

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANDRÉA RÖSEL DE LOURENÇO

**SINALIZAÇÃO EM *Hypsiboas albopunctatus*
(ANURA; HYLIDAE)**



Rio Claro
2016

ANDRÉA RÖSEL DE LOURENÇO

SINALIZAÇÃO EM *Hypsiboas albopunctatus* (ANURA, HYLIDAE)

Orientador: CÉLIO FERNANDO BAPTISTA HADDAD

Co-orientador: FÁBIO PERIN DE SÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de Bacharela e Licenciada em Ciências Biológicas.

Rio Claro
2016

597.8 Lourenço, Andréa Rösel de
L892s Sinalização em *Hypsiboas albopunctatus* (Anura; Hylidae)
/ Andréa Rösel de Lourenço. - Rio Claro, 2016
37 f. : il., figs., gráfs., tabs., quadros

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e
bacharelado - Ciências biológicas) - Universidade Estadual
Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Célio Fernando Baptista Haddad
Coorientador: Fábio Perin de Sá

1. Anuro. 2. Comunicação em anuros. 3. Comportamento.
4. Comunicação visual. 5. Comunicação multimodal. I. Título.

AGRADECIMENTO

Agradeço aqui a todos que contribuíram nessa minha jornada dos últimos anos que foi o curso de graduação. Sem o apoio e carinho de vocês a travessia e conclusão dessa etapa seria um tanto mais difícil.

Agradeço a minha família pelo apoio, carinho e compreensão durante todo esse tempo, sem vocês não seria possível estar aqui. Aos meus amigos são-carlenses, que mesmo longe se fizeram sempre perto. Obrigada pelas palavras motivadoras, pelos bons papos e pelos braços sempre abertos. Aprendi com vocês que distancia é algo no mínimo impertinente, mas não atrapalha em nada o que construímos entre nós.

Agradeço a Letícia Aurora “Yopa”, por ter aparecido por aqui e ter decidido ficar. Por todo o amor, carinho e paciência durante esses anos. Assim como pelas aventuras, aprendizados, conversas cósmicas e conexão. Pelo crescimento em conjunto.

Agradeço aos meus novos já velhos amigos que fiz através do curso de biologia. Novos horizontes se abriram, novas vontades surgiram, novas conexões foram feitas. Às Xolotes sou grata pelo apoio, risadas, angustias divididas e pelas descobertas compartilhadas. Aos meus parceiros de campo – “Yopa”, “Disfarça”, “Xoco”, Juliana, Fernanda, Giu, Nath, Déia – deixo um enorme obrigada, sem vocês não seria possível. A turma CBI 2012. Agradeço especialmente ao meu amigo e parceiro de trabalho Caio “Disfarça”, que atravessou o TCC comigo, compartilhando as dores e as felicidades, me motivando a ser uma bióloga melhor. Aos amigos de luta, CABinhos ou não, me ajudaram a ver o mundo além da sala de aula.

Agradeço também aos membros do laboratório de Herpetologia da Unesp Rio Claro pelas oportunidades de aprendizagem e suporte. Obrigada em especial ao prof. Célio pela oportunidade e orientação e ao Danilo “Jesus” pelas dicas e boas conversas. Agradeço carinhosamente ao Fábio “Quase-nada”, por me receber de braços abertos ao mundo da pesquisa, sempre disposto a ajudar, me ensinando boa parte do que sei hoje sobre anuros e trabalho em campo. Obrigada pelos incentivos, ensinamentos, alto astral e motivação durante essa jornada.

Obrigada pelo voto de confiança da Prof^a Maria José “Zezé” por possibilitar a utilização da área de estudo do trabalho. Agradeço também ao caseiro Sr. Alvinho pela simpatia e hospitalidade.

Esse trabalho tem tanto de mim como tem de vocês, obrigada.

RESUMO

Apesar da comunicação vocal em anuros ser considerada um importante modo para o estabelecimento de interações intraespecíficas, atualmente se tem conhecimento de que a comunicação visual também é de fundamental importância para certas espécies. Além disso, estudos mostram que meios de comunicação podem ser associados e utilizados sinergicamente, por meio de uma comunicação multimodal, aumentando a eficiência da transmissão de informações. O objetivo do estudo é de se detectar, analisar e descrever potenciais comportamentos de sinalização visual e potencial direcionamento desses em *Hypsiboas albopunctatus*, uma espécie de anuro com hábito noturno. Além disso, pretendemos verificar a capacidade potencial de alteração do canto do macho sinalizador diante de um indivíduo coespecífico e se há comunicação multimodal para a espécie. Essa informação é obtida relacionando os meios de comunicação com o contexto em que o animal está inserido. Para isso foram feitas observações e experimentos em campo, nas proximidades do município de Rio Claro. Foram detectados e descritos sete sinais visuais para *H. albopunctatus*, assim como suas funções; todavia, os machos da espécie não apresentam direcionamento desses sinais para os machos coespecíficos. Foi constatada uma tendência na alteração do canto de um macho sinalizador diante a presença de um macho coespecífico em seu território, blefando seu tamanho corpóreo. O uso sinérgico de sinais acústicos e visuais também se mostrou presente na espécie, havendo uma tendência de sinais visuais antecederem os sinais acústicos, chamando ainda mais a atenção de um coespecífico para receber a mensagem a ser transmitida.

Palavras-chave: Comportamento. Comunicação visual. Comunicação multimodal.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	4
1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVOS	7
3 MATERIAIS E MÉTODOS	8
3.1 Área de estudo	8
3.2 Levantamento de dados	8
3.3 Caracterização dos sinais visuais.....	9
3.4 Estudo de verificação de direcionamento dos sinais visuais.....	9
3.5 Estudo de diferenciação da vocalização	11
3.6 Estudo da multimodalidade na comunicação	12
4 RESULTADOS	14
4.1 Repertório de sinais visuais	14
4.2 Experimento de direcionamento de sinais visuais para machos coespecíficos	19
4.3 Experimento de mudança de parâmetros do canto com a presença de machos coespecíficos.....	23
4.3.1 Caracterização dos cantos.....	23
4.3.2 Experimento de mudança do canto com a presença de macho intruso coespecífico	23
4.4 Comunicação multimodal.....	26
5 DISCUSSÃO	29
5.1 Sinais visuais	29
5.2 Direcionamento de sinais visuais para machos coespecíficos.....	30
5.3 Alterações dos cantos frente à presença de machos coespecíficos e a hipótese de blefe	31
5.4 Comunicação multimodal em espécie de anuro noturna	32
6 CONCLUSÃO	34
7 REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A vocalização em anuros é considerada um importante modo de comunicação, sendo fundamental para o isolamento reprodutivo, para os processos de especiação e para as interações sociais, como, por exemplo, a defesa de território pelos machos (HALLIDAY; TEJEDO, 1995; SULLIVAN; RYAN; VERRELL, 1995). Entretanto, já é conhecido que várias espécies, principalmente as diurnas, também se utilizam da sinalização visual para interagir intra e interespecificamente (HADDAD; GIARETTA, 1999; HALLOY; ESPINOZA, 2000). Apesar da sinalização visual apresentar restrições, como o curto alcance e maior dependência da luz (ENDLER, 1992), essa forma de comunicação apresenta menor custo energético (quando comparada à comunicação acústica) e é eficiente para a transmissão de sinais em pequenas distâncias (ALCOCK, 1984). Estudos mais recentes evidenciam a relevância da comunicação visual até mesmo para algumas espécies noturnas de anuros (e.g., GOMEZ et al., 2009), uma vez que a sensibilidade visual luminosa é muito alta nestes vertebrados (AHO et al., 1988; CUMMINGS et al., 2008).

Em anuros, é provável que a comunicação visual tenha se desenvolvido a partir de restrições fenotípicas (levando em consideração fatores ecológicos nos processos de evolução da espécie e modificações individuais) e/ou de capacidades de sinalização já existentes somadas a variações de fatores ecológicos (HÖDL; AMÉZQUITA, 2001). A comunicação visual intraespecífica está relacionada principalmente a comportamentos reprodutivos, tais como à corte e a reações agressivas para defesa territorial (AMÉZQUITA; HÖDL 2004; HARTMANN et al., 2005). Um comportamento pode ser classificado/identificado como sinalização visual se possuir os seguintes parâmetros: (1) promover uma impressão visual durante uma interação, (2) ser redundante, notável e padronizado e (3) provocar uma reação imediata no indivíduo receptor, sendo vantajosa ao indivíduo sinalizador (HÖDL; AMÉZQUITA, 2001).

Os sinais sonoros e visuais em anuros podem ser bastante variáveis. Os contextos sociais nos quais um indivíduo está inserido devem ser levados em consideração quando se estuda as sinalizações em anuros, visto que diferentes situações (como corte, briga ou anúncio) podem demandar diferentes modos de comunicação (DE SÁ; ZINA; HADDAD, 2016). Também há estudos que sugerem que machos de anuros são capazes de modificar seus cantos diante da aproximação de indivíduos coespecíficos, na tentativa de garantir a manutenção de seu território e, conseqüentemente, na tentativa de garantir seu sucesso reprodutivo (e.g., BEE;

PERRIL; OWEN, 2000; WAGNER, 1992). Além disso, hoje há estudos com anuros apontando que é possível ocorrer interação de diferentes modos de comunicação (e.g., visual e acústico ou visual e tátil), para maior eficácia da transmissão de uma determinada informação. Tais sinalizações sinérgicas são de caráter multimodal (CALDART; IOP; CECHIN, 2014; DE SÁ; ZINA; HADDAD, 2016; ROSENTHAL; RAND; RYAN, 2004).

A família Hylidae tem ampla distribuição global e é a maior família da Ordem Anura, apresentando 954 espécies (FROST, 2016). *Hypsiboas* é um dos gêneros da família e contém 91 espécies distribuídas nas Américas Central e do Sul, da Nicarágua até a Argentina (FROST, 2016). De modo geral, os machos dessa família são territoriais, apresentando um espinho no Dedo I e hipertrofia na musculatura dos membros anteriores, ambas as características relacionadas ao comportamento de travar batalhas para defesa de território.

Hypsiboas albopunctatus (SPIX, 1824) é uma espécie de atividade noturna e com ampla distribuição pela América do Sul, sendo encontrada no Brasil, na Bolívia, na Argentina, no Uruguai e no Paraguai (FROST, 2016). É caracterizada como sendo de médio a grande porte (comprimento rostro-cloacal variando entre 37 e 58,4 milímetros para os machos da espécie; DE SÁ; ZINA; HADDAD, 2014). Apresenta comportamento de macho satélite e possui atividade reprodutiva praticamente contínua durante o ano (DE SÁ; ZINA; HADDAD, 2014).

