

## Diferenciação de 3 tipos de vocalizações (cantos) na espécie *Brachycephalus pitanga*

Maria da Conceição Farias Freitas Tandel<sup>1</sup>

Selene Loibel<sup>1</sup>

Eliziane Garcia de Oliveira<sup>2 3</sup>

Célio Fernando Baptista Haddad<sup>2</sup>

### 1 Introdução

Em anfíbios anuros adultos as interações sociais envolvem geralmente disputas por fêmeas e territórios e podem incluir sinais acústicos e visuais. A importância da comunicação vocal para a reprodução em anuros e a relativa facilidade de acessar os locais onde eles se reproduzem têm encorajado a investigação de vários aspectos do sistema de sinalização destes animais. Esses estudos vão desde uma descrição do comportamento de vocalização do macho e da estrutura do canto, até investigações neurológicas detalhadas e experimentos comportamentais. Cada espécie de anuro tem diferentes vocalizações e os indivíduos produzem uma variedade de cantos, dependendo do contexto social.

Até 1998 apenas três espécies de *Brachycephalus* estavam descritas. Poucos estudos sobre comunicação acústica e visual foram realizados para o gênero *Brachycephalus*. A partir de então, mais 17 espécies foram descritas ou validadas, aumentando a diversidade conhecida para o gênero. A espécie *Brachycephalus pitanga*, foi descrita em 2009. Cabe notar que a maioria das espécies do gênero *Brachycephalus*, foi descrita recentemente.

As espécies de *Brachycephalus* são conhecidas para áreas de Mata Atlântica nos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, ocorrendo em isolamento a elevações de 600m até 1800 m.

A característica mais marcante do gênero é a miniaturização, como mostra a figura 1.

Destaca-se 3 tipos de vocalizações. O canto de anúncio, o mais comum, possui diversas funções, tais como sinalizar a identidade da espécie, receptividade sexual, posição, tamanho e, em alguns casos, a identidade do macho no coro. Já o canto territorial é produzido por um macho que está defendendo um território quando um segundo macho vocaliza próximo ou dentro do seu território e o canto de antifonia é observado quando dois indivíduos próximos cantam sincronizadamente, de forma que evitam sobrepor os cantos. A descrição dos cantos de anúncio e territorial ocorreu recentemente, em 2012.

---

<sup>1</sup>IGCE- Univ Estadual Paulista, Rio Claro e-mail: [mariacon@rc.unesp.br](mailto:mariacon@rc.unesp.br)

<sup>2</sup>IB - Univ Estadual Paulista, Rio Claro e-mail: [eliziane.garcia@gmail.com](mailto:eliziane.garcia@gmail.com)

<sup>3</sup>Agradecimento ao CNPq e FAPESP, pelo apoio financeiro.



Figura 1: Gênero *Brachycephalus*

Segundo [9], a estrutura dos cantos é semelhante: um conjunto de trinados que são constituídos por um número de pulsos variado.

## 1.1 Objetivo

Poucos estudos sobre comunicação acústica e visual foram realizados para o gênero *Brachycephalus*. O objeto deste trabalho é diferenciar 3 tipos de canto: anúncio, territorial e antifonia.

## 2 Material e métodos

O presente estudo foi realizado no Núcleo Santa Virginia (NSV), que pertence ao Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) e apresenta uma área de 17.000 ha abrangendo os seguintes municípios do Estado de São Paulo: Natividade da Serra, Cunha, Ubatuba e São Luís do Paraitinga, sendo este último o que possui a maior área do Núcleo (7.557,00 ha). O NSV está situado na região de escarpas e reversos da Serra do Mar, no Planalto Paraitinga-Paraibuna, com altitudes variando de 870 m a 1100 m.

Foram realizadas excursões ao campo de janeiro de 2011 a março de 2012, sendo mensais na estação chuvosa (de setembro a março) e bimensais na estação seca.

Para a obtenção e análise das vocalizações, foram realizadas gravações, utilizando-se um gravador Marantz Digital PMD 660 e microfone direcional Sennheiser ME 64. A distância do microfone ao indivíduo variou de aproximadamente 30cm a 100 cm e os indivíduos gravados encontravam-se usualmente sob a serapilheira. A análise das vocalizações foi feita nos softwares PRAAT versão 5.0.05 e Raven Pro 1.3.

Definiu-se como canto um sinal acústico que pode ser uma única nota ou uma série delas. Nota foi definida como uma unidade individual de energia, constituída por um único pulso ou uma sequência deles (trinado).

