



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

MARIA EDUARDA LIMA ALVES

COMO OS CANTOS DEFENSIVOS DIFEREM
ENTRE TRÊS LAGARTIXAS CONGENÉRICAS?

MOSSORÓ

2025

MARIA EDUARDA LIMA ALVES

**COMO OS CANTOS DEFENSIVOS DIFEREM
ENTRE TRÊS LAGARTIXAS CONGENÉRICAS?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Passos

Coorientadora: Profa. Dra. Milena Wachlevski

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

LL732 Lima-Alves, Maria Eduarda Lima Alves.
- COMO OS CANTOS DEFENSIVOS DIFEREM ENTRE TRÊS
A474c LAGARTIXAS CONGENERICAS? / Maria Eduarda Lima
Alves Lima-Alves. - 2025.
72 f. : il.

Orientador: Daniel Passos.
Coorientadora: Milena Wachlewski.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ecologia e Conservação, 2025.

1. Bioacústica. 2. Caatinga. 3. Comunicação. 4.
Gekkotia. 5. Hemidactylus. I. Passos, Daniel,
orient. II. Wachlewski, Milena, co-orient. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBHU-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da Instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MARIA EDUARDA LIMA ALVES

**COMO OS CANTOS DEFENSIVOS DIFEREM
ENTRE TRÊS LAGARTIXAS CONGENÉRICAS?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres.

Defendida em: ____ / ____ / 2025

BANCA EXAMINADORA

Daniel Cunha Passos. Dr. (UFERSA)
Presidente

Luciana Barçante Ferreira. Dra. (PUC-MINAS)
Membro Examinador

James Lucas da Costa Lima. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Construir uma dissertação é um trabalho que envolve muitas “mãos” e, eu sou profundamente grata a cada uma delas, seja por contribuições diretas ou indiretas. Fazer ciência não é uma tarefa fácil, enfrentamos diversos obstáculos que nos fazem questionar os caminhos a seguir. No entanto, encontrar pessoas que nos apoiam, incentivam e ajudam nessa jornada é, sem dúvida, um dos maiores motivadores para continuar.

Agradeço primeiramente à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, órgão financiador da minha bolsa de mestrado e à Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, por disponibilizar junto ao Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal – LECA a infraestrutura e a maioria do material necessário para a realização deste trabalho.

Gostaria de agradecer à minha família, em especial aos meus pais, Elinaide Lima e Elmo Alves, sobrenomes que carrego com muito amor e que terão um lugar especial nas minhas futuras publicações, como a pesquisadora que almejo me tornar. Vocês foram meu alicerce, oferecendo não apenas apoio emocional, mas também financeiro em momentos cruciais. A “Agência Lima-Alves” foi, em muitos aspectos, uma das principais financiadoras desta pesquisa. Por isso, este trabalho também é fruto do investimento de vocês, sou grata por acreditarem em mim. Além disso, quero agradecer a toda minha família: minhas avós, Elvia Maia e Conceição Alves (*In memorian*), as minhas tias, meus tios e avô. Vocês me apoiaram em todos os aspectos, emocional, financeiro e motivacional, sendo essenciais para a conclusão deste processo. Cada gesto de carinho e incentivo foi um impulso para que eu continuasse, mesmo nos momentos mais desafiadores.

Agradeço aos meus orientadores, Milena Wachlevski e Daniel Passos, pela dedicação, paciência e confiança depositada em mim ao longo desta jornada. Foram muitos anos de

formação e parceria. Sou grata a vocês por tudo o que construímos juntos. À Milena, minha gratidão por ter me dado a primeira oportunidade na iniciação científica durante a graduação, sendo minha orientadora desde o segundo período até o trabalho de conclusão de curso. Sua orientação foi fundamental para minha formação, e seu apoio ao longo desses anos moldou não apenas a pesquisadora que sou hoje, mas também a profissional que almejo me tornar. Sou grata por ter aceitado participar da minha orientação também no mestrado, pelas críticas construtivas, pelas horas dedicadas, tanto oficiais quanto extraoficiais para atender minhas demandas, por tanto cuidado nas revisões do nosso trabalho e por toda a capacitação em bioacústica. Ao Daniel, agradeço por ter aceitado essa parceria no mestrado e por contribuir de maneira tão significativa para o meu crescimento como pesquisadora. Suas críticas construtivas, sugestões, revisões, capacitações analíticas e incentivo foram essenciais para a minha formação. Obrigada pela dedicação, pelas longas reuniões por ligação no meio do dia e pela participação ativa na padronização de todos os experimentos. Esta dissertação é o resultado de toda a formação e parceria que construímos ao longo desses anos. Sou profundamente grata pela oportunidade de fazer ciência ao lado de dois pesquisadores que tanto admiro. Muito obrigada por acreditarem em mim e por tornarem esta jornada tão especial.

Agradeço aos membros da banca de defesa, Luciana Barçante e James Costa Lima, por aceitarem o convite e dedicarem um tempo para a revisão deste manuscrito. Agradeço também a banca da minha qualificação, Stefania Ventura e Airton Torres Carvalho, pelas valiosas sugestões já implementadas nesta versão. Todos vocês foram e serão parte essencial para a conclusão deste trabalho.

Agradeço pela oportunidade de conhecer o sertão potiguar, sua hospitalidade e a gentileza de seu povo. Sou profundamente grata a todos que nos ajudaram e viabilizaram o desenvolvimento deste trabalho. Em Tenente Laurentino Cruz, agradeço especialmente a Dona Chiquinha e sua família, por nos receberem com tanto carinho, serem sempre solícitos e

permitirem a coleta de lagartixas em seu quintal. Meus agradecimentos também a Joab e sua família, que não apenas nos acompanharam nas coletas, mas também facilitaram o contato com outros moradores da região. Por fim, agradeço a Dona Terezinha, que generosamente nos ofereceu “duas horinhas de sombra”, como ela mesma disse, e permitiu o acesso à sua propriedade para nossas coletas. A todos, meu mais sincero obrigada.

Agradeço ao meu amigo e parceiro de trabalho, Marcus Vinicius, por compartilhar essa trajetória ao meu lado. Juntos, vivemos momentos únicos, de muitas risadas, desafios, perrengues e muito crescimento pessoal e profissional. Certamente, essa jornada foi muito mais especial por tê-lo ao meu lado, não apenas como futuro coautor, mas como um amigo para a vida. Também agradeço à Juliana Costa, que em muitos momentos compartilhou essa jornada conosco. Sua ajuda foi essencial para a amostragem e o desenvolvimento de nossos trabalhos, especialmente ao tomar decisões logísticas e estratégicas quando eu e Marcus já estávamos exaustos. Obrigada por todo o apoio e dedicação nesse processo. Cada expedição ao lado de vocês foi sinônimo de muito aprendizado e boas histórias para contar.

Agradeço à Rilari Oliveira por todo o apoio durante minha formação profissional. Obrigada por toda a paciência, cuidado, carinho e dedicação ao longo desses anos ao meu lado. Você me ajudou em inúmeros aspectos durante essa jornada, e é incrivelmente gratificante compartilhar a vida com alguém que admiro tanto profissionalmente quanto pessoalmente. Obrigada pelas noites em claro, pela ajuda em campo e no laboratório, pelos cuidados com nossa casa, pela colaboração na montagem das figuras, pelas revisões e, acima de tudo, por todo o carinho que sempre dedicou a mim. Ter você ao meu lado fez e faz toda a diferença.

Por fim, agradeço a todos os membros do Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal (LECA), pelo suporte essencial oferecido para o desenvolvimento deste trabalho. Sou grata a cada um de vocês que contribuíram, de alguma forma, para este processo. Em especial,

quero destacar Alice Almeida, Filipe Costa, Jefferson Senna, Arthur Caetano, Larissa Ellen e Esther Amitaf, pela ajuda indispensável em campo e no laboratório. Além disso, agradeço pelos momentos de descontração e pela amizade cultivada durante os encontros do LCB, que tornaram essa jornada ainda mais especial.

RESUMO

Lagartos da linhagem Gekkota são amplamente conhecidos por vocalizar para comunicar intra e interespecificamente. Essas vocalizações podem ocorrer em diferentes contextos comportamentais, como reprodutivo, agressivo ou defensivo. Enquanto os cantos relacionados à reprodução podem apresentar padrões acústicos espécie-específico, as vocalizações defensivas tendem a não possuir uma assinatura específica e possuem um amplo espectro de frequência, geralmente com grandes variações intra e interindividual. Fatores como características morfológicas, sexo e diferenças taxonômicas podem influenciar as variáveis acústicas, atuando como preditores importantes para grupos que se comunicam através de sons. No domínio fitogeográfico Caatinga, ocorrem três espécies simpátricas do gênero *Hemidactylus*: duas nativas, *H. agrius* e *H. brasiliensis*, e uma exótica, *H. mabouia*. Até o momento não há registros de descrição de suas vocalizações em contexto defensivo. Com isso, nosso objetivo foi descrever e comparar os parâmetros acústicos dos cantos defensivos das três espécies de *Hemidactylus*. Além disso, avaliamos como a morfologia, as diferenças taxonômicas e o sexo dos emissores influenciam nos parâmetros acústicos dos cantos. Para isso, nós amostramos indivíduos das três espécies em dois municípios do Rio Grande do Norte, que fazem parte da ecorregião Depressão Sertaneja Setentrional. Realizamos as gravações acústicas em laboratório, simulando um evento de predação através de um estímulo sistematizado. Analisamos os cantos quanto a parâmetros acústicos temporais (número de cantos, duração do canto, número de pulsos, intervalos entre cantos e taxa de repetição) e espectrais (frequência mínima e dominante, amplitude de frequência, presença e número de harmônicos, presença e tipo de modulação de frequência). Após as descrições, avaliamos como o tamanho corpóreo, a espécie e o sexo influenciaram as variáveis acústicas de um único tipo de canto defensivo mais comum entre as três espécies. Registramos um total de 346 cantos defensivos para *Hemidactylus agrius*, 333 cantos para *H. brasiliensis* e 333 cantos para *H. mabouia*. Cada espécie possui pelo menos cinco tipos de cantos defensivos, os quais possuíam diferenças qualitativas e quantitativas de forma intraespecífica. O tipo de canto defensivo mais comum entre as três espécies foi o Multipulsionado sem modulação de frequência. A duração dos cantos defensivos do tipo Multipulsionado não diferiu em relação a nenhuma das variáveis preditoras. No entanto, encontramos uma relação negativa entre as frequências mínima, dominante e a amplitude de frequência desses cantos e o tamanho corporal dos emissores. Ou seja, indivíduos maiores tendem a emitir cantos defensivos com frequências mais baixas e amplitude de frequência mais estreita. Além disso, ao controlar o efeito do tamanho corporal, observamos que *Hemidactylus mabouia* possuiu médias mais altas de frequência mínima e dominante em comparação com as outras espécies. Essas diferenças podem estar associadas a variações morfológicas na laringotraqueia e às distâncias filogenéticas entre as três espécies. Nosso estudo descreveu, pela primeira vez de forma sistematizada, as vocalizações defensivas de *Hemidactylus agrius*, *H. brasiliensis* e *H. mabouia*, preenchendo uma lacuna no conhecimento sobre comunicação acústica em lagartos. Nossos resultados revelaram semelhanças com cantos de outros geckos, mas também uma maior diversidade de tipos de cantos defensivos. As espécies nativas apresentaram mais similaridade nos parâmetros acústicos entre si do que com a espécie exótica, sugerindo que pressões seletivas históricas distintas moldaram essas diferenças. No entanto, a proximidade filogenética pode explicar algumas características acústicas compartilhadas. Demonstramos que as espécies de *Hemidactylus* da Caatinga possuem um repertório diversificado de cantos defensivos, com morfologia e sexo influenciando de diferentes formas os parâmetros acústicos de cada espécie.

Palavras-chave: “alarm call”, Bioacústica, Caatinga, Comunicação, “distress call”, Gekkota, *Hemidactylus*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1. ESPÉCIES ESTUDADAS	15
2.2. AMOSTRAGEM.....	17
2.3. DESCRIÇÃO DOS CANTOS	20
2.4. DIFERENÇAS DOS CANTOS ENTRE AS ESPÉCIES.....	21
3. RESULTADOS.....	22
3.1. DESCRIÇÃO DOS CANTOS DEFENSIVOS DE <i>HEMIDACTYLUS AGRIUS</i>	23
3.2. DESCRIÇÃO DOS CANTOS DEFENSIVOS DE <i>HEMIDACTYLUS BRASILIANUS</i>	30
3.3. DESCRIÇÃO DOS CANTOS DEFENSIVOS DE <i>HEMIDACTYLUS MABOUIA</i> ..	37
3.4. INFLUÊNCIA DO TAMANHO CORPORAL, SEXO E ESPÉCIE NOS CANTOS DEFENSIVOS DE <i>HEMIDACTYLUS</i>	45
4. DISCUSSÃO	53
4.1. DESCRIÇÃO DOS CANTOS DEFENSIVOS DE <i>HEMIDACTYLUS AGRIUS</i> , <i>H.</i> <i>BRASILIANUS</i> E <i>H. MABOUIA</i>	53
4.2. INFLUÊNCIA DO TAMANHO CORPORAL, SEXO E ESPÉCIE NO CANTO DEFENSIVO MULTIPULSIONADO DOS <i>HEMIDACTYLUS</i>	59
4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
5. REFERÊNCIAS	62
APÊNDICE I – LISTA DE ESPÉCIMES DEPOSITADOS NA COLEÇÃO HERPETOLÓGICA DO SEMIÁRIDO (CHSAR) E COLEÇÃO HERPETOLÓGICA DE RIBEIRÃO PRETO (CHRP), GRAVAÇÕES DEPOSITADAS NA COLEÇÃO AUDIOVISUAL DO SEMIÁRIDO (CASA)	68

APÊNDICE II – MODELO GERAL ENTRE AS VÁRIAVEIS DOS CANTOS MULTIPULSIONADO DOS <i>HEMIDACTYLUS</i> E A RELAÇÃO COM AS VARIÁVEIS PREDITORAS.....	72
--	-----------

1. INTRODUÇÃO

Evidências filogenéticas sugerem que a comunicação através de sons em tetrápodes evoluiu a partir de um ancestral comum (Jorgewich-Cohen et al., 2022) com hábitos noturnos, sendo a produção de som uma vantagem para a comunicação na ausência de luz (Chen & Wiens, 2020). Répteis Squamata podem se comunicar através dos canais químico, visual, tátil e acústico (Houck, 2009; Olsson, Stuart-Fox, & Ballen, 2013; Paschoal et al., 2020). Especificamente, em relação a comunicação acústica, a produção de sons pode ocorrer por vibrações de estruturas corporais, exalações cloacais ou orais, e ainda através de órgãos fonadores especializados, como as cordas vocais (Young, 2003; Paschoal et al., 2020; Russell & Bauer 2020). Entre os Squamata, a comunicação acústica é particularmente reconhecida entre os lagartos da linhagem Gekkota (maioria de hábito noturno), que possuem pregas vocais verdadeiras para fonação e complexos sistemas auditivos para interpretação de sons (Russell & Bauer 2020).

As vocalizações desempenham um importante papel social para a comunicação entre muitos Gekkota, que podem emitir vocalizações em contexto reprodutivo, agressivo e defensivo (Frankenberg, 1975; Regalado, 2003; Hibbitts, Whiting, & Stuart-Fox, 2007; Jono & Inui, 2012; Rohtla, Russell, & Bauer, 2019). Em geral, as vocalizações defensivas são emitidas em um amplo espectro de frequências, não são espécie-específicas e apresentam grandes variações entre os indivíduos emissores (Russell, Hood, & Bauer, 2014; Rohtla, Russell, & Bauer, 2019). Por vezes, as emissões acústicas podem estar associadas a sinais honestos, principalmente em contextos reprodutivos, como em anuros e insetos que podem fornecer informações sobre a qualidade do emissor (e.g. tamanho corporal maior nos machos, Gerhardt, & Huber, 2002). No entanto, para os contextos defensivos, os cantos geralmente não estão associados ao tamanho de lagartos Gekkota (Rohtla, Russell, & Bauer, 2019). Por outro lado, características

morfológicas da laringotraqueia podem influenciar nos parâmetros acústicos dos cantos reprodutivos e defensivos dos gecos (Rohtla, Russell, & Bauer, 2019). O tamanho corporal e o sexo podem influenciar em diferentes características acústicas em outros grupos animais que se comunicam através de sinais sonoros, como em Primatas (Ey, Pfefferle, & Fischer, 2007), Anuros (Gingras et al., 2013; Preininger et al., 2016), Aves (Hall, Kingma, & Peters, 2013) e em Morcegos (Thiagavel, Santana, & Ratcliffe, 2017). Nesse sentido, a comunicação através de sons pode variar a partir de diferentes preditores.

Em relação a comunicação acústica entre espécies simpátricas, existem evidências de particionamento de nicho acústico em contextos reprodutivos e agressivos tanto relacionado a parâmetros temporais, quanto a parâmetros espectrais (e.g. Villanueva-Rivera, 2014; Bignotte-Giró, G., & López-Iborra, 2019; Hart et al., 2021; Kleyn, da Cruz Kaizer, & Passos, 2021; Memet, Farrell, & Mahadevan, 2022), em que espécies simpátricas não sobrepõe variáveis acústicas umas das outras. Como os cantos defensivos tendem a não ser espécie-específico, poderíamos esperar similaridades entre espécies de grupos taxonômicos próximos ou ainda, identificar diferenças nos parâmetros acústicos a partir de características morfológicas da laringotraqueia de cada táxon (e.g. Rohtla, Russell, & Bauer, 2019).

Apesar da emissão de sons ser parte importante do repertório comportamental dos Gekkota, menos de 2% das espécies deste clado possuem suas vocalizações defensivas conhecidas (contexto com maior número de publicações) (Wever, Hepp-Reymond, & Vernon, 1966; Marcellini, 1974; Frankenberg 1975; Marcellini, 1977; Frankenberg & Werner 1984; Moore, Russell, & Bauer 1991; Frenkel, 2006; Gramentz, 2009; Rohtla, Russell, & Bauer 2019; Uetz et al., 2024) e, ainda assim, a maioria das descrições foi feita com base em cantos de poucos indivíduos, sem sistematização de gravação ou contextos comportamentais bem definidos (e.g. Frankenberg & Werner, 1984; Frankenberg 1975; Gramentz, 2009).

No Brasil, ocorrem 36 espécies de lagartos Gekkota (Costa, Guedes, & Bérnils, 2023) e destas, 30% ocorrem na região semiárida (Costa, Guedes, & Bérnils, 2023). Apesar da alta diversidade de lagartos Gekkota no Brasil, nenhuma espécie nativa possui vocalizações descritas, independente do contexto comportamental em que são emitidas, caracterizando uma grande lacuna de conhecimento sobre a comunicação acústica em lagartos. O gênero *Hemidactylus* é um dos mais ricos em espécies dentro da família Gekkonidae, com 192 espécies (Uetz et al., 2024), possui ampla distribuição geográfica, podendo ocorrer em uma variedade de diferentes formações vegetais e condições climáticas, incluindo ambientes antropizados (Carranza & Arnold, 2006; Bansal & Karanth, 2010). Algumas espécies do gênero *Hemidactylus* possuem suas vocalizações conhecidas em contextos reprodutivos, *H. mabouia* (Regalado, 2003), defensivos *H. brookii* (Gramentz, 2009), *H. boavistensis*, *H. ruspolii* e *H. triedros* (Rohtla, Russell, & Bauer 2019) ou ambos, como *H. frenatus* (Frenkel, 2006; Marcellini, 1977) e *H. turcicus* (Frankenberg, 1982; Rohtla, Russell, & Bauer 2019), sendo que a maioria dos cantos reprodutivos ou defensivos de *Hemidactylus* possui uma estrutura simples. No Brasil, ocorrem quatro espécies do gênero *Hemidactylus* (Costa, Guedes, & Bérnils, 2023), três delas nativas: *H. agrius* Vanzolini, 1978, *H. brasilianus* (Amaral, 1935), *H. palaichthus* Kluge, 1969 e uma espécie exótica, *H. mabouia* (Moreau de Jonnès, 1818). Com exceção de *H. palaichthus*, as demais espécies ocorrem no domínio fitogeográfico Caatinga, no Nordeste do Brasil (Costa, Guedes, & Bérnils, 2023). Ainda que a capacidade vocal de *Hemidactylus* seja reconhecida, nenhuma das quatro espécies possui suas vocalizações defensivas descritas. Mesmo considerando *H. mabouia* que é uma espécie invasora bem-sucedida, com ampla distribuição geográfica global (Agarwal et al., 2021), seus cantos em contexto defensivo não são conhecidos, ainda que suas vocalizações em diferentes contextos (possivelmente agressivo e reprodutivo) sejam relatadas com base em poucos indivíduos no sul da Florida (Regalado, 2003).