Apesar de existirem estudos que descrevem os sinais visuais em *H. albopunctatus* (DE SÁ; ZINA; HADDAD, 2014; RAMALHO, 2012; TOLEDO et al., 2007), não há testes de direcionamento dos sinais para o intruso e, ainda, não foi explorada a potencial integração sinérgica da sinalização sonora com a sinalização visual para a espécie, apesar de já documentada a multimodalidade dos sinais para a espécie (RAMALHO, 2012; TOLEDO et al., 2007). Estudos de comunicação multimodal em espécies de anuros brasileiros ainda são escassos e em espécies de anuros noturnos em geral tais estudos são praticamente inexistentes.

2 OBJETIVOS

Esse projeto busca entender aspectos da comunicação em *Hypsiboas albopunctatus*, sendo foco do estudo as sinalizações visuais e acústicas da espécie e tendo, especificamente, os objetivos de detectar, analisar e descrever: (1) potenciais comportamentos de sinalização visual em machos de *H. albopunctatus*, assim como seus fatores estimulantes e suas particularidades em contextos de anúncio e de defesa de território; (2) a potencial capacidade de direcionamento dos sinais visuais pelo macho sinalizador, associada ao posicionamento do indivíduo receptor coespecífico; (3) a potencial capacidade de modificação de cantos pelo macho sinalizador frente a um macho receptor coespecífico; (4) potenciais associações entre cantos e sinalizações visuais, tanto em contextos de anúncio como agonísticos, explorando a possibilidade de haver sinalização multimodal para a espécie.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Como áreas de estudo para o atual trabalho foram adotadas porções alagadas no Sítio Cantaclaro (22°19'36"S, 47°42'57"O) e suas imediações, localizado no Distrito de Itapé, Município de Rio Claro, Estado de São Paulo. O Distrito de Itapé dista aproximadamente 20 km do centro do Município de Rio Claro, estando próximo ao Município de Corumbataí. A área do Sítio Cantaclaro, que originalmente era composta por vegetação predominante de Cerrado (SALAROLI, 2002) em um relevo com colinas, atualmente é composta por campos de pastagem para gado e por plantações de eucalipto (*Eucalyptus* sp.), restando poucos fragmentos da vegetação original. A região apresenta verões úmidos e invernos frios e secos, com a estação chuvosa ocorrendo entre outubro e março e a estação seca entre abril e setembro. Para obtenção dos dados, foram estudadas poças permanentes e não permanentes, bem como as suas imediações. De maneira geral, a vegetação encontrada nesses locais é composta predominantemente por *Brachiaria decumbens* e *Hymenachne amplexicaulis* (Poaceae), e por *Cyperus luzulae* e *Eleocharis acutangula* (Cyperaceae) (SALAROLI, 2002).

3.2 Levantamento de dados

Foram realizadas observações de comportamento diretamente em campo. Os dados foram documentados em forma de vídeo e áudio, além de serem complementados por anotações em caderneta de campo. Para as filmagens, foi utilizada câmera digital (Sony Cybershot DSC-W270), tripé e lanternas de luz branca (manuais e de cabeça). Os cantos foram gravados com um gravador digital (Marantz PMD-660) e microfone unidirecional (Sennheiser ME-66). A cada saída de campo, foram anotadas as condições de clima, como temperaturas do ar e da água e umidade relativa do ar. Foi utilizado um termohigrômetro digital para medir os referidos dados do ar e um termômetro de mercúrio para os dados da água. Foram gravados e analisados 114 vídeos e 114 áudios, resultando em aproximadamente 460 minutos de gravações, sendo 230 minutos de filmagem e 230 de áudio.

3.3 Caracterização dos sinais visuais

Para identificar e caracterizar as sinalizações visuais em *H. albopunctatus* foram observados 30 indivíduos machos (observações documentadas por meio de filmagem e anotações) em seus habitats naturais por ca. dois minutos cada. Essas observações foram realizadas procurando-se evitar qualquer interferência do observador. Os indivíduos observados foram escolhidos em diferentes áreas dentro do local estudado, de tal forma a se evitar a repetição das observações para um mesmo macho. A forma como os indivíduos foram escolhidos permitiu reduzir ao mínimo a chance de observação de um mesmo macho mais de uma vez, considerando o fato dos machos da espécie possuírem características comportamentais bastante territorialistas, mantendo-se geralmente no mesmo local ou em suas proximidades imediatas durante toda a estação reprodutiva.

Os registros em vídeo foram analisados posteriormente com auxílio do programa GOM Player (GOM LAB). Todos os movimentos realizados pelos machos foram registrados, assim como os poleiros em que se encontravam e seus contextos sociais no momento da execução dos sinais. A partir dos comportamentos observados foram identificadas as sinalizações visuais realizadas pela espécie e, assim, identificado o repertório de sinais visuais da espécie, com base nos estudos de Hödl e Amézquita (2001) e de Hartmann et al. (2005).

Cada sinal pode ser contabilizado pelo número de ocorrências observadas nos vídeos que foram gravados em campo. Logo, em cada vídeo houve várias ocorrências de cada sinal. A única exceção para esta metodologia de contagem das frequências de execução dos sinais visuais é em relação ao sinal “vocal sac display”. Este sinal teve uma única ocorrência contabilizada para cada vídeo em que foi identificado, uma vez que se trata de um sinal de tempo prolongado (muito mais longo do que os demais sinais registrados) e que, quando observado, era executado pelo tempo total do vídeo. Para os vídeos nos quais não foi possível verificar se o saco vocal permanecia inflado (devido ao ângulo de filmagem), o comportamento “vocal sac display” não foi contabilizado.

3.4 Estudo de verificação de direcionamento dos sinais visuais

Foi realizado experimento em campo para determinar se os indivíduos machos direcionam seus sinais de acordo com a presença de um outro indivíduo coespecífico, como já

verificado para outras espécies de anuros (e.g., DE SÁ; ZINA; HADDAD, 2016). O experimento consistiu em introduzir um segundo indivíduo macho da mesma espécie a ca. 30 cm à direita, à frente e à esquerda do indivíduo sinalizador, e então era feita a observação dos comportamentos por dois minutos. Antes de iniciarmos as observações, aguardávamos o tempo de adaptação do macho residente (ca. um minuto), de modo a reduzir os possíveis distúrbios causados pela colocação ou realocação do macho intruso. Após esse período de adaptação iniciávamos o período de observações. Este procedimento foi repetido para 30 machos (os mesmos observados na seção 3.3), de modo que a ordem do posicionamento do coespecífico intruso (direita, esquerda e à frente) não seguiu uma ordem pré-estabelecida, minimizando possíveis interferências da ordem de alocação nos comportamentos apresentados pelos indivíduos sinalizadores. O primeiro macho capturado na noite de estudos foi eleito como intruso. Para facilitar a identificação individual dos machos envolvidos nos experimentos, foi amarrado um cinto (feito de fio de nylon transparente) na cintura do macho intruso. Assim, quando um próximo macho vocalizador era localizado (considerado macho residente), o macho intruso era posicionado dentro de seu território. As observações foram gravadas em vídeo e analisadas posteriormente (seguindo o mesmo método do item anterior). Os dados comportamentais foram caracterizados, quantificados e tabelados, atentando-se para a posição do indivíduo intruso em relação ao residente.

Nos experimentos, eram contabilizadas as execuções de sinais visuais pelo macho residente, considerando-se o lado para o qual estes sinais eram realizados (direita ou esquerda) dentro de quatro contextos: quando o residente estava na ausência de macho coespecífico intruso, quando o coespecífico intruso estava à direita, quando estava à frente e quando estava à esquerda do macho residente. Também foram contabilizados os sinais realizados por dois movimentos simultâneos, i.e., emitidos para ambos os lados ao mesmo tempo, sendo apresentados nos resultados como D/E (i.e., direita e esquerda). Esse sinal bidirecional foi interpretado como um sinal de direcionamento para frente, sendo visível pelo indivíduo receptor nessa posição. O pressuposto é que sinais emitidos à direita (D) sejam mais visíveis a indivíduos à direita do sinalizador; que os sinais à esquerda (E) sejam mais visíveis aos indivíduos intrusos posicionados à esquerda do sinalizador.

Os dados permitiram a comparação das frequências dos movimentos (sinalizações visuais) do macho residente na ausência de intruso e na presença de intruso à sua frente, à sua direita e à sua esquerda. O “arm lifting”, o “arm waving” e o “leg kicking” foram excluídos destas análises, pois apresentaram um baixo número de registros, impossibilitando segurança

nas comparações. O “vocal sac display” também foi excluído das análises por não apresentar bilateralidade e, assim, ser um sinal sem direcionamento por parte do macho sinalizador, com o saco vocal subglotal simples sempre visível pelos intrusos coespecíficos posicionados nos experimentos deste estudo. Foram considerados portanto para essas análises os sinais “Toe trembling”, “Finger trembling” “Leg lifting”.

3.5 Estudo de diferenciação da vocalização

Para estudar a influência da presença de intrusos sobre as sinalizações acústicas e as interações dos sinais acústicos com os sinais visuais, foram feitos experimentos em conjunto com os anteriores. Os cantos de anúncio e agonístico foram gravados paralelamente com as observações de caracterização de sinais visuais e com as observações do experimento de verificação de direcionamento de sinais visuais, seguindo a ordem de gravação primeiramente dos machos residentes sem intruso e em seguida dos machos residentes com a introdução do coespecífico intruso. Foram feitas medidas dos parâmetros acústicos do canto de anúncio e do canto agonístico, a fim de verificar possíveis mudanças nessas vocalizações do macho residente diante de uma invasão de território por um macho coespecífico (introduzido experimentalmente).

Os cantos de machos residentes foram analisados por meio do programa RAVEN PRO 1.4 (*Cornell Bioacoustics Research Program*), sendo caracterizados os seguintes parâmetros acústicos: (1) duração do canto, (2) intervalo entre cantos, (3) número de notas por canto, (4) taxa de cantos por segundo, (5) taxa de notas (cantos/segundo) e (6) frequência dominante das notas. Além disso, foi realizada a distinção entre notas de anúncio e territoriais (notas A, B, T; sensu TOLEDO et al., 2007) e essas foram quantificadas. Essa caracterização foi feita com seis cantos de cinco machos residentes, resultando em 30 cantos sem a presença do indivíduo intruso. O mesmo foi feito com outros seis cantos dos mesmos cinco machos ($n = 30$) na presença de um macho coespecífico intruso, obtendo-se a média, o desvio padrão e os valores máximo e mínimo para cada parâmetro analisado. Esses parâmetros foram comparados a fim de se constatar possíveis mudanças no canto do macho sinalizador com a presença de um macho coespecífico intruso.