As notas analisadas para cada unidade amostral, fazem parte de um trecho de um único canto, como mostra a figura 2.

O canto de antifonia é identificado pelo surgimento de 2 padrões diferentes, indicando a comunicação entre dois anuros, como mostra a figura 3.

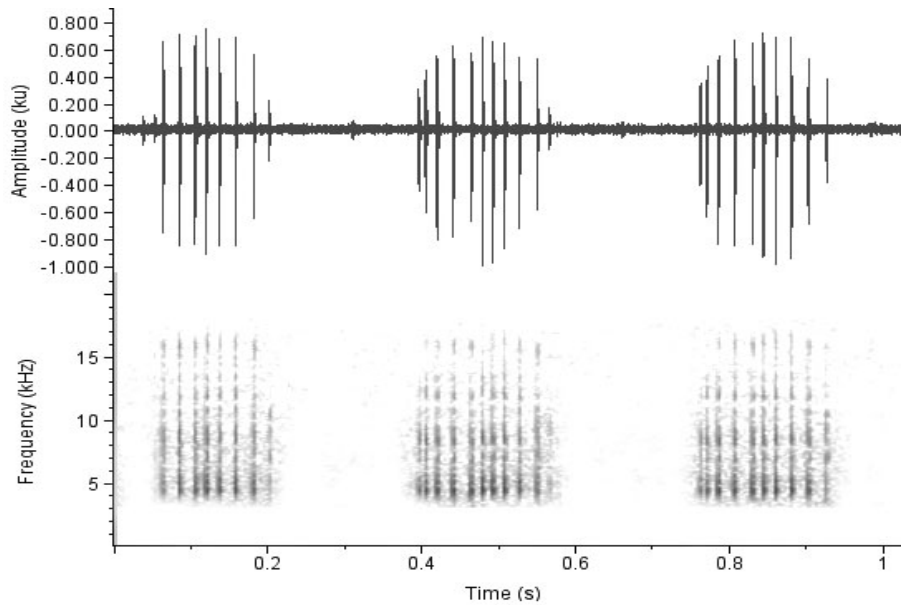


Figura 2: Oscilograma (acima) e espectrograma (abaixo) de três notas do canto de anúncio.

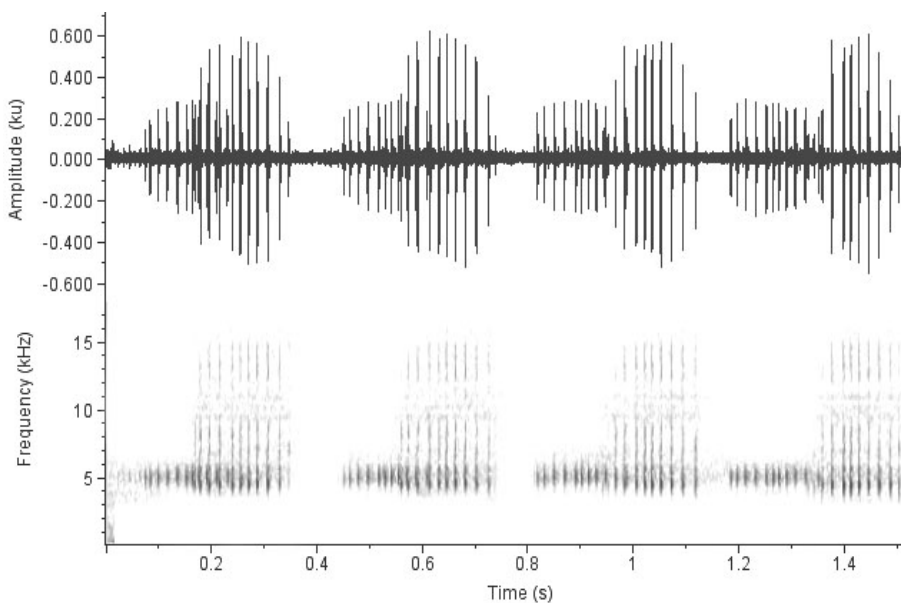


Figura 3: Oscilograma (acima) e espectrograma (abaixo) do canto de antifonia.

A análise estatística de variáveis físicas para diferenciação das vocalizações de diversas espécies animais tem sido focada apenas na descrição do comportamento das variáveis através do cálculo de medidas resumo, apresentação de gráficos e aplicações de testes não paramétricos [3], [10],[16]. Como se vê nas figuras 2 e 3, a análise acústica detalhada é impossível apenas por inspeção visual destes espectogramas. Nestes casos há a possibilidade de processar os sinais acústicos por meio de técnicas digitais e obter uma melhor quantificação da similaridade de sons complexos, possibilitando o uso de técnicas multivariadas para a análise estatística [1]. Esta foi a linha de trabalho que foi adotada.