Diante da escassez de conhecimento acerca da comunicação acústica em gecos, o nosso objetivo central foi investigar as vocalizações defensivas de *Hemidactylus agrius*, *H. brasiliensis* e *H. mabouia*. Especificamente, buscamos: 1. Descrever e comparar os parâmetros acústicos dos cantos defensivos das três espécies de *Hemidactylus* que ocorrem no domínio Caatinga; e 2. Avaliar como a morfologia e o sexo dos emissores influenciam nos parâmetros acústicos dos cantos defensivos das espécies-alvo. Dada a diferença morfológica entre as espécies, esperamos que os cantos difiram entre as espécies. Tendo em vista a dependência anatômica da estrutura fonadora, esperamos que o tamanho corporal influencie negativamente os parâmetros acústicos espectrais dos cantos. Ainda, como os cantos defensivos são utilizados em contextos compartilhados entre machos e fêmeas; esperamos que não haja diferenças intersexuais nos parâmetros dos cantos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Espécies estudadas

Nossos modelos de estudo são três espécies do gênero *Hemidactylus*, pertencentes à família Gekkonidae, que ocorrem em simpatria no domínio Caatinga (Costa, Guedes, & Bérnils, 2023), sendo elas: *H. agrius* (Figura 1A), *H. brasiliensis* (Figura 1B) e *H. mabouia* (Figura 1C). Todas possuem atividade noturna, hábitos arborícolas (Vanzolini et al. 1980; Howard, Parmerlee, JR. & Powell, 2001; Rocha & Rodrigues 2005; Andrade et al. 2013) e são ovíparas (Vanzolini et al. 1980). Fora do horário de atividade *Hemidactylus agrius* pode ser encontrado sob casca e troncos de árvores, que pode funcionar para proteção térmica e refúgio contra predadores (Passos et al., 2015). Com base em observações pessoais durante o trabalho de campo, também encontramos *Hemidactylus brasiliensis* sob casca de troncos de árvores fora

do horário de atividade, pouco sabemos sobre a ecologia de *H. brasiliensis*. *Hemidactylus mabouia* tende a estar mais associado a áreas antropizadas nos ambientes invadidos e, utilizar edificações antrópicas como microambientes (Vanzolini et al. 1980; Howard, Parmerlee, JR. & Powell, 2001). *Hemidactylus agrius* é considerado abundante em algumas ecorregiões da Caatinga (e.g. Planalto da Borborema e Depressão Sertaneja Setentrional) (Passos, Mesquita, & Borges-Nojosa, 2016; Andrade et al., 2020), enquanto *H. brasiliensis* geralmente é menos abundante (Loebmann & Haddad, 2010; Costa et al., 2018).



Figura 1. Três espécies do gênero *Hemidactylus* utilizadas neste estudo, pertencentes à família Gekkonidae, que ocorrem em simpatria no domínio Caatinga. (A) *H. agrius*, autoria: Milena Wachlevski (B) *H. brasiliensis*, autoria: Milena Wachlevski (C) *H. mabouia*, autoria: Daniel Passos.

2.2. Amostragem

Capturamos os indivíduos manualmente ou com vara e laço por meio de buscas ativas diurnas e noturnas em dois municípios de ocorrência das espécies, sendo eles Mossoró (05.062220°S, 37.401904°W, 05.209586°S, 37.318511°W) e Tenente Laurentino Cruz (06.108681°S, 36.686772°W; 06.178603°S, 36.737189°W; 06.112882°S, 36.680727°W) estado do Rio Grande do Norte (Figura 2), Nordeste do Brasil. Selecionamos esses municípios com base na ocorrência em simpatria entre as espécies estudadas. Todas as localidades amostradas fazem parte do domínio Caatinga, estão inseridas na ecorregião Depressão Sertaneja Setentrional e, portanto, sujeitas a condições ambientais similares (Velloso et al., 2002; Silva, Leal, & Tabarelli, 2017). Logo após a captura, os espécimes foram alocados individualmente em sacos de plástico transparentes com ar e itens para ambientação (e.g. casca de troncos e folhas) e translocados para o laboratório. Os espécimes foram mantidos em cativeiro em um ambiente silencioso para habituação antes dos experimentos, onde permaneceram por no máximo 72 horas, ao longo das quais as gravações dos cantos defensivos foram realizadas. Todos os procedimentos de captura, coleta, transporte e experimentação foram aprovados pelos órgãos ambientais competentes (Licença de coleta ICMBio Nº 57265-1 e 57169-4 / Processo CEUA-UFERSA 16/2024). Após as gravações, os indivíduos foram eutanasiados e depositados na Coleção Herpetológica do Semiárido (CHSA) (Apêndice I). Mensuramos o comprimento rostro–cloacal (CRC) e a massa corpórea dos espécimes com paquímetro (resolução 0,01 mm) e dinamômetro (resolução 0,1 g), respectivamente. Identificamos o sexo dos indivíduos adultos pela presença de hemipênis, já os jovens tiveram as gônadas inspecionadas.

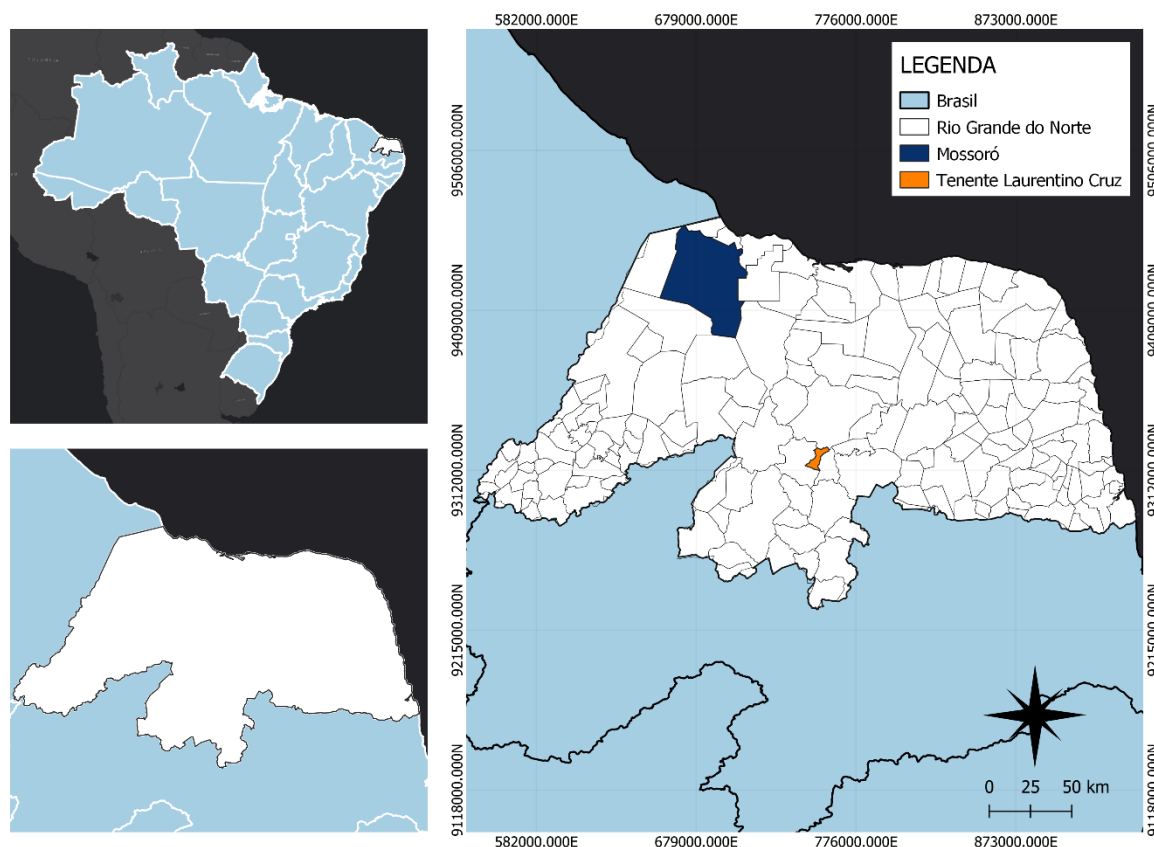


Figura 2. Localização geográfica dos municípios de Mossoró e Tenente Laurentino Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil, área de coleta dos indivíduos de *Hemidactylus agrius*, *Hemidactylus brasiliensis* e *Hemidactylus mabouia*. Fonte: Maria Eduarda Lima Alves.

Nós utilizamos gravações de *Hemidactylus agrius* depositadas previamente na Coleção Audiovisual do Semiárido (CASA), além disso, realizamos novas gravações complementares. As vocalizações foram gravadas com um gravador portátil TASCAM DR-05X (para *H. mabouia*, *H. brasiliensis* e *H. agrius*) ou Marantz PMD660 (para *H. agrius*, depositadas na CASA) acoplado a um microfone direcional Sennheiser Me67 com taxa de amostragem de frequência de 44,1 kHz e resolução de 16 bit. Todas as gravações foram realizadas durante à noite, devido ao horário de atividade das espécies-alvo (temperatura ambiente de $27,9 \pm 0,1^{\circ} \text{C}$, umidade relativa do ar média $52,2 \pm 0,3\%$). As gravações foram realizadas com os indivíduos-alvo posicionados a uma distância de aproximadamente 10 cm do microfone, utilizando sempre a mesma sensibilidade no gravador com a função *input level*. Esse procedimento foi realizado

sempre pelo mesmo observador, o qual simulou a interação com predador por meio de um estímulo de manipulação sistematizada com as mãos, girando o corpo do indivíduo em torno do seu eixo longitudinal com a ponta dos dedos (Figura 3) (e.g. Fernandes & Passos, 2021). Cada indivíduo foi manipulado uma única vez e foi gravado por dois minutos contínuos. Os indivíduos-alvo foram estimulados a uma distância suficiente dos demais, que permaneceram em sacos plásticos individuais dentro de uma caixa térmica antes de serem estimulados, de modo a evitar que escutassem os outros indivíduos. Nos intervalos de gravações, o observador que manipulou os indivíduos, lavou as mãos com detergente e higienizou com álcool para eliminar possíveis odores secretados pelos indivíduos. Todas as gravações foram realizadas com as luzes apagadas e o ruído externo minimizado. Além disso, os pesquisadores envolvidos no experimento utilizaram roupas escuras para padronização. Todas as gravações serão tombadas na Coleção Audiovisual do Semiárido (CASA).



Figura 3. Representação do estímulo manual sistematizado para simular um evento de predação, realizado todas as vezes pelo mesmo observador.

2.3. Descrição dos cantos

Analizamos as vocalizações no software RavenPro versão 1.6 (Raven Pro, 2023) com 16 bit de resolução, 44100 Hz, janela Hamming, FFT 512 e sobreposição 90%. As definições dos parâmetros acústicos e terminologia seguiram, Köhler et al. (2017) e Fernandes & Passos (2021). Os parâmetros temporais medidos foram: duração do canto (s), intervalo entre cantos (s), número de pulsos e taxa de repetição de cantos (número de vocalizações/minuto), enquanto os parâmetros espectrais foram: frequência dominante (Hz), frequência mínima ou fundamental (Hz), amplitude de frequência à 90% (Hz), presença de harmônicos, número de harmônicos, presença e tipo de modulação de frequência. Não consideramos que tenha ocorrido cantos com mais de uma nota (dentro da classificação de “call-centered” em Koller et al., (2017), porque em *Hemidactylus agrius* representou apenas 13% dos cantos, em *H. brasiliensis* 7% e 10% dos

cantos em *H. mabouia*. Ocorreram ocasionalmente, emissões de cantos agrupados, mas sem um padrão de repetição conjunta de emissão e, com base no que se conhece para cantos defensivos de Gekkota, eles não emitem cantos compostos (com mais de uma nota diferente). Assim, para aqueles cantos subsequentes que tiveram o intervalo entre cantos mais longos que a duração da primeira emissão, consideramos dois cantos independentes. Já aqueles em que o intervalo de tempo entre as emissões foi menor que a primeira, o canto foi desconsiderado para fins de descrição, apenas contabilizado como uma "unidade de emissão" para o número de cantos emitidos e taxa de repetição.

Utilizamos a mediana, primeiro e terceiro quartil para descrever os parâmetros acústicos de cada indivíduo (com base em todos os cantos) e espécie (com base em todos os indivíduos), considerando que as variáveis não atenderam à uma distribuição Gaussiana. Para testar diferenças estatísticas nos parâmetros acústicos entre os tipos de canto mais comuns (com no mínimo 20 cantos) emitidos por cada espécie, utilizamos uma Análise de Variância (ANOVA) e testes pós-hoc de Tukey para os dados que tiveram distribuição normal e homoscedástica. Para os dados que não atenderam as premissas de normalidade e homocedasticidade, utilizamos um teste de Kruskal-Wallis com testes pós-hoc de Dunn. Nestes testes, consideramos variáveis resposta a duração dos cantos, a frequência mínima, a frequência dominante e a amplitude de frequência, tendo o tipo de canto como variável preditora.

2.4. Diferenças dos cantos entre as espécies

Adicionalmente, testamos como o tamanho corpóreo, a espécie e o sexo influenciaram nos parâmetros acústicos dos cantos defensivos para cada espécie. Para esta comparação, utilizamos o tipo de canto mais frequente de cada espécie (cinco indivíduos de *Hemidactylus agrius* não emitiram esse tipo de canto, então o número de indivíduos utilizados para a descrição

é diferente das comparações). Nós calculamos a mediana da duração, da frequência mínima, da frequência dominante e da amplitude de frequência dos cantos para cada indivíduo (variáveis resposta). Então, testamos o efeito do comprimento rostro-cloacal, da espécie e do sexo (variáveis preditoras) em cada um dos parâmetros acústicos analisados, através de Modelos Lineares Generalizados (GLM) com distribuição de erros Gaussiana. Os modelos mais gerais de cada variável resposta incluíram o CRC, a interação do CRC com espécie e a interação do CRC com sexo. Em seguida, realizamos uma seleção de modelos removendo dos modelos gerais com, pelo menos, uma variável significativa e as variáveis não significativas até encontrarmos os menores modelos significativos para cada variável resposta. Realizamos as análises estatísticas e elaboração gráfica na plataforma R (R Core Team, 2023), utilizando os pacotes Seewave (Sueur, Aubin, & Simonis, 2008) e tuneR (Ligges et al., 2018) para elaboração dos espectrogramas e oscilogramas. O pacote ggplot2 (Wickham, 2016) para elaboração das figuras e o pacote DHARMA (Hartig, 2022) para testar “*overdispersion*” nos modelos.

3. RESULTADOS

Ao todo, analisamos os cantos de 27 indivíduos de *Hemidactylus agrius* (12 fêmeas e 15 machos) e 21 indivíduos de *H. mabouia* (11 fêmeas e 10 machos), ambos provenientes do município de Mossoró – RN. Para *H. brasiliensis*, analisamos os cantos de 22 indivíduos (sete fêmeas e 15 machos) provenientes do município de Tenente Laurentino Cruz – RN.

Classificamos os 1012 cantos defensivos registrados para as três espécies de *Hemidactylus* em sete tipos. Os cantos do tipo Multipulsado consistiram em rajadas de energia pouco estruturadas, com modulação de amplitude variável, sem picos claramente contáveis, sem modulação de frequência, podendo ou não ter harmônicos (e.g. Figura 4A). O canto do tipo Pulsado possuiu pulsos claramente contáveis em rajadas distintas de energia

sonora, separados por uma modulação na amplitude abrupta (e.g. Figura 4B). O canto do tipo Sino possuiu modulação de frequência ascendente seguida de descendente (e.g. Figura 4F). O canto do tipo Descendente possuiu modulação de frequência decrescente ao longo da emissão (e.g. Figura 4G). O canto do tipo Ascendente possui modulação de frequência ascendente, aumentando ao longo da emissão (e.g. Figura 4H). O canto do tipo Sinuoso apresentou consecutivas modulações de frequência ascendente e descendente ao longo da duração (e.g. Figura 4I). Por fim, o canto do tipo Combinado foi caracterizado por uma combinação de mais de um tipo de canto supracitado (e.g. Figura 4C – E). Quase todos os tipos de cantos foram emitidos pelas três espécies de *Hemidactylus* estudadas, exceto o canto Ascendente que não foi emitido por *H. brasilianus*.

3.1. Descrição dos cantos defensivos de *Hemidactylus agrius*

Todos os indivíduos de *H. agrius* emitiram sons após estimulação, com isso, registramos um total de 346 cantos dos 27 indivíduos gravados (12 fêmeas e 15 machos). *Hemidactylus agrius* emitiu sete tipos de canto, sendo majoritariamente cantos do tipo Multipulsionado, representando 40,7% dos cantos emitidos (n= 141 cantos, Figura 4A), seguido por cantos do tipo Pulsado (29,2%, n= 101 cantos, Figura 4B). Os tipos de canto menos frequentes foram os que possuíam modulação de frequência (5,8% em relação ao total), podendo ser com modulação em forma de Sino (2,3%, n= 8 cantos, Figura 4F), Sinuoso (1,4%, n= 5 cantos, Figura 4I), Ascendente (1,2%, n= 4 cantos, Figura 4H) ou Descendente (0,9%, n= 3 cantos, Figura 4G). Os cantos do tipo Combinado estiveram presentes em 24,3% das emissões (n= 84 cantos, Figura 4C – E). A maioria dos cantos gravados com modulação em Sino, Ascendente, Descendente e Sinuoso possuíam harmônicos, enquanto que apenas 25% dos cantos do tipo Combinado e 13,5% dos cantos Multipulsionado possuíam harmônicos (Tabela 1).

O número de cantos emitidos variou de 4 (mínimo) a 35 (máximo) por indivíduo (mediana=12 cantos, $Q1 - Q3 = 8 - 18$), com taxa de repetição de 2 a 17,5 cantos/min (mediana=6 cantos/min, $4 - 9$). O intervalo entre cantos variou de 0,016 s a 35,635 s (mediana = 2,121 s, $0,585 - 6,874$). As medidas de tendência central dos parâmetros acústicos para cada tipo de canto estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros acústicos dos cantos defensivos de *Hemidactylus agrius* (n = 27 indivíduos) de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. Os dados são apresentados quanto ao total de cantos emitidos (N) de cada tipo (n total = 346 cantos). As tendências centrais dos parâmetros acústicos estão apresentadas com a mediana e os primeiro e terceiro quartis (entre parênteses). Número de pulsos (N_pulsos), duração do canto (s) (Dur_can), frequência mínima (Hz) (Fq_min), frequência dominante (Hz) (Fq_dom), amplitude de frequência à 90% (Hz) (Band90), número de cantos com presença de modulação na frequência Mod_fq (n), porcentagem de cantos com modulação de frequência Mod_fq (%), número de harmônicos (N_harm) e porcentagem de cantos com presença de harmônicos Harm (%).