Para constatar se as diferenças entre os parâmetros acústicos eram estatisticamente significativas, aplicou-se o teste de normalidade (Shapiro Wilk, BIOESTAT 5.0) para a matriz

de dados obtida e, então, aplicou-se o teste de análise de variância de Friedmann (BIOESTAT 5.0), por se tratar de uma comparação de grupos correlacionados (se $p < 0,05$ a igualdade entre os grupos é rejeitada; se $p \geq 0,05$ é aceita a igualdade entre os grupos).

3.6 Estudo da multimodalidade na comunicação

A partir das análises dos dados registrados por vídeos foi verificada a existência ou não de associações entre diferentes modos de comunicação (sinalizações acústicas e sinalizações visuais). A existência destas associações caracteriza a utilização de comunicação multimodal para a espécie.

Seis dos sete sinais visuais registrados no item 3.3 e 3.4 foram reanalisados, agora registrando o intervalo de tempo entre os sinais visuais e os sinais acústicos que eram emitidos antes, ao mesmo tempo ou depois dos sinais visuais. O sinal “vocal sac display” não foi incluído nesta reanálise pelo fato de ser um sinal contínuo. Os sinais acústicos emitidos em até 5 s antes ou 5 s depois do sinal visual foram incluídos na análise, sendo considerados relacionados ao sinal visual. Os cantos que excederam esse intervalo de tempo delimitado foram considerados como não relacionados ao sinal visual precedente ou sucessor. Os sinais acústicos que estavam em um intervalo de tempo entre zero e 0,499 s em relação ao sinal visual foram considerados emitidos simultaneamente, levando-se em consideração o atraso mecânico inerente à medição dos tempos no programa utilizado para as análises.

A partir das análises mencionadas foi possível visualizar a proporção de sinais visuais que são relacionados com os sinais acústicos, comparando-se a frequência total obtida para cada sinal visual com a frequência de sinais visuais associados aos sinais acústicos.

Também foi possível determinar a preferência na ordem de emissão de sinais (acústico ou visual) por meio de comparação do tempo médio do intervalo do sinal acústico para o sinal visual em relação ao tempo médio do intervalo do sinal visual para o sinal acústico. Além do intervalo de tempo entre os sinais, também se registrou as frequências de execução. Os resultados destas análises evidenciam se o sinal visual em questão é preferencialmente emitido antes ou depois do acústico ao qual está associado, checando-se, assim, a hipótese de função de alerta para a comunicação multimodal (veja HEBETS; PAPA, 2005).

Para determinar se as diferenças entre a média dos intervalos entre os sinais visuais para os acústicos e a média entre sinais acústicos para os visuais foi significativa, aplicou-se o teste de Kruskal Wallis (BIOESTAT 5.0) (se $p < 0,05$ a igualdade entre os grupos é rejeitada; se $p \geq 0,05$ é aceita a igualdade entre os grupos). O teste estatístico não foi aplicado para os sinais visuais “Arm waving” e “Leg kicking” pelo fato de terem uma amostragem muito baixa.

4 RESULTADOS

4.1 Repertório de sinais visuais

Os indivíduos observados em campo durante os experimentos apresentaram uma grande variedade de movimentos, envolvendo os dedos e artelhos, os membros anteriores e posteriores, o saco vocal, o corpo e postura corporal. Dentre os movimentos observados, alguns puderam ser considerados sinais visuais, pois exerceram impressão visual repetitiva, padronizada e notável, seja direcionada a coespecíficos ou a outros organismos heteroespecíficos, seguindo os parâmetros de Hödl e Amézquita (2010; veja Materiais e Métodos). Estes sinais foram identificados e descritos com base em estudos de sinalização em anuros (DE SÁ; ZINA; HADDAD, 2016; HARTMANN et al., 2005; HÖDL; AMÉZQUITA, 2001; TOLEDO et al., 2007, Quadro 2).

Os movimentos observados que não foram caracterizados como sinais visuais, pois não contemplam os parâmetros de identificação utilizados pelo estudo, foram pouco frequentes (n = 14). Estes movimentos são apresentados na Tabela 1. Foram observados movimentos que envolvem três ou quatro membros de modo combinado, realizando uma espécie de salto, apenas arrumando sua postura no poleiro (n = 6). Também foram identificados indivíduos que claramente se movimentaram para espantar mosquitos que os perturbavam (n = 4), havendo noites nas quais a densidade de mosquitos e outros insetos em campo era muito alta. Todos estes movimentos não foram considerados como sinais visuais, tendo em vista que não comunicavam uma mensagem a outro indivíduo coespecífico. O movimento vertical do tronco, observado apenas uma vez, se encaixa na descrição do sinal visual “Body jerking” (DE SÁ; ZINA; HADDAD, 2016; HÖDL; AMÉZQUITA, 2001), porém não foi considerado um sinal visual pelo baixo número de registros, não podendo ser observada repetição e estereotipagem, pressupostos para a identificação das sinalizações.

Tabela 1- Movimentos realizados por machos de *H. albopunctatus* não considerados sinais visuais por não contemplarem os parâmetros utilizados no estudo (veja Materiais e Métodos para detalhes).

Movimentos	Frequência
Incômodo por mosquitos	4
Macho residente ataca o intruso introduzido no experimento	2
Movimento de três ou quatro membros em conjunto	6
Movimento vertical com o tronco, com o corpo parado	1

Elaborado pela autora

Também foram registrados momentos nos quais os indivíduos permaneceram imóveis, mas vocalizando (n = 35). Também houve momentos nos quais os indivíduos não apresentaram movimento ou vocalização, apenas permaneceram parados durante a filmagem (n = 13).

De acordo com a frequência que os sinais visuais foram realizados na presença e na ausência experimental de intruso coespecífico (Quadro 1 e Figura 1), pôde-se inferir as suas respectivas funções. Se o sinal foi mais frequente na ausência de intruso, foi considerado um sinal de anúncio. Se ele foi mais realizado na presença de um intruso, foi considerado um sinal territorial.

Quadro 1– Repertório de sinais visuais executados por *Hypsiboas albopunctatus* e suas respectivas funções.

	Sinal visual	Descrição	Função
1	“Toe trembling” (n=110)	Levantar e abaixar ou rápido tamborilar de um ou mais artelhos, sem uma ordem ou padrão. Pode estar combinado com o “finger trembling” (n=49).	Tanto territorial como de anúncio.
2	“Finger trembling” (n=81)	Levantar e abaixar ou rápido tamborilar de um ou mais dedos, sem	Predominantemente territorial, com funções de

		uma ordem ou padrão. Pode estar combinado com o “toe trembling” (n=49).	anúncio secundárias.
3	“Arm lifting” (n = 19)	Movimento rápido de retirada e recolocação da mão no poleiro/substrato. É curto e não ultrapassa a altura da cabeça. Pode estar combinado com o “leg lifting” (n = 6).	Predominantemente de anúncio, com funções territoriais secundárias.
4	“Leg lifting” (n = 60)	Movimento rápido de retirada e recolocação da perna no poleiro/substrato, pode ser vertical ou lateral (n = 3). É um movimento curto. Pode estar combinado com o “arm lifting” (n = 6) e com o “arm waving” (n = 5).	Tanto territorial como de anúncio.
5	“Arm waving”/“face wiping” (n = 7)	Movimento com apenas uma das mãos, levantando-a a altura da cabeça. Pode ser só levantamento da mão ou ainda o ato de passá-la sobre a região loreal, como se a limpasse. Pode preceder o com o “leg lifting” (n = 5).	Predominantemente de anúncio, com funções territoriais secundárias.
6	“Leg kicking” (n = 4)	Movimento rápido e longo com apenas uma das pernas, alongando-a e retornando-a para a posição inicial.	Predominantemente territorial, com funções de canto de anúncio secundárias.
7	“Vocal sac display” (n = 25)	Permanência do saco vocal inflado seja sem vocalizar ou entre duas vocalizações.	Predominantemente territorial, com funções de canto de anúncio secundárias.

Elaborado pela autora

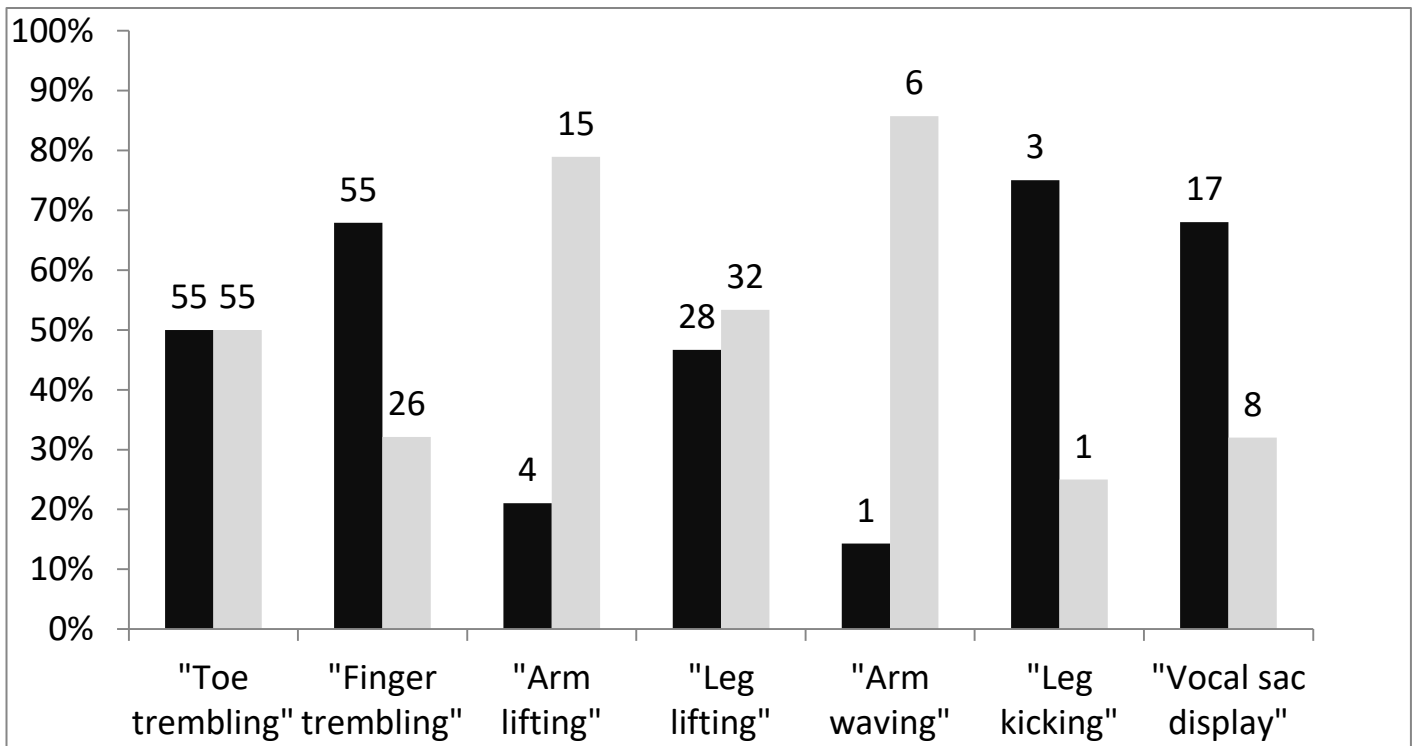
O “Vocal sac display” (permanecer com o saco vocal inflado) foi realizado sempre quando os indivíduos estavam imóveis e não foi combinado com nenhum outro sinal visual (n = 25). Na maioria das vezes, foi registrado o “Vocal sac display” no intervalo entre duas vocalizações do indivíduo (n = 24). Um dos registros foi de um indivíduo sinalizador que não se moveu e não cantou, mas permaneceu com o saco vocal inflado por um longo período.