Os aspectos físicos da nota foram analisados através das variáveis número médio de pulsos dentro da nota, intervalo médio entre as notas, duração média das notas e frequência dominante média.

As análises estatísticas foram realizadas no ambiente computacional e estatístico R [11], usando a interface Tinn-R [4].

Na instalação básica do R, foi possível realizar os seguintes testes: F-Snedecor para análise de variância univariada; vários métodos para análise de variância multivariada, Pillai, Wilks, Hotelling-Lawley e Roy; teste de Bartlett, para igualdade de variâncias de variáveis normais e o teste de Shapiro-Wilk univariado, para normalidade dos dados.

Além dos recursos da instalação básica, utilizou-se outros pacotes contribuídos, para a realização dos demais testes de hipóteses. O teste de Shapiro-Wilk multivariado, para a hipótese de normalidade multivariada encontra-se no pacote "mvnormtest"[7]; o teste de igualdade de matrizes de covariância, M de Box, encontra-se no pacote "biotools"[14]; o teste de Levene para igualdade de variâncias de variáveis não normais, encontra-se no pacote "car"[12]; o teste de igualdade de vetores de médias, teste de Hotelling, encontra-se no pacote "Hotelling"[2]; o cálculo da distância de Mahalanobis encontra-se no pacote "ecodist"[6]; a análise de cluster foi realizada através do pacote "cluster"[8]; o cálculo da função discriminante de Fisher, para realizar a análise discriminante, utilizou o pacote "MASS"[15].

### 3 Resultados e discussões

Foram utilizadas as gravações de 40 anfíbios anuros, da espécie *Brachycephalus pitanga*.

#### 3.1 Descrição da amostra

Foram analisadas 10 notas, para 39 unidades amostrais e 15 notas para uma única unidade amostral, totalizando 40 unidades amostrais (anuros). Para cada unidade amostral, tem-se número médio de pulsos dentro da nota (PUL), intervalo médio entre as notas em segundos (INT), duração média das notas em segundos (DUR) e frequência dominante média em Hertz (FREQ).

## 3.2 Análise preliminar

Nas tabelas 1 , 2 e 3 , considerou-se valores médios por unidade amostral, bem como utilizou-se mais que duas casas decimais para os cálculos. Logo não é possível reproduzir o valor exato do coeficiente de variação, a partir dos valores da média e do desvio padrão impressos. Os dados sugerem uma dificuldade em diferenciar os cantos pelas variáveis utilizadas, exceto pelo número médio de pulsos por nota emitida. O box plot, na figura 4 facilita a comparação entre os grupos de canto.

Observa-se uma semelhança entre o canto de antifonia e o canto territorial, com realce para a diferença entre ambos e o canto de anúncio.

Observa-se também que a frequência dominante média é a variável que menos distingue os cantos. Outra informação relevante é que as variancias destas variáveis parecem ser as mesmas para todos os grupos estudados. Aliada a estas informações tem-se que a duração média da nota é fortemente correlacionada com a duração média do intervalo entre as notas, como mostra a tabela 4.

Estes resultados sugerem que possivelmente a distinção entre os cantos possa ser realizada somente por duas variáveis: duração média das notas e o número médio de pulsos.