Tipo	N	N_pulsos	Dur_can (s)	Fq_min (Hz)	Fq_dom (Hz)	Band90 (Hz)	Mod_fq (n)	Mod_fq (%)	N_harm	Harm (%)
Multipulsionado	141	-	0,106 (0,064 - 0,157)	1020,5 (703,7 - 1304,1)	4220,5 (3876,0 - 4823,4)	4478,9 (3876,0 - 5512,5)	-	-	9 (6 - 14)	13,5
Pulsado	101	3 (2 - 4,8)	0,043 (0,017 - 0,080)	1092,2 (814,3 - 1931,8)	4306,6 (4048,2 - 5512,5)	5168,0 (3574,5 - 7450,5)	-	-	-	-
Combinado	84	2 (1 - 4)	0,153 (0,095 - 0,206)	1033,5 (730,8 - 1369,2)	4306,6 (4134,4 - 4866,5)	4737,3 (3854,5 - 5706,3)	23	27,4	8 (5 - 11,5)	25
Sino	8	-	0,079 (0,069 - 0,091)	1733,1 (1183,5 - 2073,5)	4737,3 (4112,8 - 6524,6)	5124,9 (2799,3 - 6739,9)	8	100	7 (5,5 - 9)	62,5
Descendente	3	-	0,143 (0,128 - 0,162)	1322,1 (1215,5 - 1350,1)	6029,3 (4823,4 - 6244,6)	6029,3 (4995,7 - 7407,4)	3	100	9,5 (9 - 10)	66,6
Ascendente	4	-	0,052 (0,049 - 0,055)	1290,6 (1152,9 - 1396,6)	5038,8 (3940,6 - 7019,8)	8053,4 (7429,0 - 8204,2)	4	100	8 (6 - 10)	50
Sinuoso	5	-	0,105 (0,094 - 0,115)	1130,2 (1039,6 - 1256,2)	4306,6 (3876,0 - 10938,9)	5340,2 (3617,6 - 8441,0)	5	100	6 (5 - 13)	60

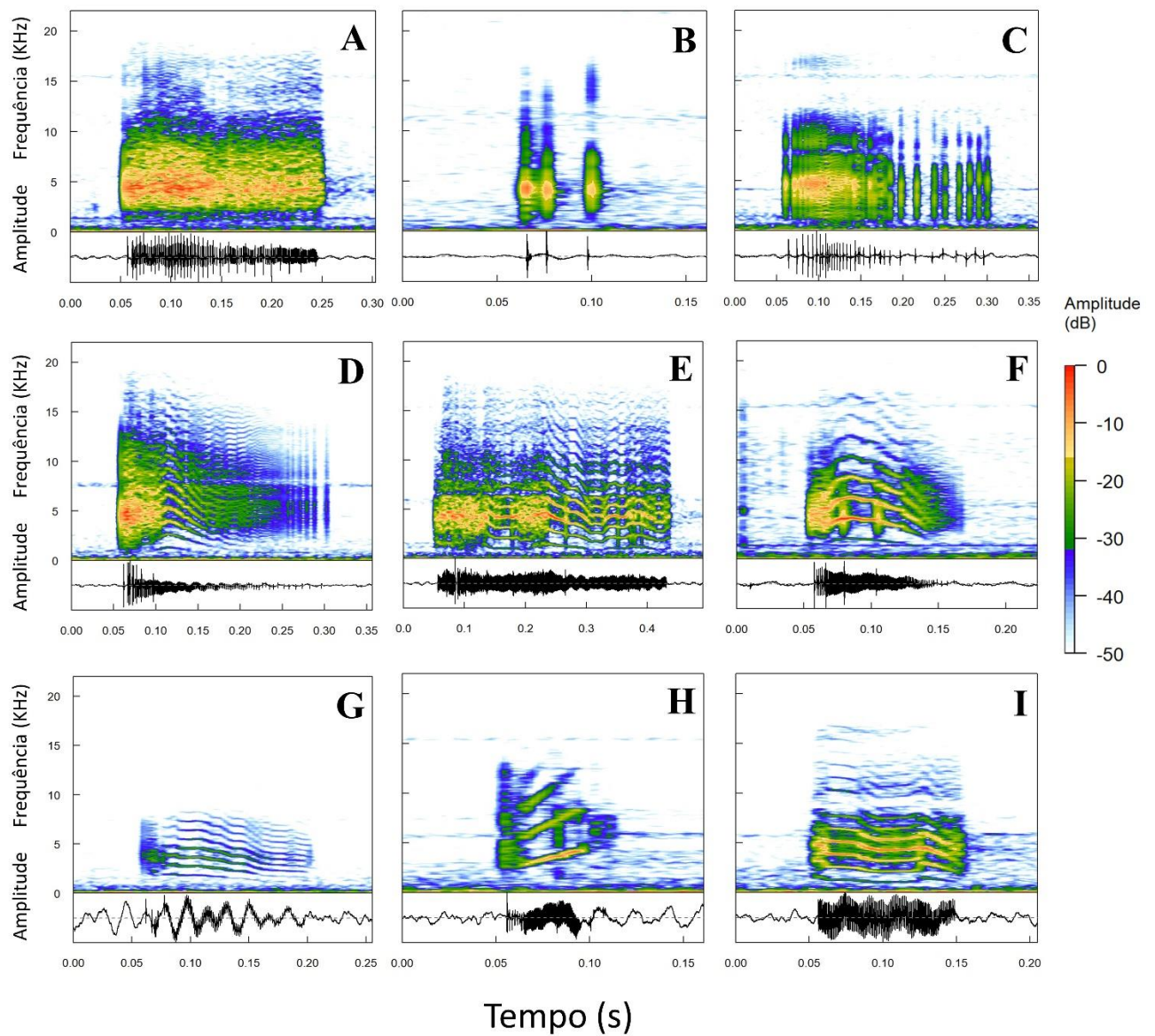


Figura 4. Espectrogramas e oscilogramas dos tipos de cantos defensivos emitidos por *Hemidactylus agrius* do município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. (A) canto do tipo Multipulsionado, (B) pulsado, (C) canto Combinado Multipulsinado e Pulsado, (D) canto do tipo Combinado Multipulsinado, modulação em Sino e Pulsado, (E) Combinado Multipulsinado e modulação sinuosa, (F) modulação em Sino (G) modulação Descendente, (H) modulação Ascendente (I) modulação Sinuosa.

Quando comparamos os cantos com maior representatividade, ou seja, o tipo Multipulsionado, Pulsado e Combinado, que juntos totalizam 94,2% das vocalizações, a duração do canto diferiu entre os cantos defensivos de *Hemidactylus agrius* (ANOVA – $F = 5,96$, $df = 2,313$, $p = 0,003$). Sendo o canto do tipo Combinado mais longo que os demais (Tukey – Multipulsionado, $p = 0,015$, Pulsado, $p = 0,003$) (Figura 5). Os cantos Multipulsionado e Pulsado não diferiram entre si quanto a duração (Tukey – $p = 0,729$) (Figura 5).

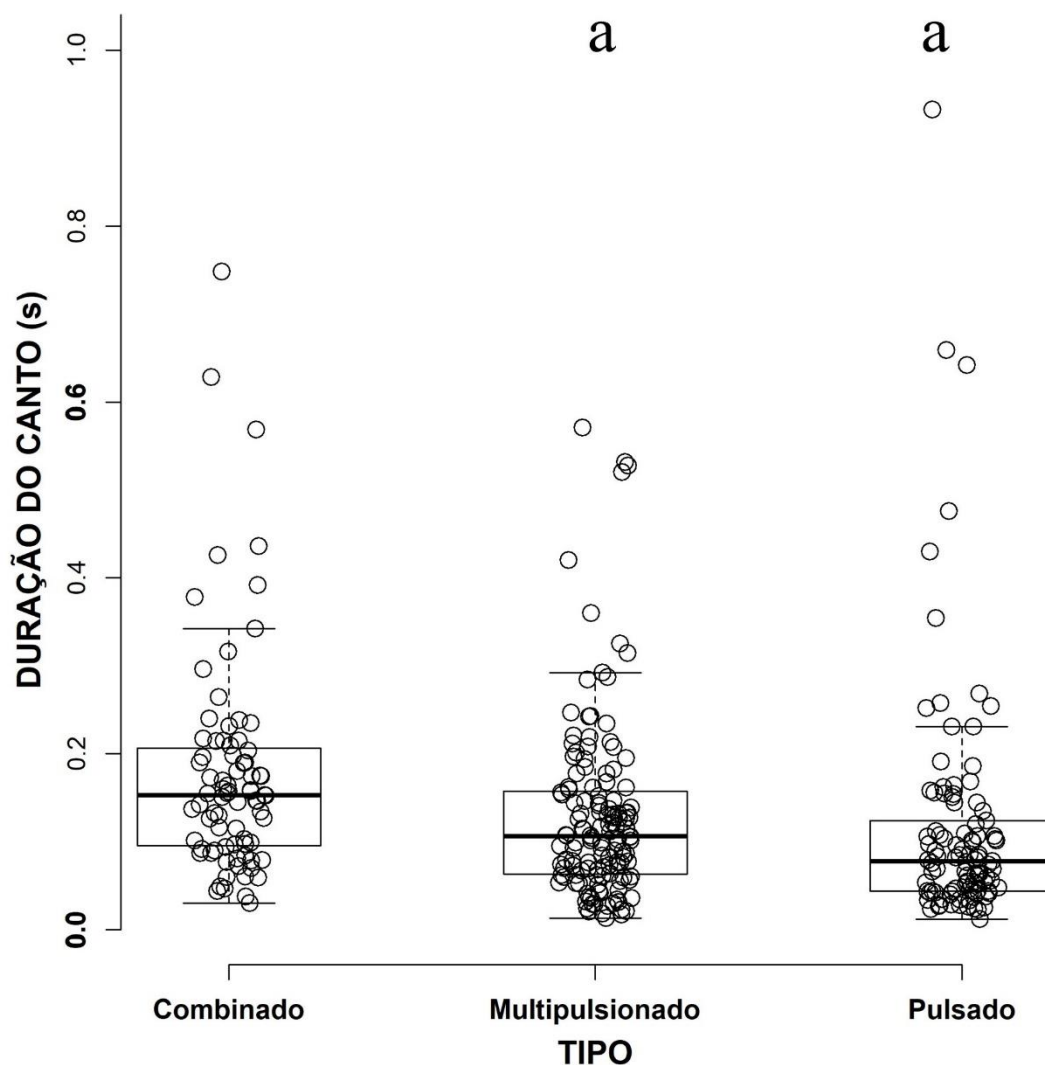


Figura 5. Duração dos três principais tipos de cantos defensivos emitidos por indivíduos de *Hemidactylus agrius* (n= 27 indivíduos) provenientes do município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. (ANOVA – $F = 5,96$, $df = 2,313$, $p = 0,003$). Letras iguais representam ausência de diferença estatística entre os tipos de cantos.

Com relação aos parâmetros acústicos espectrais, a frequência mínima diferiu entre os tipos de cantos defensivos de *Hemidactylus agrius* (Kruskal-Wallis – $\chi^2 = 9,53$, $df = 2$, $p = 0,009$), sendo que o canto do tipo Pulsado possuiu frequência mínima mais alta que os demais (Dunn – Combinado, $p = 0,028$, Multipulsionado, $p = 0,001$) (Figura 6). Os cantos

Combinado e Multipulsionado não diferiram entre si (Dunn – $p = 0,196$) (Figura 6). A frequência dominante (ANOVA – $F = 0,976$, $df = 2$, $p = 0,378$) e a amplitude de frequência (Kruskal-Wallis – $\chi^2 = 5,97$, $df = 2$, $p = 0,051$) não diferiram entre os tipos de cantos defensivos mais emitidos por *Hemidactylus agrius*.

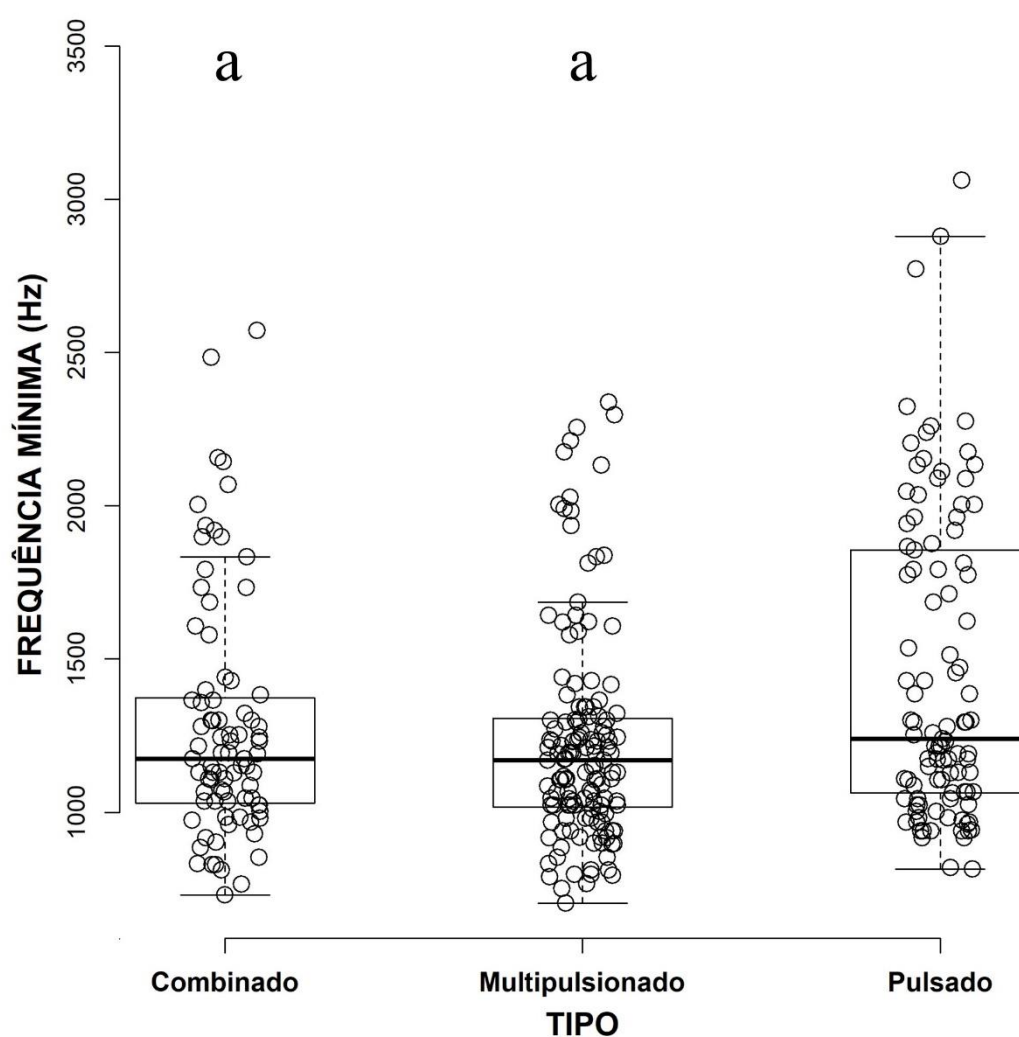


Figura 6. Frequência mínima entre os principais dos tipos de cantos defensivos emitidos por indivíduos de *Hemidactylus agrius* ($n = 27$ indivíduos) provenientes do município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. (Kruskal-Wallis – $\chi^2 = 9,53$, $df = 2$, $p = 0,009$). Letras iguais representam ausência de diferença estatística entre os tipos de cantos.

3.2. Descrição dos cantos defensivos de *Hemidactylus brasiliensis*

Todos os indivíduos emitiram sons após estimulação, com isso, registramos um total de 333 cantos a partir de 22 indivíduos (sete fêmeas e 15 machos). *Hemidactylus brasiliensis* emitiu cinco tipos de canto defensivo, sendo majoritariamente cantos do tipo Multipulsionado, com 48,4% dos cantos (n= 161 cantos, Figura 7A), seguido por cantos do tipo Pulsado (31,2%, n= 104 cantos, Figura 7B). *Hemidactylus brasiliensis* emitiu também cantos com modulação de frequência, podendo ser do tipo Sinuoso (2,7%, n= 9 cantos, Figura 7E) ou Descendente (0,3%, n= 1 canto, Figura 7F). Emitiu também cantos do tipo Combinado (17,4%, n= 58 cantos, Figura 7C – D). Apesar de *Hemidactylus brasiliensis* não emitir cantos apenas com modulação de frequência em forma de Sino, cantos com esse tipo de modulação ocorreram entre os cantos Combinado (Figura 7C). Cerca de metade dos cantos gravados com modulação do tipo Sinuoso possuíam harmônicos e o único registro com modulação de frequência Descendente também apresentou harmônicos, mas apenas 15,5% dos cantos do tipo Combinado e 8% dos cantos Multipulsionado possuíam harmônicos (Tabela 2).

O número de cantos variou de 5 (mínimo) a 51 (máximo) cantos por indivíduo (mediana= 14 cantos, Q1- Q3= 11 – 19), com taxa de repetição de 2,5 a 25,5 cantos/min (mediana= 7,5 cantos/min, 6 – 10). O intervalo entre cantos variou de 0,016 s a 50,566 s (mediana = 2,413 s, 0,421 – 7,639). As medidas de tendência central dos parâmetros acústicos para cada tipo de canto estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros acústicos dos cantos defensivos de *Hemidactylus brasiliensis* (n = 22 indivíduos) de Tenente Laurentino Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil. Os dados são apresentados quanto ao total de cantos emitidos (N) de cada tipo (n = 333 cantos analisados). As tendências centrais dos parâmetros acústicos estão apresentadas com a mediana e os primeiro e terceiro quartis (entre parênteses). Número de pulsos (N_pulsos), duração do canto (s) (Dur_can), frequência mínima (Hz) (Fq_min), frequência dominante (Hz) (Fq_dom), amplitude de frequência à 90% (Hz) (Band90), número de cantos com modulação na frequência Mod_fq (n), porcentagem de cantos com modulação de frequência Mod_fq (%), número de harmônicos (N_harm) e porcentagem de cantos com harmônicos Harm (%).

Tipo	N	N_pulsos	Dur_can (s)	Fq_min (Hz)	Fq_dom (Hz)	Band90 (Hz)	Mod_fq (n)	Mod_fq (%)	N_harm	Harm (%)
Multipulsionado	161	-	0,084 (0,046 - 0,156)	1030,5 (784,8 - 1826,0)	4737,3 (4134,4 - 5986,3)	5857,0 (4909,6 - 6976,8)	-	-	16 (7 - 19,5)	8
Pulsado	104	5 (3-7,8)	0,056 (0,034 - 0,128)	1511,3 (1028,2 - 2155,0)	4651,2 (4134,4 - 5081,8)	4909,6 (3445,3 - 6373,8)	-	-	-	-
Combinado	58	4 (2-7)	0,172 (0,094 - 0,377)	1250,1 (926,0 - 1981,1)	4780,4 (4242,0 - 6180,1)	5512,5 (5103,4 - 6546,1)	13	22,4	11 (7,5 - 15,5)	15,5
Sinuoso	9	-	0,254 (0,087 - 0,379)	940,1 (684,5 - 1328,7)	4651,2 (3832,9 - 5168,0)	5684,8 (4608,1 - 6373,9)	9	100	14,5 (6,5 - 15)	44,4
Descendente	1	-	0,079	1173,8	5340,2	5770,9	1	100	8	100

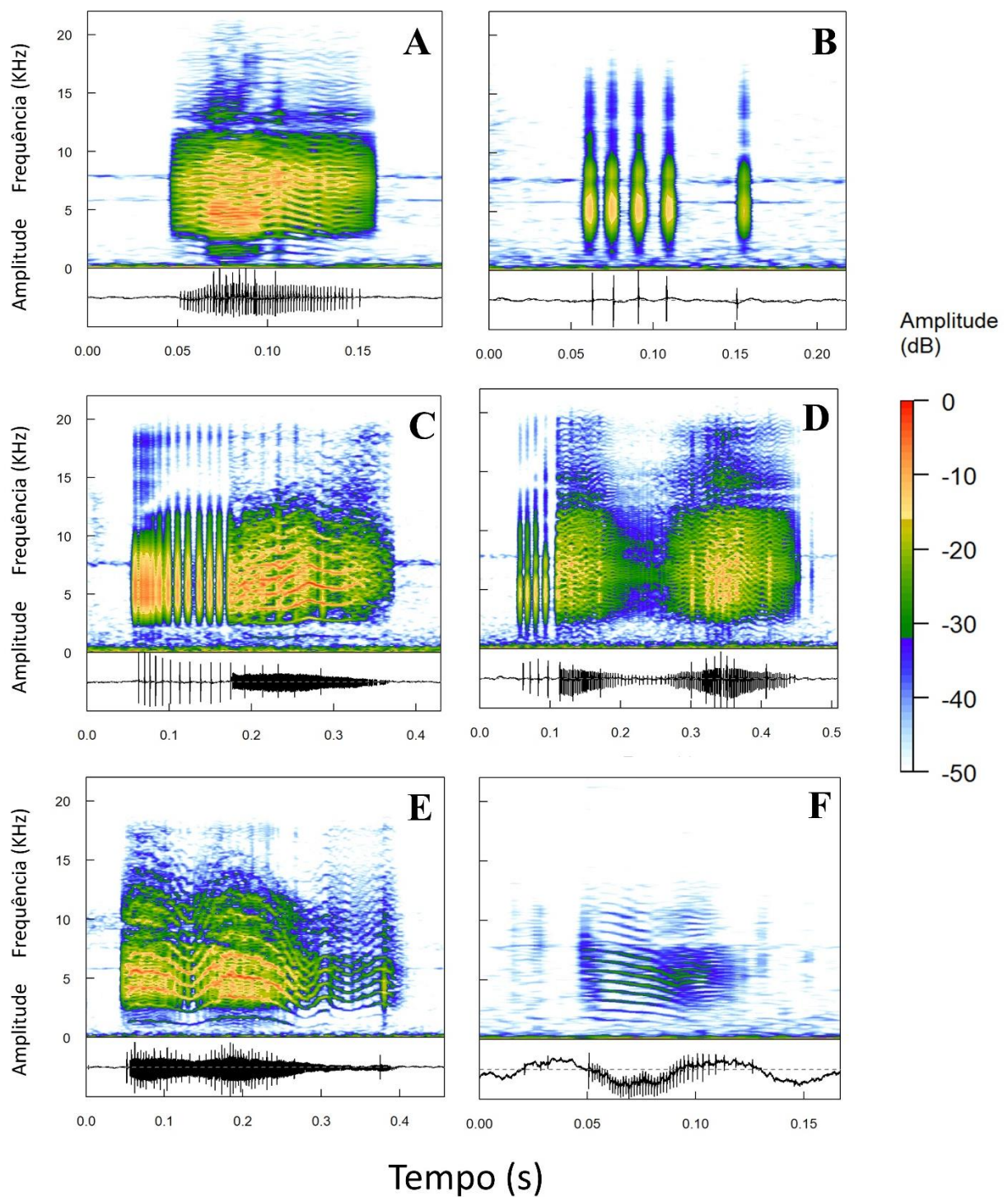


Figura 7. Espectrogramas e oscilogramas dos tipos de cantos defensivos emitidos por *Hemidactylus brasiliensis* do município de Tenente Laurentino Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil. (A) canto Multipulsionado (B) canto Pulsado (C) canto Combinado Multipulsionado, Pulsado e com modulação em Sino (D) canto Combinado Multipulsionado e Pulsado (E) canto modulado Sinuoso (F) canto com modulação Descendente.