O sinal “Leg kicking” foi o mais raro dos sinais do repertório de *H. albopunctatus*, tendo sido observado apenas quatro vezes (sendo que três vezes foram realizadas por um único indivíduo em um contexto territorial, com o intruso posicionado na frente do sinalizador) (Figura 1).

Os tipos de poleiros utilizados influenciam a frequência na qual o indivíduo realiza as sinalizações visuais (Figura 2). *Hypsiboas albopunctatus* utilizou três estratos distintos como poleiros. O estrato inferior foi o solo, com os indivíduos escondidos em meio à vegetação presente no entorno da área alagada. O estrato médio (ca. 40 cm do solo) foram gramíneas, muito abundantes na área alagada utilizada para o estudo e utilizadas como poleiros pelos machos. Já o estrato superior (ca. 90 cm do solo) foram poleiros mais altos, tais como plantas do gênero *Eryngium* sp. e outras folhagens presentes na margem da área alagada.

De modo geral, as sinalizações visuais realizadas no estrato superior foram menos frequentes (n = 81). As realizadas no estrato médio apresentaram maior frequência (n = 130), e as documentadas no estrato inferior também apresentaram uma frequência alta (n = 95), um pouco maior do que os no estrato superior, porém menor do que os do estrato médio. Assim observa-se que somente o sinal “Toe trembling”, foi realizado em sua maioria no estrato superior (n = 46). O sinal “Finger trembling” foi mais realizado no estrato médio (n = 54), assim como o “Arm waving” (n = 5), “Leg kicking” (n = 4) e “Vocal sac display” (n = 11). Os demais sinais foram mais frequentes no estrato inferior, como o “Arm lifting” (n = 10) e o “Leg lifting” (n = 42) (Figura 2).

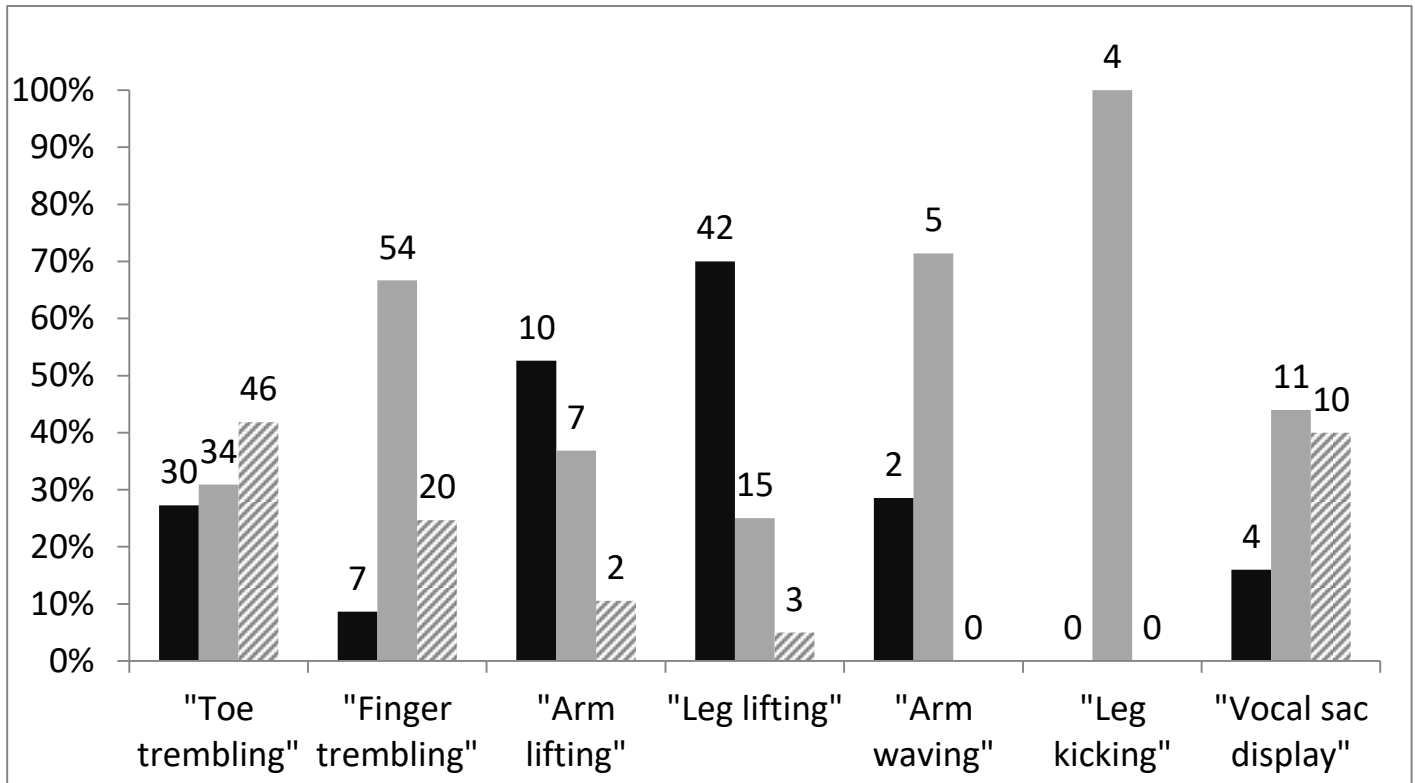
Figura 1 - Frequências dos sinais visuais executados por machos de *Hypsiboas albopunctatus* na presença ou na ausência experimental de intruso coespecífico.



Elaborado pela autora

Barras escuras indicam as frequências com presença de intruso coespecífico e as barras claras as frequências na ausência de intruso.

Figura 2- Frequências dos sinais visuais executados por machos de *Hypsiboas albopunctatus* nos poleiros de diferentes alturas.



Elaborado pela autora

Estratos inferiores (próprio solo) indicados por barras escuras, médios (em alturas de ca. 40 cm) indicados por barras claras e superiores (em alturas de ca. 90 cm) indicados por barras hachuradas.

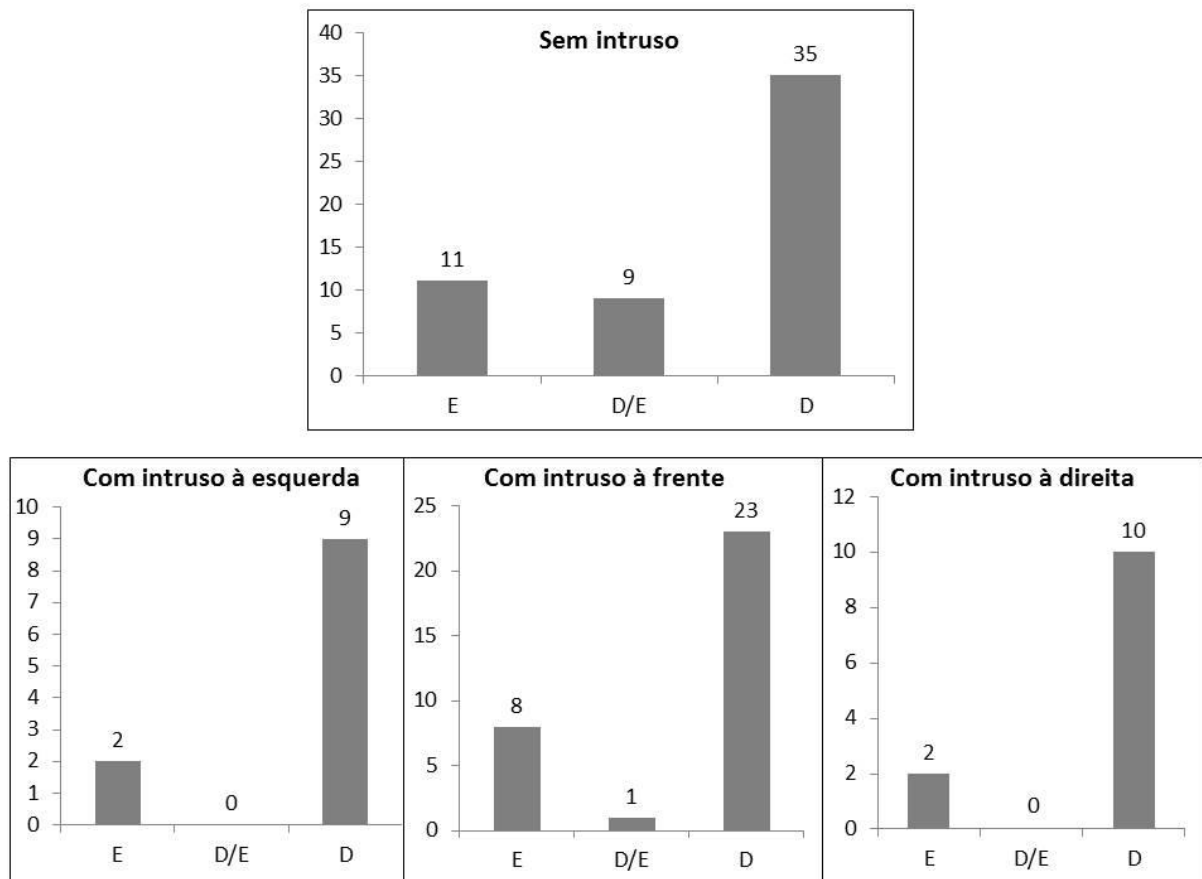
4.2 Experimento de direcionamento de sinais visuais para machos coespecíficos

Foram observados direcionamentos de corpo, tais como movimento da cabeça para os lados ($n = 5$) e de tronco para os lados ($n = 4$), movimento de modificar a postura inicial e, também, movimento de locomoção ($n = 4$) para frente ou para os lados, sendo que a maioria deles ($n = 9$) foi realizada na presença de intruso. Apesar de serem comportamentos territoriais, esses movimentos não são sinais visuais, assim, não foram contabilizados nas tabelas de direcionamento. Dentre todas as introduções de machos coespecíficos no território do macho residente sinalizador ($n = 81$), foram registrados dois ataques do macho residente sobre o macho coespecífico intruso (veja Tabela 1). Com a introdução do macho coespecífico, algumas vezes o macho residente permaneceu completamente imóvel e sem cantar ($n = 13$). Ambas as reações foram fortemente associadas à presença do macho intruso e puderam ser

caracterizadas com um visível incômodo do macho residente em relação à presença do macho coespecífico intruso introduzido, evidenciando que os machos residentes notavam a presença do intruso em seus territórios durante os experimentos.