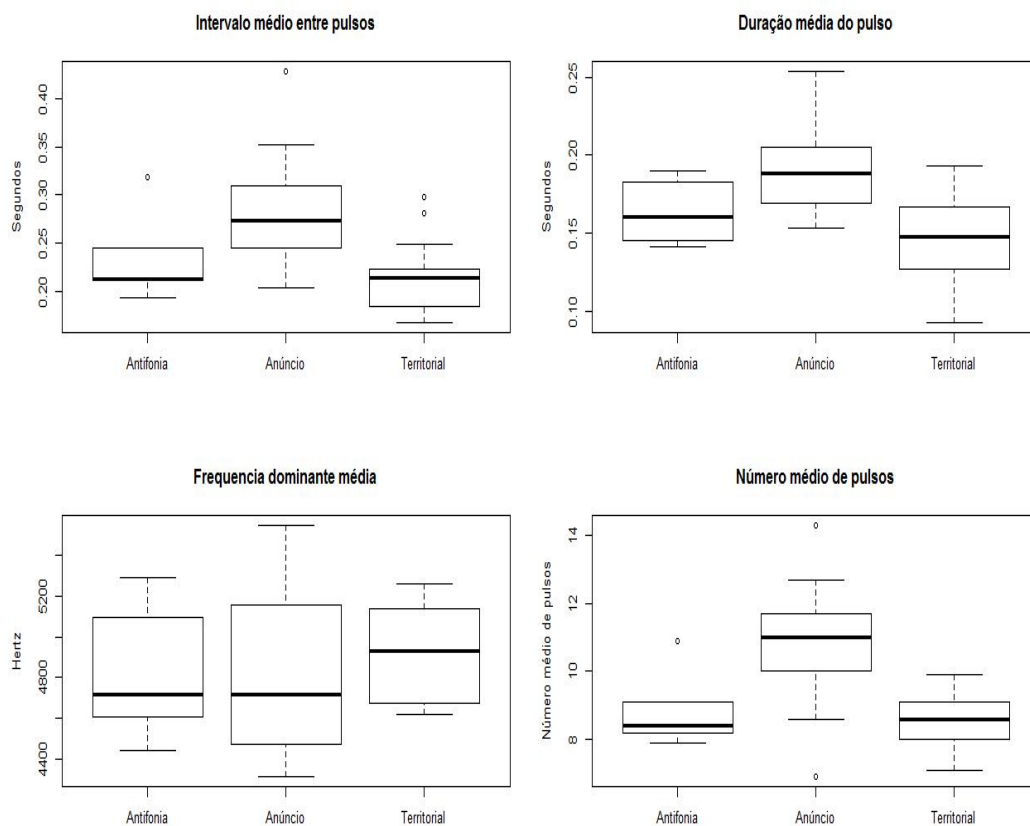


Figura 4: Box plot das variáveis analisadas.

Tabela 1: Canto de **antifonia**: 5 unidades amostrais

| <b>Estimador</b>       | <b>PUL</b> | <b>DUR</b> | <b>INT</b> | <b>FREQ</b> |
|------------------------|------------|------------|------------|-------------|
| Mínimo                 | 7,90       | 0,14       | 0,19       | 4438        |
| 1 <sup>o</sup> Quartil | 8,20       | 0,15       | 0,21       | 4606        |
| Mediana                | 8,40       | 0,16       | 0,21       | 4715        |
| Média                  | 8,90       | 0,16       | 0,24       | 4829        |
| 3 <sup>o</sup> Quartil | 9,10       | 0,18       | 0,25       | 5097        |
| Máximo                 | 10,90      | 0,19       | 0,32       | 5290        |
| Desvio Padrão          | 1,20       | 0,02       | 0,05       | 354         |
| Coef de Variação (%)   | 13,51      | 13,35      | 20,81      | 7,32        |

Tabela 2: Canto de **anúncio**: 21 unidades amostrais

| Estimador              | PUL   | DUR   | INT   | FREQ |
|------------------------|-------|-------|-------|------|
| Mínimo                 | 6,90  | 0,15  | 0,20  | 4311 |
| 1 <sup>o</sup> Quartil | 10,00 | 0,17  | 0,24  | 4471 |
| Mediana                | 11,00 | 0,19  | 0,27  | 4716 |
| Média                  | 10,86 | 0,19  | 0,28  | 4816 |
| 3 <sup>o</sup> Quartil | 11,70 | 0,20  | 0,31  | 5160 |
| Máximo                 | 14,30 | 0,25  | 0,43  | 5550 |
| Desvio Padrão          | 1,62  | 0,03  | 0,05  | 414  |
| Coef de Variação (%)   | 14,91 | 15,47 | 19,59 | 8,59 |

### 3.3 Análise discriminante

Foi conduzida uma análise discriminante com a finalidade de se verificar a possibilidade de se distinguir os cantos que os anuros produzem baseados na observação das variáveis físicas medidas.

Utilizou-se a função discriminante de Fisher, que embora não exija normalidade dos dados, exige que haja homogeneidade das matrizes de covariância dos grupos estudados. Para verificar tal suposição, foi realizado o teste M de Box [14], que por sua vez, exige normalidade multivariada. O teste M de Box é a generalização do teste univariado de igualdade de variâncias de Bartlett e utiliza o método do quociente de verosimilhanças e pressupostos que os vetores de médias dos grupos são desconhecidos.