Considerando os cantos dos tipos Multipulsionado, Pulsado e Combinado, que juntos totalizam 97% dos cantos emitidos por *Hemidactylus brasiliensis*, encontramos que a duração do canto diferiu entre os tipos de cantos defensivos de *H. brasiliensis* (Kruskal-Wallis – chi-squared = 48,14, df= 2, $p < 0,001$). O canto do tipo Combinado foi mais longo que os demais (Dunn – Multipulsionado, $p < 0,001$, Pulsado, $p < 0,001$) (Figura 8). Além disso, os cantos Multipulsionado também foram maiores que os Pulsado (Dunn – $p = 0,028$) (Figura 8).

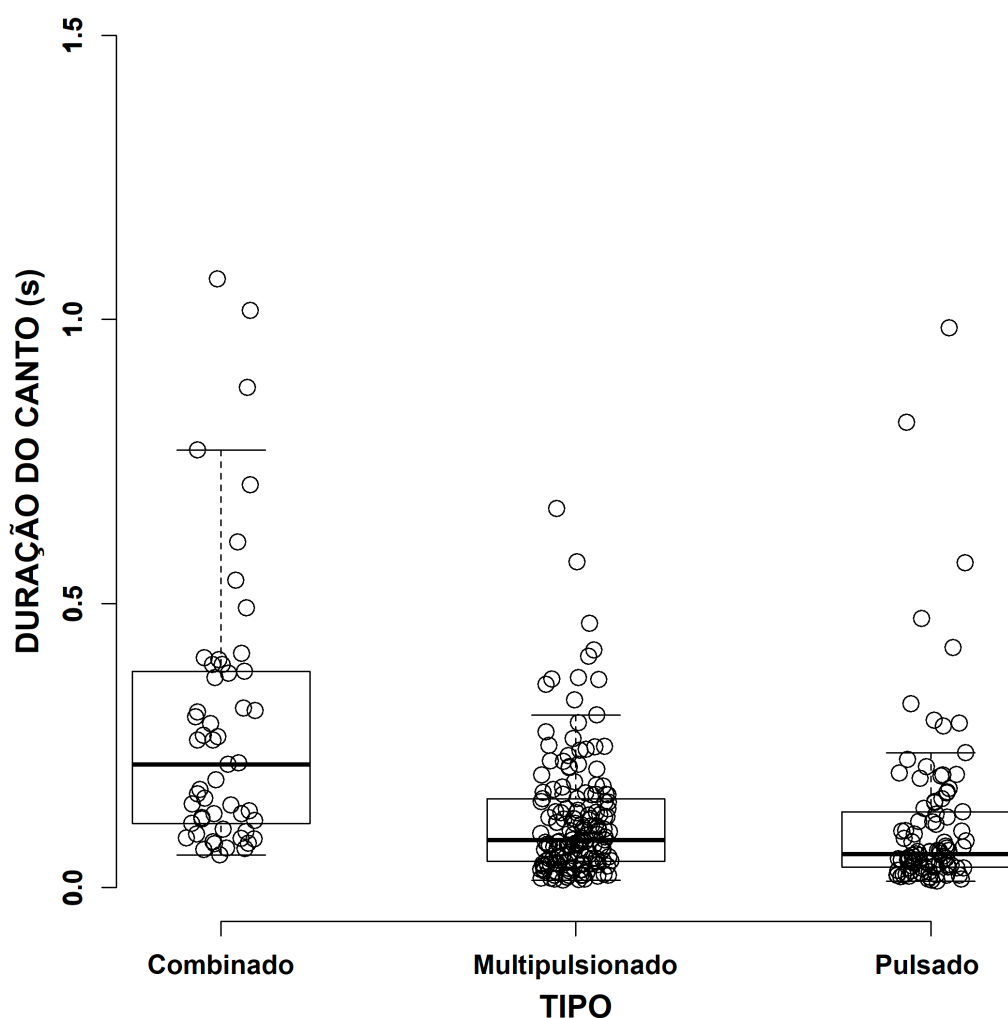


Figura 8. Duração entre os principais dos tipos de cantos defensivos emitidos por indivíduos de *Hemidactylus brasiliensis* (n= 22 indivíduos) provenientes do município de Tenente Laurentino Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil. (Kruskal-Wallis – chi-squared = 48,14, df= 2, $p < 0,001$).

Com relação aos parâmetros espectrais mensurados, a frequência mínima diferiu entre os tipos de cantos defensivos de *Hemidactylus brasilianus* (ANOVA – $F = 5,87$, $df = 2,313$, $p = 0,003$), em que os cantos Pulsado possuíram frequências mínimas mais altas do que os cantos Multipulsionado (Tukey – $p = 0,002$) (Figura 9). Os cantos Combinado não diferiram dos Multipulsionado (Tukey – $p = 0,325$) e nem dos cantos Pulsado em relação a frequência mínima (Tukey – $p = 0,430$) (Figura 9).

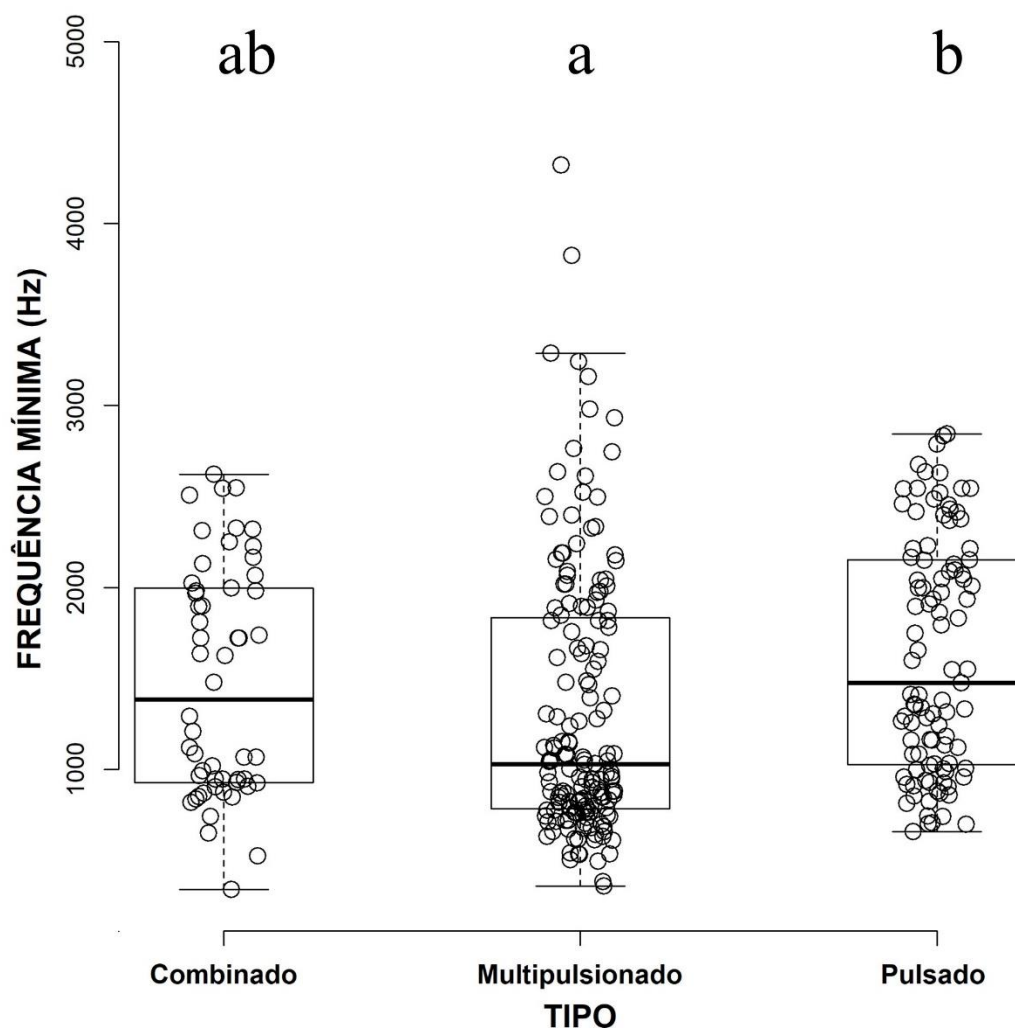


Figura 9. Frequência mínima entre os principais tipos de cantos defensivos emitidos por indivíduos de *Hemidactylus brasiliensis* (n= 22 indivíduos) provenientes do município de Tenente Laurentino Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil. (ANOVA – $F = 5,87$, $df = 2,313$, $p = 0,003$). Letras iguais representam ausência de diferença estatística entre os tipos de cantos.

Os tipos de cantos defensivos mais emitidos por *Hemidactylus brasiliensis* diferiram quanto a frequência dominante (ANOVA – $F = 3,36$, $df = 2$, $p = 0,036$). Com o canto Pulsado possuindo menor frequência dominante que os cantos Combinado (Tukey – 0,041) (Figura 10). Mas, os cantos Multipulsionado não diferiram dos Pulsado (Tukey – 0,129) e nem dos Combinado (Tukey – 0,553) (Figura 10).

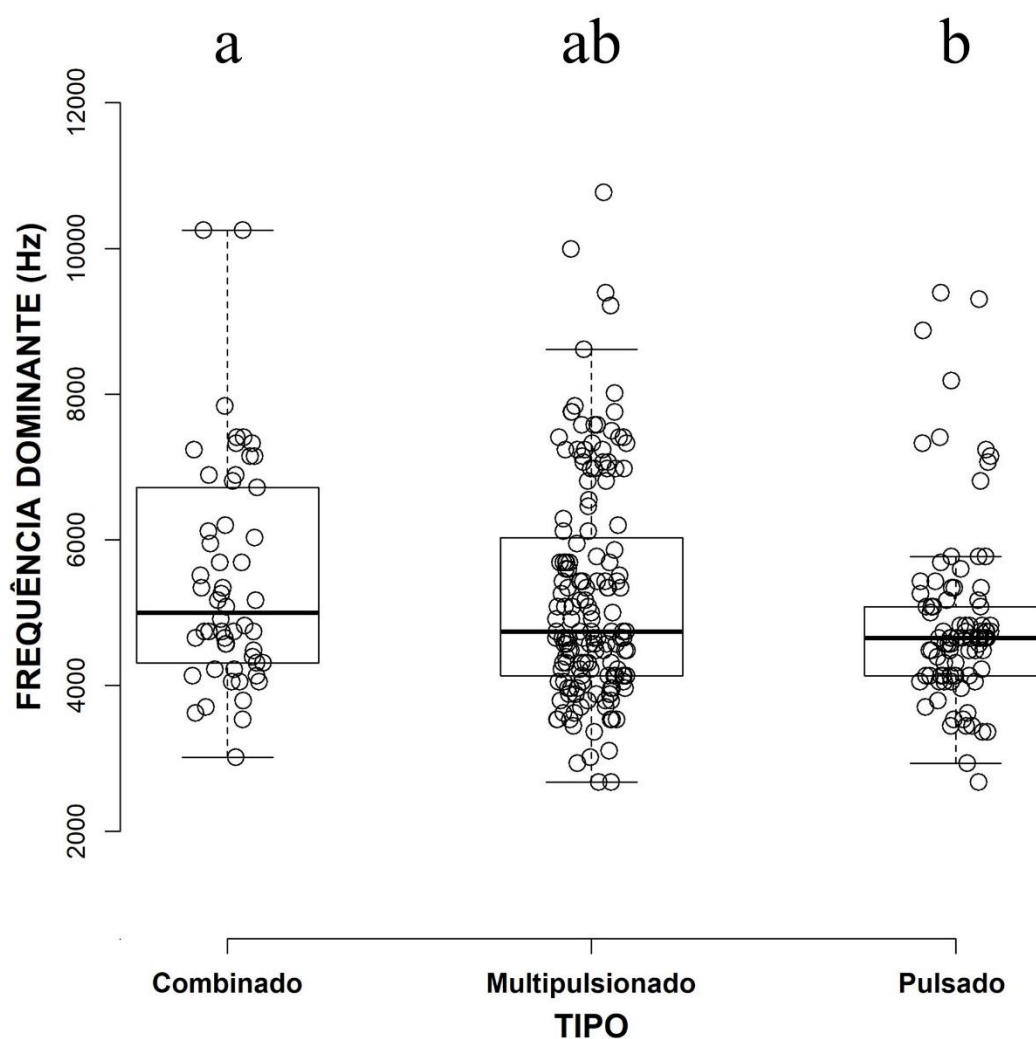


Figura 10. Frequência dominante entre os principais cantos defensivos emitidos por indivíduos de *Hemidactylus brasilianus* (n= 22 indivíduos) provenientes do município de Tenente Laurentino Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil. (ANOVA – $F = 5,23$, $df = 2,313$, $p = 0,036$). Letras iguais representam ausência de diferença estatística entre os tipos de cantos.

A amplitude de frequência também diferiu entre os tipos de cantos defensivos de *Hemidactylus brasilianus* (Kruskal-Wallis – $\chi^2 = 20,19$, $df = 2$, $p < 0,001$). Com o canto Pulsado possuindo amplitude de frequência mais estreita que os demais (Dunn – Combinado, $p = 0,001$, Multipulsionado, $p < 0,001$) (Figura 11). Os cantos Multipulsionado e Combinado não diferiram entre si (Dunn – 0,376) (Figura 11).

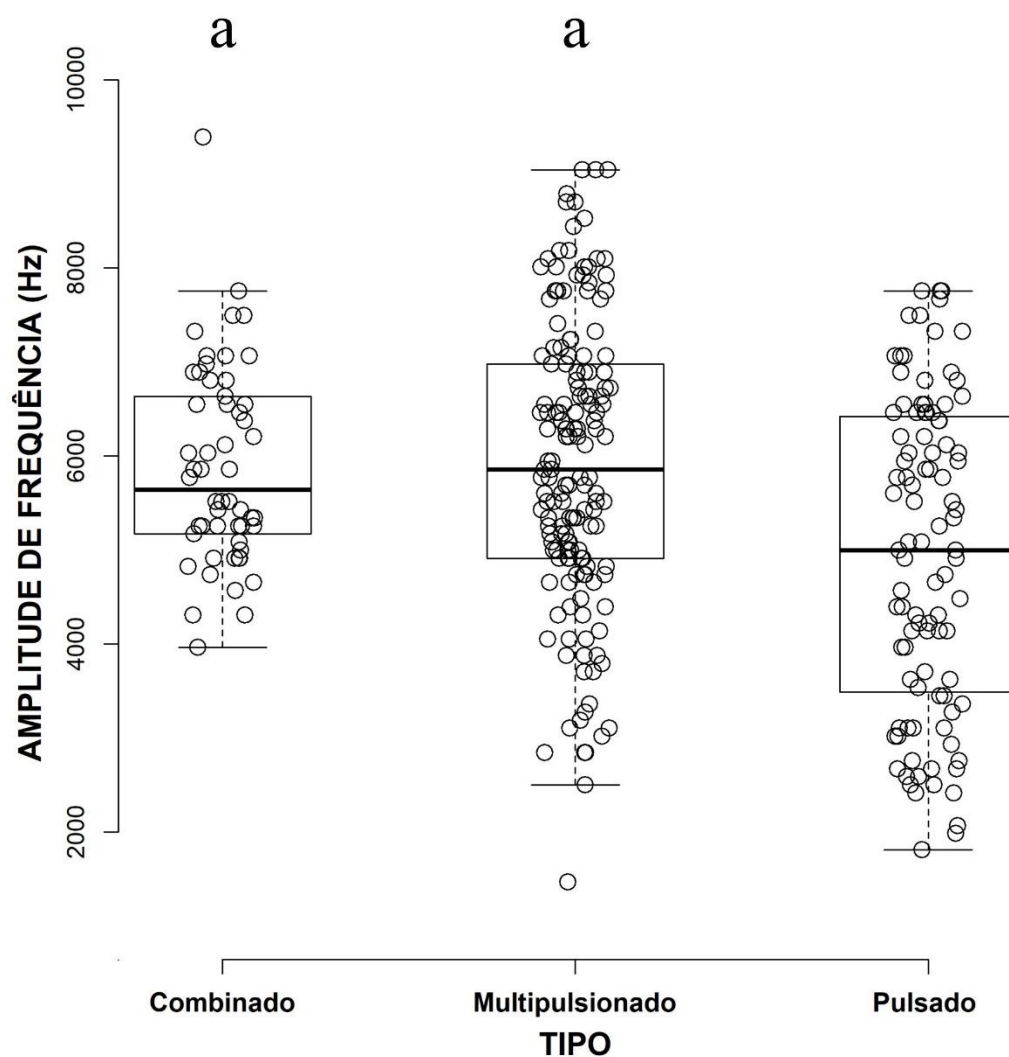


Figura 11. Amplitude de frequência entre os principais cantos defensivos emitidos por indivíduos de *Hemidactylus brasiliensis* (n= 22 indivíduos) provenientes do município de Tenente Laurentino Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil. (Kruskal-Wallis – chi-squared = 20,19, df= 2, $p < 0,001$). Letras iguais representam ausência de diferença estatística entre os tipos de cantos.

3.3. Descrição dos cantos defensivos de *Hemidactylus mabouia*

Todos os indivíduos emitiram sons após estimulação, com isso, registramos um total de 333 cantos (Tabela 3) a partir de 21 indivíduos de (11 fêmeas e 10 machos). *Hemidactylus mabouia* emitiu sete tipos de cantos, sendo majoritariamente cantos do tipo Multipulsionado

47,8% dos cantos (n= 159 cantos, Figura 12A), seguido por cantos Pulsado (21,6%, n= 72 cantos, Figura 12B) e Combinado (17,4%, n= 58 cantos, Figura 12C – D). *Hemidactylus mabouia* emitiu também cantos defensivos com modulação de frequência, podendo ser em forma de Sino (3,9%, n= 13 cantos, Figura 12E), Sinuoso (3,9%, n= 13 cantos, Figura 12H), Descendente (3,6%, n= 12 cantos, Figura 12F) e Ascendente (1,8%, n= 6 cantos, Figura 12G). A maioria dos cantos modulados possuíam harmônicos (Tabela 3) assim, como os cantos Combinado (51,7%, Tabela 3) e, somente 3,7% dos cantos Multipulsionado possuíam harmônicos (Tabela 3).

O número de cantos variou de 1 (mínimo) a 45 (máximo) cantos por indivíduo (mediana= 17 cantos, Q1- Q3= 7 – 23), com taxa de repetição de 1 a 22,5 cantos/min (mediana= 8,5 cantos/min, 3,7 – 11,5). O intervalo entre cantos variou de 0,036 s a 76,142 s (mediana =2,025 s, 0,652 – 5,033). As medidas de tendência central dos parâmetros acústicos para cada tipo de canto estão dispostas na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros acústicos dos cantos defensivos de *Hemidactylus mabouia* (n = 21 indivíduos) de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. Os dados são apresentados quanto ao total de cantos emitidos (N) de cada tipo (total de cantos analisados = 333). As tendências centrais dos parâmetros acústicos estão apresentadas com a mediana e os primeiro e terceiro quartis (entre parênteses). Número de pulsos (N_pulsos), duração do canto (s) (Dur_can), frequência mínima (Hz) (Fq_min), frequência dominante (Hz) (Fq_dom), amplitude de frequência à 90% (Hz) (Band90), número de cantos com modulação na frequência Mod_fq (n), porcentagem de cantos com modulação de frequência Mod_fq (%), número de harmônicos (N_harm) e porcentagem de cantos com harmônicos Harm (%).