Assim, são apresentados resultados das análises de direcionamento a partir dos dados obtidos para os respectivos sinais visuais do repertório de *Hypsiboas albopunctatus*: “Toe trembling” (Figura 3), “Finger trembling” (Figura 4) e “Leg lifting” (Figura 5).

Figura 3 – Frequência de direcionamento do sinal “Toe trembling” por macho de *H. albopunctatus* sem presença de macho coespecífico intruso em seu território e com presença de intruso, variando o posicionamento do intruso em relação ao indivíduo sinalizador.

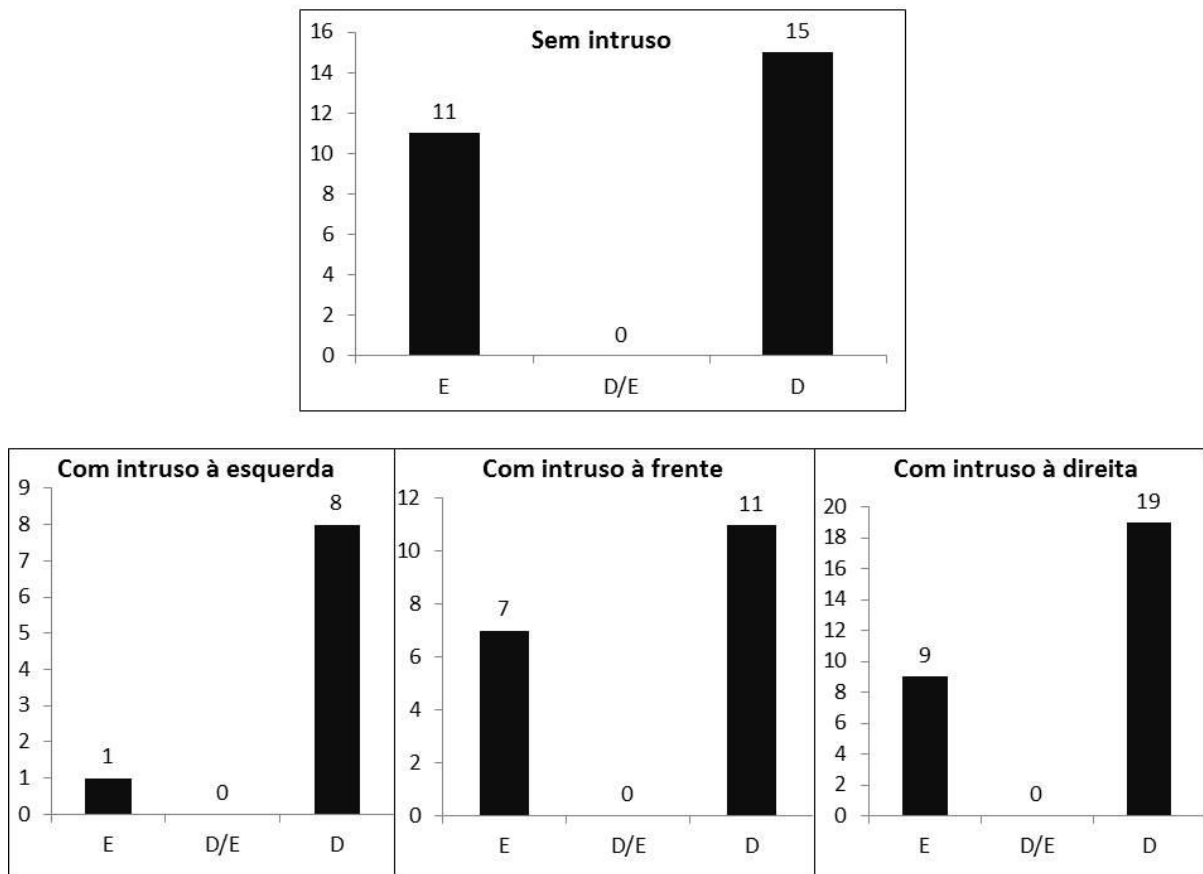


Elaborado pela autora

Os movimentos realizados para o lado direito estão representados pela coluna “D”, os realizados em conjunto para a direita e para a esquerda pela coluna D/E e os realizados somente para a esquerda pela coluna “E”.

O sinal “Toe trembling” foi mais realizado pelos artelhos do membro posterior direito em todas as situações, com apenas pequenas alterações das frequências dependendo da presença ou posição do intruso em relação ao residente.

Figura 4 - Frequência de direcionamento do sinal “Finger trembling” por macho de *H. albopunctatus* sem presença de macho intruso coespecífico em seu território e com a presença de intruso, variando o posicionamento do intruso em relação ao indivíduo sinalizador.

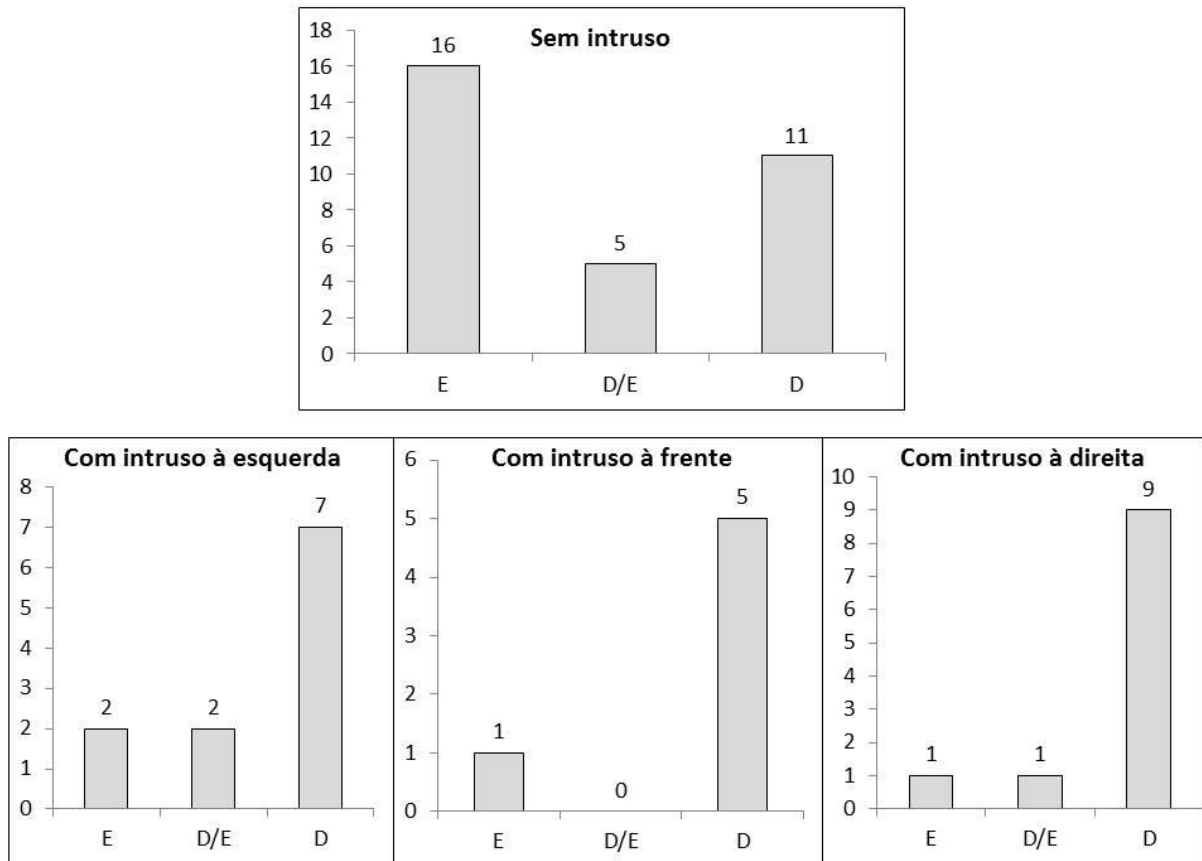


Elaborado pela autora

Os movimentos realizados para o lado direito estão representados pela coluna “D”, os realizados em conjunto para a direita e para a esquerda pela coluna D/E e os realizados somente para a esquerda pela coluna “E”.

O sinal “finger trembling” foi mais realizado pelos dedos do membro anterior direito em todas as situações, com apenas pequenas alterações das frequências dependendo da presença ou posição do intruso em relação ao residente.

Figura 5 - Frequência de direcionamento do sinal “leg lifting” por macho de *H. albopunctatus* sem presença de macho intruso coespecífico em seu território e com presença de intruso, variando o posicionamento do intruso em relação ao indivíduo sinalizador.



Elaborado pela autora

Os movimentos realizados para o lado direito estão representados pela coluna “D”, os realizados em conjunto para a direita e para a esquerda pela coluna D/E e os realizados somente para a esquerda pela coluna “E”.

O sinal “Leg lifting” foi realizado de modo similar do lado direito como do lado esquerdo na ausência de intruso em seu território, sem haver uma preferência clara entre os lados. Já na presença de intruso, nas três situações experimentais (coespecífico à direita, à frente e à esquerda) a utilização do membro direito é mais frequente.

4.3 Experimento de mudança de parâmetros do canto com a presença de machos coespecíficos

4.3.1 Caracterização dos cantos

As gravações dos cantos de *H. albopunctatus* em campo continham cantos simples (composto por uma única nota) e cantos compostos (mais de uma nota por canto; DE SÁ; ZINA; HADDAD, 2014), contendo as notas nomeadas A, B e T (sensu TOLEDO et al., 2007). Os cantos compostos foram mais comumente emitidos que os cantos simples. Os cantos compostos apresentam combinações das notas A, B e T, sendo as duas primeiras mais comuns do que a última. As notas A e B são similares e possuem a função de anúncio. Ambas possuem frequência dominante semelhante, sendo a da nota A = $2,28 \text{ kHz} \pm 0,1$ ($n = 56$, amplitude = $2,06 - 2,43 \text{ kHz}$) e a da nota B = $2,35 \text{ kHz} \pm 0,1$ ($n = 33$, amplitude = $2,06 - 2,43 \text{ kHz}$). Apesar de haver sobreposição total na amplitude de frequência de tais notas, ambas possuem durações diferentes, sendo que A dura em média $0,37\text{s} \pm 0,04$ ($n = 56$, amplitude = $0,26 - 0,45 \text{ s}$) e B dura em média $0,56\text{s} \pm 0,12$ ($n = 33$, amplitude = $0,46 - 0,94 \text{ s}$). As notas T, por sua vez, são facilmente diferenciadas das outras por possuírem duração e frequência dominante distintas. As notas T são classificadas como notas territoriais. Para T encontrou-se uma média de duração de $0,53 \text{ s} \pm 0,08 \text{ s}$ ($n = 14$, amplitude = $0,43 - 0,69 \text{ s}$) e frequência dominante de $1,31 \text{ kHz} \pm 0,6$ ($n = 14$, amplitude = $0,185 - 2,25$). Normalmente as notas A antecedem as outras em um canto e a T é a última, podendo haver combinações AABT, ABB, ABT, ou BBT, por exemplo.