A normalidade multivariada foi verificada usando-se o teste de Shapiro-Wilk multivariado [7], obtendo-se  $p = 0.4448$ , para o teste onde se utilizou somente 2 variáveis DUR e PUL. Quando se considera as 4 variáveis, não se pode utilizar a suposição de normalidade multivariada ( $p = 0.002$ ). Contudo segundo diversos autores, o teste M de Box, suporta alguns desvios da normalidade.

As matrizes de covariância podem ser consideradas iguais pelo teste M de Box. Os valores de nível descritivo de significância obtidos foram:  $p=0,48$  para as 4 variáveis e  $p = 0,39$  utilizando-se somente 2 variáveis(DUR e PUL). Ou seja, de fato os dados são homocedásticos

Tabela 3: Canto **territorial**: 14 unidades amostrais

| Estimador              | PUL  | DUR   | INT   | FREQ |
|------------------------|------|-------|-------|------|
| Mínimo                 | 7,10 | 0,09  | 0,17  | 4620 |
| 1 <sup>o</sup> Quartil | 8,03 | 0,13  | 0,19  | 4675 |
| Mediana                | 8,60 | 0,15  | 0,21  | 4931 |
| Média                  | 8,58 | 0,15  | 0,22  | 4925 |
| 3 <sup>o</sup> Quartil | 9,10 | 0,16  | 0,22  | 5129 |
| Máximo                 | 9,90 | 0,19  | 0,30  | 5264 |
| Desvio Padrão          | 0,85 | 0,03  | 0,04  | 232  |
| Coef de Variação (%)   | 9,92 | 18,32 | 17,46 | 4,71 |

Tabela 4: Correlação linear de Pearson

| Variável | INT  | DUR   | FREQ  | PUL  |
|----------|------|-------|-------|------|
| INT      | 1.00 | 0.71  | 0.04  | 0.23 |
| DUR      | 0.71 | 1.00  | -0.04 | 0.39 |
| FREQ     | 0.04 | -0.04 | 1.00  | 0.05 |
| PUL      | 0.23 | 0.39  | 0.05  | 1.00 |

em relação aos grupos de canto estudados.

Para a construção da função discriminante de Fisher, separou-se aleatoriamente, 20 unidades amostrais para a estimação, amostra de treino, e 20 unidades para classificação a posteriori.

Tabela 5: Amostras de treino e classificação

| Amostra       | Antifonia | Anúncio | Territorial |
|---------------|-----------|---------|-------------|
| Treino        | 1         | 10      | 9           |
| Classificação | 4         | 11      | 5           |

A tabela 5 mostra que a amostra de treino, estimação, foi constituída de 1 unidade amostral cujo canto observado é de antifonia, 10 cujo canto é de anúncio e 9 cujo canto é territorial. A amostra para classificação a posteriori é constituída de 4 unidades amostrais cujo canto observado é de antifonia, 11 cujo canto é de anúncio e 5 cujo canto é territorial.

Realizou-se a classificação cruzada, ou seja, a real classificação do canto com a obtida pela função discriminante. Tal procedimento foi realizado para duas situações: levando-se em conta todas as variáveis e somente com as variáveis duração média da nota e número médio de pulsos da nota.

Para o caso no qual se utilizou todas as variáveis as funções discriminantes obtidas foram:

$$f_1 = 13,28DUR + 3,36INT - 0,0001FREQ + 0,61PUL$$

$$f_2 = 30,10DUR - 6,45INT - 0,002FREQ - 0,29PUL$$

Para o caso no qual se utilizou somente duas variáveis as funções discriminantes obtidas foram:

$$f_1 = 18,49DUR + 0,59PUL$$

$$f_2 = -30,00DUR + 0,45PUL$$

Ambos os resultados são muito semelhantes, destacando-se a boa discriminação do canto de anúncio e a dificuldade em separar o canto de antifonia do canto territorial, como ilustram as tabelas 6 e 7. A classificação do canto de anúncio é a mais precisa. Vê-se claramente a troca de

Tabela 6: Classificação cruzada com todas as 4 variáveis.

| Canto observado | Canto classificado |         |             |
|-----------------|--------------------|---------|-------------|
|                 | Antifonia          | Anúncio | Territorial |
| Antifonia       | 1                  | 1       | 2           |
| Anúncio         | 1                  | 10      | 0           |
| Territorial     | 3                  | 0       | 2           |

classificação do canto territorial com o canto de antifonia e vice e versa. Várias amostras foram geradas para treino com resultados semelhantes.