Tipo	N	N_pulsos	Dur_can (s)	Fq_min (Hz)	Fq_dom (Hz)	Band90 (Hz)	Mod_fq (n)	Mod_fq (%)	N_harm	Harm (%)
Mltipulsionado	159	-	0,094 (0,057 - 0,199)	1182,5 (959,5 - 1725,5)	4909,6 (3445,3 - 7838,1)	4478,9 (3359,2 - 5727,9)	-	-	5,5 (4 - 7,4)	3,7
Pulsado	72	3 (2 - 5)	0,055 (0,028 - 0,103)	1402,7 (1054,6 - 1753,8)	3876,0 (3186,9 - 5361,8)	3186,9 (2756,3 - 4522,0)	-	-	-	-
Combinado	58	3 (2 - 11)	0,214 (0,125 - 0,284)	1118,4 (954,0 - 1366,8)	6072,4 (3876,0 - 7752,0)	5254,1 (4328,2 - 6007,8)	48	82,8	6 (5 - 7,3)	51,7
Sino	13	-	0,075 (0,067 - 0,131)	1378,1 (1186,9 - 1637,4)	7149,0 (4392,8 - 9043,9)	5598,6 (4478,9 - 7062,9)	13	100	6 (4-8)	84,6
Descendente	12	-	0,069 (0,044 - 0,090)	1418,1 (1225,2 - 1694,1)	3789,8 (2842,4 - 7472,0)	5297,2 (4758,9 - 6610,7)	12	100	5 (4 - 6)	75
Ascendente	6	-	0,048 (0,028 - 0,071)	1429,9 (1031,4 - 1477,1)	4694,3 (3230,0 - 7902,7)	6029,3 (5275,6 - 6718,4)	6	100	4	33,3
Sinuoso	13	-	0,222 (0,159 - 0,244)	1080,9 (922,8 - 1163,1)	7622,8 (7213,6 - 8721,0)	5684,8 (5103,4 - 6501,6)	13	100	7 (5,8 - 8,3)	76,9

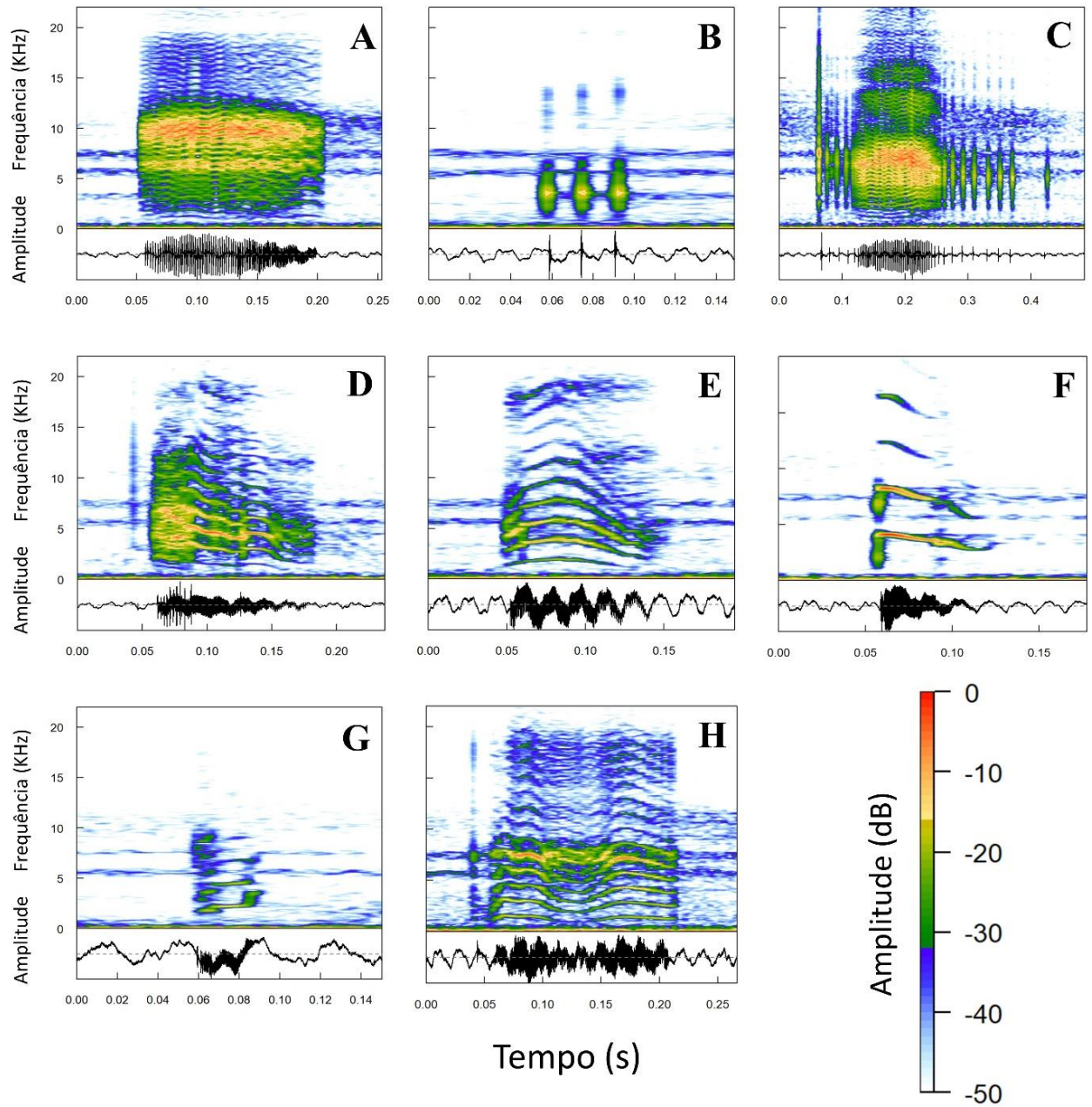


Figura 12. Espectrogramas e oscilogramas dos cantos defensivos emitidos por *Hemidactylus mabouia* (n= 21) provenientes do município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. (A) canto Multipulsionado (B) canto Pulsado (C) canto Combinado Multipulsionado e Pulsado (D) canto Combinado Multipulsionado e modulação sinuosa (E) modulação em forma de Sino (F) modulação Descendente (G) modulação Ascendente (H) Modulação Sinuosa.

Com relação aos parâmetros acústicos dos cantos defensivos mais emitidos por *Hemidactylus mabouia* (Multipulsionado, Pulsado e Combinado), juntos totalizam 86,8% dos cantos. A duração do canto diferiu entre os tipos de cantos defensivos de *H. mabouia* (ANOVA – $F = 9,23$, $df = 2$, $p < 0,001$). Sendo o canto Combinado mais longo que os demais (Tukey – Multipulsionado, $p < 0,001$, Pulsado, $p = 0,001$) (Figura 13). Os cantos Multipulsionado e Pulsado não diferiram entre si (Tukey – $p = 0.998$) (Figura 13).

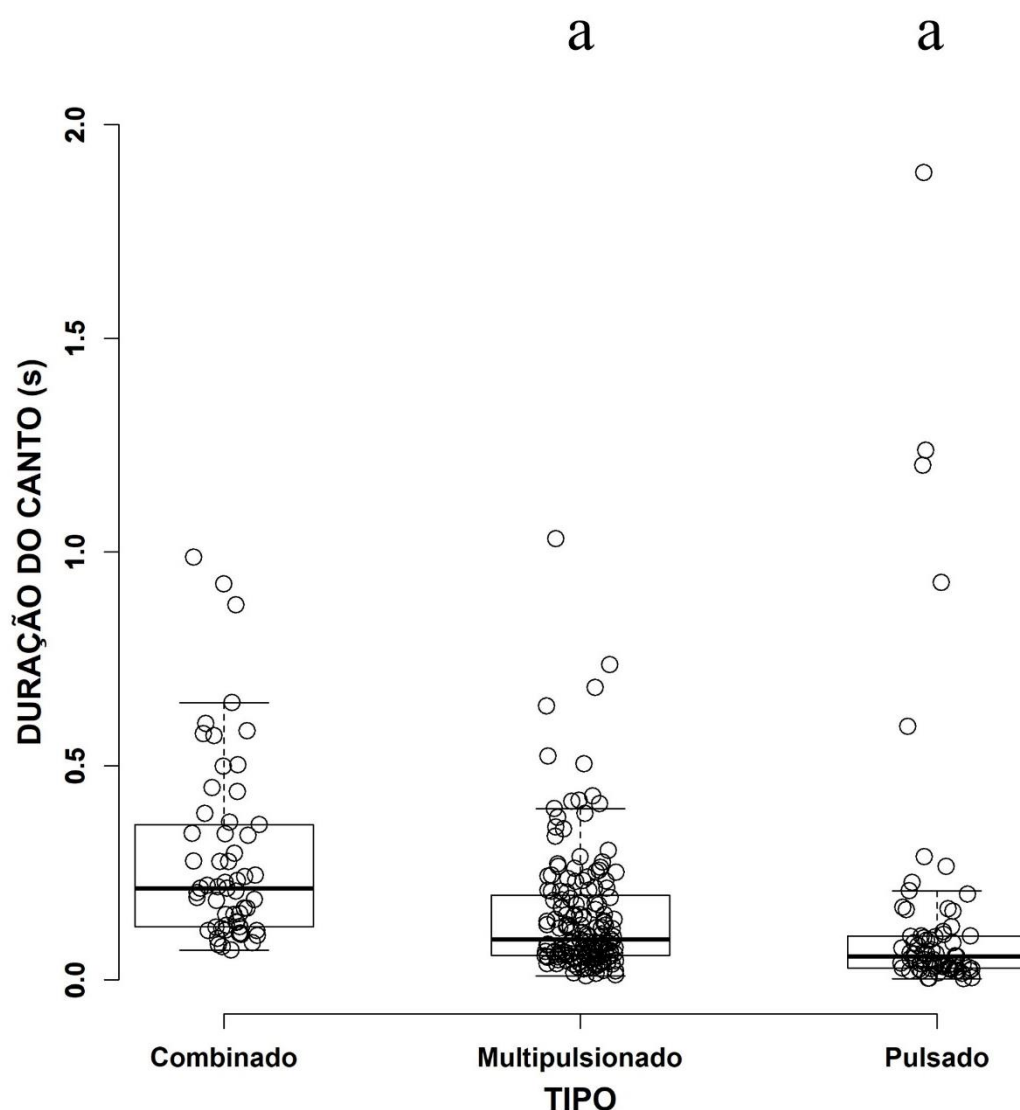


Figura 13. Duração entre os principais tipos de cantos defensivos emitidos por indivíduos por indivíduos de *Hemidactylus mabouia* (n= 21 indivíduos) provenientes do município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. (ANOVA – $F = 9,23$, $df = 2$, $p < 0,001$). Letras iguais representam ausência de diferença estatística entre os tipos de cantos.

Entre os parâmetros espectrais dos cantos Combinado, Multipulsionado e Pulsado, a frequência mínima não diferiu entre os tipos de cantos defensivos de *Hemidactylus mabouia* (Kruskal-Wallis – $\chi^2 = 1,95$, $df = 2$, $p = 0,380$).

A frequência dominante diferiu entre os tipos de cantos defensivos de *Hemidactylus mabouia* (Kruskal-Wallis – $\chi^2 = 14,63$, $df = 2$, $p < 0,001$). Com o canto Pulsado possuindo frequência dominante mais baixa que os demais (Dunn – Combinado, $p < 0,001$, Multipulsionado, $p = 0,002$) (Figura 14). Entre os cantos Combinado e Multipulsionado, não houve diferença na frequência dominante (Dunn – $p = 0,061$) (Figura 14).

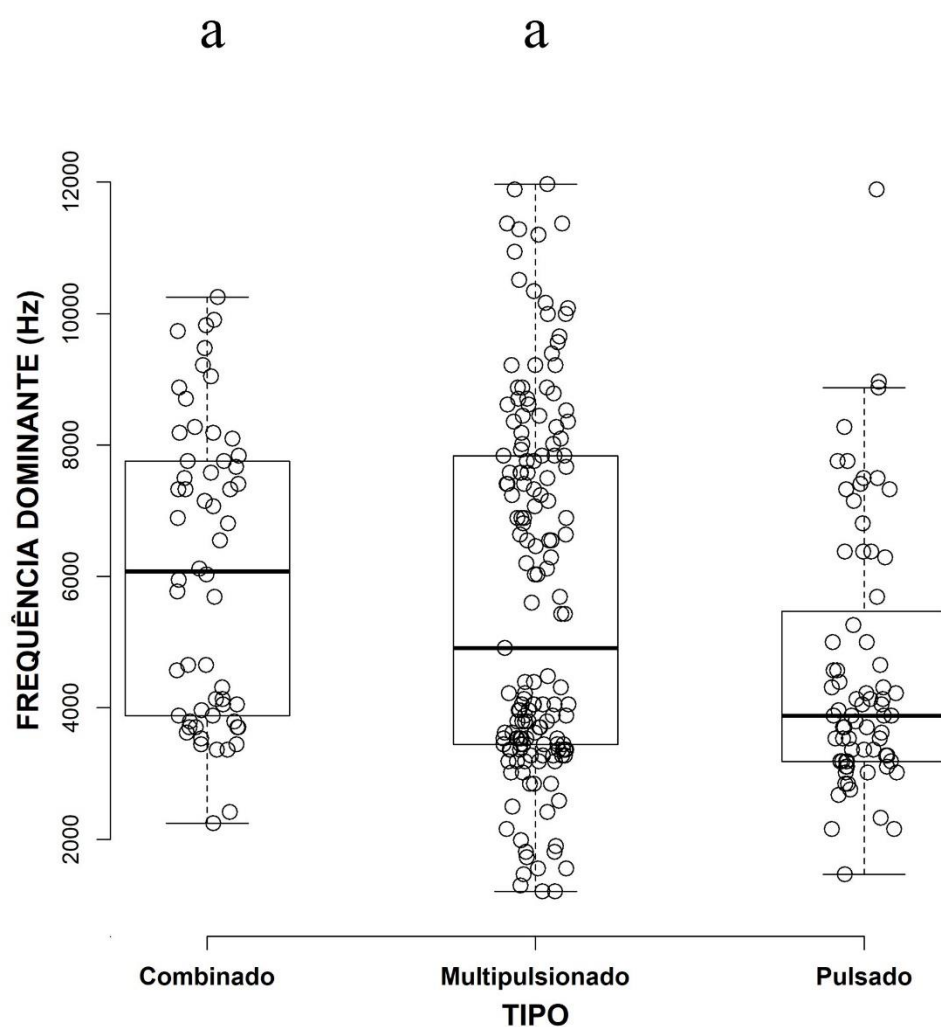


Figura 14. Frequência dominante entre os principais tipos de cantos defensivos por indivíduos de *Hemidactylus mabouia* ($n = 21$ indivíduos) provenientes do município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. (Kruskal-Wallis – $\chi^2 = 14,63$, $df = 2$, $p < 0,001$). Letras iguais representam ausência de diferença estatística entre os tipos de cantos.

A amplitude de frequência também diferiu entre os tipos de cantos defensivos de *Hemidactylus mabouia* (ANOVA – $F = 32$ $df = 2$, $p < 0,001$). Com o canto Pulsado possuindo amplitude de frequência mais estreita que os demais (Tukey – Multipulsionado, $p = 0,019$, Combinado, $p < 0,001$) (Figura 15). O canto Combinado possuindo amplitude de frequência mais larga que o Multipulsionado (Tukey – $p = 0,020$) (Figura 15).

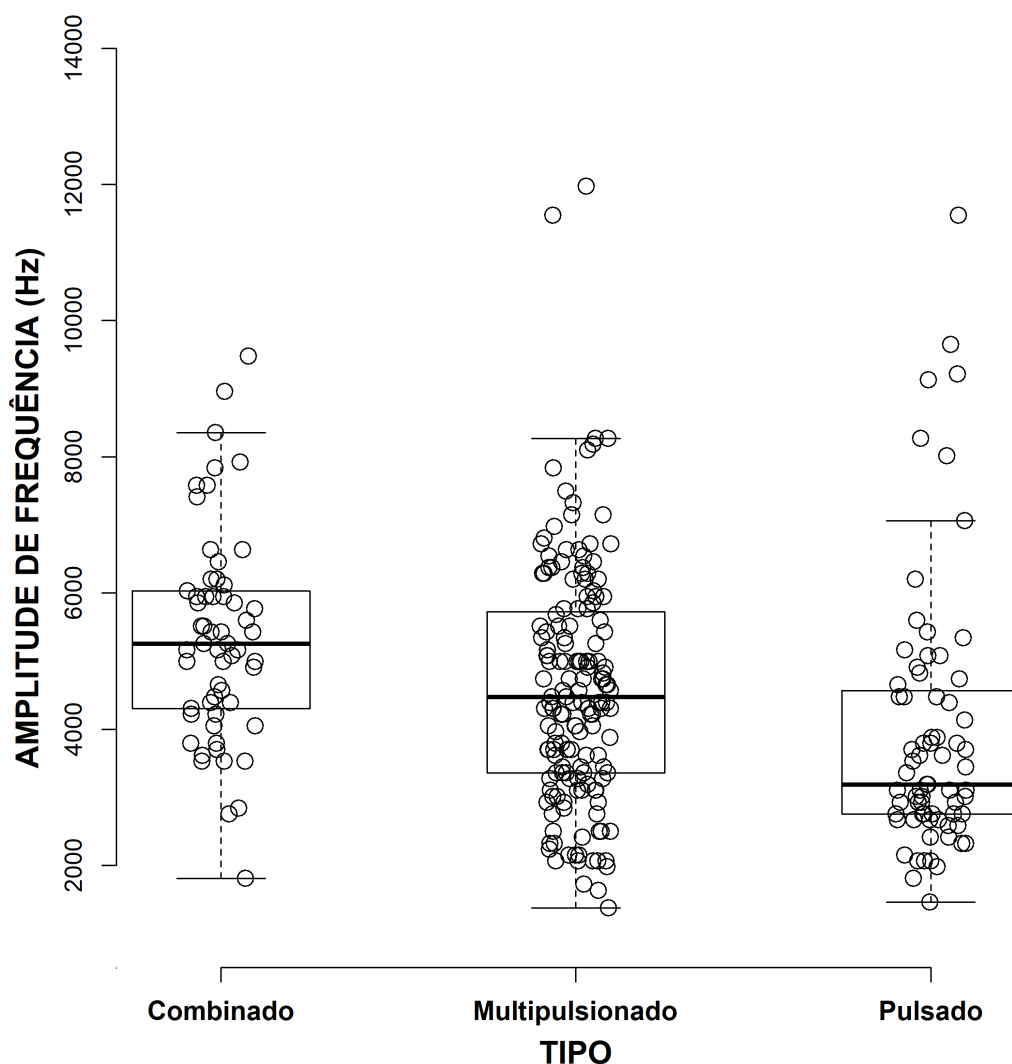


Figura 15. Amplitude de frequência entre os principais tipos de cantos defensivos emitidos por indivíduos de *Hemidactylus mabouia* (n= 21 indivíduos) provenientes do município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. (ANOVA – $F = 32$ $df = 2$, $p < 0,001$).

3.4. Influência do tamanho corporal, sexo e espécie nos cantos defensivos de *Hemidactylus*

Nas comparações entre as três espécies, utilizamos 22 indivíduos (11 fêmeas e 11 machos) de *Hemidactylus agrius* coletados em Mossoró – RN, 22 indivíduos (sete fêmeas e 15 machos) de *H. brasilianus* coletados em Tenente Laurentino Cruz – RN, e 40 (19 fêmeas e 21

machos) indivíduos de *H. mabouia* (19 Mossoró – RN e 21 Tenente Laurentino Cruz – RN). Entre os tamanhos corpóreos, *Hemidactylus brasiliensis* ($37,9 \pm 1,2$ mm; $n = 22$) possuiu o menor comprimento rostro-cloacal (CRC) do que *Hemidactylus agrius* ($44,9 \pm 0,7$ mm; $n = 22$) e *Hemidactylus mabouia* ($57,4 \pm 0,8$ mm; $n = 40$) (Figura 16). O tamanho corporal diferiu entre as três espécies de *Hemidactylus* estudadas (ANOVA – $F = 131,1$, $df = 2,81$, $p < 0,001$), sendo que os indivíduos de *H. brasiliensis* foram menores que os das outras duas espécies (Tukey - *H. agrius*, diferença média = 6,9 mm, $p < 0,001$, *H. mabouia*, diferença média = 21,9 mm, $p < 0,001$). Além disso, *H. agrius* e *H. mabouia* também diferiram entre si quanto ao tamanho do corpo, em que os indivíduos de *H. mabouia* foram maiores do que os de *H. agrius* (Tukey - diferença média = 14,0 mm, $p < 0,001$).

Apenas *Hemidactylus brasiliensis* possuiu diferença no tamanho corporal entre os sexos ($t = 2,16$, $p = 0,043$), sendo as fêmeas ($34,3 \pm 1,9$ mm) menores que os machos ($39,6 \pm 1,4$ mm) (Figura 16). *Hemidactylus agrius* (fêmeas = $44,7 \pm 1,0$ mm, machos = $45,2 \pm 1,0$ mm, $t = 0,33$, $p = 0,743$) e *H. mabouia* (fêmeas = $56,6 \pm 1,3$ mm, machos = $58,2 \pm 0,8$ mm, $t = 1,06$, $p = 0,294$) não apresentaram dimorfismo sexual quanto ao CRC (Figura 16).

