprovada em: / /

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Flora Acuña Juncá (Orientadora) - UEFS

Prof.^a PhD Renata S. Sousa-Lima - UFRN

Prof. Dr. Marcelo Felgueiras Napoli - UFBA

Feira de Santana
Março/2017

*Ao Deus de amor e Pai bondoso.
Que tornou possível a realização deste sonho*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que guia todas as minhas decisões e caminhos. Tudo que faz na minha vida só mostra o quanto é bondoso com essa filha.

Aos meus pais responsáveis por tudo que sou, são eles a melhor escola que poderia frequentar na vida. Ensinam-me com sua simplicidade, através dos seus exemplos a ser cada dia uma pessoa melhor.

À minha irmã por todo cuidado e amor. Por ser a minha companheira de vida para todos os momentos de alegria e tristeza.

À Flora Juncá que muito além de orientadora é uma amiga que encontrei nessa caminhada. Obrigada por todas as tardes de conversas, risadas, por todos os momentos onde sua força me deu a certeza que tudo daria certo. Obrigada por fazer do nosso laboratório o melhor do mundo.

À Josieia que encontrei desde matrícula e compartilhei todos os momentos do mestrado, que sofreu comigo em cada agonia. Você é uma grande amiga, sentirei muitas saudades.

O mestrado pode passar, mas a certeza que ganhei Josieia, Juliana Ramos e Charlene como amigas, que onde estiver sempre saberei que posso contar com vocês. Obrigada meninas pelos risos longos, pelas besteiras que tanto falamos e pelos conselhos intermináveis de um para outra.

À Lucas Rohr por toda ajuda, pela paciência em ensinar, por milhares de vezes que precisei e você sempre esteve disposto. Você é uma pessoa rara, humilde e simples, um verdadeiro exemplo na minha vida.

À Sidiane minha menina linda, pelas conversas e todo carinho.

À Mazinho por toda ajuda em campo e disposição em todos os momentos.

À Fabiana minha excelente companheira de campo, todos os momentos foram maravilhosos.

À professora Renata Sousa-Lima pela disponibilidade em me ajudar e por todo conhecimento compartilhado.

À Felipe (Bode), Thiciane, Nelson e Bruno pela amizade, pelos conselhos e ajuda em todos os momentos do mestrado.

À Lívia, Igor, Daniel, Edson e Francisca que compartilhei meus primeiros momentos em Feira de Santana.

Aos professores Carlos de Araújo, Paulo Enrique e Jhonathan de Oliveira por todas as dúvidas esclarecidas nos momentos que precisei de ajuda.

A todos que fazem parte do museu de zoologia, especialmente Conceição, Claudinha, Raimunda e Marizete por todas as conversas e ajuda sempre que precisei. Por fazerem do museu um lugar tão acolhedor.

Sou extremamente grata a Deus, pois somente ele é capaz de colocar tantas pessoas maravilhosas na minha vida. No fim eu levo uma parte de cada um de vocês comigo. OBRIGADA!!

Sumário

RESUMO GERAL.....	8
ABSTRACT.....	Erro! Marcador não definido.
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
Comunicação.....	9
Vocalizações em anuros	10
Estrutura das vocalizações	12
Hipótese Adaptação Acústica.....	15
Influência do ambiente na propagação do canto de anúncio de <i>Pithecopus nordestinus</i> (Phyllomedusidae: Anura).....	25
RESUMO	26
INTRODUÇÃO	26
MATERIAIS E MÉTODOS	29
Local do experimento.....	29
Trabalho experimental.....	30
Análise dos cantos.....	31
Análise estatística.....	33
RESULTADOS	33
DISCUSSÃO.....	34
AGRADECIMENTOS	36
REFERÊNCIAS	37
LEGENDA DAS FIGURAS	41
TABELAS.....	44
APÊNDICE	46
ANEXO.....	Erro! Marcador não definido.

RESUMO GERAL

Em anuros sinais acústicos são uma importante ferramenta para comunicação, eles podem carregar várias informações sobre o sinalizador, sua identidade, tamanho, localização e status sexual, mesmo em grandes distâncias. Durante a propagação do som algumas características do canto podem ser modificadas, dessa forma, muitos sinais podem não chegar ao receptor de forma eficiente, assim o mesmo não consegue discriminar o sinal e a comunicação acústica é ineficiente. Algumas características do ambiente como o ruído e a estrutura do habitat têm sido consideradas fatores responsáveis por dificultar a eficiência da comunicação acústica. O ambiente vem sendo considerado um fator responsável pela evolução da comunicação acústica, através da seleção ambiental. A Hipótese de Adaptação Acústica (HAA) propõe que os sinais acústicos devem ser adaptados para propagar mais eficientemente no habitat onde ele é transmitido. Vários trabalhos têm estudado a HAA em anuros, porém não existe um consenso sobre essa hipótese para esses animais. Alguns trabalhos verificaram que os anuros modificam seus parâmetros acústicos conforme o ambiente de origem. Assim, chegamos ao questionamento que modificar a estrutura dos parâmetros acústicos pode favorecer uma propagação mais eficiente e resolvemos testar a propagação do canto de *Phyllomedusa nordestina*, espécie que possui frequência dominante e número de pulsos e intervalo entre pulsos modificados conforme a estrutura da vegetação. Realizamos experimento de propagação do som em dois ambientes (Mata Atlântica e Caatinga) em dois locais em cada área. Conseguimos verificar que a degradação e atenuação dos cantos foram maiores quando propagados no ambiente de mata, quando comparados ao ambiente de caatinga. As variáveis correlação envelope, níveis de pressão sonora e excesso de atenuação foram influenciadas pelo ambiente onde o som foi propagado (caatinga ou mata). A variável correlação espectral foi influenciada pelo habitat de origem do canto. Cantos de caatinga se propagaram de forma mais eficiente na caatinga e na mata, apoiando a HAA para o ambiente de caatinga.

Palavras-chave: comunicação acústica, evolução, Hipótese de Adaptação Acústica, estrutura da vegetação, Anura.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Comunicação

Em um contexto biológico, a comunicação pode ser definida como a troca de informações entre indivíduos. A comunicação envolve como os animais lidam em suas relações sociais, com membros da sua espécie, mas também com os de outras espécies com as quais podem competir por recursos, ou ainda com predadores e presas (Snowdon 2011). Uma das mais importantes funções da comunicação animal é utilizada para reprodução. Muitos são os animais que emitem sinais para atrair parceiros para o acasalamento, e é através desses sinais que as fêmeas escolhem o melhor parceiro para acasalar (Pough et al. 2008). Um exemplo de comunicação acústica usada para reprodução é através das vocalizações, em anuros o comportamento reprodutivo de muitas espécies são mediadas pela vocalização, fêmeas são atraídas pelo canto do macho e inicia o contato sexual (Wells 1977). Alguns grupos possuem sinal de alerta para avisar a outros indivíduos da presença de predadores (Snowdon 2011).

Alguns tipos de sinais conhecidos na comunicação são sinais visuais, químicos, tácteis, elétricos e acústicos, que podem ser utilizados juntos ou separados (Bradbury & Vehrencamp 1998). Muitas vezes o indivíduo utiliza mais de um tipo de sinal ao mesmo tempo, um exemplo acontece com aves, geralmente o canto está associado a uma postura corpórea particular, que exhibe penas coloridas, assim dois tipos de comunicação são realizadas ao mesmo tempo (Pough et al. 2008). Em qualquer ambiente, indivíduos de várias espécies emitem sinais ao mesmo tempo, criando uma rede de comunicação que é mantida em um espaço específico e por algum tempo (Farina 2014).

Dos vários tipos de comunicação a acústica tem a vantagem de alcançar o receptor a longas distâncias (Ryan & Kime 2003). Sinais acústicos são um modo de comunicação essencial para diversos grupos de animais, como invertebrados, anfíbios, aves e mamíferos. Os sinais podem informar para indivíduos que utilizam esse tipo de comunicação sobre a identidade do emissor, sua localização, tamanho do corpo e estado sexual (Gerhardt & Huber 2002). No entanto, sinais acústicos, como qualquer sinal, estão sujeitos a várias pressões seletivas, como a seleção sexual, morfológica, fisiológica, predação, parasitismo e restrições ambientais (Endler 1992). Todos esses fatores, dentro de cada contexto filogenético, podem

ser responsáveis pela evolução de sinais acústicos, podendo atuar isoladamente ou integrados (Endler 1992).

Algumas hipóteses são consideradas relevantes no processo de comunicação acústica, em todas as espécies de animais. A **hipótese de adaptação morfológica** (MAH) relaciona o tamanho dos órgãos de vocalização ao tamanho do corpo do indivíduo, de maneira que o som produzido sofra influência desta variação de tamanho nas suas propriedades acústicas. Um exemplo são as espécies que utilizam cordas vocais na laringe para vocalizar. Nestes casos, há uma relação inversa entre a frequência do som produzido e o tamanho corporal. Isto implica que indivíduos de maior massa corporal produzem cantos com frequências mais baixas (Wallschläger 1980). A **hipótese de adaptação acústica** (AAH) sugere que os animais modificam os parâmetros acústicos (ex. frequência dominante) de acordo com restrições ambientais para maximizar a eficiência da transmissão dos sons no ambiente onde vivem (Morton 1975). A **hipótese de nicho acústico** (ANH) sugere que cada espécie possui um espaço acústico único para reduzir a competição interespecífica e otimizar os mecanismos de comunicação intraespecíficos (Krause 1993). A **hipótese de filtro combinado** sugere que o ajuste da sensibilidade auditiva do receptor e a frequência dominante dos cantos emitidos pelos machos corresponderão para maximizar a eficiência do processamento auditivo durante a corte (Capranica & Moffat 1983). Finalmente, a **hipótese de reconhecimento de espécies** (SRH) sugere que espécies que vivem em simpatria tentam reduzir o risco de utilizar traços sonoros semelhantes, para evitar o risco de hibridização (Seddon 2005).

Vocalizações em anuros

Anuros podem se comunicar por uma variedade de sinais, (Wells & Schwartz 2007), mas o sinal acústico é o mais difundido entre eles (Zug 1993). A comunicação acústica entre anuros envolve vários tipos de vocalizações, que são modificadas conforme o contexto comportamental. O repertório vocal varia entre as espécies e algumas delas podem produzir diversos tipos de vocalização. O canto de anúncio (Wells 1977) é o mais comum, emitido por quase todas as espécies. Essa vocalização específica emitida pelos machos é utilizada para atrair fêmeas para reprodução e também para atrair outros machos a juntar-se ao coro (Wells 1977). Coro são agregações compostas por uma ou mais espécies, nos quais os machos anunciam vocalmente sua presença e interesse em acasalar (Gerhardt & Huber 2002). O coro

pode trazer benefícios aos seus residentes, como aumento da atração de fêmeas e redução do risco de predação (Bates et al. 2010). Porém, tanto os emissores como os receptores de um coro denso e barulhento devem desenvolver estratégias para discriminar e localizar sinais acústicos de interesse particular em meio a um complexo fundo acústico (Bates et al. 2010). Muitas vezes, para reduzir o mascaramento da vocalização pelos seus vizinhos, o macho vocalizante pode evitar a sobreposição com cantos emitidos por outros machos, alternando o canto ou notas individuais com os demais (Moore et al. 1989). Outra estratégia é manter um espaçamento entre os machos próximos para evitar o mascaramento do sinal (Schwartz & Gerhardt 1989).

O canto de corte pode ser mais comum do que é relatado na literatura. Este canto é aquele emitido por machos na presença de fêmeas. Esse canto é semelhante ao canto de anúncio, mas com taxa de emissão de cantos mais alta e uma intensidade do som mais baixa (Wells 1977). Provavelmente, essas diferenças ocorrem para prender a atenção da fêmea ao mesmo tempo em que não chama a atenção de outros machos ou predadores (Wells & Schwartz 2007). Esse canto também pode preceder o amplexo ou a oviposição, além disso, pode estimular a fêmea para reprodução e orientar a mesma para o local de oviposição, em caso de machos que vocalizam em câmaras subterrâneas (Haddad et al. 2005). O canto de amplexo foi proposto por Picker (1980) é emitido durante o amplexo e também pode ser utilizado para estimular a fêmea para oviposição, já que é acompanhado por movimentos musculares. Canto de liberação nomeado por Martof & Thompson (1958) e descrito por Schmidt (1972), sinaliza que o indivíduo não é uma fêmea e se for fêmea sinaliza que não está receptiva para reprodução. Outros tipos de canto menos usuais são o canto de liberação do macho pós-oviposição, esse é emitido por um macho como um sinal que informa a fêmea que o macho está deixando o amplexo. E o canto de chuva (Bogert 1960, Goin & Goin 1957), emitido pelos machos durante as chuvas, podendo indicar que os machos estão prontos para reprodução.

Os cantos associados a comportamento agressivo mais conhecido é o canto territorial (Bogert 1960), no qual os machos defendem recursos específicos dentro de um território, como locais de corte e alimentação. O canto de encontro (McDiarmid & Adler 1974) é emitido por machos quando um intruso entra em território de outro, em uma curta distância, este geralmente precede combates físicos (lutas). O canto de combate (Martins & Haddad 1988) é emitido durante o combate físico entre dois machos. Canto de deslocamento (Bastos

et al. 2011), emitido durante o deslocamento de machos, sugerindo que o mesmo tem função territorial, mas ainda precisa ser mais bem estudado.