Tabela 7: Classificação cruzada com DUR e PUL

| Canto observado | Canto classificado |         |             |
|-----------------|--------------------|---------|-------------|
|                 | Antifonia          | Anúncio | Territorial |
| Antifonia       | 2                  | 1       | 1           |
| Anúncio         | 1                  | 10      | 0           |
| Territorial     | 3                  | 1       | 1           |

### 3.4 Análise de cluster

Com a finalidade de agrupar as unidades amostrais semelhantes, realizou-se uma análise de cluster.

Primeiramente utilizaram-se todas as variáveis disponíveis, 4 variáveis. Optou-se pela distância de Mahalanobis Generalizada, uma vez que há diferenças nas escalas das variáveis e há correlação entre elas. O objetivo é verificar se os agrupamentos coincidem com os grupos que são formados de acordo com o tipo de vocalização (canto).

Vários métodos hierárquicos foram testados: vizinho mais próximo, vizinho mais longe e ligação média.

O método de detecção de outlier sugerido em [13] foi utilizado. Considera-se outlier a



observação cuja distancia de Mahalanobis ao quadrado ( $D^2$ ), satisfaz a seguinte expressão:

$$D^2 \geq F_{p;n-p,alfa} \frac{p(n-1)}{(n-p)}$$

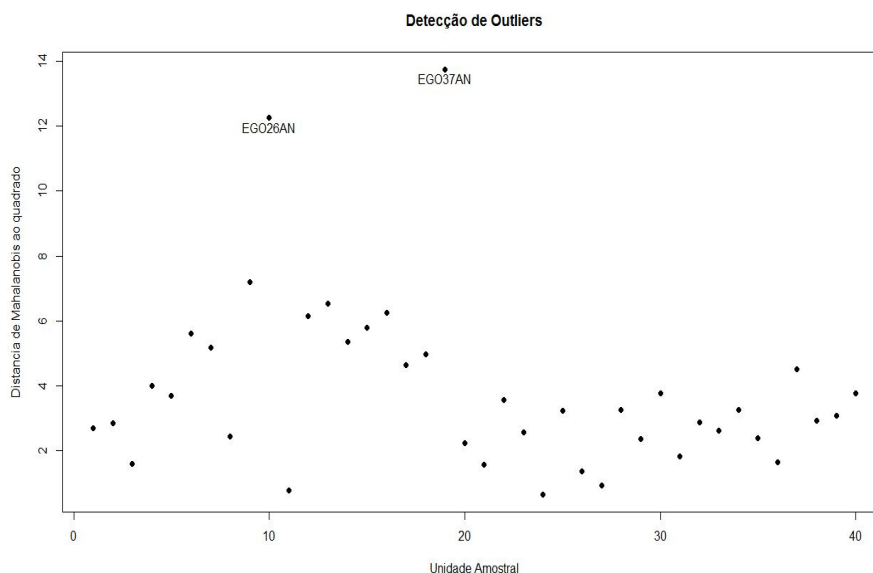


Figura 5: Descrição da distancia da Mahalanobis.

Dois outliers foram identificados. Decidiu-se eliminá-los para posteriormente realizar a classificação dos grupos. Ambas as unidades amostrais emitiram vocalização de anúncio, como mostra a figura 5.

Os dendogramas gerados, utilizando-se métodos hierárquicos, podem ser analisados pela correlação cofenética. Segundo [5], a correlação cofenética mede o grau de preservação das distancias emparelhadas pelo dendograma, resultante do agrupamento, em relação as distâncias originais. Uma correlação cofenética desejável é acima de 0,7. Esta é uma medida da qualidade do agrupamento.

A função agnes do pacote Cluster, do software R [11], imprime uma outra medida da qualidade do agrupamento. Trata-se do coeficiente aglomerativo, que é calculado da seguinte forma: seja  $m(i)$  o quociente entre o valor da dissimilaridade da observação  $i$ , quando é agrupada pela primeira vez, e o valor da dissimilaridade, quando ocorre a etapa final de sua inserção em algum agrupamento. O coeficiente aglomerativo é a média de  $1 - m(i)$  para todas as  $i=1$  até  $n$ , observações.

Como foi visto anteriormente, tanto a frecuencia dominante média como o intervalo entre as notas não precisam ser usados como variáveis de distinção, uma vez que o intervalo médio é altamente correlacionado com a duração média da nota e a frecuencia dominante pode ser considerada a mesma para os 3 grupos. Portanto as análises de cluster também foram realizadas somente com estas duas variáveis: DUR e PUL.