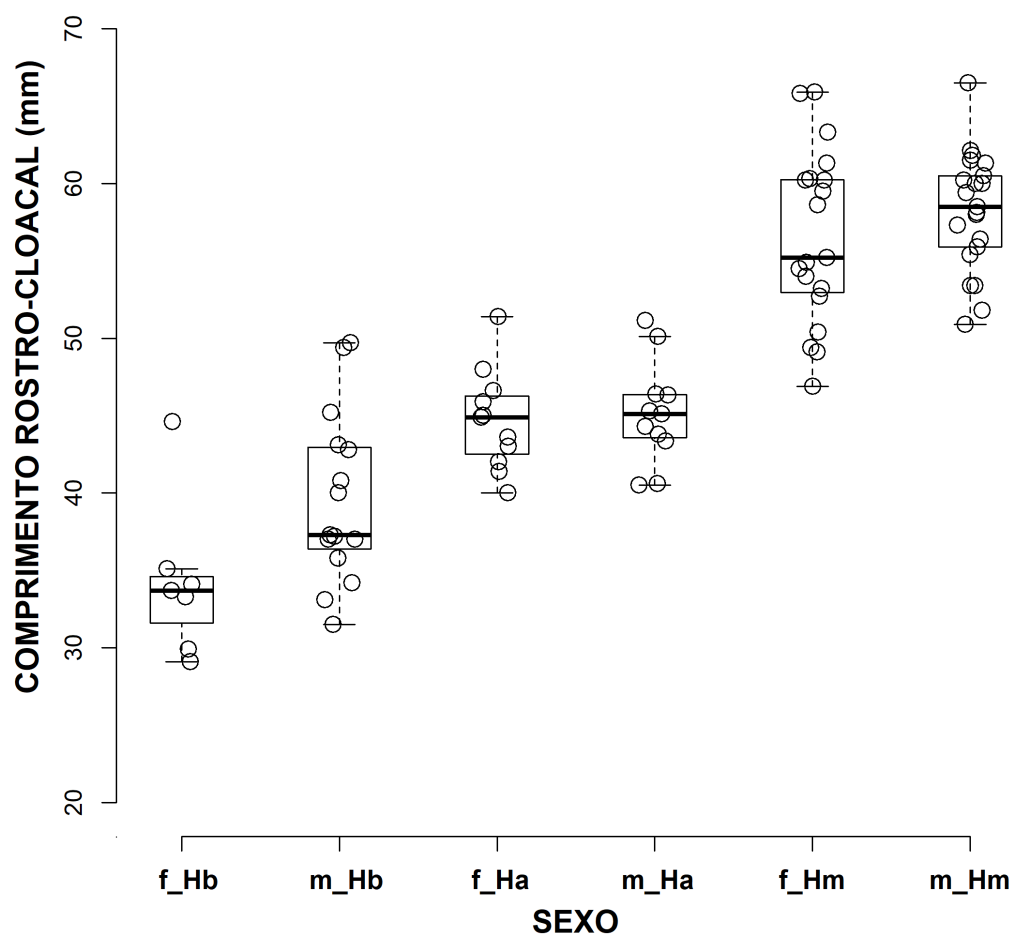


Figura 16. Diferença entre o comprimento rostro cloacal e o Sexo dos indivíduos entre as espécies de *Hemidactylus*. Os sexos de cada espécie são apresentados da seguinte forma, f_Hb: fêmea *Hemidactylus brasiliensis*, m_Hb: macho *Hemidactylus brasiliensis*, f_Ha: fêmea *Hemidactylus agrius*, m_Ha: macho *Hemidactylus agrius*, f_Hm: fêmea *Hemidactylus mabouia*, m_Hm: macho *Hemidactylus mabouia*.

Quando comparamos os parâmetros dos cantos do tipo Multipulsionado das três espécies estudadas (o tipo mais abundante nas três espécies) e as variáveis tamanho corporal, sexo e espécie, a duração do canto não foi influenciada por nenhuma variável preditora (GLM – intercept - $\beta = 0,0094$, $t = 0,219$, $p = 0,827$) (ver Apêndice II).

Considerando a frequência mínima dos cantos defensivos Multipulsionado, esta foi influenciada pela espécie e tamanho corporal (ver Apêndice II). A frequência mínima foi influenciada pelo CRC (menor modelo significativo – $\beta = -37,75$, $t = -3,861$, $p < 0,001$) e diferiu entre as espécies quando considerada as diferenças de tamanho entre elas (menor modelo significativo – $\beta = 15,03$, $t = 3,935$, $p < 0,001$). Não houve efeito do sexo na frequência mínima ($\beta = 3,01$, $t = 1,951$, $p = 0,055$). Em *Hemidactylus brasilianus* ($R^2 = 0,290$, $F = 8,154$, $p = 0,010$) e *H. mabouia* ($R^2 = 0,120$, $F = 5,157$, $p = 0,029$) existe uma relação negativa entre o tamanho corpóreo e a frequência mínima dos cantos defensivos Multipulsionado, independente do sexo, mas em *H. agrius* não ocorre essa relação ($R^2 = 0,058$, $F = 1,231$, $p = 0,280$) (Figura 17). Além disso, com o efeito do tamanho do corpo controlado, *Hemidactylus mabouia* possui frequência mínima maior que *H. brasilianus* (Figura 17).

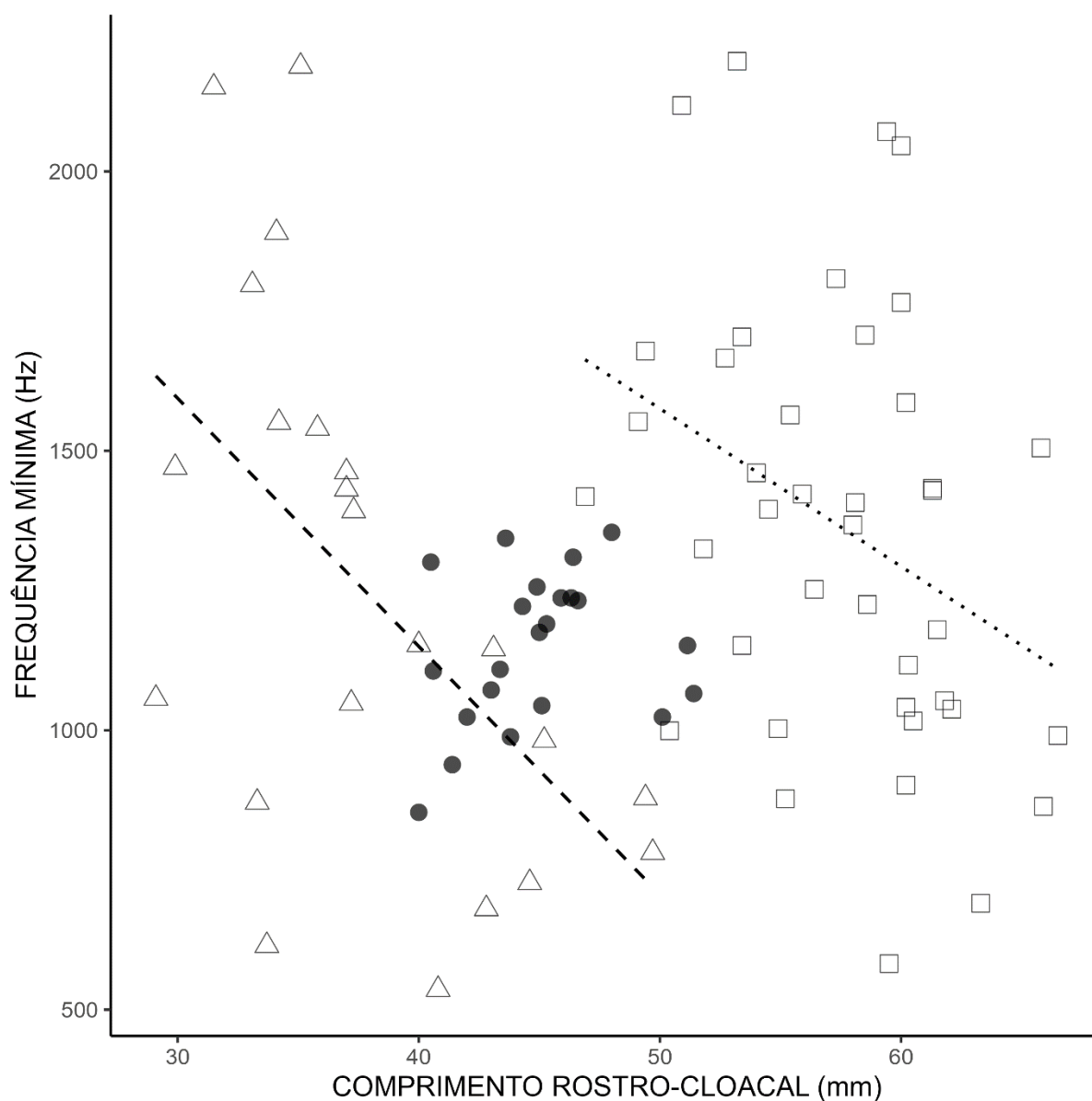


Figura 17. Relação entre o comprimento rostro-cloacal e a frequência mínima dos cantos defensivos Multipulsionado para três espécies de *Hemidactylus*. Triângulos abertos: *Hemidactylus brasiliensis* (n= 22 indivíduos), pontos preenchidos: *Hemidactylus agrius* (n= 22 indivíduos), quadrados abertos: *Hemidactylus mabouia* (n= 40 indivíduos).

A frequência dominante dos cantos defensivos também foi influenciada pelas variáveis preditoras (Apêndice II). A frequência dominante foi influenciada pelo CRC (menor modelo significativo – $\beta = -146,73$, $t = -3,261$, $p = 0,002$) e diferiu entre as espécies quando considerada as diferenças de tamanho entre elas (menor modelo significativo – $\beta = 54,88$, $t = 3,134$, $p = 0,002$). Não houve efeito do sexo na frequência dominante ($\beta = 1,52$, $t = 0,113$, $p = 0,910$). Em *Hemidactylus brasilianus* ($R^2 = 0,540$, $F = 23,430$, $p < 0,001$) e *H. agrius* ($R^2 = 0,261$, $F = 5,995$, $p = 0,026$) houve uma relação negativa entre o tamanho corpóreo e a frequência dominante dos cantos defensivos Multipulsionado, independente do sexo, mas em *H. mabouia* não encontramos esta relação ($R^2 = 0,084$, $F = 3,501$, $p = 0,069$) (Figura 18). Além disso, com o tamanho do corpo controlado, *Hemidactylus mabouia* possuiu frequência dominante maior que *H. brasilianus* (Figura 18).

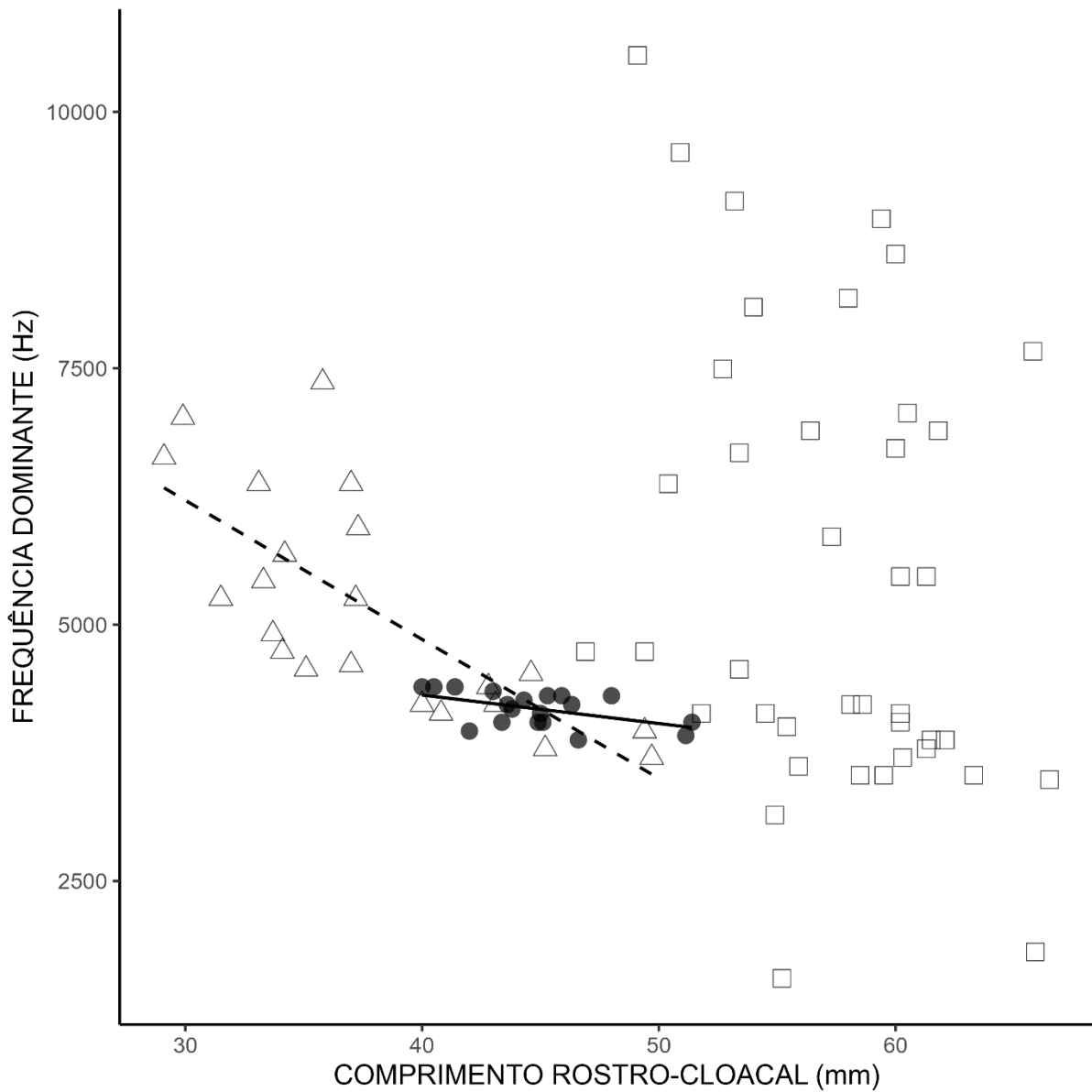


Figura 18. Relação entre o comprimento rostro-cloacal e a frequência dominante dos cantos defensivos Multipulsionado para *Hemidactylus*. Triângulos abertos: *Hemidactylus brasiliensis* (n= 22), pontos preenchidos: *Hemidactylus agrius* (n= 22), quadrados abertos: *Hemidactylus mabouia* (n= 40).

A amplitude de frequência dos cantos defensivos em *Hemidactylus* foi influenciada apenas pelo comprimento rostro-cloacal (Apêndice II) (menor modelo significativo – $\beta = -92,14$, $t = -3,466$, $p < 0,001$). Mas, a amplitude de frequência não diferiu entre as espécies quando considerada as diferenças de tamanho entre elas ($\beta = 20,24$, $t = 1,884$, $p = 0,063$). Também, não houve efeito do sexo na amplitude de frequência ($\beta = 1,06$, $t = 0,243$, $p = 0,808$).

Com isso, a amplitude de frequência dos cantos defensivos quando consideramos as três espécies de *Hemidactylus* estudadas em conjunto, indivíduos menores possuíram maiores amplitudes de frequência dos cantos defensivos em cada espécie (Figura 19).

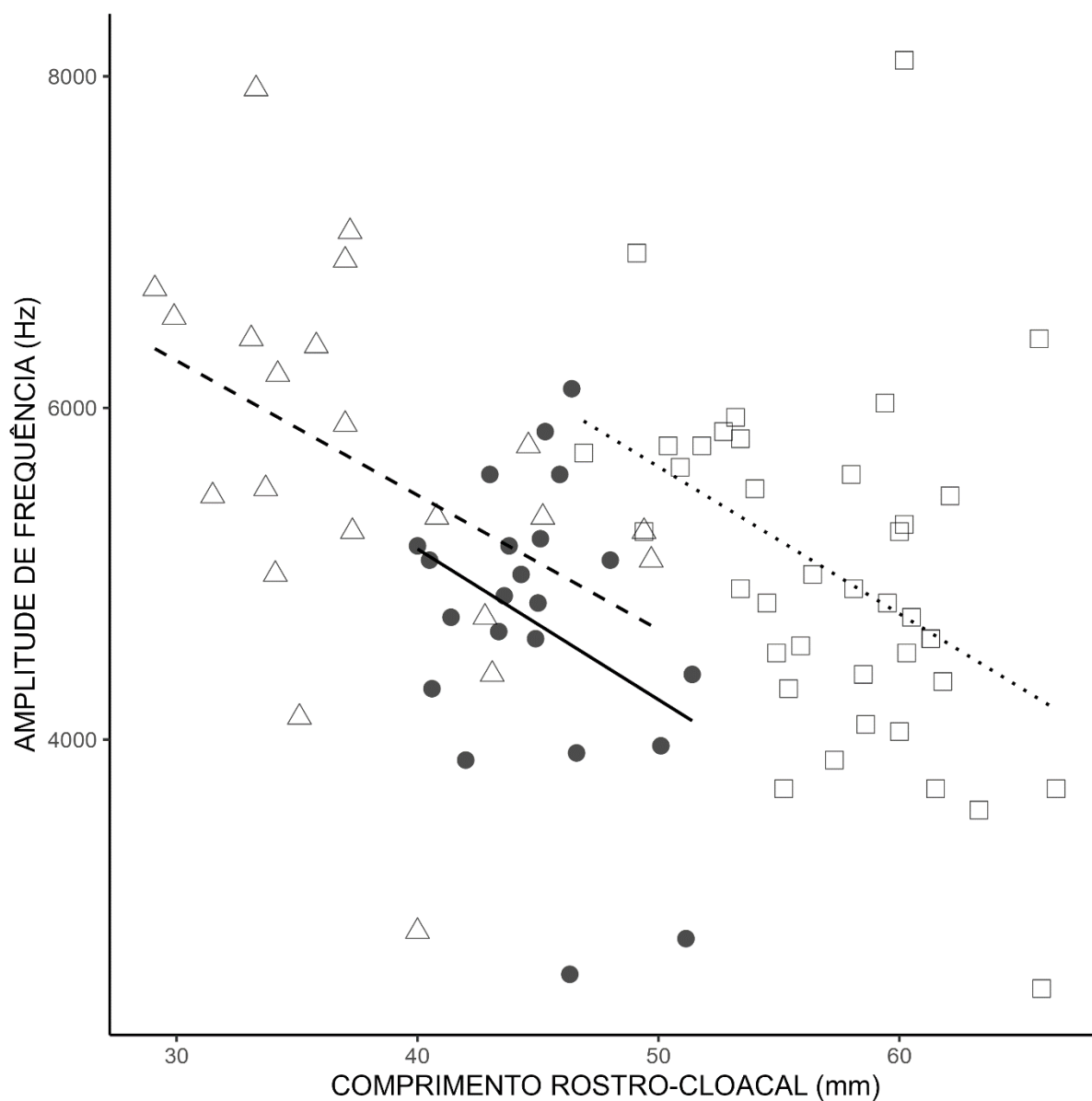


Figura 19. Relação entre o comprimento rostro-cloacal e a amplitude de frequência dos cantos defensivos Multipulsionado para *Hemidactylus*. Triângulos abertos: *Hemidactylus brasiliensis* (n= 22 indivíduos), pontos preenchidos: *Hemidactylus agrius* (n= 22 indivíduos), quadrados abertos: *Hemidactylus mabouia* (n= 40 indivíduos).

4. DISCUSSÃO

4.1. Descrição dos cantos defensivos de *Hemidactylus agrius*, *H. brasiliensis* e *H. mabouia*

O repertório de cantos defensivos de *Hemidactylus agrius*, *H. brasiliensis* e *H. mabouia* foi composto por tipos de cantos semelhantes. Tanto machos quanto fêmeas das três espécies estudadas emitem cantos defensivos, indicando que esse comportamento não está restrito a um único sexo. Essa semelhança revela um padrão comportamental conservado no gênero, além de sugerir uma função adaptativa semelhante para ambos os sexos, assim como é sugerido para outras espécies da linhagem Gekkota em que se conhece o canto defensivo (Rohtla, Russell, & Bauer, 2019). Diferente do que geralmente ocorre para cantos agressivos (Hibbitts, Whiting, & Stuart-Fox, 2007) e de anúncio (Rohtla, Russell, & Bauer, 2019) que são emitidos majoritariamente por indivíduos machos, que potencialmente foram moldados por seleção sexual. Nesse sentido, a seleção natural pode ter atuado de forma semelhante entre fêmeas e machos de diferentes espécies, para manter as vocalizações defensivas como uma estratégia comum entre as populações e as espécies.