São encontrados ainda, canto de aflição (Bogert 1960) pode ser emitido por machos e fêmeas, adultos ou juvenis e até girinos, na grande maioria dos casos emitidos com a boca aberta e são emitidos quando apreendidos por seus predadores ou quando estão fugindo, também podem ter a função de atrair outros animais, podendo também ser considerado canto de alarme. Canto de aviso (Bogert 1960) funciona como um sinal que alerta o predador que a presa pode ser perigosa (tóxica) ou apresentar outras estratégias de defesa que pode causar lesões no predador, como morder ou apresentar espinhos. O canto de alarme é emitido quando um macho é surpreendido por um predador e foge enquanto grita ou quando está sendo atacado (Capranica 1968).

Alguns autores caracterizaram os sons produzidos por anuros, porém muitas vocalizações com a mesma função receberam nomes diversos. Uma revisão realizada por Toledo et al. (2015) definiram 13 tipos de cantos encontrados em anuros, que foram agrupados em três categorias distintas de acordo com o contexto social: cantos reprodutivos, agressivos e defensivos.

Estrutura das vocalizações

As características do canto de anuros ajudam a definir e identificar as espécies. As propriedades dos cantos são divididas em parâmetros espectrais e temporais (Gerhardt & Huber 2002). São parâmetros espectrais do canto as medidas de intensidade e frequência (Duellman & Trueb 1994). Um canto pode ter várias frequências, mas a primeira frequência harmônica é chamada de frequência fundamental (Duellman & Trueb 1994). Já a frequência do som que apresenta maior concentração de energia é referida como frequência dominante (Heyer et al. 1990). São parâmetros temporais a duração do canto, que vai do início até o final do canto, taxa de emissão do canto, que é a quantidade de cantos emitidos por unidade de tempo (Heyer et al. 1990), taxa de repetição de pulsos, número total de pulsos de um canto dividido pela duração do canto, intervalos entre notas ou pulsos, é o tempo que vai do fim de uma nota (ou pulso) ao início da próxima, os parâmetros temporais são medidos em segundos ou milissegundos (Duellman & Trueb 1994).

Para anuros Gerhardt (1991) dividiu as propriedades do canto em estáticas e dinâmicas. As propriedades estáticas (frequência dominante e taxa de emissão de pulsos) são de baixa variação, podendo sofrer seleção estabilizadora. Já as propriedades dinâmicas (duração do canto, número de pulsos e taxa de emissão de canto) têm uma alta variação e pode sofrer seleção direcional. Gerhardt (1991) sugeriu que as propriedades estáticas devem ser utilizadas para reconhecimento da espécie, já as propriedades dinâmicas são usadas para seleção sexual, assim as propriedades do canto podem responder de forma diferente a pressões evolutivas.

A variação encontrada nos parâmetros espectrais e temporais do canto de anuros é usualmente atribuída a alguns fatores bióticos, como massa corporal e comportamento, ou abióticos como a temperatura (Gerhardt 1991). A frequência de um canto possui relação com a massa e tamanho das cordas vocais. Indivíduos com maior massa corporal produzem frequência mais baixa, já indivíduos de menor massa produzem frequências mais altas (Ryan 1988). Os parâmetros temporais, por sua vez, são usualmente influenciados pelo comportamento e pela temperatura (Bosch & De la Riva 2004). Temperaturas altas podem induzir o aumento do número de pulsos, o aumento na taxa de emissão do canto e também pela diminuição da duração do canto. Estudos mais recentes encontraram uma relação entre mudança na frequência do canto e características do ambiente, como a vegetação, demonstrando que características do ambiente também podem influenciar alguns parâmetros acústicos considerados estáticos (Lardner & bin Lakim 2002, Röhr 2015, Ziegler et al. 2011).

Propagação do som

O alcance da comunicação depende da intensidade do sinal e das propriedades temporais e espectrais durante a propagação através do ambiente (Bradbury & Vehrencamp 1998). O sinal acústico, ao ser transmitido, deverá percorrer as distâncias pertinentes. Nesse trajeto, entretanto, este sinal poderá ser alterado de tal maneira que não consiga ser reconhecido pelo seu receptor (Ryan & Kime 2003). Existem vários fatores que podem impedir uma propagação sonora eficiente, o que pode influenciar a resposta do receptor (Bradbury & Vehrencamp 1998).

Alguns fatores como absorção, dispersão, refração e reflexão são considerados responsáveis pelo excesso de atenuação e pela degradação do sinal acústico (Gerhardt & Huber 2002). As perdas de intensidade sonora (amplitude) ocorrem porque o som coloca uma quantidade finita de energia para o meio e essa energia se espalha por uma grande superfície de propagação do som. À medida que essa energia se espalha, ela vai sendo perdida, o que gera perda de amplitude do som. Essa perda de intensidade do sinal com aumento da distância é designada de atenuação. O fato do som perder mais amplitude que o esperado é conhecido como excesso de atenuação. O excesso de atenuação ocorre quando o som emitido encontra barreiras, como tronco e folhas das árvores, assim o som vai perder mais intensidade do que quando propagado em ambientes sem barreiras. Outro fator que pode interferir no sinal recebido é a degradação, que ocorre quando o sinal acústico perde suas características originais durante a propagação, modificando sua estrutura. A degradação pode ocorrer devido a flutuações de amplitudes irregulares, como vento e modificações na temperatura (Wiley & Richards 1978).

A absorção é a perda de energia durante a propagação do som. A energia perdida vai variar conforme a frequência do som. No ar, a perda média é de 1,2dB/100m (Bradbury & Vehrencamp 1998). A dispersão é a quantidade de energia espalhada pelos obstáculos (Gerhardt & Huber 2002). A dispersão é dependente do comprimento de onda, que determina a frequência do som. No ar, um som possui um tamanho de comprimento de onda, qualquer obstáculo maior que esse comprimento de onda produzirá dispersão. A energia espalhada por objetos durante a propagação vai depender do tamanho dos objetos encontrados, do tamanho da onda sonora e da impedância acústica (resistência à passagem do som no meio) (Bradbury & Vehrencamp 1998).

Outro fator que interfere na propagação do som é a reflexão, que ocorre quando a onda sonora não consegue se propagar de forma direta. Assim, ao encontrar algum objeto a onda sonora é refletida e se propaga por caminhos diferentes (Bradbury & Vehrencamp 1998). Esse fenômeno causado pela reflexão é chamado de reverberação do som. A reverberação aumenta a duração da onda sonora propagada e modifica sua estrutura temporal (Bradbury & Vehrencamp 1998). Um dos fatores mais conhecidos por causar reverberação do som é a estrutura da vegetação, pois galhos e folhas fazem com que o som seja mais refletido, causando maior reverberação (Forrest 1994). Outro fator que interfere na propagação do som é a flutuação de amplitude, que altera padrões da amplitude de um sinal. Uma das causas de

flutuação de amplitude são fatores climáticos como rajadas de vento e mudanças na temperatura, que podem ocorrer aleatoriamente (Gerhardt & Huber 2002).

O ruído também é um fator que pode comprometer a discriminação do sinal acústico pelo receptor. Em bioacústica, o ruído é qualquer som que interfira na detecção do sinal e na transmissão da informação (Wiley & Richards 1978). Na natureza é uma combinação de ruído do ambiente (vento, chuva) e ruído biológico (sons de outros animais) (Forrest 1994). O principal impacto do ruído na propagação é o risco da intensidade e componentes de frequência do sinal do emissor ficarem abaixo do ruído e o receptor não conseguir discriminar a mensagem (Bradbury & Vehrencamp 1998).

A perda de informação de algumas características espectrais ou temporais do canto através de excesso de atenuação e degradação alterará a estrutura do sinal emitido e, muitas vezes, esses sinais podem perder características importantes, fazendo com que o receptor não consiga discriminar o sinal. Assim, o sinalizador pode recorrer a táticas que façam com que o sinal consiga uma transmissão mais eficiente (Wiley & Richards 1978). Os trabalhos de Endler (1992) e Ryan & Kime (2003) resumem algumas características da produção do sinal acústico que podem ser vantajosos na propagação do som. Cantos produzidos com frequências inferiores a 2 kHz podem minimizar os efeitos de reverberação, atenuação e espalhamento durante a transmissão. Sons com frequências mais baixas possuem comprimento de onda maior o que pode facilitar sua propagação em ambientes com barreiras, como vegetação. Sinais com maior amplitude podem aumentar a distância de transmissão e também sua chance de alcançar o receptor, pois possuem maior amplitude que o ruído. Outra tática seria emitir sinais acima do solo para diminuir o efeito da atenuação pelo solo, vegetação e vento. Ainda, usar modulação de frequência em vez de modulação de amplitude para emitir informações, pois reverberações podem alterar mais a amplitude do sinal do que a frequência (Endler 1992, Ryan & Kime 2003).

Hipótese Adaptação Acústica

Produzir um sinal acústico que tenham características que favoreçam sua propagação pode ser vantajoso para os indivíduos que o produz, pois aumenta as chances de atrair uma fêmea para acasalamento (Morton 1975). Endler (1992) relata que a seleção natural favorece

os sinais facilmente transmitidos, recebidos, detectados e discriminados de outros e que sejam facilmente lembrados. Vários estudos tentaram demonstrar como a seleção natural poderia atuar na evolução dos sinais acústicos (Boncoraglio & Saino 2007, Bosch & De la Riva 2004, Morton 1975, Zimmerman 1983), porém os resultados não conseguem evidenciar o papel do ambiente na evolução dos sinais sonoros (Erdtmann & Lima 2013).

Na hipótese de adaptação acústica (HAA), o ambiente é considerado um importante fator de modificações dos sinais sonoros (Morton 1975). Essa hipótese foi sugerida por Morton (1975) que ao estudar a vocalização de aves propôs que o ambiente é uma força direcionadora da evolução de sinais acústicos, promovendo a fixação de cantos com características que aumentem a distância de propagação e diminua a degradação dos mesmos. Assim, os animais possuem cantos adequados para obter uma maior propagação no ambiente onde vivem (Morton 1975). Morton (1975) relata que alguns parâmetros acústicos teriam vantagens em um ambiente em relação a outro ambiente diverso. Em seu estudo, analisou três ambientes; floresta, borda e pastagem. Ele verificou que cantos de áreas de pastagens em relação aos cantos de floresta teriam comprimento de onda mais curto (frequência mais alta), uma maior taxa de repetição, frequência modulada, a frequências mínima, máxima e dominante mais alta e largura de banda de frequência mais ampla (Erdtmann & Lima 2013, Morton 1975). Ele conseguiu observar que essas características tornariam a propagação mais eficiente em ambientes de pastagens, enquanto o contrário seria mais eficiente na propagação em floresta (Morton 1975).

Até hoje, diferentes estudos são realizados com intuito de testar a HAA. Boncoraglio & Saino (2007) realizaram uma meta-análise para verificar as evidências sobre a HAA em aves. O resultado deste estudo mostrou que existem diferenças na frequência entre cantos de aves de habitat de vegetação fechada e aberta, e estas diferenças foram consistentes com a previsão da HAA (espécies de habitat aberto cantam com frequências mais altas e espécies de habitat de floresta cantam com frequências mais baixas). O estudo, entretanto, não mediu o efeito do habitat nos parâmetros temporais dos cantos (como duração do canto, intervalo entre notas e pulsos). Blumstein & Turner (2005) realizaram um trabalho com 121 espécies de aves de 41 famílias diferentes, controlando a massa corporal e a filogenia para verificar o apoio a HAA. O resultado corroborou a HAA, pois as aves que viviam em ambientes abertos produziram sons de frequências mais altas do que as aves que viviam em ambientes densamente florestados.

Outros grupos de animais também foram testados quanto a HAA. Uma pesquisa realizada com marmotas analisou as características dos cantos de quatro espécies que viviam em habitats diversos. O resultado mostrou que embora houvesse diferença nas propriedades do canto, não houve uma interação significativa entre habitat e o tipo de canto (Daniel & Blumstein 1998). Outro estudo realizado com babuínos verificou que populações que vocalizavam na floresta possuíam grunhidos mais longos que populações de áreas mais abertas. Os autores atribuíram esse resultado a plasticidade ambiental conforme o habitat para uma população estudada. Para outra população analisada, além do habitat eles atribuíram a proximidade com outros grupos de babuínos responsáveis pela modificação dos grunhidos (Ey et al. 2009). Couldridge & van Staaden (2004) verificaram a HAA para gafanhotos de uma família em quatro ambientes diferentes (Floresta, Fynbos, Savana e Karoo suculenta), os indivíduos que emitiam sinais acústicos na Floresta e Fynbos tiveram seus sinais acústicos menos degradados quando propagados em seu ambiente de emissão, porém as espécies que emitem sinais acústicos no habitat de Savana e Karoo suculenta não tiveram seus sinais menos degradados no seu habitat de emissão.

Para anuros alguns trabalhos testaram a HAA. Bosch & De la Riva (2004) analisaram cantos de 95 espécies de anuros, sendo que cada espécie foi atribuída a uma macrohabitat (aberto, floresta e aberto/floresta - zona de transição entre área aberta e floresta ou em ambos tipos de habitats). Para os autores a carga filogenética representa a maior parte da variabilidade do canto entre espécies. Ainda no seu trabalho relataram que um delineamento amostral que utilizasse a estrutura da vegetação e não dividisse as espécies em macrohabitat deveria ser utilizada para tirar quaisquer conclusões sobre a falta de relação entre as propriedades do canto de anuros e o ambiente. Outro estudo realizado por Zimmerman (1983) analisou cantos de 25 espécies de habitat aberto e 31 espécies de floresta, foi encontrado diferenças na frequência dominante. Porém esse resultado foi atribuído ao tamanho do corpo e relações filogenéticas, a frequência pode estar relacionada com tamanho do corpo, as espécies de floresta possuíam tamanhos maiores, tendo frequências mais baixas. Porém, no próprio estudo são apontados alguns fatores que poderia dificultar na análise da influência do habitat nos cantos. O alcance de transmissão varia muito entre as espécies, os cantos não são projetados para propagar na mesma distância, trabalhar com espécies diferentes poderia ter influenciado esse resultado. Outro fator apontado foi que habitats abertos, muitas vezes podem ter áreas com vegetação. Para os próximos estudos os autores sugerem não dividir os ambientes em características ambientais brutas.