4.3.2 Experimento de mudança do canto com a presença de macho intruso coespecífico

A partir da análise dos cantos dos machos residentes com e sem intruso em seu território, notamos alterações nos parâmetros medidos (Tabela 2). Com a presença de intruso coespecífico, a taxa de canto apresenta uma diminuição, o que significa que o macho residente cantou menos vezes na presença do intruso do que na sua ausência, considerando um mesmo intervalo de tempo (cantos/s). A duração do canto também demonstrou uma queda com a presença de intruso. Por sua vez, com a presença de intruso o intervalo entre os cantos se tornou maior e a taxa de notas teve um leve aumento. Reunindo as características medidas na Tabela 2, observa-se o resultado de que os cantos de machos na presença de um intruso se

mostraram menos frequentes em um determinado intervalo de tempo, com menor duração, com intervalos mais espaçados entre eles e com maior número de notas em um determinado intervalo de tempo, quando comparado aos cantos na ausência de intruso.

Tabela 2 – Variação dos parâmetros dos cantos na ausência e na presença de intruso.

Parâmetros	Ausência de intruso	Presença de intruso
Taxa de canto (cantos/s)	0,753 ± 0,03 (0,11 – 0,2)	0,132 ± 0,04 (0,03 – 0,18)
Duração (s)	3,436 ± 2,0 (0,38 – 7,53)	2,576 ± 1,9 (0,38 – 6,81)
Intervalo entre cantos (s)	3,075 ± 2,8 (0,24 – 7,53)	4,564 ± 3,7 (0,51 – 20,4)
Taxa de notas (notas/s)	1,214 ± 0,45 (0,53 – 2,63)	1,427 ± 0,6 (0,58 – 2,63)
Número de notas	103	81

Elaborado pela autora

Considerando-se as notas emitidas nos cantos de *H. albopunctatus* na ausência e na presença de intruso (notas A, B e T), percebe-se que a duração se mantém equivalente em ambas as situações (Tabela 3). A frequência dominante, porém, apresenta uma sutil queda em todas as notas, tornando o canto com uma tonalidade levemente mais grave com a presença de intruso (tanto das notas A, quanto B e Ts). A frequência com que as notas A e B são emitidas tende a diminuir na presença de intruso, enquanto que a frequência da nota T se mantém praticamente igual, mas com uma pequena diminuição com a presença de intruso.

Tabela 3 – Caracterização dos parâmetros apresentados para as notas dos cantos do macho sinalizador na ausência e na presença de macho coespecífico intruso (30 cantos analisados com ausência de intruso e 30 cantos analisados com presença de intruso).

Notas	Ausência de intruso			Presença de intruso		
	Duração (s)	Frequência		Duração (s)	Frequência	
		Dominante (kHz)	n		Dominante (kHz)	n
A	0,37 ± 0,04 (0,26 – 0,45)	2,28 ± 0,1 (2,06 – 2,43)	56	0,37 ± 0,06 (0,18 – 0,45)	2,25 ± 0,09 (2,06 – 2,43)	44
B	0,56 ± 0,12 (0,46 – 0,94)	2,36 ± 0,1 (2,06 – 2,43)	33	0,58 ± 0,12 (0,46 – 0,88)	2,27 ± 0,1 (2,06 – 2,43)	21
T	0,53 ± 0,08s (0,43 – 0,69)	1,31 ± 0,6 (0,185 – 2,25)	14	0,54 ± 0,12 (0,3 – 0,69)	1,13 ± 0,3 (0,937 – 2,25)	16

Elaborado pela autora

A diferença entre os parâmetros na ausência e na presença de intruso não foi significativa estatisticamente, segundo o teste utilizado (Friedmann – BIOESTAT 5.0), com exceção da frequência dominante da Nota B, como mostra a Tabela 4 (em destaque). Assim, a diferença na frequência dominante da nota B na presença e ausência de intruso é comprovada estatisticamente.

Tabela 4 – Valores de p de Teste de Friedmann para parâmetros medidos de canto de *H. albopunctatus*, comparando-os na ausência e na presença de intruso coespecífico.

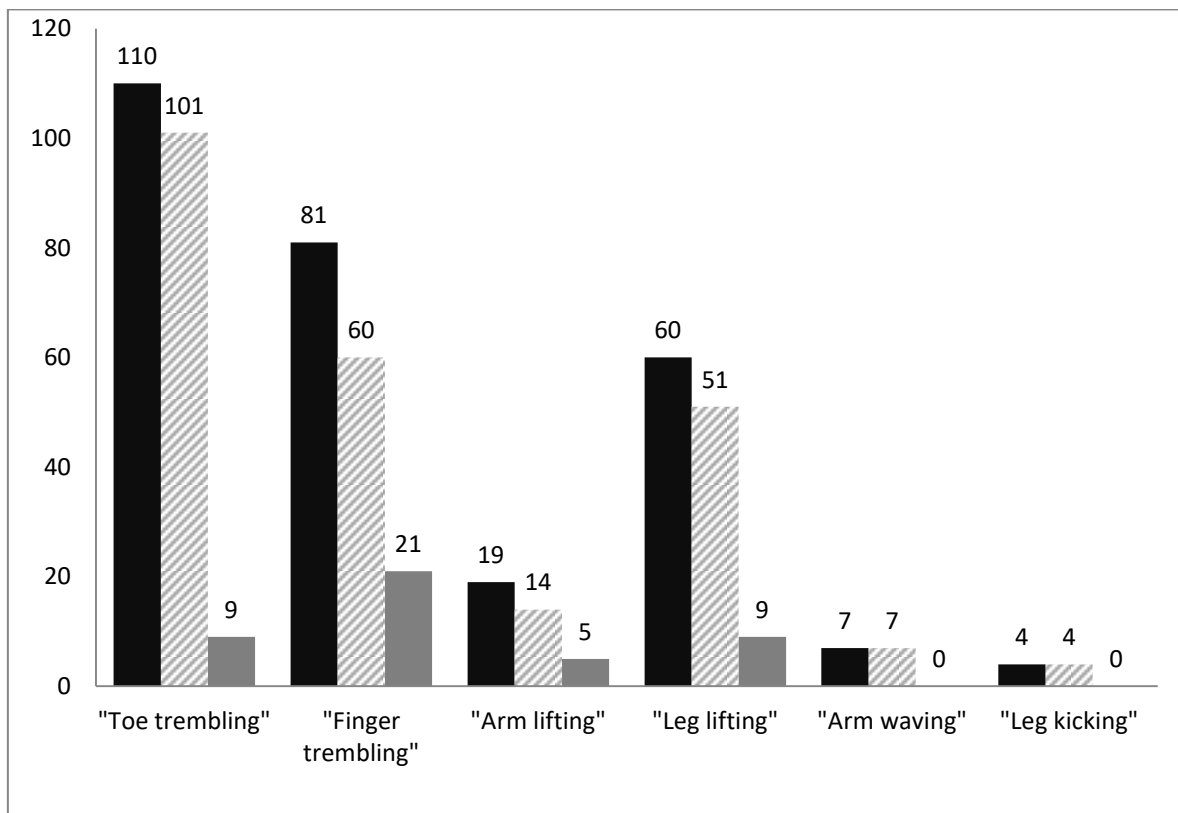
Canto			Nota							
Taxa	Duração	Intervalo	n notas			F.dom.	n notas			F.dom.
			Taxa	n geral	A	A	B	F.dom. B	n nota T	T
(p) 0,1797	0,1441	0,1441	0,1441	0,2733	0,3613	0,3376	0,4652	0,0045	0,715	0,3184

Elaborado pela autora

4.4 Comunicação multimodal

Foi possível verificar a existência de associações entre diferentes modos de comunicação (sinalizações acústicas e sinalizações visuais), o que pôde caracterizar a utilização de comunicação multimodal para a espécie, sendo esta interação de modos de comunicação realizada pelo macho para a defesa territorial. Os sinais visuais registrados para *H. albopunctatus* (n = 281; veja Quadro 1) foram associados a cantos diversas vezes (n = 237), podendo o canto anteceder o sinal visual, ser emitido ao mesmo tempo no qual o sinal visual é executado ou, ainda, ser emitido depois que o sinal visual é executado. Para *Hypsiboas albopunctatus*, a relação entre os sinais acústicos e visuais foi alta: 84% dos sinais visuais registrados estavam associados (de algum modo) ao canto. A frequência de sinais visuais associados a cantos variou de acordo com os tipos sinais visuais (Figura 6).

Figura 6 – Relação entre a frequência total de sinais visuais realizados por machos de *H. albopunctatus*, os sinais visuais associados com o canto e os não associados com o canto.



Elaborado pela autora

Barras escuras indicam a frequência total de registros para cada sinal visual, barras hachuradas indicam a frequência de sinais visuais associados com o canto e barras cinza indicam número de sinais visuais não relacionados com canto.

A média do intervalo entre os sinais acústicos e visuais e a frequência de emissão demonstra que há uma preferência dos indivíduos machos da espécie em emitir o canto após a emissão do sinal visual, visto que a média de intervalo de tempo entre o sinal visual e o canto emitido posteriormente é menor do que a média do intervalo de tempo entre o canto e o sinal visual emitido posteriormente (Tabela 5). Essa preferência foi constatada para os sinais “Toe trembling”, “Finger trembling”, “Arm lifting”, “Leg lifting” e “Leg kicking”. Para o sinal “Arm waving” essa diferença se mostra inexistente, sendo que as médias de intervalo de tempo nas duas situações são praticamente idênticas.

Tabela 5 – Média do intervalo de tempo entre sinais visuais e acústicos e frequência de emissão de sinais acústicos antes, durante e após emissão de um sinal visual, aqui representado pela sigla “SV”.