Os cantos defensivos das três espécies foram majoritariamente sem modulação de frequência, do tipo Multipulsado ou Pulsado, o que indica uma estrutura acústica relativamente simples e estereotipada. Isso já foi observado em cantos defensivos de outros gecos, que possuem estrutura semelhante e na maioria das vezes são Multipulsado e, raramente ocorrem cantos com modulação de frequência (Frankenberg & Werner, 1984; Moore, Russell, & Bauer, 1991; Gramentz, 2009; Rohtla, Russell, & Bauer, 2019). Dada sua maior proporção de ocorrência, os cantos Multipulsado devem ser preponderantemente utilizados para a comunicação em contexto defensivo, semelhante ao observado para outros lagartos Gekkota (Frankenberg & Werner, 1984; Gramentz, 2009; Rohtla, Russell, & Bauer, 2019). Ainda assim, as espécies de *Hemidactylus* estudadas por nós possuem um repertório

acústico com uma diversidade de pelo menos cinco tipos de cantos defensivos, incluindo os demais cantos com modulação de frequência. Diferente do que ocorre para a maioria dos gecos, em que um único tipo de canto defensivo é exibido (Rohtla, Russell, & Bauer, 2019), mas com estruturas e tipos de modulação semelhantes ao que encontramos, sendo a maioria deles também Multipulsionado, tanto para Gekkota no geral (Rohtla, Russell, & Bauer, 2019) quanto especificamente para o gênero *Hemidactylus* (Frankenberg, 1975; Marcellini, 1977; Frenkel, 2006; Gramentz, 2009; Rohtla, Russell, & Bauer 2019). No entanto, estas comparações com o que se conhece de cantos defensivos em Gekkota deve ser olhado com cautela, visto que a maioria das descrições de cantos defensivos foram publicadas utilizando apenas um ou poucos indivíduos analisados. De qualquer forma, a diversidade de tipos de cantos encontradas por nós para *H. agrius*, *H. brasilianus* e *H. mabouia* pode estar associada a imprevisibilidade do sinal acústico, uma vez que estes sons podem oportunizar comunicação tanto com potenciais predadores quanto para coespecíficos (Rohtla, Russell, & Bauer 2019). Contudo, a funcionalidade dos diferentes tipos de emissão é algo que ainda precisa ser testado experimentalmente.

Os cantos defensivos de *Hemidactylus agrius*, *H. brasilianus* e *H. mabouia* possuem uma complexidade maior de tipos de emissões quando comparados com outros gecos, que geralmente não possuem modulação na frequência ou quando ocorrem são apresentadas um único tipo. Aqui, nós observamos quatro diferentes modulações na frequência, que geralmente são observadas em cantos reprodutivos dos gecos (Frankenberg & Werner, 1984; Rohtla, Russell & Bauer, 2019). Em outros contextos sociais (e.g. reprodutivo e agressivo), os cantos de *H. mabouia* não apresentaram modulação na frequência (Regalado, 2003). Emissões acústicas defensivas com maior complexidade já foram descritas para o congênico *Hemidactylus brookii* (Gramentz, 2009) e para o liolemídeo *Liolaemus chiliensis* (Labra et al., 2013), com modulações de frequência do tipo sino, descendente, ascendente e sinuosa. A

inclusão desses atributos pode ser um elemento surpresa, conhecido na literatura para outros grupos como fenômenos não lineares. Sons com essa não linearidade (presença de diferentes modulações, saltos de frequência, harmônicos e sub-harmônicos) podem funcionar para reduzir a habituação e manter a atenção dos receptores (Blumstein & Récapet, 2009; Blesdoe & Blumstein, 2014). Os diferentes grupos taxonômicos de predadores que utilizam os *Hemidactylus* como recurso alimentar podem estar provocando a manutenção dessa alta variação dos parâmetros acústicos dos cantos defensivos das espécies. Se isto for correto, esperasse que populações sob menor risco de predação, como em ilhas, apresentem menor complexidade dos cantos. Mas isto é algo que ainda carece de evidência empírica. Na perspectiva de comunicação com coespecíficos, cantos com maior complexidade de modulações na frequência também podem diminuir o tempo de resposta ao estímulo por coespecíficos ao ouvirem esses sons (Townsend & Manser, 2010; Ruiz-Monachesi & Labra 2020). Experimentos de playback, por exemplo, podem revelar as eventuais reações distintas de coespecíficos a diferentes tipos de canto.

Ao comparar os parâmetros acústicos entre os tipos de cantos mais comuns em cada espécie: Multipulsionado, Pulsado e Combinado, encontramos algumas diferenças intraespecíficas. Com relação à duração do canto, os cantos do tipo Combinado foram mais longos que os demais para as três espécies, o que seria esperado já que os cantos do tipo Combinado são caracterizados pela junção de mais de um tipo de canto em um só. Em geral, as variáveis temporais dos cantos de gecos podem variar de acordo com o contexto social (e.g aumentar número de pulsos em interações intersexuais (Regalado, 2003; Jono & Inui, 2012)), sendo os parâmetros temporais mais variáveis, pois geralmente não dependem puramente da morfologia laringotraqueal, mas também pode estar associada à condição do emissor (Jono & Inui, 2012). Essa combinação de tipos de canto e maior duração nos cantos Combinado pode estar associado ao sucesso do comportamento defensivo (Frankenberg & Werner, 1984; Ruiz-

Monachesi & Labra 2020) em que cantos mais longos podem ter um maior potencial de carregar informações biológicas, têm maior probabilidade de serem ouvidos e, portanto, serem importantes para o sucesso desse comportamento defensivo.

Os cantos do tipo pulsado possuíram frequência mínima mais alta que os demais cantos em *Hemidactylus agrius* e *H. brasiliensis*. Apesar dos cantos Pulsado possuírem frequência mínima mais alta de forma intraespecífica (*Hemidactylus agrius* 1,09 KHz, *H. brasiliensis* 1,51 KHz), nas três espécies os cantos Pulsado e a média de todos os cantos defensivos (*Hemidactylus agrius* 1,05 KHz, *H. brasiliensis* 1,26 KHz, *H. mabouia* 1,23 KHz), possuíram frequência mínima mais baixa que outros cantos defensivos em espécies de Gekkota como um todo 2,29 KHz. Entre o gênero *Hemidactylus*, a frequência mínima foi semelhante a *H. brookii* (1,23 KHz) (Gramentz, 2009) e, mais baixa que *H. boavistensis* (3,62 KHz), *H. ruspolii* (3,98 KHz) e *H. triedrus* (1,83 KHz) (Rohtla, Russell, & Bauer, 2019). Essas diferenças podem estar relacionadas a morfologia laringotraqueal entre as espécies e entre os indivíduos (Russell, Rittenhouse & Bauer, 2000; Rohtla, Russell & Bauer, 2019) e também podem ser explicadas pelas distâncias filogenéticas entre as espécies (Carranza & Arnold, 2006). Especificamente para *Hemidactylus mabouia*, que possui o canto em contexto reprodutivo conhecido e a estrutura do canto também é formada por pulsos claramente contáveis (Regalado, 2003), a faixa de frequência mínima também é mais alta e está por volta dos 2 KHz (Regalado, 2003). Devido a essa semelhança, os cantos Pulsado podem conter artifícios dos cantos reprodutivos, que em contexto de predação e agonia os indivíduos podem emitir sons diferentes para aumentar a complexidade do som ou carregar informações distintas nesses pulsos (Frankenberg & Werner, 1984; Ruiz-Monachesi & Labra 2020).

A frequência dominante não diferiu entre os tipos de canto Multipulsado, Pulsado e Combinado para *Hemidactylus agrius*, mas diferiu para *H. brasiliensis* e *H. mabouia*, em que os cantos Pulsado possuem menor frequência dominante. Com isso, os tipos de canto são

qualitativamente e quantitativamente distintos em pelo menos um parâmetro acústico. Apesar das semelhanças entre as espécies em relação a tipos de emissão de forma qualitativa, essa evidência de diferenças entre tipos de cantos sugere que pode existir distinções entre os parâmetros acústicos de forma intra e interespecífica, justificando a necessidade de avaliar essas diferenças. Além disso, como a frequência dominante está relacionada ao pico de energia envolvido na produção de sons (Koller et al., 2017), podemos inferir que em *Hemidactylus agrius* o gasto energético envolvido na produção de sons pode ser semelhante em todos os tipos de canto. Enquanto em cantos com frequência dominante mais baixa, como os do tipo Pulsado em *H. brasiliensis* e *H. mabouia* podem exigir um menor custo energético. Nesse sentido, as diferenças entre números de canto de cada tipo podem estar associadas às diferenças no *fitness* dos emissores ou estar associado a morfologia dos órgãos fonadores (Rohtla, Russell & Bauer, 2019).

Os cantos Pulsado possuiu amplitude de frequência mais estreita em *Hemidactylus brasiliensis* e *H. mabouia*, mas não houve diferença em *H. agrius*. De maneira geral, a amplitude de frequência de todos os tipos de cantos defensivos emitidos pelas três espécies de *Hemidactylus* deste estudo, foram mais estreitas quando comparadas com outras espécies do clado Gekkota. Enquanto geckos em geral possuem média de 7,7 KHz (Rohtla, Russell, & Bauer, 2019), *H. agrius*, *H. brasiliensis* e *H. mabouia* apresentam 4,7 KHz, 5,5 KHz e 4,6 KHz, respectivamente. Quando comparamos a amplitude de frequência dos cantos defensivos apenas para as espécies do gênero *Hemidactylus*, *H. agrius*, *H. brasiliensis* e *H. mabouia* possuíram cantos com amplitude de frequência menores que outras espécies cogenéricas: *H. boavistensis* (10,8 KHz), *H. ruspolii* (9,3 KHz) e *H. triedrus* (8,2 KHz) (Rohtla, Russell, & Bauer, 2019). Entre as espécies de *Hemidactylus* em que os cantos defensivos são conhecidos, apenas *H. turcicus* possui amplitude de frequência menor, 3,6 KHz (Rohtla, Russell, & Bauer, 2019). Essas comparações devem ser vistas com ressalvas, pois medimos a amplitude de frequência à

90%, enquanto no trabalho de referência (Rohtla, Russell, & Bauer, 2019) não foi especificado à quantos por cento, podendo esses valores serem referentes a amplitude de frequência à 100%. Sugere-se que os cantos antipredatórios dos gecos funcionam primariamente para comunicar interespecificamente, devido à alta amplitude de frequência que os cantos possuem (Rohtla, Russell, & Bauer, 2019). Mas, que no caso de *H. agrius*, *H. brasiliensis* e *H. mabouia*, os contextos em que os cantos defensivos evoluíram podem ter sido moldados por diferentes pressões seletivas, como os diferentes tipos de predadores que coevoluíram com essas espécies.

Apesar de *Hemidactylus agrius* e *H. brasiliensis* serem espécies nativas que podem ocorrer em simpatria e compartilhar pressões seletivas semelhantes, estas espécies nativas apresentaram padrões de tipos de cantos defensivos semelhantes a *H. mabouia*, que possui diferença evolutiva em termos de origem filogeográfica (Carranza & Arnold, 2006). De forma quantitativa, os tipos de canto defensivo diferiram intraespecificamente de forma distinta quanto aos parâmetros acústicos. Mas de forma geral a duração dos cantos defensivos do tipo Combinado foi maior nas três espécies. Enquanto os cantos do tipo Pulsado foram os que mais diferiram dos demais em termos de parâmetros espectrais. Em *Hemidactylus agrius*, os cantos do tipo Pulsado possuíram uma frequência mínima mais alta em comparação com os demais tipos de canto defensivo. Já em *Hemidactylus brasiliensis*, os cantos Pulsados possuíram frequência mínima mais alta que os cantos Multipulsionados, frequência dominante mais baixa que os cantos Combinados e uma amplitude de frequência mais estreita que ambos. Por fim, em *Hemidactylus mabouia*, os cantos Pulsados possuíram uma frequência dominante mais baixa e uma amplitude de frequência mais estreita em relação aos demais cantos defensivos.

4.2. Influência do tamanho corporal, sexo e espécie no canto defensivo Multipulsionado dos *Hemidactylus*

O canto defensivo Multipulsionado foi o mais representativo nas três espécies estudadas, evidenciando um provável sinal filogenético neste caráter dentro do gênero. Dessa forma, é esperado que este tipo de canto mais conservado, tenha sido historicamente moldado por diferentes pressões seletivas a mais tempo e, portanto, seja mais suscetível a carregar informação dos emissores. A frequência mínima dos cantos defensivos foi influenciada pelo tamanho corpóreo e diferiu entre as espécies de *Hemidactylus*. Em *H. brasiliensis* e *H. mabouia* existe uma relação negativa entre a frequência mínima e o tamanho dos indivíduos, indicando que indivíduos maiores tendem a emitir cantos defensivos com frequência mínima mais baixa. O tamanho corpóreo naturalmente influencia a morfologia laringotraqueal, que em lagartos Gekkota determina a frequência mínima do canto (Rohtla, Russell & Bauer, 2019). Para *H. agrius* não observamos essa relação, isso sugere que nessa espécie, o tamanho corpóreo não é um fator determinante para a variação na frequência mínima dos cantos defensivos, assim como na maioria dos Gekkota (Rohtla, Russell & Bauer, 2019).

Os cantos Multipulsionado de *Hemidactylus mabouia* possuiu frequência mínima mais alta que *H. agrius* e *H. brasiliensis*, mas as frequências mínimas de *H. agrius* e *H. brasiliensis* não diferiram. Os valores semelhantes das frequências mínimas entre as duas espécies nativas podem evidenciar uma coevolução relacionada as pressões seletivas similares pelas quais estas espécies foram submetidas (Huang et al., 2018). Por outro lado, *H. mabouia* pode não ter sofrido historicamente as mesmas pressões evolutivas. Além disso, as diferenças entre *Hemidactylus mabouia* podem evidenciar diferenças morfológicas da laringotraqueia, como tamanho corporal ou estrutura do aparelho vocal, que podem influenciar a produção de sons (Russell, Rittenhouse & Bauer, 2000; Rohtla, Russell & Bauer, 2019). Isso também pode estar relacionado a maior distância filogenética de *Hemidactylus mabouia* quando comparado as espécies nativas

(Carranza & Arnold, 2006), podendo explicar as diferenças comportamentais e morfológicas da espécie exótica invasora.

Encontramos uma relação negativa entre o tamanho dos indivíduos de *Hemidactylus* e a frequência dominante do canto defensivo. Essa relação negativa entre a frequência do canto e o tamanho corpóreo é bastante conhecida para vários grupos que se comunicam através de sons (e.g. Gingras et al., 2013; Martin, Tucker, & Rogers, 2017; Singh & Jain, 2021). No entanto, entre os gecos essa relação foi observada para cantos emitidos em contexto reprodutivo (Rohtla, Russell & Bauer, 2019) e contexto agressivo (Hibbitts, Whiting, & Stuart-Fox, 2007), mas não para cantos emitidos em contexto defensivo (Rohtla, Russell & Bauer, 2019). Para anfíbios anuros, esta relação de que indivíduos com tamanhos maiores emitem cantos defensivos com frequência dominante mais baixa é conhecido para várias espécies em contexto defensivo (Toledo & Haddad, 2009). Não existem evidências de que os predadores usam essa característica para avaliar o tamanho da presa, mas isso pode estar relacionado ao tamanho e formato das cordas vocais, que por sua vez podem afetar os parâmetros espectrais das emissões. É provável que o mesmo aconteça entre os gecos, que apesar de não existir correlação com o tamanho corpóreo do emissor com a frequência dominante, outras variáveis morfológicas da laringotraqueia influenciam em vários parâmetros acústicos dos cantos defensivos (Rohtla, Russell & Bauer, 2019). Não observamos essa relação para *Hemidactylus mabouia*, que pode diferir das demais pelas diferentes pressões históricas que essa espécie exótica passou ao longo de sua trajetória evolutiva (Agarwal et al., 2021), podendo ser exposta a diferentes predadores e essa relação não ter sido moldada tão fortemente. Faz sentido que as espécies nativas possuam uma frequência dominante do canto defensivo mais parecida. Essa relação foi observada em morcegos, que a similaridade na frequência dominante dos cantos defensivos representa o principal parâmetro acústico que pode afetar a resposta por indivíduos heteroespecíficos (Huang et al., 2018). Desta forma, as espécies simpátricas nativas de *Hemidactylus* podem ter

coevoluido para se beneficiar desse comportamento compartilhado, enquanto *H. mabouia* pode não estar sofrendo pressões seletivas nesse sentido, pois compartilha habitats com diferentes espécies, ao longo da sua trajetória evolutiva (Agarwal et al., 2021).

Indivíduos maiores das três espécies de *Hemidactylus* tendem a emitir cantos defensivos com uma amplitude de frequência mais estreita. É conhecido para Gekkota que a largura relativa da traqueia posterior possui uma relação positiva com a amplitude de frequência dos cantos (Rohtla, Russell & Bauer, 2019), mas não foi observado relação negativa entre a morfologia laringotraqueal e esse parâmetro acústico. Nossos resultados sugerem que pode haver uma relação entre a morfologia laringotraqueal das espécies sobre esse parâmetro acústico e que essa característica pode estar correlacionada ao CRC dos indivíduos, justificando a necessidade de estudos morfo-anatômicos endereçados a este assunto. Apenas a morfologia dos indivíduos influenciou nesse parâmetro acústico, mas as espécies não diferem entre si, isso pode ocorrer porque ambas podem ter sido expostas localmente a condições ambientais semelhantes e as três espécies de *Hemidactylus* podem estar expostas localmente aos mesmos predadores, como aves (Andrade, Siqueira, & Passos, 2015; Sousa et al., 2023), aracnídeos (Almeida et al., 2019) e serpentes (Uchôa et al., 2023). Mas esses predadores podem ter diferentes hábitos de caça e de espectros auditivos. Em geral, as aves ouvem na faixa de 1 KHz a 5 KHz, com variações dependendo da espécie (Dooling, Lohr & Dent 2000). Aranhas detectam vibrações de baixa frequência, geralmente entre 10 Hz a 1 KHz (Barth, 2002). As serpentes também detectam vibrações de baixa frequência, de aproximadamente 200 Hz a 400 Hz (Young, 2003). Nesse sentido, a amplitude de frequência semelhante entre as três espécies pode facilitar a comunicação intra e interespecífica, tanto entre as presas quanto para comunicar coespecíficos, intimidar ou desencorajar predadores.

4.3. Considerações finais

Nosso estudo descreveu pela primeira vez as vocalizações defensivas de *Hemidactylus agrius*, *Hemidactylus brasiliensis* e *Hemidactylus mabouia* de forma sistematizada, contribuindo para preencher a lacuna taxonômica de conhecimento sobre comunicação acústica em lagartos. Além disso, comparamos as vocalizações defensivas de três espécies que ocorrem em simpatria no domínio Caatinga, assim como a influência da morfologia e do sexo nos parâmetros acústicos dos cantos. Nossos resultados revelaram algumas semelhanças relacionadas a estrutura dos cantos de outros gecos, mas também uma maior diversidade de tipos de cantos defensivos. Nossos achados sugerem que as espécies congêneras nativas possuem repertório acústico defensivo mais similar em comparação à espécie congênera exótica, sugerindo que as distintas pressões seletivas históricas podem ter moldado as diferenças observadas. No entanto, como as espécies pertencem ao mesmo gênero, algumas características acústicas podem ser compartilhadas em função da proximidade filogenética. Por fim, demonstramos que as espécies de *Hemidactylus* que ocorrem em simpatria na Caatinga, possuem um repertório diversificado de cantos defensivos, com a morfologia e o sexo influenciando de formas diferentes nos parâmetros acústicos de cada espécie.

5. REFERÊNCIAS

- Agarwal, I., Ceríaco, L.M.P., Metallinou, M., Jackman, T.R., Bauer, A.M. (2021): How the African house gecko (*Hemidactylus mabouia*) conquered the world. *Royal Society Open Science* **8**: 210-749.
- Almeida, M., Sobral, R., Silva-Neto, A., Mendes, D. (2019): *Hemidactylus mabouia* (Tropical House Gecko). *PREDATION. NATURAL HISTORY NOTES* 577. *Herpetological Review* **50**:577.
- Andrade, M.J.M. de, Sales, R.F.D., Freire, E.M.X. (2013): Ecology and diversity of a lizard community in the semiarid region of Brazil. *Biota Neotrop.* **13**: 199–209.