O estudo realizado por Ziegler et al. (2011) mediu a densidade da vegetação dos locais onde os indivíduos vocalizantes foram gravados, também foi realizado com apenas uma espécie (*Hypsiboas pulchellus*). Foram encontradas mudanças nas propriedades temporais do canto, nos cantos gravados em seu ambiente de emissão, apenas a duração do intervalo entre notas de *Hypsiboas pulchellus* tiveram relação com a densidade da vegetação. Porém no experimento onde se colocava um indivíduo para vocalizar dentro de um compartimento de isopor todas as variáveis temporais foram modificadas (duração da nota, intervalo entre notas, duração do canto). Esse resultado foi atribuído a plasticidade fenotípica. Neste caso, os indivíduos perceberam características do ambiente e modificaram seu canto para maximizar sua transmissão.

Outros cinco estudos analisaram os efeitos do ambiente sobre a degradação e atenuação do canto, através de experimento de propagação de som. Quatro estudos não encontraram relação entre o ambiente e a degradação e atenuação do canto (Castellano et al. 2002, Kime et al. 2000, Penna & Solis 1998, Ryan & Sullivan 1989). Um estudo relatou que, aparentemente, o ambiente influenciou na propagação do canto. Porém o número amostral era insuficiente para fazer afirmações seguras (Ryan et al. 1990). Finalmente, um estudo construiu modelos matemáticos para verificar como os cantos se propagariam em habitat diferentes e concluiu que, na teoria, os cantos se propagariam de forma diferente nos ambientes, concordando com a HAA (Parris 2002).

Os trabalhos não conseguiram chegar a um consenso sobre a hipótese de adaptação acústica em anuros. Essa falta de resultados concretos pode estar atrelada a erros metodológicos dos trabalhos que testaram essa hipótese para anuros. Algumas preocupações metodológicas foram apontadas por Erdtmann & Lima (2013), segundo as autoras esses pontos negligenciados na maioria dos trabalhos sobre HAA em anuros, deveria ser levados em consideração para um teste com método seguro sobre a HAA. Um ponto importante é a representação ambiental, grandes categorias de ambiente não são adequadas para representar a estrutura da vegetação, deveriam ser utilizadas medidas mais precisas da estrutura de vegetação. Os estudos também deveriam analisar os efeitos do tamanho corporal e controlar os efeitos filogenéticos, o mais seguro seria utilizar indivíduos da mesma espécie que ocorra em áreas florestais e abertas. Para os experimentos de propagação de som a melhor estratégia seria realizar esses experimentos em diversas áreas, ao invés de pseudoreplicação em um único local (Erdtmann & Lima 2013).

Mais recentemente, para *Pithecopus nordestinus* foi testado que existe diferença entre os parâmetros acústicos conforme seu ambiente de emissão e a estrutura de vegetação do local onde o indivíduo vocaliza. Para o parâmetro acústico intervalo entre pulsos foi verificado que indivíduos que emitem vocalizações na Mata Atlântica possuem intervalos entre pulsos maiores, enquanto os indivíduos que emitiram vocalizações no habitat de Caatinga tiveram intervalos entre pulsos menores. Outros dois parâmetros acústicos (frequência dominante e número de pulsos) foram influenciados pela quantidade de vegetação em torno dos indivíduos vocalizantes. Vocalizações emitidas em locais com maior densidade de vegetação tiveram frequência dominante mais baixa e maior número de pulsos (Röhr 2015).

Os estudos que encontraram diferenças nos parâmetros acústicos de uma única espécie (Röhr 2015, Ziegler et al. 2011) não testaram como essas diferenças poderiam interferir na propagação do som. Ainda, os estudos realizados para testar a HAA através de experimento de propagação do som testaram vocalizações de espécies diferentes, com características de cantos diversos. Apenas o estudo de Parris (2002), apoia a HAA para propagação do som, esse estudo foi realizado com modelos, apoiando a teoria e trazendo como sugestão que experimentos de propagação de som sejam realizados para comprovar o que a teoria sugere. Assim, pretendemos verificar se modificações nos parâmetros acústicos da *Pithecopus nordestinus* poderia influenciar em uma maior propagação conforme o ambiente de emissão da vocalização.

REFERÊNCIAS

- Bastos RP, Alcantara MB, Morais AR, Lingnau R, Signorelli L. 2011. Vocal behaviour and conspecific call response in *Scinax centralis*. *Herpetologica*. 21:43–50
- Bates ME, Cropp BF, Gonchar M, Knowles J, Simmons JA, Simmons AM. 2010. Spatial location influences vocal interactions in bullfrog choruses. *J. Acoust. Soc. Am.* 127(4):2664–77
- Blumstein DT, Turner AC. 2005. Can the acoustic adaptation hypothesis predict the structure of Australian birdsong? *Acta Ethol.* 8(1):35–44
- Bogert CM. 1960. The influence of sound on the behavior of amphibians and reptiles. In

Animal Sounds and Communication, eds. WW Lanyon, WW Tavolga, pp. 137– 320. Port Jervis: Lubrecht and Cramer Ltd.

- Boncoraglio G, Saino N. 2007. Habitat structure and the evolution of bird song: A meta-analysis of the evidence for the acoustic adaptation hypothesis. *Funct. Ecol.* 21(1):134–42
- Bosch J, De la Riva I. 2004. Are frog calls modulated by the environment? An analysis with anuran species from Bolivia. *Can. J. Zool.* 82(6):880–88
- Bradbury JW, Vehrencamp SL. 1998. *Principles of Animal Communication*. Sunderland, Massachusetts
- Burnham KP, Anderson DR. 2002. Information and Likelihood Theory: A Basis for Model Selection and Inference. In *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*, pp. 49–97. USA: Springer
- Capranica RR. 1968. The vocal repertoire of the bullfrog (*Rana catesbeiana*). *Behaviour.* 31:302–325
- Capranica RR, Moffat AJM. 1983. Neurobehavioral correlates of sound communication in anurans. In *Advances in Vertebrate Neuroethology*, ed. J. P. Ewert, pp. 701–730. New York: Springer
- Castellano S, Tontini L, Giacoma C, Lattes A, Balletto E. 2002. The evolution of release and advertisement calls in green toads (*Bufo viridis* complex). *Biol. J. Linn. Soc.* 77(3):379–91
- Couldridge VCK, van Staaden MJ. 2004. Habitat-dependent transmission of male advertisement calls in bladder grasshoppers (Orthoptera; Pneumoridae). *J. Exp. Biol.* 207:2777–86
- Daniel JC, Blumstein DT. 1998. A test of the acoustic adaptation hypothesis in four species of marmots. *Anim. Behav.* 56(6):1517–28
- Duellman WE, Trueb L. 1994. *Biology of Amphibians*. Maryland, USA.: Johns Hopkins University Press
- Endler JA. 1992. Signals, Signal Conditions, and the Direction of Evolution. *Am. Nat.*

139:125–53

- Erdtmann LK, Lima AP. 2013. Environmental effects on anuran call design : what we know and what we need to know. *Ethol. Ecol. Evol.* 25(1):1–11
- Ey E, Rahn C, Kurt H, Julia F. 2009. Wild female olive baboons adapt their grunt vocalizations to environmental conditions. *Ethology.* 115:493–503
- Farina A. 2014. *Soundscape Ecology: Principles, Patterns, Methods and Applications.* Dordrech: Springer
- Forrest TG. 1994. From Sender to Receiver: Propagation and Environmental Effects on Acoustic Signals. *Amer. Zool.* 34:644–54
- Gerhardt HC. 1991. Female mate choice in treefrogs: static and dynamic acoustic criteria. *Anim. Behav.* 42(4):615–35
- Gerhardt HC, Huber F. 2002. *Acoustic Communication in Insects and Anurans: Common Prob- Lems and Diverse Solutions*, Vol. 42. Chicago: The University of Chicago
- Goin CJ, Goin OB. 1957. Remarks on the behavior of the squirrel treefrog, *Hyla squirella*. *Ann Carnegie Mus.* 35:27–36
- Haddad CFFB, Faivovich J, Garcia PCA. 2005. The specialized reproductive mode of the treefrog *Aplastodiscus perviridis* (Anura: Hylidae). *Amphibia-Reptilia.* 26:87–92
- Heyer WR, Rand AS, Cruz CAG, Peixoto OL, Nelson CE. 1990. Frogs of Boracéia. . 31(4):231–410
- Kime NM, Turner WR, Ryan MJ. 2000. The transmission of advertisement calls in Central American frogs. *Behav. Ecol.* 11(1):71–83
- Krause B. 1993. The niche hypothesis. *Soundsc Newsl.* 6:6–10
- Lardner B, bin Lakim M. 2002. Tree-hole frog exploit resonance effects. *Nature.* 420(December):475
- Martins M, Haddad CFFB. 1988. Vocalizations and reproductive behaviour in the Smith Frog *Hyla faber* Wied (Amphibia: Hylidae). *Amphibia-Reptilia.* 9:49–60
- Martof BS, Thompson EFJ. 1958. Reproductive behavior of the chorus frog, *Pseudacris*

- nigrita. *Behaviour. Behaviour.* 13:243–58
- McDiarmid RW, Adler K. 1974. Notes on territorial and vocal behavior of Neotropical frogs of the genus *Centrolenella*. *Herpetologica. Herpetologica.* 3:75–78
- Moore SW, Lewis ER, Narins PM, Lopez PT. 1989. The call-timing algorithm of the white-lipped frog, *Leptodactylus albilabris*. *J. Comp. Physiol. A.* 164(3):309–19
- Morton ES. 1975. Ecological Sources of Selection on Avian Sounds. *Am. Nat.* 109(965):17–34
- Parris KM. 2002. More bang for your buck: The effect of caller position, habitat and chorus noise on the efficiency of calling in the spring peeper. *Ecol. Modell.* 156(2–3):213–24
- Penna M, Solis R. 1998. Frog call intensities and sound propagation in the South American temperate forest region. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 42:371–81
- Picker MD. 1980. *Xenopus laevis* (Anura: Pipidae) mating systems—a preliminary synthesis with some data on the female phonoreponse. *Ann. South Africa Museum.* 15:150–58
- Pough FH, Janis M c, Heiser JB. 2008. *A Vida Dos Vertebrados*. Brasl: Atheneu Sp. 4th ed.
- Röhr DL. 2015. *Variabilidade acústica e respostas evolutivas a diferentes pressões seletivas no canto de anúncio de anfíbios*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte
- Ryan MJ. 1988. Energy, Calling, and Selection. *Am. Zool.* 28(3):885–98
- Ryan MJ, Kime NM. 2003. Selection on long distance acoustic signals. In *Acoustic Communication*, eds. AM. Simmons, RR. Fay, AN Popper, pp. 225–74. Berlin: Springer-Verlag
- Ryan MJ, Sullivan BK. 1989. Transmission effects on temporal structure in the advertisement calls of two toads, *Bufo woodhousii* and *Bufo valliceps*. *Ethology.* 80:182–89
- Ryan MJ, Cocroft RB., Wilczynski W. 1990. The Role of Environmental Selection in Intraspecific Divergence of Mate Recognition Signals in the Cricket Frog, *Acris crepitans*. *Soc. Study Evol.* 44(7):1869–72
- Schmidt RS. 1972. Release calling and inflating movements in anurans. *Copeia.* 2:240–45
- Schwartz J, Gerhardt HC. 1989. Spatially mediated release from auditory masking in an

- anuran amphibian. *J. Comp. Physiol. A.* 166(1):
- Schwartz JJ, Huncce R, Lentine B, Powers K. 2015. Calling site choice and its impact on call degradation and call attractiveness in the gray treefrog, *Hyla versicolor*. *Behav. Ecol. Sociobiol.*
- Seddon N. 2005. Ecological adaptation and species recognition drives vocal evolution in neotropical suboscine birds. *Evolu.* 59(1):200–215
- Simmons AM. 2003. Perspectives and Progress in Animal Acoustic Communication. *Acoust. Commun.* 16:1–14
- Snowdon CT. 2011. Comunicação. In *Comportamento Animal*, eds. ME Yamamoto, GL Volpato, p. 342. Natal: Editora da UFRN. 2nd ed.
- Toledo LFF, Martins IA, Bruschi DP, Passos MA, Alexandre C, Haddad CFFB. 2015. The anuran calling repertoire in the light of social context. *Acta Ethol.* 18:87–99
- Vilaça TRA, Silva JR dos S, Solé M. 2011. Vocalization and territorial behaviour of *Phyllomedusa nordestina* Caramaschi, 2006 (Anura: Hylidae) from southern Bahia, Brazil. *J. Nat. Hist.* 45(29–30):1823–34
- Wallschläger D. 1980. Correlation of song frequency and body weight in passerine birds. *Experientia.* 36:412
- Wells KD. 1977. The social behaviour of anuran amphibians. *Anim. Behav.* 25:666–93
- Wells KD, Schwartz JJ. 2007. The Behavioral Ecology of Anuran Communication. In *Hearing and Sound Communication in Amphibians*, pp. 44–86. Springer New York
- Wiley RH, Richards DG. 1978. Physical Constraints on Acoustic Communication in the Atmosphere: Implications for the Evolution of Animal Vocalizations. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 3(August 5, 1977):69–94
- Ziegler L, Arim M, Narins PM. 2011. Linking amphibian call structure to the environment: the interplay between phenotypic flexibility and individual attributes. *Behav. Ecol.* 22(3):520–26
- Zimmerman BL. 1983. A Comparison of Structural Features of Calls of Open and Forest Habitat Frog Species in the Central Amazon. *Herpetologica.* 39(3):235–46

Zimmerman BL. 2010. A Comparison of Structural Features of Calls of Open and Forest Habitat Frog Species in the Central Amazon. *Herpetologists*. 39(3):235–46

Zug GR. 1993. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Academic Press

1 **Influência do ambiente na propagação do canto de anúncio de *Pithecopus nordestinus***
2 **(Phyllomedusidae: Anura)**

3
4
5 Lidiane Gomes^{1,*}

6 David Lucas Röhr²

7 Flora A. Juncá²

8
9
10
11
12 ¹ Programa de Pós-graduação em Zoologia, Museu de Zoologia de Feira de Santana (MZFS)
13 Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, Brasil.