Sinal visual	Intervalo entre canto – SV (s)	Intervalo entre SV – canto (s)	Cantos emitidos antes do SV (n)	Cantos emitidos simultaneamente ao SV (n)	Cantos emitidos após SV (n)
"Toe trembling"	2,33 ± 1,2	1,69 ± 1,3	57	41	62
"Finger trembling"	2,65 ± 1,2	1,6 ± 1,3	37	20	39
"Arm lifting"	2,36 ± 1,3	1,02 ± 0,7	12	2	12
"Leg lifting"	1,83 ± 1,1	1,42 ± 1,0	37	10	38
"Arm waving"	1,78 ± 0,1	1,77 ± 1,1	7	0	6
"Leg kicking"	2,15 ± 0,8	1,66 ± 1,2	3	0	4

Elaborado pela autora

As diferenças entre o intervalo de tempo do canto antecedendo os sinais visuais e o intervalo de tempo dos sinais visuais antecedendo o canto foram estatisticamente significativas para os sinais visuais analisados segundo o teste estatístico utilizado (Kruskall Wallis – BIOESTAT.) (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores de p do Teste Kruskal – Wallis para sinais visuais analisados, comparando o intervalo de tempo entre canto e sinal visual e intervalo de tempo entre sinal visual e canto.

"Toe trembling"	"Finger trembling"	"Arm lifting"	"Leg lifting"
0,0002	0,0001	0,0056	0,0081

Elaborado pela autora

5 DISCUSSÃO

5.1 Sinais visuais

Ainda que a sinalização visual tenha se mostrado mais comum em espécies diurnas como *Hylodes asper* e *Micrixalus saxicolus* (HADDAD ; GIARETTA, 1999; KRISHNA, N; KRISHNA, B., 2006), *Hypsiboas albopunctatus* apresentou um repertório de sinais visuais relativamente rico, mesmo sendo uma espécie de hábito noturno, com sete sinais identificados, alguns deles já registrados em estudos anteriores (RAMALHO, 2012; TOLEDO et al., 2007;).

Notou-se que os tipos de poleiros utilizados podem ter influência na frequência na qual o indivíduo realiza sinais visuais. Os indivíduos que utilizaram poleiros mais altos, apesar de serem mais facilmente avistados por coespecíficos e terem seus cantos melhor propagados pelo ambiente (FORREST, 1994), ficam mais expostos a predadores. A hipótese aqui é de que exista uma redução no número de sinais visuais executados, evitando uma superexposição desnecessária. Já os que estavam no solo, permaneciam visualmente mais protegidos dos predadores visualmente orientados. Porém, também permaneciam menos visíveis para seus coespecíficos, devido à grande quantidade de vegetação circundante. Nesta situação também não se observou muita execução de sinais visuais pelos machos, o que pode estar relacionado a uma baixa eficácia deste modo de comunicação quando o poleiro não permite boa visualização do emissor pelos coespecíficos. Os machos de *H. albopunctatus* que estavam em um estrato intermediário estavam em um posicionamento que pode ser considerado balanceado, quando se pensa em exposição aos coespecíficos e, simultaneamente, exposição aos predadores visualmente orientados. Neste caso não estando tão expostos a predadores, mas, ainda assim, visíveis aos coespecíficos, propiciando uma maior eficácia na realização de sinais sem colocar os emissores em um sobre risco de predação. Outro fator a ser considerado é a sustentação que esses poleiros oferecem ao macho sinalizador. Os poleiros mais altos foram, de modo geral, menos estáveis para a execução de sinais visuais quando comparados aos poleiros mais baixos (tais como o solo, por exemplo). Poleiros nos quais o macho tem mais estabilidade para se movimentar e para realizar livremente movimentos mais amplos possivelmente são mais favoráveis à execução de sinais visuais. Desta forma, o poleiro no qual o macho está posicionado pode restringir ou amplificar o poder de execução

de sinais visuais pelo macho sinalizador, ou, ainda, pode restringir ou amplificar a frequência de emissão destes sinais. É possível, ainda, que os machos maiores adotem poleiros de melhor qualidade, devido à hierarquia social. Ainda, foram vistos movimentos nos quais o macho movimentava três ou quatro membros de modo combinado, possivelmente arrumando sua postura no poleiro ($n = 6$). A maioria dos casos observados ($n = 5$) foi em poleiros de estrato intermediário, onde os animais ficavam em uma posição mais vertical do que horizontal, estando mais susceptíveis à queda. Assim, é possível que os tipos de poleiros também possam influenciar a realização ou não de movimentos específicos, tendo em vista a posição corporal que o indivíduo adota para permanecer no poleiro. Como a escolha dos machos observados não seguiu uma ordem pré-estabelecida, os poleiros nos quais estes machos estavam e que foram registrados neste estudo também foram registrados de modo casual, contribuindo para a compreensão da diversidade de poleiros que são utilizados por machos da espécie, além de permitir as conclusões aqui levantadas.

5.2 Direcionamento de sinais visuais para machos coespecíficos

Os resultados deste estudo não demonstram que machos de *Hypsiboas albopunctatus* direcionem os sinais visuais a machos coespecíficos rivais em contextos de disputa territorial, como já documentado para algumas espécies diurnas, tais como *Hylodes japi* e *Micrixalus aff. saxicola* (DE SÁ; ZINA; HADDAD, 2016; PREININGER, 2013). Uma das possíveis explicações para este resultado é que espécies noturnas não tenham um direcionamento dos sinais tão acurado quanto o observado para as espécies diurnas, uma vez que a atividade diurna facilitou maior desenvolvimento e evolução da comunicação visual em anuros (HÖDL; AMÉZQUITA, 2001). Entretanto, mais estudos de comportamentos com espécies diurnas e noturnas poderão contribuir com o entendimento desta questão. É possível que a comunicação visual esteja mais difundida entre espécies noturnas de anuros do que se pensava anteriormente. Também é possível que a comunicação visual seja mais complexa e sofisticada em espécies diurnas, quando comparadas a espécies noturnas. Em *Hylodes japi*, um exemplo de espécie de anuro diurna, os machos conseguem direcionar os sinais visuais que executam com os sacos vocais, que são duplos e presentes nas laterais da cabeça do animal (DE SÁ; ZINA; HADDAD, 2016). Em *Micrixalus aff. saxicola*, também uma espécie diurna, os machos direcionam os sinais visuais realizados com os membros posteriores para os

coespecíficos (PREININGER, 2013). Em *Hypsiboas albopunctatus*, apesar do repertório rico de sinais visuais, não foi verificado o direcionamento das sinalizações. Por exemplo, manter seu saco vocal inflado, um dos sinais que são realizados por *H. albopunctatus* e que tem funções predominantes de manutenção de território, apesar de ser claramente um sinal visual não é direcionado ao receptor coespecífico. Enquanto os sinais visuais registrados em *H. albopunctatus* são simples (e.g., tamborilar dos dedos), espécies diurnas apresentam sinais mais sofisticados, tais como o “Foot-flagging”, por exemplo, que é um movimento lento e mais bem controlado pelo macho emissor (DE SÁ; ZINA; HADDAD, 2016; HADDAD; GIARETTA, 1999; PREININGER, 2013).

Outra possível explicação para o resultado negativo do direcionamento de sinais visuais em *H. albopunctatus* é que o modo como o experimento foi realizado pode ter influenciado a resposta do indivíduo sinalizador. Os machos intrusos foram experimentalmente posicionados em ângulos de 45° e diretamente à frente em relação aos machos residentes. É possível que os posicionamentos adotados não tenham sido suficientemente amplos ao ponto de detectar direcionamentos de sinais pelo macho residente. Futuros estudos experimentando outros posicionamentos ainda mais amplos poderão contribuir para a melhor compreensão desta questão. Com este estudo fica evidente que, com os intrusos em ângulos de no máximo 45° em relação ao macho residente, não há direcionamento de sinais visuais pelo macho residente para o macho coespecífico intruso. O que se observa neste estudo é uma preferência em executar sinais visuais com os membros anteriores e posteriores direitos.

5.3 Alterações dos cantos frente à presença de machos coespecíficos e a hipótese de blefe

Segundo Wagner (1992), algumas espécies podem blefar seu tamanho, alterando o canto para parecerem maiores e, assim, enganar os machos adversários ou enganar fêmeas que estão em busca de machos para acasalar. Este tipo de blefe já foi registrado para espécies de hilídeos neotropicais como, por exemplo, *Bokermannohyla ibitiguara* (NALI, 2012). Ramalho (2012) observou que determinados parâmetros do canto de *H. albopunctatus* têm relação com o tamanho corpóreo dos machos. Indivíduos com corpo maior (tamanho e massa) possuem notas mais graves e mais curtas.

As alterações encontradas no canto do macho residente frente a um coespecífico intruso, mesmo que sutis e não tendo uma comprovação estatística, apresentam uma tendência de mudança de comportamento em uma situação agonística. Quando os machos intrusos coespecíficos estão presentes mesmo sem vocalizar, os cantos dos machos residentes de *H. albopunctatus* se tornam mais curtos e também mais espaçados entre si, apresentando menos notas. Estas alterações nos parâmetros acústicos, mesmo que sutis, demonstram que há percepção do intruso pelo residente. Por sua vez, neste estudo é provado que as notas dos cantos dos machos residentes apresentam uma frequência dominante menor quando o intruso está presente, indicando que o canto fica mais grave. A frequência dominante da nota B diminui de maneira estatisticamente significativa, o que comprova a alteração deste parâmetro do canto do macho residente diante um macho coespecífico intruso, salientando pela primeira vez a importância diferenciada da nota B que, apesar de muito similar à nota A, pode ter sua frequência manipulada pelo macho emissor. Adicionalmente, há uma tendência de aumento no número de notas T emitidas na presença de macho intruso coespecífico, apesar de não ser estatisticamente significativa, caracterizando comportamento agressivo e territorial, uma vez que as notas T são notas com funções territoriais (TOLEDO et al, 2007). Tanto o aumento no número de notas T emitidas quanto a diminuição na frequência dominante da nota B frente a presença de macho intruso demonstram comportamento intimidante do macho residente. Os resultados do presente estudo, combinados com as informações do estudo de Ramalho (2012), provam que os machos de *Hypsiboas albopunctatus* alteram seus cantos, tornando-os mais agressivos e intimidantes. Além disso, também fica evidente que os machos alteram seus cantos para parecerem maiores e mais ameaçadores aos seus adversários, corroborando a hipótese de “blefe de tamanho” proposta por Wagner (1992).