A tabela 8 mostra os valores dos coeficientes aglomerativos e da correlação cofenética para os métodos utilizados, realizando-se a análise de cluster com todas as 4 variáveis estudadas e somente com as duas de maior interesse: DUR e PUL.

O melhor dendograma foi obtido pelo método do vizinho mais longe, usando somente duas variáveis, DUR e PUL, como mostra a figura 6.

Observa-se claramente que as unidades amostrais que emitiram o canto de anúncio formam um grupo separado do grupo que emitiu o canto territorial, que por sua vez não pode ser separado das unidades amostrais cuja vocalização é o canto de antifonia. O que corrobora com o fato de que o canto de antifonia não está bem caracterizado pelas variáveis utilizadas.

Tabela 8: Correlação cofenética e coeficiente aglomerativo.

| Coeficiente       | Vizinho mais próx |       | Vizinho mais longe |       | Distancia média |       |
|-------------------|-------------------|-------|--------------------|-------|-----------------|-------|
|                   | 4 var             | 2 var | 4 var              | 2 var | 4 var           | 2 var |
| Cor cofenética    | 0,46              | 0,49  | 0,46               | 0,58  | 0,58            | 0,60  |
| Coef aglomerativo | 0,70              | 0,81  | 0,94               | 0,99  | 0,86            | 0,97  |

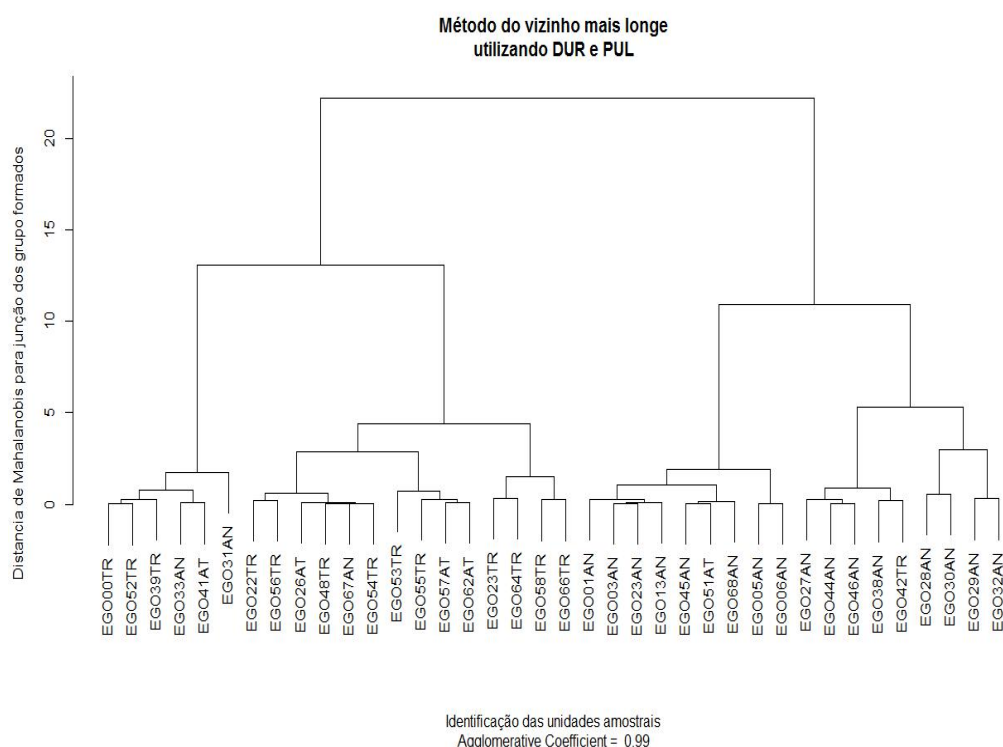


Figura 6: Dendograma- Método vizinho mais longe com DUR e PUL

### 3.5 Testes de significância para comparar as diferenças entre os 3 tipos de vocalizações

Primeiramente testou-se a normalidade univariada. Somente o intervalo médio entre notas não tem distribuição normal ( $p=0,03$ ). Testou-se a igualdade das variâncias entre os 3 tipos de vocalizações, obtendo-se homocedasticidade em todos os casos, como mostra a tabela 9.

A Normalidade multivariada pode ser adotada quando se considera somente 2 variáveis: DUR e PUL (teste de Shapiro-Wilk multivariado,  $p = 0,44$ ).

Uma análise de variância univariada foi realizada e verificou-se que frequência dominante média é a mesma para todos os grupos de canto (teste F-Snedecor com  $p = 0,60$ ).