14 ²Departamento de Ciências Biológicas, Divisão de Anfíbios e Répteis (DAR) – Museu de
15 Zoologia de Feira de Santana (MZFS) Universidade Estadual de Feira de Santana, Av.
16 Transnordestina, S/N. Feira de Santana, Bahia, Brasil.

17 *Autor para correspondência. E-mail:diane.gomes@yahoo.com.br

18
19 **Palavras-chave:** comunicação acústica, evolução, Hipótese de Adaptação Acústica, estrutura
20 da vegetação, Anura.

21

22

23

24

25

26

27

28

29 RESUMO

30

31 Em anuros, o sinal acústico é um dos sinais mais utilizados para a comunicação.
32 Durante a transmissão do som, algumas de suas características podem ser modificadas ao
33 ponto do receptor não reconhecer o sinal, tornando a comunicação acústica ineficiente.
34 Algumas características do ambiente como a estrutura da vegetação têm sido considerada um
35 fator responsável por dificultar a propagação do som. A Hipótese de Adaptação Acústica
36 (HAA) propõe que os sinais acústicos devem estar adaptados para se propagar melhor no
37 habitat onde ele é emitido. Poucos estudos verificaram que algumas espécies de anuros
38 modificam os parâmetros acústicos de seus cantos conforme o ambiente. Esses estudos,
39 entretanto, não testaram se essas modificações melhorariam a transmissão do canto no
40 ambiente de sua emissão. Nosso estudo testou se as diferenças encontradas nas propriedades
41 acústicas do canto de *Pithecopus nordestinus* e relacionadas ao ambiente onde os indivíduos
42 vocalizam (Mata Atlântica e Caatinga) proporcionam uma propagação mais eficiente no
43 ambiente de emissão do canto. Medimos a eficiência da transmissão do sinal ao longo de 1, 2,
44 4, 8, 16 e 32 metros, através da atenuação (intensidade) e degradação (número de pulsos,
45 intervalo entre pulsos e frequência). Verificamos que a atenuação e degradação do número e
46 intervalo entre pulsos foram mais acentuadas quando propagados na Mata Atlântica, não
47 importando o ambiente onde a vocalização foi emitida. Porém, os cantos de indivíduos de
48 Caatinga quando propagados na Caatinga degradaram menos a frequência do som. Já os
49 cantos de indivíduos da Mata Atlântica não foram menos degradados quando emitidos neste
50 ambiente, rejeitando a HAA. Esse resultado pode ser consequência da história evolutiva de *P.*
51 *nordestinus*, cuja linhagem é típica de Caatinga.

52

53

54

55

56

57

58 INTRODUÇÃO

59

60 A comunicação é um processo de transferência de informação, efetivada através de um
61 sinal emitido por um emissor e compreendido por um receptor (Simmons, 2003). Entre os
62 tipos de sinais existentes, o acústico é um dos que consegue alcançar longas distâncias,
63 podendo conter informações sobre a identidade do sinalizador, localização física, tamanho do
64 corpo e estado sexual (Gerhardt and Huber, 2002). Em anuros, os sinais acústicos, chamados
65 de cantos, são inatos (Narins et al., 2006) e espécies que não vocalizam são raras (Gerhardt
66 and Huber, 2002). Muitas espécies apresentam mais de um tipo de canto, mas o mais comum
67 entre os anuros é o canto de anúncio, que é emitido pelo macho (Wells, 1977). Este canto é
68 utilizado para atrair as fêmeas para reprodução, anunciar a ocupação de um local de
69 vocalização e também pode atrair machos para se juntar ao coro (Wells, 1977).

70 Durante a propagação do sinal acústico, fatores ambientais, como vegetação, vento,
71 temperatura e ruído, podem alterar a estrutura do som. Excesso de atenuação e degradação
72 provoca perda de fidelidade do som durante a sua transmissão. No excesso de atenuação,
73 ocorre perda da intensidade do som superior ao esperado ao longo de sua propagação e na
74 degradação há modificação na estrutura do canto em qualquer uma das suas propriedades
75 acústicas. A depender da alteração na estrutura original do sinal acústico o receptor estará
76 impedido de discrimina-lo, tornando a comunicação ineficiente (Wiley and Richards, 1978).

77 Os sinais acústicos podem se diferenciar quanto à eficiência de propagação em
78 diferentes ambientes e nem todos os sons irão se propagar da mesma maneira (Morton, 1975).
79 Por exemplo, a estrutura da vegetação pode alterar a distância de transmissão e a precisão do
80 sinal; as folhas e as árvores representam barreiras para propagação do som, causando maior
81 atenuação nos sons de frequências altas (Morton, 1975). O canto de anúncio que consiga
82 atingir uma maior área de abrangência poderá ter a vantagem de atrair uma quantidade maior
83 de fêmeas, aumentando as chances de sucesso reprodutivo (Gerhardt, 1994). O sinalizador
84 pode usar algumas estratégias para minimizar a atenuação e degradação dos sinais acústicos
85 (Wiley and Richards, 1978). Um exemplo é a preferência dos machos por poleiros mais altos,
86 que é um dos fatores que podem ajudar na transmissão do som (Schwartz et al., 2015).
87 Alguns estudos também relataram que anuros possuem uma resposta flexível para aumentar a
88 transmissão do sinal (Lardner and bin Lakim, 2002; Schwartz et al., 2015; Ziegler et al.,
89 2011). Ziegler et al. (2011) demonstraram que machos de *Hypsiboas pulchellus* ajustaram os
90 parâmetros temporais do canto conforme a vegetação em volta do indivíduo. Em teoria, esse
91 ajuste poderia aumentar a transmissão do canto em áreas com vegetação mais densa.

92 A estrutura da vegetação do local onde os indivíduos vocalizam tem sido considerada
93 uma das pressões seletivas que atuam na evolução da comunicação sonora, pois características
94 do ambiente de propagação podem atenuar ou degradar os sinais acústicos (Morton, 1975).
95 Neste contexto, a Hipótese de Adaptação Acústica (HAA) sugere que os sinais acústicos
96 devem se propagar melhor no habitat de emissão do canto, ou seja, onde os sinais acústicos
97 são transmitidos (Morton, 1975). Assim, indivíduos que emitem vocalização em ambientes
98 com vegetação mais densa, como Floresta, apresentarão cantos com parâmetros acústicos que
99 ajudarão na transmissão neste ambiente, já indivíduos que vocalizam em locais abertos
100 apresentarão cantos com propriedades acústicas que favorecerão a propagação neste tipo de
101 ambiente.

102 A HAA tem sido estudada em aves e mamíferos (Boncoraglio and Saino, 2007; Ey et
103 al., 2009; Morton, 1975; Ryan and Brenowitz, 1985), e em anuros (Bosch and De la Riva,
104 2004; Kime et al., 2000; Penna and Solis, 1998; Ryan and Sullivan, 1989; Ryan et al., 1990;
105 Zimmerman, 2010). Segundo Erdtmann & Lima (2013) os estudos que testaram a HAA para
106 anuros apresentaram falhas metodológicas que podem comprometer o resultado dos testes.
107 Um dos pontos negligenciados nos estudos foi a caracterização ambiental. Geralmente, os
108 estudos categorizaram os ambientes e não realizaram medidas da estrutura de vegetação. Os
109 estudos também não analisaram os efeitos do tamanho corporal, nem controlaram os efeitos
110 filogenéticos; o mais seguro seria utilizar indivíduos de uma mesma espécie que ocorra em
111 áreas florestais e abertas (Erdtmann and Lima, 2013).

112 Seguindo as sugestões de Erdtmann & Lima (2013) o estudo de Röhr (2015), analisou
113 o efeito do ambiente nas vocalizações de anúncio de *Pithecopus nordestinus* e verificou que o
114 intervalo entre pulsos diferiu conforme o habitat onde as populações foram encontradas (Mata
115 Atlântica e Caatinga). Machos de populações de Mata Atlântica possuíam cantos com
116 intervalos entre pulsos mais longos. Por outro lado, a frequência dominante do canto e o
117 número de pulsos foram relacionados com a quantidade de vegetação no sítio de vocalização
118 (Röhr, 2015).

119 Um componente essencial para comprovar a HAA para anuros é verificar se a
120 eficiência de propagação do canto muda com a variação nas propriedades acústicas. Os
121 estudos que testaram a HAA com uma única espécie e através de medidas da estrutura da
122 vegetação, encontraram diferenças nos parâmetros acústicos conforme os locais de emissão da
123 vocalização (Röhr, 2015; Ziegler et al., 2011), porém não testaram se essa diferença poderia

124 acarretar em uma melhor transmissão no seu ambiente de emissão. Ainda, os estudos
125 realizados para testar a HAA através de experimento de propagação do som, testaram
126 vocalizações de espécies diferentes, com características de cantos diversos. Porém, até o
127 momento não é conhecido nenhum estudo que testou como diferenças nas propriedades
128 acústicas de uma mesma espécie podem influenciar na transmissão do sinal. Então, com base
129 na conclusão do estudo de Röhr (2015), pretendemos verificar se as diferenças encontradas
130 nos parâmetros acusticos (frequência dominante, número de pulsos e intervalo entre pulsos)
131 do canto de anúncio de *Pithecopus nordestinus*, conforme o ambiente de emissão de
132 vocalização e quantidade de vegetação onde os indivíduos vocalizavam, aumentam a eficiência
133 de propagação do som, assim concordando com a HAA. Nossa hipótese é que estes
134 parâmetros acústicos possam maximizar a transmissão do som de acordo com o ambiente
135 onde a vocalização é emitida. Utilizamos degradação do canto, medida através de correlação
136 envelope e correlação espectral, para responder a nossa hipótese. Para comprovar nossa
137 hipótese, esperamos que (1) os cantos de indivíduos com vocalização emitida na Caatinga
138 quando propagados no ambiente de Caatinga consigam alcançar maiores distâncias de
139 propagação sem modificar seu sinal (valores de correlação envelope e espectral mais altos) do
140 que quando propagados na Mata Atlântica (valores de correlação envelope e espectral mais
141 baixos), (2) Já os cantos de indivíduos com vocalização emitida na Mata Atlântica devem
142 conseguir se propagar em maiores distâncias sem modificar seu sinal quando propagados na
143 Mata Atlântica (valores de correlação envelope e espectral mais altos) do que na Caatinga.

144

145 **MATERIAIS E MÉTODOS**

146

147 **Local do experimento**

148

149 Realizamos o experimento no bioma Caatinga (município de Morro do Chapéu, estado
150 da Bahia e município de Jatobá, estado de Pernambuco) (Fig. A1, A, C). O bioma Caatinga
151 possui vários tipos de vegetação, suas fitofisionomias são muito variáveis, dependendo do
152 regime de chuvas e do tipo de solo, variando de floresta alta a caatinga arbórea (Prado, 2003).
153 Os ambientes onde realizamos o experimento neste bioma possuem uma vegetação arbustiva
154 e herbácea, compreendendo principalmente árvores e arbustos baixos, na sua grande maioria

155 apresentam espinhos, e as árvores encontravam-se com poucas folhas ou completamente
156 secas. O experimento também foi realizado no bioma Mata Atlântica (municípios de
157 Igrapiúna e Santa Terezinha, ambos estado da Bahia) (Fig. A1, B, D), o bioma Mata Atlântica
158 é formada por um mosaico de vegetações (florestas ombrófilas densa, aberta e mista, florestas
159 estacionais decidual e semidecidual). Os locais onde realizamos o experimento são
160 fragmentos de Mata Atlântica que apresentam árvores robustas e altas, formando dossel e
161 gerando um clima de sombra e umidade nestes ambientes. São encontradas também árvores
162 de médio porte, arbustos e vegetação herbácea.

163 Em cada município onde realizamos o experimento, para evitar a escolha do ponto
164 pelo coletor, percorremos cada área selecionada e marcamos 10 pontos distantes ao menos
165 vinte metros entre eles. Destes 10 pontos, sorteamos três pontos onde realizamos o
166 experimento. No total, realizamos 12 experimentos de propagação do som (Tabela 1).
167 Selecionamos pontos descartando áreas íngremes, que inviabilizaria a gravação com
168 microfone unidirecional e pontos próximos a corpos d'água, evitando a vocalização de outras
169 espécies no momento do experimento. Essas medidas foram tomadas para diminuir efeitos
170 adversos no experimento de propagação do som.