5.4 Comunicação multimodal em espécie de anuro noturna

Os sinais territoriais emitidos pelos machos de anuros sejam eles acústicos, visuais ou outros, apresentam um escalonamento de níveis de agressividade e antecedem um potencial combate físico, evitando-o. Os sinais que precedem um potencial confronto físico alertam e evitam grandes gastos energéticos, potenciais injúrias físicas e aumentos de exposições a predadores, além de contribuírem para a não diminuição do tempo alocado na obtenção de fêmeas (GIASSON; HADDAD, 2007; MARTINS; POMBAL; HADDAD, 1998). A combinação sinérgica de sinais (neste estudo, combinação de sinais acústicos e visuais em

H. albopunctatus) pode assim, reforçar a mensagem a ser passada para o coespecífico intruso. A frequência de associação de sinais visuais com sinais acústicos em *H. albopunctatus*, i.e., frequência de sinais multimodais (acústico e visual) registrados foi inesperadamente elevada, sendo que 84% dos sinais visuais registrados estavam associados com cantos. O presente estudo abre uma nova janela para a compreensão da evolução da comunicação em anfíbios anuros, uma vez que a utilização sinérgica de diferentes modos de comunicação em espécies noturnas ainda é muito pouco documentada.

O fato dos machos da espécie mostrarem uma preferência por realizar o sinal visual seguido por sinal acústico (e não o contrário) evidencia que o sinal visual (primeiro sinal emitido) apresenta função de alerta para o sinal sonoro (segundo sinal, emitido na sequência). A hipótese de função de alerta para sinalizações multimodais propõe que o primeiro sinal atrai a atenção para um segundo sinal, com maior conteúdo de mensagem, que será emitido na sequência (HEBETS; PAPA, 2005). O presente estudo indica que em *H. albopunctatus* o sinal visual atrai a atenção de macho coespecífico para o sinal sonoro (que virá em seguida), reforçando a mensagem que o sinal sonoro transmitirá e aumentando a eficácia da comunicação. O sinal visual como alerta para o sinal sonoro na comunicação multimodal em *H. albopunctatus* é verificado para todos os sinais visuais analisados, exceto “Arm waving”. De modo geral, os resultados deste estudo mostram que há um padrão em *H. albopunctatus*, no qual o sinal visual é sinal de alerta para o sinal sonoro. Esta é a primeira evidência de uso de sinais visuais como alerta para sinais sonoros em uma espécie de anfíbio anuro noturna.

Apesar de já haver registros de comunicação multimodal (acústico-visual) para *Hypsiboas albopunctatus* (RAMALHO 2012; TOLEDO et al., 2007) e para outros hilídeos de hábitos noturnos (e.g., *Hypsiboas bischoffi* e *Aplastodiscus perviridis*; TOLEDO et al., 2007), o presente estudo aprofunda-se na importância da comunicação visual para a espécie noturna em questão, identificando a riqueza dos repertórios de sinais visuais e sonoros, quantificando estes sinais, determinando suas funções e, por fim, quantificando e explorando como tais modos de comunicação interagem durante interações intraespecíficas de machos em contextos de anúncio e agressivos. A determinação do intervalo de tempo dentro dos sinais multimodais acústicos-visuais e visuais-acústicos, a determinação da preferência de sinais multimodais executados e a determinação da frequência de ocorrência de sinalização multimodal são aspectos que este trabalho apresenta e que possuem grande relevância para estudos de comunicação em anuros, uma vez que estas quantificações estão ainda praticamente inexploradas, particularmente em espécies neotropicais com hábitos noturnos.

6 CONCLUSÃO

Hypsiboas albopunctatus apresenta uma comunicação elaborada, tendo em vista outras espécies de anfíbios anuros noturnas, combinando sinalizações visuais e acústicas para se comunicar com seus coespecíficos. *Hypsiboas albopunctatus* apresenta um rico repertório de sinais visuais, que são realizados em contextos de anúncio e em contextos agressivos/territoriais. Os machos da espécie não apresentam direcionamento destes sinais visuais para machos coespecíficos intrusos em contextos agressivos. Os machos da espécie podem promover alterações em seus cantos em situações de defesas territoriais, tentativamente inibindo seus competidores coespecíficos por meio do blefe, mostrando-se mais agressivos e induzindo a percepção de tamanhos corporais maiores. Os sinais multimodais utilizados pelos machos da espécie (combinação de sinais acústicos e visuais) caracterizam uma comunicação mais elaborada do que previamente conhecido. A comunicação multimodal em *H. albopunctatus* possivelmente proporciona transmissões mais eficientes das mensagens, com os sinais visuais alertando os coespecíficos para os sinais acústicos associados. Todas as características de sinalização em *H. albopunctatus* aqui estudadas proporcionam uma nova perspectiva para a compreensão da comunicação em anfíbios anuros de hábitos noturnos, um campo ainda com muitas questões para serem exploradas.

7 REFERÊNCIAS

- AHO, A. C et al. Low retinal noise in animals with low body temperature allows high visual sensitivity. **Nature**, v. 334, n. 6180, p. 348-350, jul. 1988.
- ALCOCK, J. **Animal behavior: An evolutionary approach**. 10^a ed. Massachusetts: Sinauer associates, Inc., 2013. 462 p.
- AMÈZQUITA, A.; HÖDL, W. How, when, and where to perform visual displays: the case of the Amazonian frog *Hyla parviceps*. **Herpetologica**, v.60 n.4, p. 420-429, dec. 2004.
- BEE, M. A.; PERRILL, S. A.; OWEN, P. C. Male green frogs lower the pitch of acoustic signals in defense of territories: A possible dishonest signal of size? **Behavioral Ecology**, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2000.
- CALDART, V. M.; IOP, S.; CECHIN, S. Z. Social interactions in a Neotropical stream frog reveal a complex repertoire of visual signals and the use of multimodal communication. **Behaviour**, v. 151, n. 6, p. 719-739, 2014.
- CUMMINGS, M. E. et al. Visual sensitivity to a conspicuous male cue varies by reproductive state in *Physalaemus pustulosus* females. **Journal of Experimental Biology**, v. 211 n.8, p. 1203-1210, 2008.
- DE SÁ, F. P.; ZINA, J.; HADDAD, C. FB. Reproductive dynamics of the Neotropical treefrog *Hypsiboas albopunctatus* (Anura, Hylidae). **Journal of Herpetology**, v. 48, n. 2, p. 181-185, 2014.
- DE SÁ, F. P.; ZINA, J.; HADDAD, C. FB. Sophisticated communication in the Brazilian Torrent Frog *Hylodes japi*. **PLoS One**, v. 11, n. 1, p. e0145444, 2016.
- ENDLER, J. A. Signals, signal conditions, and the direction of evolution. **The American Naturalist**, v. 139, p.125–153, 1992.
- FROST, D. R. **Amphibian Species of the World: an Online Reference**, 2016. Version 6.0. Obtido via base de dados American Museum of Natural History, New York, USA. Disponível em: <<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>> . Acesso em 18/03/2016.
- FORREST, T. G. From sender to receiver: propagation and environmental effects on acoustic signals. **American Zoologist**, v. 34, n. 6, p. 644-654, 1994.
- GIASSON, L.O.M.; HADDAD, C.F.B. Mate choice and reproductive biology of *Hypsiboas albomarginatus* (Anura: Hylidae) in the Atlantic Forest, southeastern Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v.2, n.3, p.157-164, 2007.
- GOMEZ, D. et al. The role of nocturnal vision in mate choice: Females prefer conspicuous males in the European tree frog (*Hyla arborea*). **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, rspb.2009.0168, 2009.

- HADDAD, C. F. B.; GIARETTA, A.A. Visual and acoustic communication in the Brazilian torrent frog, *Hylodes asper* (Anura: Leptodactylidae). **Herpetologica**, p. 324-333, 1999.
- HALLIDAY, T.; TEJEDO, M. Intrasexual selection and alternative mating behaviour. **Amphibian Biology**, v. 2, p. 419-468, 1995.
- HALLOY, M.; ESPINOSA, R. E. Territorial encounters and threat displays in the Neotropical frog *Phyllomedusa sauvagii* (Anura: Hylidae). **Herpetological Natural History**, v. 7, n. 2, p. 175-180, 2000.
- HARTMANN, M. T. et al. Visual communication in Brazilian species of anurans from the Atlantic forest. **Journal of Natural History**, v. 39, n. 19, p. 1675-1685, 2005.
- HEBETS, Eileen A.; PAPA, Daniel R. Complex signal function: developing a framework of testable hypotheses. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 57, n. 3, p. 197-214, 2005.
- HÖDL, W.; AMÉZQUITA, A. Visual signaling in anuran amphibians. In: Rayan M. J. (Ed). **Anuran communication**, Washington, Smithsonian Inst. Press, p. 121-141. 2001.
- KRISHNA, S. N.; KRISHNA, S. B. Visual and acoustic communication in an endemic stream frog, *Micrixalus saxicolus* in the Western Ghats, India. **Amphibia-Reptilia**, v. 27, n. 1, p. 143-147, 2006.
- MARTINS, M.; POMBAL, J. P.; HADDAD, CFB. Escalated aggressive behaviour and facultative parental care in the nest building gladiator frog, *Hyla faber*. **Amphibia-Reptilia**, v. 19, n. 1, p. 65-73, 1998.
- NALI, R. C. **Biologia reprodutiva de *Bokermannohyla ibitiguara* (Anura, Hylidae) em riachos no sudoeste de Minas Gerais**. 2012. 84f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.
- PREININGER, Doris et al. Getting a kick out of it: Multimodal signalling during male–male encounters in the foot-flagging frog *Micrixalus* aff. *saxicola* from the Western Ghats of India. **Current Science**, v. 105, n. 12, p. 1735-1740, 2013.
- RAMALHO, C. E. S. **Interações sociais em *Hypsiboas albopunctatus* (Anura, Hylidae): Os contextos da comunicação acústica e visual**. 2012. 46-f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.
- ROSENTHAL, G. G.; RAND, A. S.; RYAN, M. J. The vocal sac as a visual cue in anuran communication: An experimental analysis using video playback. **Animal Behaviour**, v. 68, n. 1, p. 55-58, 2004.
- SALAROLI, R. B. **Levantamento faunístico e dados de história natural de uma comunidade de anuros, do Distrito de Itapé, Rio Claro, Estado de São Paulo. (Amphibia, Anura)**. 2002. 61p. Trabalho de conclusão de curso de bacharelado em Ciências Biológicas. Universidade Estadual Paulista, Departamento de Zoologia, Rio Claro, São Paulo, 2002.
- SULLIVAN, B. K.; RYAN, M. J.; VERRELL, P. A. Female choice and mating system structure. **Amphibian Biology**, v. 2, p. 469-517, 1995.

TOLEDO, L. F. et al. Visual and acoustic signaling in three species of Brazilian nocturnal tree frogs (Anura, Hylidae). **Phyllomedusa** v.6 p.1, p. 61-68, 2007.

WAGNER, W. E. Deceptive or honest signaling of fighting ability? A test of alternative hypotheses for the function of changes in call dominant frequency by male cricket frogs. **Animal Behaviour**, v. 44, p. 449-462, 1992.