Andrade, M.J.M., Sales, R., Freire, E. (2020): Autecology of the Gecko *Hemidactylus agrius* in a Protected Area of the Brazilian Semiarid Caatinga. *Herpetological Conservation and Biology* **15**: 567.

Andrade, R., Siqueira, Y., Passos, D. (2015): Predation of *Hemidactylus mabouia* (Squamata: Gekkonidae) by *Guira guira* (Cuculiformes: Cuculidae) in northeastern Brazil. *Boletim Do Museu de Biologia Mello Leitão* **37**: 201–206.

Bansal, R., Karanth, K.P. (2010): Molecular phylogeny of *Hemidactylus* geckos (Squamata: Gekkonidae) of the Indian subcontinent reveals a unique Indian radiation and an Indian origin of Asian house geckos. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **57**: 459–465.

Barth, F. G. (2002). *A spider's world: senses and behavior*. Springer Science & Business Media.

Bignotte-Giró, I., G, A.F., López-Iborra, G.M. (2019): Acoustic niche partitioning in five Cuban frogs of the genus *Eleutherodactylus*. *Amphibia-Reptilia* **40**: 1–11.

Blesdoe, E.K., Blumstein, D.T. (2014): What is the sound of fear? Behavioral responses of white-crowned sparrows *Zonotrichia leucophrys* to synthesized nonlinear acoustic phenomena. *Current Zoology* **60**: 534–541.

Blumstein, D.T., Récapet, C. (2009): The sound of arousal: The addition of novel nonlinearities increases responsiveness in marmot alarm calls. *Ethology* **115**: 1074–1081.

Carranza, S., Arnold, E.N. (2006): Systematics, biogeography, and evolution of *Hemidactylus* geckos (Reptilia: Gekkonidae) elucidated using mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **38**: 531–545.

Center for Conservation Bioacoustics (2023). *Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software* (Version 1.6) [Computer software]. Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology. Available online at <https://ravensoundsoftware.com/>.

Chen, Z., & Wiens, J. J. (2020). The origins of acoustic communication in vertebrates. *Nature communications* **11**: 369.

Costa, T.B., Laranjeiras, D.O., Caldas, F.L.S., Santana, D.O., Silva, C.F. da, Alcântara, E.P. de, Brito, S.V., Galdino, J.Y., Mesquita, D.O., Faria, R.G., França, F.G.R., Ávila, R.W., Garda, A.A. (2018): Herpetofauna of protected areas in the Caatinga VII: Aiuaba Ecological Station (Ceará, Brazil). *Herpetology Notes* **11**: 929–941.

Costa, H.C., Guedes, T.B., Bérnils, R.S. (2022): Lista de Répteis do Brasil: padrões e tendências: *Herpetologia Brasileira* **10**:110–279.

Dooling, R.J., Lohr, B., Dent, M.L. (2000): Hearing in Birds and Reptiles. In: *Comparative Hearing: Birds and Reptiles*, p. 308–359. Dooling, R.J., Fay, R.R., Popper, A.N., Eds. New York, NY, Springer.

Ey, E., Pfefferle, D., Fischer, J. (2007): Do age- and sex-related variations reliably reflect body size in non-human primate vocalizations? A review. *Primates* **48**: 253–267.

Fernandes, D.C., Passos, D.C. (2021): The voices of an alleged mute: sound emissions in a *Tropidurus* lizard. *Behaviour* **158**: 819–828.

- Frankenberg, E. (1975): Distress calls of Gekkonid lizards from Israel and Sinai. *Israel Journal of Ecology and Evolution* **24**: 43–53.
- Frankenberg, E., Werner, Y.L. (1984): The Defensive Vocal ‘Distress’ Repertoire of Gekkonid Lizards: Intra- and Inter-Specific Variation. *Amphibia-Reptilia* **5**: 109–124.
- Frenkel, C. (2006): *Hemidactylus frenatus* (Squamata: Gekkonidae): call frequency, movement and condition of tail in Costa Rica. *Rev Biol Trop* **54**: 1125–1130.
- Gerhardt, H.C., Huber, F. (2002): *Acoustic Communication in Insects and Anurans: Common Problems and Diverse Solutions*. University of Chicago Press.
- Gingras, B., Boeckle, M., Herbst, C.T., Fitch, W.T. (2013): Call acoustics reflect body size across four clades of anurans. *Journal of Zoology* **289**: 143–150.
- Gramentz, D. (2009): On distress calls of male *Hemidactylus brookii parvimaclatus* Deraniyagala, 1953 (Reptilia: Gekkonidae) from Sri Lanka. *TAPROBANICA: The Journal of Asian Biodiversity* **1**: 19–23.
- Hall, M.L., Kingma, S.A., Peters, A. (2013): Male Songbird Indicates Body Size with Low-Pitched Advertising Songs. *PLOS ONE* **8**: e56717.
- Hart, P.J., Ibanez, T., Paxton, K., Tredinnick, G., Sebastián-González, E., Tanimoto-Johnson, A. (2021): Timing Is Everything: Acoustic Niche Partitioning in Two Tropical Wet Forest Bird Communities. *Front. Ecol. Evol.* **9**: e753363.
- Hartig, F. (2022): DHARMA: Residual diagnostics for hierarchical (multi-level / mixed) regression models (Version 0.4.6) [Computer software]. Comprehensive R Archive Network (CRAN). <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>.
- Hibbitts, T.J., Whiting, M.J., Stuart-Fox, D.M. (2007): Shouting the odds: vocalization signals status in a lizard. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **61**: 1169–1176.
- Houck, L.D. (2009): Pheromone Communication in Amphibians and Reptiles. *Annual Review of Physiology* **71**: 161–176.
- Huang, X., Metzner, W., Zhang, K., Wang, Y., Luo, B., Sun, C., Jiang, T., Feng, J. (2018): Acoustic similarity elicits responses to heterospecific distress calls in bats (Mammalia: Chiroptera). *Animal Behaviour* **146**: 143–154.
- Jono, T., Inui, Y. (2012): Secret Calls from under the Eaves: Acoustic Behavior of the Japanese House Gecko, *Gekko japonicus*. *Copeia* **2012**: 145–149.
- Jorgewich-Cohen, G., Townsend, S.W., Padovese, L.R., Klein, N., Praschag, P., Ferrara, C.R., Ettmar, S., Menezes, S., Varani, A.P., Serano, J., Sánchez-Villagra, M.R. (2022): Common evolutionary origin of acoustic communication in choanate vertebrates. *Nature communications* **13**: 6089.
- Kleyn, T., Cruz Kaizer, M. da, Passos, L.F. (2021): Sharing sound: Avian acoustic niches in the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* **53**: 658–670.

- Köhler, J., Jansen, M., Rodríguez, A., Kok, P.J.R., Toledo, L.F., Emmrich, M., Glaw, F., Haddad, C.F.B., Rödel, M.-O., Vences, M. (2017): The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods, and recommendations for best practice. *Zootaxa* **4251**: 1–124.
- Labra, A., Silva, G., Norambuena, F., Velásquez, N., Penna, M. (2013): Acoustic Features of the Weeping Lizard's Distress Call. *Copeia* **2013**: 206–212.
- Loebmann, D., Haddad, C.F.B. (2010): Amphibians and reptiles from a highly diverse area of the Caatinga domain: composition and conservation implications. *Biota Neotrop.* **10**: 227–256.
- Marcellini, D.L. (1974): Acoustic Behavior of the Gekkonid Lizard, *Hemidactylus frenatus*. *Herpetologica* **30**: 44–52.
- Marcellini, D. (1977): Acoustic and Visual Display Behavior of Gekkonid Lizards. *American Zoologist* **17**: 251–260.
- Martin, K., Tucker, M.A., Rogers, T.L. (2017): Does size matter? Examining the drivers of mammalian vocalizations. *Evolution* **71**: 249–260.
- Memet, E., Farrell, B., Mahadevan, L. (2022): An allometric prior enhances acoustic niche partitioning signal. *Journal of The Royal Society Interface* **19**: e20220421.
- Moore, B.A., Russell, A.P., Bauer, A.M. (1991): Structure of the larynx of the tokay gecko (*Gekko gecko*), with particular reference to the vocal cords and glottal lips. *Journal of Morphology* **210**: 227–238.
- Olsson, M., Stuart-Fox, D., Ballen, C. (2013): Genetics and evolution of colour patterns in reptiles. *Seminars in Cell and Developmental Biology* **24**: 529–541.
- Paschoal, Á.A., Oliveira, Y.B.B. de, Gregori, V.F., Passos, D.C., Martins, A.R. (2020): Squamate Acoustic Communication. In: *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*. Vonk, J., Shackelford, T., Eds. Cham, Springer International Publishing.
- Passos, D., Galdino, C., Bezerra, C., Zanchi, D. (2015): On the natural history of the poorly known Neotropical lizard *Hemidactylus agrius* (Squamata: Gekkonidae). *North-Western Journal of Zoology* **11**: 133–137.
- Passos, D. C., Mesquita, P. C. M. D., & Borges-Nojosa, D. M. (2016). Diversity and seasonal dynamic of a lizard assemblage in a Neotropical semiarid habitat. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* **51**: 19-28.
- Preininger, D., Handschuh, S., Boeckle, M., Sztatecsny, M., Hödl, W. (2016): Comparison of female and male vocalisation and larynx morphology in the size dimorphic foot-flagging frog species *Staurois guttatus*. *The Herpetological Journal* **26**: 187–197.
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Regalado, R. (2003): Roles of Visual, Acoustic, and Chemical Signals in Social Interactions of the Tropical House Gecko (*Hemidactylus mabouia*). *Caribbean Journal of Science* **39**: 307-320.

- Rocha, P.L.B., Rodrigues, M.T. (2005): Electivities and resource use by an assemblage of lizards endemic to the dunes of the São Francisco River, northeastern Brazil. *Pap. Avulsos Zool.* **45**: 261–284.
- Rohtla, E.A., Russell, A.P., Bauer, A.M. (2019): Sounding Off: Relationships between Call Properties, Body Size, Phylogeny, and Laryngotracheal Form of Geckos. *Herpetologica* **75**: 175–197.
- Russell, A.P., Rittenhouse, D.R., Bauer, A.M. (2000): Laryngotracheal morphology of Afro-Madagascan Geckos: A comparative survey. *Journal of Morphology* **245**: 241–268.
- Russell, A.P., Hood, H.A., Bauer, A.M. (2014): Laryngotracheal and cervical muscular anatomy in the genus *Uroplatus* (Gekkota: Gekkonidae) in relation to distress call emission. *African Journal of Herpetology* **63**: 127–151.
- Russell, A.P., Bauer, A.M. (2020): Vocalization by extant nonavian reptiles: A synthetic overview of phonation and the vocal apparatus. *The Anatomical Record* **304**: 1478–1528.
- Silva, J.M., Leal, I., Tabarelli, M. (2017): Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America.
- Singh, R., Jain, M. (2021): Variation in call types, calling activity patterns and relationship between call frequency and body size in a field cricket, *Acanthogryllus asiaticus*. *Bioacoustics* **30**: 284–302.
- Sousa, J. de, Filho, R., Barbosa, C., Dias, E., Kokubum, M. (2023): Keeping an eye on small herpetofauna species from the Caatinga, northeastern Brazil: predation by *Nystalus maculatus* (Aves: Bucconidae) on frogs, lizards, and snakes. *Ornithology Research* **31**: 1–3.
- Sueur, J., Aubin, T., Simonis, C. (2008): Seewave, a Free Modular Tool for Sound Analysis and Synthesis. *Bioacoustics* **18**: 213–226.
- Thiagavel, J., Santana, S.E., Ratcliffe, J.M. (2017): Body Size Predicts Echolocation Call Peak Frequency Better than Gape Height in Vespertilionid Bats. *Sci Rep* **7**: 828.
- Toledo, L.F.D., Fernando, C., Haddad, B. (2009): Defensive Vocalizations of Neotropical Anurans. *Sajh* **4**: 25–42.
- Townsend, S.W., Manser, M.B. (2010): The function of nonlinear phenomena in meerkat alarm calls. *Biology Letters* **7**: 47–49.
- Uchôa, L.R., Abreu Costa, C. de, Melo Araújo, S.C., Uchôa Barbosa, C., Pereira, M.A., Barroso De Andrade, E., Uchôa, L.R., Abreu Costa, C. de, Melo Araújo, S.C., Uchôa Barbosa, C., Pereira, M.A., Barroso De Andrade, E. (2023): RECORD OF *Hemidactylus agrius* (GEKKONIDAE) IN THE DIET OF *Thamnodynastes phoenix* (DIPSADIDAE) IN NORTHEASTERN BRAZIL. *Acta Biológica Colombiana* **28**: 173–177.
- Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R., & Hošek, J. (Eds.). (2024). The Reptile Database. <https://reptile-database.reptarium.cz/> (Acessado em 15 de outubro de 2024).
- Vanzolini, P. E. et al (1980): Répteis das Caatingas. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências.

Velloso, A.L., Sampaio, E.V.S.B., Giulietti, A.M., Barbosa, M.R.V., Castro, A.A.J.F., Queiroz, L.P. de, Fernandes, A., Oren, D.C., Cestaro, L.A., Carvalho, A.J.E. de, Silva, F.B.R., Miranda, E.E. de, Kheel, S., Gondim, R.S. (2002): Ecorregiões propostas para o bioma da caatinga.

Villanueva-Rivera, L.J. (2014): *Eleutherodactylus* frogs show frequency but no temporal partitioning: implications for the acoustic niche hypothesis. **PeerJ** 2: 496.

Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org>.

Young, B.A. (2003): Snake Bioacoustics: Toward a Richer Understanding of the Behavioral Ecology of Snakes. *The Quarterly Review of Biology* 78: 303–325.

**APÊNDICE I – LISTA DE ESPÉCIMES DEPOSITADOS NA COLEÇÃO HERPETOLÓGICA DO SEMIÁRIDO (CHSAR) E
COLEÇÃO HERPETOLÓGICA DE RIBEIRÃO PRETO (CHRP), GRAVAÇÕES DEPOSITADAS NA COLEÇÃO AUDIOVISUAL
DO SEMIÁRIDO (CASA)**

Espécie	Gravação	Espécime	Sexo	CRC (mm)	Massa (g)	Local
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 373	CHSAR 567	Macho	43,6	2,1	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 374	CHSAR 565	Macho	50,1	1,9	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 381	CHSAR 566	Macho	50	2,0	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 375	CHSAR 563	Fêmea	44,9	2,1	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 377	CHSAR 658	Macho	46,8	2,3	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 376	CHSAR 659	Fêmea	41,4	1,8	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 379	CHSAR 660	Macho	37,8	1,4	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 378	CHSAR 662	Macho	46,3	2,0	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 382	CHSAR 729	Macho	51,1	3,7	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 383	CHSAR 727	Macho	43,4	2,0	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 380	CHSAR 724	Fêmea	44,7	2,2	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 384	CHSAR 2226	Macho	45,3	2,5	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 385	CHSAR 2228	Macho	45,1	2,7	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 386	CHSAR 2231	Macho	44,3	2,3	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 387	CHSAR 2232	Macho	40,6	1,4	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 388	CHSAR 2233	Fêmea	40	1,5	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 389	CHSAR 2235	Fêmea	42	2,3	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 390	CHSAR 2236	Fêmea	43,6	2,6	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 391	CHSAR 2238	Macho	43,6	2,4	Mossoró - RN

Espécie	Gravação	Espécime	Sexo	CRC (mm)	Massa (g)	Local
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 392	CHSAR 2239	Fêmea	45	2,4	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 393	CHSAR 2240	Fêmea	46,6	3	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 394	CHSAR 2241	Fêmea	48	3,1	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	CASA 395	CHSAR 2242	Fêmea	45,9	2,6	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	NA	CHSAR 2714	Macho	46,4	3,1	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	NA	CHSAR 2715	Fêmea	51,4	3,8	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	NA	CHSAR 2716	Macho	43,8	2,2	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus agrius</i>	NA	CHSAR 2718	Fêmea	43	2,3	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2460	Macho	34,2	1,0	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2461	Macho	43,1	2,7	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2466	Macho	49,7	3,2	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2462	Macho	40	2,0	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2463	Fêmea	35,1	1,2	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2467	Macho	37,2	1,4	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2468	Fêmea	34,1	1,2	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2469	Fêmea	33,7	0,9	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2565	Macho	45,2	2,6	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2564	Macho	49,4	2,9	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2742	Fêmea	29,9	0,7	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2743	Fêmea	33,3	0,9	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2745	Macho	35,8	1,3	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2746	Fêmea	29,1	0,6	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2747	Macho	33,1	0,8	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2744	Macho	37	1,4	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2748	Macho	42,8	1,8	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2749	Fêmea	44,6	2,3	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2750	Macho	40,8	2,5	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2751	Macho	37,3	1,4	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2753	Macho	31,5	0,7	Tenente Laurentino Cruz- RN

Espécie	Gravação	Espécime	Sexo	CRC (mm)	Massa (g)	Local
<i>Hemidactylus brasiliensis</i>	NA	CHSAR 2752	Macho	37	1,9	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2411	Macho	59,4	4	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2418	Fêmea	60,2	4,5	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2410	Macho	55,4	4	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2417	Fêmea	65,9	4,7	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2413	Macho	60	6	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2416	Macho	61,5	5	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHRP 05469	Fêmea	49,1	2,4	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHRP 05477	Fêmea	55,2	3,2	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHRP 05468	Macho	61,8	7,3	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHRP 05470	Macho	56,4	5,2	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHRP 05471	Macho	60	4,3	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHRP 05464	Macho	66,5	7,2	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHRP 05462	Macho	58,5	4,3	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHRP 05473	Fêmea	61,3	5,3	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHRP 05474	Fêmea	53,2	4,1	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHRP 05478	Fêmea	65,8	7,2	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2720	Fêmea	54,9	3	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2721	Fêmea	54	3	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2722	Macho	62,1	5,1	Mossoró - RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2581	Macho	58	4,8	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2594	Fêmea	59,5	4,4	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2577	Macho	53,4	5	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2592	Macho	50,9	3	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2560	Fêmea	54,5	4,3	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2562	Macho	53,4	3,3	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2598	Macho	57,3	4,2	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2576	Macho	61,3	7,7	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2490	Fêmea	58,6	5,8	Tenente Laurentino Cruz- RN

Espécie	Gravação	Espécime	Sexo	CRC (mm)	Massa (g)	Local
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2573	Macho	58,1	6,3	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2561	Fêmea	52,7	3,9	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2580	Macho	55,9	3,2	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2574	Macho	51,8	4,7	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2586	Fêmea	63,3	4,5	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2597	Macho	60,2	5	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2593	Fêmea	60,3	5	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2995	Fêmea	60,2	3,5	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2754	Fêmea	50,4	2,9	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2755	Fêmea	46,9	2,5	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2756	Fêmea	49,4	2,9	Tenente Laurentino Cruz- RN
<i>Hemidactylus mabouia</i>	NA	CHSAR 2757	Macho	60,5	5,2	Tenente Laurentino Cruz- RN

**APÊNDICE II – MODELO GERAL ENTRE AS VÁRIAVEIS DOS CANTOS
MULTIPULSIONADO DOS *Hemidactylus* E A RELAÇÃO COM AS VARIÁVEIS
PREDITORAS**

Modelo	Estimativa	Erro padrão	t	p
Duração	-	-	-	-
Intercept	0,0094	0,043	0,219	0,827
crc	0,0020	0,001	1,727	0,088
crc:sexom	0,0000	0,000	0,268	0,790
crc:sp <i>Hemidactylus agrius</i>	0,0001	0,000	0,200	0,842
crc:sp <i>Hemidactylus mabouia</i>	-0,0006	0,000	-1,304	0,196
Frequência mínima	-	-	-	-
Intercept	2805,500	372,000	7,541	<0,001*
crc	-43,520	10,056	-4,328	<0,001*
crc:sexom	3,008	1,542	1,951	0,055
crc:sp <i>Hemidactylus agrius</i>	5,323	2,886	1,845	0,069
crc:sp <i>Hemidactylus mabouia</i>	16,808	3,863	4,351	<0,001*
Frequência dominante	-	-	-	-
Intercept	11210,501	1726,982	6,491	<0,001*
crc	-167,786	46,658	-3,596	<0,001*
crc:sexom	11,060	7,193	1,538	0,128
crc:sp <i>Hemidactylus agrius</i>	6,811	13,678	0,498	0,620
crc:sp <i>Hemidactylus mabouia</i>	61,372	17,864	3,435	<0,001*
Amplitude de frequência	-	-	-	-
Intercept	9195,698	1037,036	8,867	<0,001*
crc	-94,211	28,064	-3,357	0,001*
crc:sexom	1,057	4,342	0,243	0,808
crc:sp <i>Hemidactylus agrius</i>	-6,309	8,035	-0,785	0,435
crc:sp <i>Hemidactylus mabouia</i>	20,242	10,745	1,884	0,063