171

172 **Trabalho experimental**

173

174 Através do experimento de propagação do som dos cantos de *Pithecopus nordestinus*,
175 averiguamos se os cantos de indivíduos que emitem vocalização na Caatinga conseguem
176 atingir maiores distâncias de transmissão, sem modificar a estrutura do sinal no ambiente de
177 Caatinga quando comparado com cantos de indivíduos de Mata Atlântica e vice-versa. Os
178 cantos utilizados foram obtidos no banco de dados da Sonoteca da Universidade Estadual de
179 Feira de Santana (SUEFS) (Tabela A1) e gravados durante a pesquisa de Röhr (2015). Deste
180 banco de dados, utilizamos 101 cantos pertencentes a 101 indivíduos de *P. nordestinus*, sendo
181 57 de indivíduos gravados na Caatinga e 44 de indivíduos gravados na Mata Atlântica.
182 Construimos uma faixa de som contendo os 101 cantos. A sequência de cada canto na faixa
183 sonora foi sorteada, sendo que cada canto possuía um código individual. Durante o
184 experimento de propagação, esta faixa sonora foi reproduzida no formato wave, através de
185 uma caixa amplificadora (Roland cub 80x).

186 . Conduzimos o experimento no período noturno, de 18h às 24h. O horário de
187 vocalização da espécie registrado em literatura é entre 19h até 4h (Vilaça et al., 2011).
188 Reproduzimos a gravação a 1m do solo e gravamos os 101 cantos a diferentes distâncias (1m,
189 2m, 4m, 8m, 16m e 32m). Estas distâncias foram escolhidas para verificar como a intensidade
190 sonora em ambientes com fitofisionomia diferentes pode variar, conforme a lei do inverso do
191 quadrado, na qual, no ar atmosférico, a pressão sonora decai 6 dB com o dobro a distância em
192 ambientes abertos e livre de obstáculos (Bradbury and Vehrencamp, 1998). Reproduzimos a
193 faixa de som três vezes para cada distância, com objetivo de garantir que, caso alguma
194 gravação fosse atingida por ruído de fundo que inviabilizasse a análise dos dados, teríamos
195 outra gravação para mesma distância. Entretanto, analisamos apenas uma gravação de cada
196 canto a cada distância, em cada ponto. Utilizamos sempre a primeira gravação, caso essa
197 gravação tivesse algum problema que inviabilizasse a análise usamos a segunda gravação.
198 Utilizamos um decibelímetro *Icel Manaus DI-4200* para garantir o mesmo nível de saída de
199 som da caixa amplificadora em todas as reproduções. No início do experimento, em cada
200 ponto, medimos a temperatura e umidade com um termohigrômetro digital Minipa MV-363.
201 Para gravar os cantos, usamos um gravador Marantz profissional PMD661 acoplado a um
202 microfone unidirecional Sennheiser ME 66.

203

204 **Análise dos cantos**

205

206 Para análise, utilizamos 7.150 cantos regravados de *Pithecopus nordestinus*. Na
207 análise das regravações, separamos cada canto em um arquivo sonoro único. Para separar
208 cada canto da faixa sonora reproduzida usamos o programa Raven Pro 1.5 (Bioacoustics
209 Research Program, 2014). Esse arquivo contendo apenas um canto foi utilizado para análise
210 de correlação espectral e correlação envelope.

211 Medimos na atenuação (perda de intensidade) do som em vegetação de Mata Atlântica
212 e Caatinga, para confirmar se os cantos propagados no ambiente de Mata Atlântica (vegetação
213 mais densa) sofrem maior atenuação do som, uma vez que é conhecido que ambientes de
214 vegetação densa o som perde mais intensidade (Wiley and Richards, 1978). Para verificar os
215 efeitos da transmissão do sinal ao longo da propagação, estimamos a degradação do som
216 através da *correlação espectral* e *correlação envelope*. Analisamos os dados conforme segue:

217 Atenuação – os valores de intensidade (nível da pressão sonora) foram medidos para
218 cada canto nas diversas distâncias, utilizando a ferramenta Leq (dB) do programa Raven Pro
219 1.5 (Bioacoustics Research Program, 2014).

220 Análise de correlação envelope – criamos oscilogramas que contém medidas de tempo
221 no eixo das abscissas e pressão do som (μPa) no eixo das ordenadas. Depois, usando o
222 oscilograma, geramos envelopes de onda que fazem um contorno ou desenho do formato do
223 som no tempo para cada canto. Posteriormente, correlacionamos dois envelopes de onda
224 sonora do canto reproduzido e do mesmo canto gravado nas diferentes distâncias para testar
225 sua semelhança. Os envelopes de amplitude nos dão informações da duração do som, do
226 padrão da onda sonora e da variação na amplitude do sinal no tempo (Hopp et al., 1998).
227 Essas informações nos mostram a estrutura do canto, como o número e duração de pulsos e o
228 intervalo entre pulsos. Dessa maneira, cantos que mantenham sua estrutura quando
229 propagados permanecerão com os pulsos e intervalo entre pulsos inalterados. Assim, ao
230 utilizar a correlação envelope para testar o nível de degradação, estaremos também testando
231 se número de pulsos e intervalo entre pulsos poderiam influenciar na eficiência de
232 propagação. Esses parâmetros acústicos variaram nos cantos de *Pithecopus nordestinus* de
233 acordo com o ambiente e densidade de vegetação (Röhr, 2015).

234 Análise de correlação espectral – para realizar a correlação espectral, geramos o
235 gráfico de espectro de frequência (amplitude relativa à frequência) de cada canto reproduzido
236 e de cada canto gravado nas diferentes distâncias. Após a geração do espectro de frequência
237 correlacionamos cada canto reproduzido com o mesmo canto gravado em cada distância (1m,
238 2m, 4m, 8m, 16m e 32m). Através da correlação espectral, podemos obter a variação no
239 espectro de frequência dos cantos (Hopp et al., 1998). Isso nos permite testar se existe
240 diferença no espectro de frequência de um mesmo canto propagado em ambientes distintos.

241 Para as análises dos dados de correlação envelope e espectral utilizamos os valores de
242 coeficiente de correlação de Pearson, que varia entre -1 a +1, sendo que de -1 a 0 significa
243 ausência de similaridade e +1 indica 100% de similaridade. Quando o coeficiente de
244 correlação diminui, indica que os cantos gravados a diferentes distâncias diferem do canto
245 reproduzido. Assim, numa propagação eficiente, o canto deve estar o mais semelhante
246 possível do canto utilizado como modelo. Os oscilogramas, espectros de frequência e as
247 análises de correlação foram realizados através do programa computacional R (R Core Team,
248 2011) e o pacote de análise de som Seewave (Suer et al., 2008).

249

250 Análise estatística

251

252 Nós construímos modelos lineares generalizados mistos (GLMM), utilizando a
253 distância de gravação como variável fixa, locais onde realizamos o experimento como
254 variável aleatória e habitat de emissão do canto e habitat onde realizamos o experimento
255 como variáveis explicativas. As variáveis fixas e aleatórias estão presentes em todos os
256 modelos. Criamos um primeiro modelo contendo todas as variáveis explicativas e a interação
257 entre elas. Um segundo modelo contendo apenas as variáveis explicativas, sem interação entre
258 elas. O terceiro e quarto modelos com apenas uma variável explicativa (terceiro modelo -
259 habitat de emissão do canto e quarto modelo habitat onde realizamos o experimento). Depois,
260 criamos o modelo nulo contendo apenas a variável resposta e as variáveis fixa e aleatória.
261 Todos esses modelos foram criados para cada variável resposta (excesso de atenuação,
262 correlação espectral e correlação envelope). No total, foram construídos 20 modelos. Após a
263 geração dos modelos, utilizamos o Critério de Informação de Akaike (AIC) para comparar os
264 modelos e identificar o que melhor se ajustou aos nossos dados. Os modelos que tiverem
265 valor de AIC até 2.0 são considerados modelos que se ajustam aos dados, se os valores dos
266 modelos apresentados forem maiores que dois indica que os modelos não se ajustaram aos
267 nossos dados (Burnham and Anderson, 2002). Após encontrar o melhor modelo comparamos
268 esse modelo com o modelo nulo, através de um teste qui-quadrado e verificamos qual modelo
269 apresentou uma diferença significativa, considerando valores de $p > 0,05$. Todos os testes
270 foram realizados no software R (R Core Team, 2011), usando o pacote "lme4" (Bates et al.,
271 2015) e "bbmle" (Bolker and R Development Core, 2014).

272 RESULTADOS

273

274 Todas as variáveis testadas (níveis de pressão sonora, correlação espectral e correlação
275 envelope) mostraram que a atenuação e degradação dos cantos foram maiores quando
276 propagados no ambiente de Mata Atlântica em comparação aos mesmos cantos propagados na
277 Caatinga (Tabela 2).

278 Os modelos que incluíram habitat de propagação do som como variável explicativa
279 foram os que melhor responderam à perda de intensidade do som ao longo de sua propagação.

280 Para esta variável, o ambiente onde realizamos o experimento de propagação (Caatinga ou
281 Mata Atlântica) influenciou no resultado (Tabela 3). Os cantos propagados perderam mais
282 intensidade quando propagados na Mata Atlântica. Quando propagados na Caatinga
283 alcançaram maiores distâncias com maior intensidade ($\chi^2 = 11351$; gl = 2; $p < 0,001$) (Fig. 1).
284 A média do nível de pressão sonora (dB) demonstra que houve pouca diferença na intensidade
285 perdida nas distâncias 1m, 2m e 4m, para os cantos propagados na Caatinga e Mata Atlântica.
286 Porém, nas distâncias superiores a 4m os cantos propagados na Mata Atlântica perderam mais
287 intensidade que os mesmos cantos propagados na Caatinga (Tabela 2).

288 Para os valores de correlação envelope, o modelo que melhor respondeu essa variável
289 foi ambiente de propagação do som (Caatinga ou Mata Atlântica) (Fig. 2). Os cantos
290 propagados na Caatinga tiveram valores mais altos de correlação, demonstrando que os cantos
291 foram menos degradados no ambiente de Caatinga e mais degradados no ambiente de Mata
292 Atlântica ($\chi^2 = 88,225$; gl = 2; $p < 0,001$), o ambiente onde os sons foram emitidos não
293 interferiu na eficiência de transmissão do som, contrariando a HAA.

294 Para os valores de correlação espectral, o modelo gerado com a variável explicativa
295 habitat de emissão da vocalização foi o que melhor se ajustou aos resultados obtidos (Tabela
296 3). As vocalizações emitidas na Caatinga tiveram valores mais altos de correlação no
297 ambiente de Caatinga e Mata Atlântica (Fig. 3A). Em todas as distâncias de propagação, as
298 vocalizações emitidas na Caatinga conseguiram alcançar maiores valores de correlação
299 espectral (Fig. 3B). As vocalizações emitidas na Mata Atlântica tiveram valores de correlação
300 mais baixos tanto na Mata Atlântica quanto na Caatinga ($\chi^2 = 567,83$; gl = 2; $p < 0,001$). Esse
301 resultado não apoia a HAA.

302 **DISCUSSÃO**

303

304 Nossos resultados confirmaram que há maior atenuação nos cantos de *Pithecopus*
305 *nordestinus* no ambiente de Mata Atlântica, independente do ambiente de emissão da
306 vocalização (Mata Atlântica ou Caatinga). Provavelmente na Mata Atlântica, a maior
307 quantidade de vegetação, como troncos e folhas das árvores, foi responsável por dispersar
308 mais o som dos cantos de *Pithecopus nordestinus* do que no ambiente de Caatinga. Esse
309 resultado é sugerido na literatura e já foi encontrado em estudos anteriores (Schwartz et al.,
310 2015; Wiley and Richards, 1978).

311 A hipótese de adaptação acústica foi rejeitada, pois apenas os cantos de *P. nordestinus*
312 emitidos por indivíduos na Caatinga tiveram valores mais baixos de degradação quando
313 transmitidos na Caatinga, resultado obtido apenas para a correlação espectral.

314 A partir da correlação envelope, o resultado obtido, indicou que o ambiente foi a
315 variável que influenciou o nível de degradação do som ao longo de sua propagação. Röhr
316 (2015) verificou que o intervalo entre pulsos nos cantos de *Pithecopus nordestinus* foi maior
317 na Mata Atlântica e também encontrou que a quantidade de pulsos aumentou em vegetação
318 mais densa ao redor do indivíduo. Através da correlação envelope, verificamos que o
319 ambiente de emissão da vocalização do canto (Mata Atlântica ou Caatinga) não influenciou na
320 fidelidade do canto ao longo de sua propagação. Provavelmente, a perda de fidelidade mais
321 acentuada encontrada no ambiente de propagação na Mata Atlântica é reflexo da reverberação
322 do som, que pode modificar o padrão temporal do canto, fazendo com que os intervalos entre
323 pulsos desapareçam ou diminuam (Forrest, 1994; Wiley and Richards, 1978). Em ambientes
324 de mata, o som sofre mais com os efeitos da reverberação devido à quantidade de vegetação,
325 sendo esse efeito quase ausente nos ambientes abertos (Forrest, 1994; Wiley and Richards,
326 1978). Há de se considerar, entretanto, que a correlação envelope inclui também a amplitude
327 de intensidade, cuja atenuação foi muito acentuada e causada pelo ambiente de propagação.

328 Röhr (2015) encontrou que a variação na frequência e número de pulsos dos cantos de
329 *Pithecopus nordestinus* é influenciada pela quantidade de vegetação em torno do animal.
330 Essas mudanças estruturais nos cantos de *P. nordestinus* de populações pertencentes à Mata
331 Atlântica podem estar ocorrendo, uma vez que a quantidade de vegetação em torno dos
332 indivíduos neste ambiente é superior aos dos indivíduos de populações de Caatinga. Porém,
333 essas modificações não foram relacionadas com a eficiência de propagação no ambiente de
334 emissão, como sugere a HAA. Esse resultado pode ser consequência da história evolutiva de
335 *P. nordestinus*, cuja linhagem é típica de Caatinga (São Pedro, 2014). Assim, trata-se de uma
336 espécie típica de Caatinga que está expandindo sua distribuição para a Mata Atlântica. Neste
337 caso, ao vocalizar, esta espécie pode estar sujeita a outras pressões seletivas que não existiam
338 no ambiente de Caatinga, além da estrutura da vegetação. No ambiente de Mata Atlântica a
339 espécie também pode estar passando por ajuste adaptativo.

340 A evolução de um canto pode ser impulsionada por uma série de pressões seletivas
341 como predação, perda energética e seleção sexual (Endler, 1992), além do ambiente onde
342 ocorre a transmissão do sinal. Quando diferentes forças seletivas estão atuando em uma

343 mesma característica, aquela de maior pressão tende a se sobressair, ou quando essas forças
344 operam em sentido contrário, uma das pressões seletivas pode ser forte o suficiente para
345 equilibrar ou compensar os efeitos da outra (Kime et al., 2000). No caso de *Pithecopus*
346 *nordestinus*, ao vocalizar em ambiente de vegetação mais densa, há alteração na frequência do
347 canto (Röhr, 2015). Essa alteração não se mostrou capaz de diminuir a degradação do som
348 nesse ambiente. Entretanto, deve-se considerar também que a frequência dominante é uma
349 característica importante para seleção sexual em muitas espécies. Alguns trabalhos têm
350 mostrado a preferência das fêmeas por frequências específicas (Gerhardt, 1987; Ryan et al.,
351 1992) e ao menos um sugeriu que a preferência das fêmeas por frequências mais baixas,
352 associada a uma melhor transmissão do canto em ambiente florestado, poderia moldar e
353 diferenciar o canto de *Acris crepitans* da outra espécie de ambiente aberto, *Acris blanchardi*.
354 Porém, não é conhecido nenhum trabalho que testa a preferência de fêmeas por alguma
355 propriedade do canto de *P. nordestinus*.

356 O presente estudo testou se a variação no intervalo entre pulsos do canto anúncio de
357 *Pithecopus nordestinus*, condicionada pelo ambiente de emissão da vocalização, e o número
358 de pulsos e frequência do canto, que variou de acordo com a vegetação ao redor do macho
359 (Röhr, 2015), seriam responsáveis por diminuir os efeitos da degradação do som durante sua
360 transmissão nos seus respectivos ambientes de emissão. A partir dos resultados da correlação
361 envelope, concluímos que o apenas ambiente onde o som foi propagado foi responsável pela
362 degradação do canto. O ambiente de emissão dos cantos testados não interferiu na degradação
363 dos mesmos. Finalmente, a partir da correlação espectral, concluímos que o ambiente de
364 emissão do canto influencia na degradação da frequência do canto. Entretanto, só
365 conseguimos verificar uma menor degradação no ambiente de Caatinga. Assim, nosso estudo
366 não apoia a HAA.

367 Estudos com anuros sobre a HAA, não testaram a propagação do canto de indivíduos
368 que vocalizam em ambientes diferentes. Sugerimos que os próximos estudos que verifiquem
369 diferenças nos parâmetros acústicos dos cantos conforme ambiente testem também como
370 essas diferenças vai interferir na transmissão do sinal, assegurando as evidências para o apoio
371 a HAA.

372 **AGRADECIMENTOS**

373 À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de nível Superior (CAPES) pela
374 concessão da bolsa de estudos. A todos que contribuíram na formação do manuscrito, na
375 coleta de dados em campo e nas análises de dados. A Divisão de Anfíbios e Répteis (DAR) do
376 Museu de Zoologia de Feira de Santana pelo apoio logístico e ao Projeto de Pesquisa
377 Ambiental em Redes FAPESB/SEMA (Termo de Outorga PAM0005/2014) pelos
378 equipamentos utilizados na realização do trabalho.

379

380 REFERÊNCIAS

381

382 **Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. and Walker, S.** (2015). Fitting Linear Mixed-Effects
383 Models Using lme4. *J. Stat. Softw.* **67**,.

384 **Bioacoustics Research Program** (2014). Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software.

385 **Bolker, B. and R Development Core, T.** (2014). bbmle: Tools for general maximum
386 likelihood estimation.

387 **Boncoraglio, G. and Saino, N.** (2007). Habitat structure and the evolution of bird song: A
388 meta-analysis of the evidence for the acoustic adaptation hypothesis. *Funct. Ecol.* **21**,
389 134–142.

390 **Bosch, J. and De la Riva, I.** (2004). Are frog calls modulated by the environment? An
391 analysis with anuran species from Bolivia. *Can. J. Zool.* **82**, 880–888.

392 **Bradbury, J. W. and Vehrencamp, S. L.** (1998). *Principles of Animal Communication.* (ed.
393 Sinauer Associates) Sunderland, Massachusetts.

394 **Burnham, K. P. and Anderson, D. R.** (2002). Information and Likelihood Theory: A Basis
395 for Model Selection and Inference. In *Model Selection and Multimodel Inference: A*
396 *Practical Information-Theoretic Approach*, pp. 49–97. USA: Springer.

397 **Endler, J. A.** (1992). Signals, Signal Conditions, and the Direction of Evolution. *Am. Nat.*
398 **139**, 125–153.

399 **Erdtmann, L. K. and Lima, A. P.** (2013). Environmental effects on anuran call design :

- 400 what we know and what we need to know. *Ethol. Ecol. Evol.* **25**, 1–11.
- 401 **Ey, E., Rahn, C., Kurt, H. and Julia, F.** (2009). Wild female olive baboons adapt their grunt
402 vocalizations to environmental conditions. *Ethology* **115**, 493–503.
- 403 **Forrest, T. G.** (1994). From Sender to Receiver: Propagation and Environmental Effects on
404 Acoustic Signals. *Amer. Zool.* **34**, 644–654.
- 405 **Gerhardt, H. C.** (1987). Evolutionary and neurobiological implications of selective
406 phonotaxis in the green treefrog, *Hyla cinerea*. *Anim. Behav.* **35**, 581–595.
- 407 **Gerhardt, H. C.** (1994). The Evolution of Vocalization in Frogs and Toads. *Annu. Rev. Ecol.*
408 *Syst.* **25**, 293–324.
- 409 **Gerhardt, H. C. and Huber, F.** (2002). *Acoustic Communication in Insects and Anurans:*
410 *Common Problems and Diverse Solutions*. Chicago: The University of Chicago.
- 411 **Hopp, S. L., Owren, M. J. and Evans, C. S.** (1998). *Animal Acoustic Communication:*
412 *Sound Analysis and Research Methods*.
- 413 **Kime, N. M., Turner, W. R. and Ryan, M. J.** (2000). The transmission of advertisement
414 calls in Central American frogs. *Behav. Ecol.* **11**, 71–83.
- 415 **Lardner, B. and bin Lakim, M.** (2002). Tree-hole frog exploit resonance effects. *Nature*
416 **420**, 475.
- 417 **Morton, E. S.** (1975). Ecological Sources of Selection on Avian Sounds. *Am. Nat.* **109**, 17–
418 34.
- 419 **Narins, P. M., Feng, A. S., Fay, R. R. and Popper, A. N.** (2006). *Hearing and Sound*
420 *Communication in Amphibians*. New York: Springer.
- 421 **Penna, M. and Solis, R.** (1998). Frog call intensities and sound propagation in the South
422 American temperate forest region. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **42**, 371–381.
- 423 **Prado, D. E.** (2003). As caatingas da América do Sul. In *Ecologia e conservação da caatinga*
424 (ed. Leal, I. R.), Tabarelli, M.), and Silva, J. M. C.), p. 822. Recife: Universitária da
425 UFPE.

- 426 **R Core Team** (2011). R: A language and environment for statistical computing. R
427 Foundation for Statistical Computing.
- 428 **Röhr, D. L.** (2015). Variabilidade acústica e respostas evolutivas a diferentes pressões
429 seletivas no canto de anúncio de anfíbios.
- 430 **Ryan, M. J. and Brenowitz, E.** (1985). The Role of Body, Size, Phylogeny, and Ambient
431 Noise in the Evolution of Bird Song. *Am. Nat.* **126**, 87–100.
- 432 **Ryan, M. J. and Sullivan, B. K.** (1989). Transmission effects on temporal structure in the
433 advertisement calls of two toads, *Bufo woodhousii* and *Bufo valliceps*. *Ethology* **80**,
434 182–189.
- 435 **Ryan, M. J. ; Cocroft, R. B. . and Wilczynski, W.** (1990). The Role of Environmental
436 Selection in Intraspecific Divergence of Mate Recognition Signals in the Cricket Frog,
437 *Acris crepitans*. *Soc. Study Evol.* **44**, 1869–1872.
- 438 **Ryan, M. J., Perrill, S. A. and Wilczynski, W.** (1992). Auditory tuning and call frequency
439 predict population-based mating preferences in the cricket frog, *Acris crepitans*. *Am. Nat.*
440 **139**, 1370–1383.
- 441 **São Pedro, V. de A.** (2014). Filogeografia de anfíbios da diagonal de áreas abertas da
442 América do Sul.
- 443 **Schwartz, J. J., Hunce, R., Lentine, B. and Powers, K.** (2015). Calling site choice and its
444 impact on call degradation and call attractiveness in the gray treefrog, *Hyla versicolor*.
445 *Behav. Ecol. Sociobiol.*
- 446 **Simmons, A. M.** (2003). Perspectives and Progress in Animal Acoustic Communication.
447 *Acoust. Commun.* **16**, 1–14.
- 448 **Suer, J., Aubin, T. and Simonis, C.** (2008). Seewave, a free modular tool for sound analysis
449 and synthesis. *Bioacoustics* **18**, 213–226.
- 450 **Vilaça, T. R. A., Silva, J. R. dos S. and Solé, M.** (2011). Vocalization and territorial
451 behaviour of *Phyllomedusa nordestina* Caramaschi, 2006 (Anura: Hylidae) from
452 southern Bahia, Brazil. *J. Nat. Hist.* **45**, 1823–1834.

- 453 **Wells, K. D.** (1977). The social behaviour of anuran amphibians. *Anim. Behav.* **25**, 666–693.
- 454 **Wiley, R. H. and Richards, D. G.** (1978). Physical Constraints on Acoustic Communication
455 in the Atmosphere: Implications for the Evolution of Animal Vocalizations. *Behav. Ecol.*
456 *Sociobiol.* **3**, 69–94.
- 457 **Ziegler, L., Arim, M. and Narins, P. M.** (2011). Linking amphibian call structure to the
458 environment: the interplay between phenotypic flexibility and individual attributes.
459 *Behav. Ecol.* **22**, 520–526.
- 460 **Zimmerman, B. L.** (2010). A Comparison of Structural Features of Calls of Open and Forest
461 Habitat Frog Species in the Central Amazon. *Herpetologists.* **39**, 235–246.
- 462
- 463
- 464
- 465
- 466
- 467
- 468
- 469
- 470
- 471
- 472
- 473
- 474
- 475
- 476
- 477
- 478
- 479

480 **LEGENDA DAS FIGURAS**

481

482 **Fig. 1. Média e variação nos níveis de pressão sonora ao longo das distâncias de**
483 **propagação (m)**, mostrando a atenuação do som nos dois ambientes (Caatinga e Mata
484 Atlântica), sem considerar o ambiente de emissão da vocalização. ● cantos propagados na
485 Caatinga; ○ cantos propagados na Mata Atlântica.

486

487 **Fig. 2. Média e variação nos índices de correlação envelope dos cantos dos indivíduos**
488 **propagados na Caatinga e Mata Atlântica.** Propagação em diferentes distâncias, sem
489 considerar o ambiente de emissão da vocalização. ● cantos propagados na Caatinga; ○ cantos
490 propagados na Mata Atlântica.

491

492 **Fig. 3. Média e variação nos índices de correlação espectral das vocalizações emitidas por**
493 **indivíduos de Caatinga e Mata Atlântica propagados na Caatinga e Mata Atlântica (A).** Média
494 e variação nos índices de correlação espectral nos dois ambientes de propagação (Caatinga e
495 Mata Atlântica) (B). ● vocalizações emitidas por indivíduos na Caatinga; ○ vocalizações
496 emitidas por indivíduos na Mata Atlântica.

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

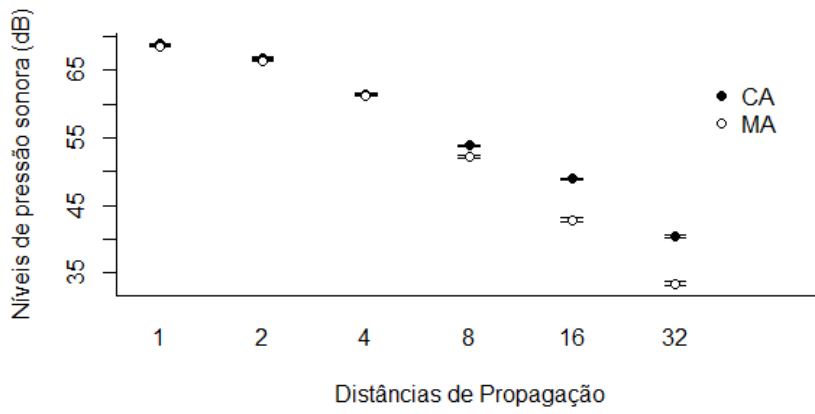
507

508

509

510

511

512 **Fig. 1**

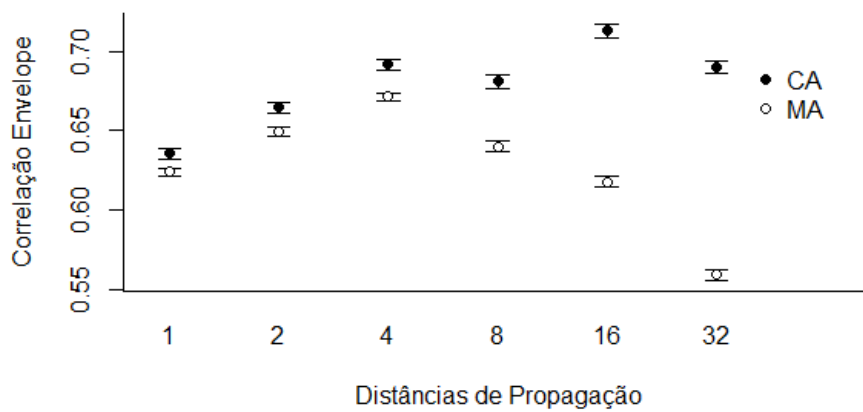
513

514

515

516

517

518 **Fig. 2**

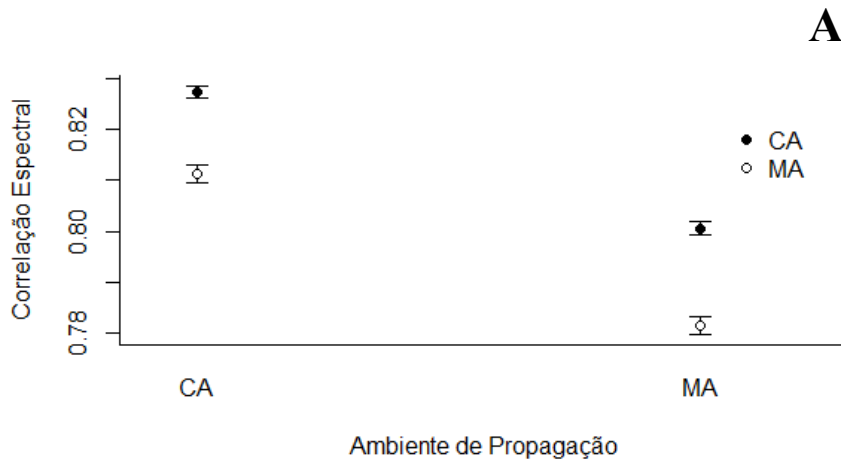
519

520

521

522

523

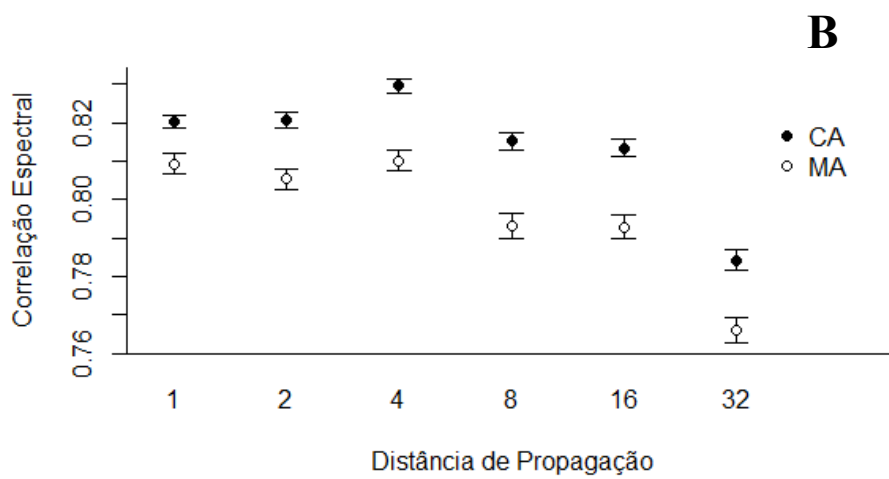
524 **Fig. 3**

525

526

527

528



529

530

531

532

533

534

535 **TABELAS**

536

537

538 **Tabela 1.** Coordenadas geográficas dos locais onde foram realizados o experimento de
 539 propagação do som, data de execução do experimento e medidas climáticas.

Local	Coordenadas	Data	Temperatura	Umidade
Morro do Chapéu-BA	11°24'47''S 41°22'37''W	15.05.2016	26.5°C	63%
Morro do Chapéu-BA	11°24'48.9''S 41°22'37.9''W	15.05.2016	22.4°C	77%
Morro do Chapéu-BA	11°24'51.5''S, 41°22'39.3''W	15.05.2016	21°C	84%
Jatobá-PE	09°11'38.2''S 38°09'07.2''W	24.06.2016	27.6°C	59%
Jatobá-PE	09°11'37.6''S, 38°09'06.4''W	24.06.2016	26.2°C	63%
Jatobá-PE	09°11'37.8''S 38°09'09.8''W	24.06.2016	24.1°C'	69%
Santa Terezinha-BA	11°24'51.6''S 41°22'39.4''W	02.06.2016	21.4°C	60%
Santa Terezinha-BA	12°51'32.59''S 39°28'25.9''W	02.06.2016	21°C	68%
Santa Terezinha-BA	12°51'36.9''S 039°28'25.7''W	02.06.2016	21°C	70%
Igrapiúna-BA	13°49'20.1''S 39°12'03.6''W	07.08.2016	24.2°C	72%
Igrapiúna-BA	13°49'24.8''S 39°12'03.6''W	07.08.2016	20.1°C	86%
Igrapiúna-BA	13°49'26.7''S 39°12'01.4''W	07.08.2016	19.5°C	89%

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550 **Tabela 2.** Média e desvio padrão (DP) das variáveis estudadas, nos ambientes de Caatinga e
 551 Mata Atlântica a diferentes distâncias, para 7150 cantos testados.

Variáveis	Média ± DP					
Cantos de Caatinga	Propagados na Caatinga					
	1m	2m	4m	8m	16m	32m
Níveis de pressão sonora	68,86 ± 2,81	66,92 ± 3,48	61,70 ± 4,70	53,81 ± 4,59	49,03 ± 4,31	40,29 ± 6,04
Correlação envelope	0,64 ± 0,08	0,67 ± 0,08	0,70 ± 0,09	0,69 ± 0,10	0,71 ± 0,10	0,69 ± 0,10
Correlação espectral	0,82 ± 0,04	0,82 ± 0,05	0,84 ± 0,05	0,83 ± 0,06	0,83 ± 0,05	0,81 ± 0,06
Cantos de Mata Atlântica	Propagados na Caatinga					
	1m	2m	4m	8m	16m	32m
Níveis de pressão sonora	68,85 ± 2,70	66,79 ± 3,41	61,22 ± 4,72	53,91 ± 4,63	48,83 ± 4,15	40,65 ± 5,48
Correlação envelope	0,63 ± 0,09	0,66 ± 0,09	0,69 ± 0,09	0,67 ± 0,10	0,71 ± 0,10	0,69 ± 0,10
Correlação espectral	0,81 ± 0,06	0,81 ± 0,06	0,82 ± 0,06	0,81 ± 0,07	0,81 ± 0,07	0,79 ± 0,07
Cantos de Mata Atlântica	Propagados na Mata Atlântica					
	1m	2m	4m	8m	16m	32m
Níveis de pressão sonora	68,49 ± 1,67	66,30 ± 2,68	61,20 ± 3,02	52,16 ± 5,21	42,62 ± 7,25	33,30 ± 6,52
Correlação envelope	0,62 ± 0,07	0,65 ± 0,07	0,67 ± 0,06	0,64 ± 0,08	0,62 ± 0,09	0,56 ± 0,09
Correlação espectral	0,80 ± 0,06	0,80 ± 0,06	0,80 ± 0,06	0,78 ± 0,07	0,77 ± 0,07	0,74 ± 0,07
Cantos de Caatinga	Propagados na Mata Atlântica					
	1m	2m	4m	8m	16m	32m
Níveis de pressão sonora	68,58 ± 1,91	66,55 ± 2,83	61,40 ± 3,43	52,23 ± 5,34	42,99 ± 7,17	33,55 ± 6,50
Correlação envelope	0,63 ± 0,06	0,65 ± 0,06	0,67 ± 0,06	0,64 ± 0,07	0,62 ± 0,08	0,56 ± 0,09
Correlação espectral	0,82 ± 0,04	0,82 ± 0,05	0,82 ± 0,05	0,81 ± 0,05	0,79 ± 0,05	0,75 ± 0,06

552

553

554

555

556

557 **Tabela 3.** Resumo dos modelos com as informações de classificação de acordo com os
 558 valores de critério de Akaike (AIC).

	Modelo	AIC	gl	ΔAIC
	Correlação envelope			
	Habitat de propagação	-15396.5	6	0.0
	Habitat emissão do canto	-15393.7	6	2.8
	Habitat emissão do canto + Habitat de propagação	-15388.1	7	8.4
	Habitat emissão do canto + Habitat de propagação+ Habitat emissão do canto : Habitat de propagação	-15379.4	8	17.1
	Nulo	-15341.7	4	54.8
	Correlação espectral			
	Habitat emissão do canto	-20205.0	6	0.0
	Habitat emissão do canto + Habitat de propagação	-20200.5	7	4.5
	Habitat emissão do canto + Habitat de propagação+ Habitat emissão do canto : Habitat de propagação	-20189.8	8	15.2
559	Habitat de propagação	-20058.6	6	146.4
	Nulo	-19698.3	4	506.7
	Níveis de pressão sonora			
	Habitat de propagação	44674.2	6	0.0
	Habitat emissão do canto + Habitat de propagação	44677.7	7	3.5
	Habitat emissão do canto + Habitat de propagação+ Habitat emissão do canto : Habitat de propagação	44680.2	8	6.0
	Habitat emissão do canto	44681.5	6	7.3
	Nulo	56011.3	4	11337.1

560

561

562

563

564 **APÊNDICE**

565

566 **Fig. A1. Ambientes de Caatinga e Mata Atlântica onde realizamos o experimento. Morro**
567 **do Chapéu-BA (A), Santa Terezinha-BA (B), Jatobá-PE (C), Igrapiúna-BA (D).**

568

569

570

571

572

573

574

**A****B**

575

576

577

578

579

580

581

**C****D**

582

583

584

585

586

587

588

589

Tabela A1. Cantos utilizados no experimento de propagação.

Espécie	ID	Localidade	Habitat	Temperatura (°C)	Coordenadas Geográficas	Registro sonoteca (n°)
<i>Pithecopus nordestinus</i>	1	Bezerros-PE	Caatinga	19,7	8°17'27"S/35°45'36"O	100_460
<i>Pithecopus nordestinus</i>	2	Bezerros-PE	Caatinga	19,3	8°17'27"S/35°45'36"O	100_461
<i>Pithecopus nordestinus</i>	3	Bezerros-PE	Caatinga	19,7	8°17'27"S/35°45'36"O	100_462
<i>Pithecopus nordestinus</i>	4	Bezerros-PE	Caatinga	19,1	8°17'27"S/35°45'36"O	100_463
<i>Pithecopus nordestinus</i>	5	Bezerros-PE	Caatinga	19,1	8°17'27"S/35°45'36"O	100_464
<i>Pithecopus nordestinus</i>	6	Bezerros-PE	Caatinga	21,1	8°17'27"S/35°45'36"O	100_465
<i>Pithecopus nordestinus</i>	7	Bezerros-PE	Caatinga	21,1	8°17'27"S/35°45'36"O	100_466
<i>Pithecopus nordestinus</i>	8	Bezerros-PE	Caatinga	19,5	8°17'27"S/35°45'36"O	100_467
<i>Pithecopus nordestinus</i>	9	Bezerros-PE	Caatinga	19,8	8°17'27"S/35°45'36"O	100_468
<i>Pithecopus nordestinus</i>	10	Cuité-PB	Caatinga	21	6°29'28.10"S/ 36° 9'28.15"O	100_469
<i>Pithecopus nordestinus</i>	11	Cuité-PB	Caatinga	21,4	6°29'28.10"S/ 36° 9'28.15"O	100_470
<i>Pithecopus nordestinus</i>	12	Cuité-PB	Caatinga	21,4	6°29'28.10"S/ 36° 9'28.15"O	100_471
<i>Pithecopus nordestinus</i>	13	Cuité-PB	Caatinga	22,3	6°29'28.10"S/ 36° 9'28.15"O	100_472
<i>Pithecopus nordestinus</i>	14	Cuité-PB	Caatinga	20,7	6°29'28.10"S/ 36° 9'28.15"O	100_473
<i>Pithecopus nordestinus</i>	15	Cuité-PB	Caatinga	20,7	6°29'28.10"S/ 36° 9'28.15"O	100_474
<i>Pithecopus nordestinus</i>	16	Cuité-PB	Caatinga	20,3	6°29'28.10"S/ 36° 9'28.15"O	100_475
<i>Pithecopus nordestinus</i>	17	Cuité-PB	Caatinga	20,3	6°29'28.10"S/ 36° 9'28.15"O	100_476
<i>Pithecopus nordestinus</i>	18	Estância-SE	Mata Atlântica	22,2	11°14'44.92"S/ 37°27'48.85"O	100_477
<i>Pithecopus nordestinus</i>	19	Estância-SE	Mata Atlântica	23,2	11°14'44.92"S/ 37°27'48.85"O	100_478
<i>Pithecopus nordestinus</i>	20	Estância-SE	Mata Atlântica	22,4	11°14'44.92"S/ 37°27'48.85"O	100_479
<i>Pithecopus nordestinus</i>	21	Estância-SE	Mata Atlântica	22	11°14'44.92"S/ 37°27'48.85"O	100_480
<i>Pithecopus nordestinus</i>	22	Igarassu-PE	Mata Atlântica	23,7	7°49'1.27"S/ 34°57'19.19"O	100_481
<i>Pithecopus nordestinus</i>	23	Igarassu-PE	Mata Atlântica	21,1	7°49'1.27"S/ 34°57'19.19"O	100_482
<i>Pithecopus nordestinus</i>	24	Igarassu-PE	Mata Atlântica	21,2	7°49'1.27"S/ 34°57'19.19"O	100_483
<i>Pithecopus nordestinus</i>	25	Igarassu-PE	Mata Atlântica	21	7°49'1.27"S/ 34°57'19.19"O	100_484
<i>Pithecopus nordestinus</i>	26	Igrapiúna-BA	Mata Atlântica	21,3	13°47'45.49"S/ 39°10'3.32"O	100_485

Espécie	ID	Localidade	Habitat	Temperatura (°C)	Coordenadas Geográficas	Registro sonoteca (n°)
<i>Pithecopus nordestinus</i>	27	Igrapiúna-BA	Mata Atlântica	21,3	13°47'45.49"S/ 39°10'3.32"O	100_486
<i>Pithecopus nordestinus</i>	28	Igrapiúna-BA	Mata Atlântica	19	13°47'45.49"S/ 39°10'3.32"O	100_487
<i>Pithecopus nordestinus</i>	29	Igrapiúna-BA	Mata Atlântica	19	13°47'45.49"S/ 39°10'3.32"O	100_488
<i>Pithecopus nordestinus</i>	30	Igrapiúna-BA	Mata Atlântica	18,5	13°47'45.49"S/ 39°10'3.32"O	100_489
<i>Pithecopus nordestinus</i>	31	Igrapiúna-BA	Mata Atlântica	21,1	13°47'45.49"S/ 39°10'3.32"O	100_490
<i>Pithecopus nordestinus</i>	32	Igrapiúna-BA	Mata Atlântica	21,1	13°47'45.49"S/ 39°10'3.32"O	100_491
<i>Pithecopus nordestinus</i>	33	Igrapiúna-BA	Mata Atlântica	20,5	13°47'45.49"S/ 39°10'3.32"O	100_492
<i>Pithecopus nordestinus</i>	34	Igrapiúna-BA	Mata Atlântica	18,8	13°47'45.49"S/ 39°10'3.32"O	100_493
<i>Pithecopus nordestinus</i>	35	Jaguaquara-BA	Caatinga	20,5	13°28'27.95"S/ 39°55'10.49"O	100_494
<i>Pithecopus nordestinus</i>	36	Jaguaquara-BA	Caatinga	20,5	13°28'27.95"S/ 39°55'10.49"O	100_495
<i>Pithecopus nordestinus</i>	37	Jaguaquara-BA	Caatinga	19,5	13°28'27.95"S/ 39°55'10.49"O	100_496
<i>Pithecopus nordestinus</i>	38	Jaguaquara-BA	Caatinga	19,5	13°28'27.95"S/ 39°55'10.49"O	100_497
<i>Pithecopus nordestinus</i>	39	Jaguaquara-BA	Caatinga	19,5	13°28'27.95"S/ 39°55'10.49"O	100_498
<i>Pithecopus nordestinus</i>	40	Jaguaquara-BA	Caatinga	18	13°28'27.95"S/ 39°55'10.49"O	100_499
<i>Pithecopus nordestinus</i>	41	Jaguaquara-BA	Caatinga	18	13°28'27.95"S/ 39°55'10.49"O	100_500
<i>Pithecopus nordestinus</i>	42	João Câmara-RN	Caatinga	24,5	5°41'29.27"S/ 35°53'47.89"O	100_501
<i>Pithecopus nordestinus</i>	43	João Câmara-RN	Caatinga	24,6	5°41'29.27"S/ 35°53'47.89"O	100_502
<i>Pithecopus nordestinus</i>	44	João Câmara-RN	Caatinga	24,3	5°41'29.27"S/ 35°53'47.89"O	100_503
<i>Pithecopus nordestinus</i>	45	João Câmara-RN	Caatinga	24,4	5°41'29.27"S/ 35°53'47.89"O	100_504
<i>Pithecopus nordestinus</i>	46	João Câmara-RN	Caatinga	24	5°41'29.27"S/ 35°53'47.89"O	100_505
<i>Pithecopus nordestinus</i>	47	João Câmara-RN	Caatinga	24	5°41'29.27"S/ 35°53'47.89"O	100_506
<i>Pithecopus nordestinus</i>	48	João Câmara-RN	Caatinga	23,1	5°41'29.27"S/ 35°53'47.89"O	100_507
<i>Pithecopus nordestinus</i>	49	João Câmara-RN	Caatinga	23,1	5°41'29.27"S/ 35°53'47.89"O	100_508
<i>Pithecopus nordestinus</i>	50	Mamanguape-PB	Mata Atlântica	22,5	6°56'35.59"S/ 35° 7'23.70"O	100_509
<i>Pithecopus nordestinus</i>	51	Mamanguape-PB	Mata Atlântica	22	6°56'35.59"S/ 35° 7'23.70"O	100_510
<i>Pithecopus nordestinus</i>	52	Mamanguape-PB	Mata Atlântica	21	6°56'35.59"S/ 35° 7'23.70"O	100_511
<i>Pithecopus nordestinus</i>	53	Mamanguape-PB	Mata Atlântica	20	6°56'35.59"S/ 35° 7'23.70"O	100_512
<i>Pithecopus nordestinus</i>	54	Mamanguape-PB	Mata Atlântica	21,5	6°56'35.59"S/ 35° 7'23.70"O	100_513

Espécie	ID	Localidade	Habitat	Temperatura (°C)	Coordenadas Geográficas	Registro sonoteca (n°)
<i>Pithecopus nordestinus</i>	55	Mamanguape-PB	Mata Atlântica	21,3	6°56'35.59"S/ 35° 7'23.70"O	100_514
<i>Pithecopus nordestinus</i>	56	Mata de São João-BA	Mata Atlântica	18	12°29'53.63"S/ 38°18'35.06"O	100_515
<i>Pithecopus nordestinus</i>	57	Mata de São João-BA	Mata Atlântica	18	12°29'53.63"S/ 38°18'35.06"O	100_516
<i>Pithecopus nordestinus</i>	58	Mata de São João-BA	Mata Atlântica	18	12°29'53.63"S/ 38°18'35.06"O	100_517
<i>Pithecopus nordestinus</i>	59	Mata de São João-BA	Mata Atlântica	18	12°29'53.63"S/ 38°18'35.06"O	100_518
<i>Pithecopus nordestinus</i>	60	Mata de São João-BA	Mata Atlântica	18	12°29'53.63"S/ 38°18'35.06"O	100_519
<i>Pithecopus nordestinus</i>	61	Mata de São João-BA	Mata Atlântica	18	12°29'53.63"S/ 38°18'35.06"O	100_520
<i>Pithecopus nordestinus</i>	62	Mata de São João-BA	Mata Atlântica	16,8	12°29'53.63"S/ 38°18'35.06"O	100_521
<i>Pithecopus nordestinus</i>	63	Mata de São João-BA	Mata Atlântica	16,3	12°29'53.63"S/ 38°18'35.06"O	100_522
<i>Pithecopus nordestinus</i>	64	Paripiranga-BA	Caatinga	20	10°41'21.80"S/ 37°52'59.30"O	100_523
<i>Pithecopus nordestinus</i>	65	Paripiranga-BA	Caatinga	20	10°41'21.80"S/ 37°52'59.30"O	100_524
<i>Pithecopus nordestinus</i>	66	Paripiranga-BA	Caatinga	20	10°41'21.80"S/ 37°52'59.30"O	100_525
<i>Pithecopus nordestinus</i>	67	Paripiranga-BA	Caatinga	20	10°41'21.80"S/ 37°52'59.30"O	100_526
<i>Pithecopus nordestinus</i>	68	Paripiranga-BA	Caatinga	20	10°41'21.80"S/ 37°52'59.30"O	100_527
<i>Pithecopus nordestinus</i>	69	Paripiranga-BA	Caatinga	20	10°41'21.80"S/ 37°52'59.30"O	100_528
<i>Pithecopus nordestinus</i>	70	São José da Tapera-AL	Caatinga	22,1	9°33'32.65"S/ 37°23'25.87"O	100_529
<i>Pithecopus nordestinus</i>	71	São José da Tapera-AL	Caatinga	22,9	9°33'32.65"S/ 37°23'25.87"O	100_530
<i>Pithecopus nordestinus</i>	72	São José da Tapera-AL	Caatinga	21	9°33'32.65"S/ 37°23'25.87"O	100_531
<i>Pithecopus nordestinus</i>	73	São José da Tapera-AL	Caatinga	21	9°33'32.65"S/ 37°23'25.87"O	100_532
<i>Pithecopus nordestinus</i>	74	São José da Tapera-AL	Caatinga	19,5	9°33'32.65"S/ 37°23'25.87"O	100_533
<i>Pithecopus nordestinus</i>	75	São José da Tapera-AL	Caatinga	19,7	9°33'32.65"S/ 37°23'25.87"O	100_534
<i>Pithecopus nordestinus</i>	76	São José da Tapera-AL	Caatinga	19,7	9°33'32.65"S/ 37°23'25.87"O	100_535
<i>Pithecopus nordestinus</i>	77	São José da Tapera-AL	Caatinga	19,5	9°33'32.65"S/ 37°23'25.87"O	100_536
<i>Pithecopus nordestinus</i>	78	São José da Tapera-AL	Caatinga	19,5	9°33'32.65"S/ 37°23'25.87"O	100_537
<i>Pithecopus nordestinus</i>	79	São José da Tapera-AL	Caatinga	18,6	9°33'32.65"S/ 37°23'25.87"O	100_538
<i>Pithecopus nordestinus</i>	80	São José da Tapera-AL	Caatinga	18,6	9°33'32.65"S/ 37°23'25.87"O	100_539
<i>Pithecopus nordestinus</i>	81	São Miguel dos Campos-AL	Mata Atlântica	25,4	9°46'2.17"S/ 36° 2'19.46"O	100_540
<i>Pithecopus nordestinus</i>	82	São Miguel dos Campos-AL	Mata Atlântica	25,4	9°46'2.17"S/ 36° 2'19.46"O	100_541

Espécie	ID	Localidade	Habitat	Temperatura (°C)	Coordenadas Geográficas	Registro sonoteca (n°)
<i>Pithecopus nordestinus</i>	83	São Miguel dos Campos-AL	Mata Atlântica	25,4	9°46'2.17"S/ 36° 2'19.46"O	100_542
<i>Pithecopus nordestinus</i>	84	São Miguel dos Campos-AL	Mata Atlântica	25,4	9°46'2.17"S/ 36° 2'19.46"O	100_543
<i>Pithecopus nordestinus</i>	85	São Miguel dos Campos-AL	Mata Atlântica	25,4	9°46'2.17"S/ 36° 2'19.46"O	100_544
<i>Pithecopus nordestinus</i>	86	São Miguel dos Campos-AL	Mata Atlântica	19,3	9°46'2.17"S/ 36° 2'19.46"O	100_545
<i>Pithecopus nordestinus</i>	87	São Miguel dos Campos-AL	Mata Atlântica	19,3	9°46'2.17"S/ 36° 2'19.46"O	100_546
<i>Pithecopus nordestinus</i>	88	São Miguel dos Campos-AL	Mata Atlântica	19,3	9°46'2.17"S/ 36° 2'19.46"O	100_547
<i>Pithecopus nordestinus</i>	89	Taquaritinga-PE	Caatinga	19,4	7°46'54.05"S/ 36°14'0.56"O	100_548
<i>Pithecopus nordestinus</i>	90	Taquaritinga-PE	Caatinga	19,4	7°46'54.05"S/ 36°14'0.56"O	100_549
<i>Pithecopus nordestinus</i>	91	Taquaritinga-PE	Caatinga	19,3	7°46'54.05"S/ 36°14'0.56"O	100_550
<i>Pithecopus nordestinus</i>	92	Taquaritinga-PE	Caatinga	19,3	7°46'54.05"S/ 36°14'0.56"O	100_551
<i>Pithecopus nordestinus</i>	93	Taquaritinga-PE	Caatinga	18,7	7°46'54.05"S/ 36°14'0.56"O	100_552
<i>Pithecopus nordestinus</i>	94	Taquaritinga-PE	Caatinga	18	7°46'54.05"S/ 36°14'0.56"O	100_553
<i>Pithecopus nordestinus</i>	95	Taquaritinga-PE	Caatinga	17,4	7°46'54.05"S/ 36°14'0.56"O	100_554
<i>Pithecopus nordestinus</i>	96	Taquaritinga-PE	Caatinga	17,8	7°46'54.05"S/ 36°14'0.56"O	100_555
<i>Pithecopus nordestinus</i>	97	Taquaritinga-PE	Mata Atlântica	17	8° 5'1.28"S/ 36°13'44.51"O	100_556
<i>Pithecopus nordestinus</i>	98	Taquaritinga-PE	Mata Atlântica	17,4	8° 5'1.28"S/ 36°13'44.51"O	100_557
<i>Pithecopus nordestinus</i>	99	Taquaritinga-PE	Mata Atlântica	17	8° 5'1.28"S/ 36°13'44.51"O	100_558
<i>Pithecopus nordestinus</i>	100	Taquaritinga-PE	Mata Atlântica	16	8° 5'1.28"S/ 36°13'44.51"O	100_559
<i>Pithecopus nordestinus</i>	101	Taquaritinga-PE	Mata Atlântica	16	8° 5'1.28"S/ 36°13'44.51"O	100_560