Tabela 9: Níveis descritivos de Significancia ( $p$ ) para o Teste de Normalidade Univariado e para o teste de igualdade de variâncias entre os 3 tipos de canto.

| Variável | Shapiro-Wilk | Battlet | Levene |
|----------|--------------|---------|--------|
| FREQ     | 0,10         | 0,11    | —      |
| DUR      | 0,91         | 0,76    | —      |
| PUL      | 0,42         | 0,07    | —      |
| INT      | 0,03         | —       | 0,48   |

Utilizou-se uma análise de variância multivariada para testar a igualdade dos 3 tipos de vocalizações, utilizando-se as variáveis DUR e PUL.

Vários métodos foram utilizados, disponíveis na função manova do software R, método de Pillai, Wilks, Hotelling-Lawley e Roy. Todos forneceram  $p < 0,00004$ , indicando que existe diferença entre os 3 grupos que emitem as 3 vocalizações.

Esta diferença é detectada entre o grupo que emite o canto territorial e o grupo que emite o canto de anúncio (teste de Hotelling,  $p < 0,0000008$ ). Enquanto que, o grupo que emite o canto de antifonia pode ser considerado igual ao grupo que emite o canto territorial, (teste de Hotelling com  $p = 0,39$ ).

## 4 Conclusões

É possível caracterizar os cantos somente pela duração média da nota e número médio de pulsos da nota.

Existe correlação significativa entre duração média da nota e o intervalo médio entre elas.

A frequência dominante média é a mesma para as 3 vocalizações.

Não é possível distinguir o canto de antifonia do canto territorial. Outras medidas precisam ser propostas para a distinção do canto de antifonia.

O canto de anúncio tem maior duração média da nota e maior número médio de pulsos dentro da nota, quando comparado ao canto territorial.

Todos os 3 tipos de vocalizações apresentam a mesma variabilidade com relação as variáveis analisadas.

## 5 Bibliografia

### Referências

- [1] BAKER, M. C. ; LOGUE, D. M. Population differentiation in a complex bird sound: A comparison of three bioacoustical analysis procedures. **Ethology**. Blackwell Verlag, Berlin. v.109, p. 223-242, 2003.
- [2] CURRAN, JAMES M. **Hotelling: Hotelling's T-squared test and variants**. 2013. R package version 1.0-2. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=Hotelling>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2014.
- [3] DIAS, A. F. S. **Comparação e descrição de parâmetros acústicos do canto de *Volutinia jacarina* (Aves:Emberizidae) no contexto de seleção sexual**. 2009. 60p. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal), Universidade de Brasília, 2009.
- [4] FARIA, J. C.; GROSJEAN, P.; JELIHOVSCHI, E. G.; PIETROBON, R. **Tinn-R Editor - GUI for R language and environment**. 2014. R Editor-GUI version 3.0.3.5. Disponível em: <http://nbcgib.uesc.br/lec/software/editores/tinn-r>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2014.
- [5] FERREIRA, D. F. **Estatística Multivariada**. Lavras: Editora da UFLA. 2008. 661 p.
- [6] GOSLEE, SARAH C.; URBAN, DEAN L. **The ecodist package for dissimilarity-based analysis of ecological data**. 2013. R package version 1.2.9. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=ecodist>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2014.
- [7] JAREK, S. **mvnormtest: Normality test for multivariate variables**. 2012. R package version 0.1-9. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=mvnormtest>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2014.
- [8] MAECHLER, M.; ROUSSEEUW, P.; STRUYF, A.; HUBERT, M.; HORNIK, K. **cluster: Cluster analysis basics and extensions**. 2013. R package version 1.14.4. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=cluster>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2014.
- [9] OLIVEIRA, E. G. **História natural de *Brachycephalus pitanga* (Anura: *Brachycephalidae*) no núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar, Estado de São**

- Paulo.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), UNESP Univ Estadual Paulista, 2013.
- [10] PAIM, F. P. ; QUEIROZ, H. L. Diferenças nos parâmetros acústicos das vocalizações de alarme das espécies de Saimiri Voigh, 1831 (Primates, Cebidae) na floresta de várzea - Reserva Mamirauá. **UAKARI**, v.5, n.1, p.49-60, 2009.
- [11] R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. 2013. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.r-project.org/>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2014.
- [12] R CORE TEAM et.all. **car: Companion to applied regression**. 2013. R package version 2.0-19. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=car>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2014.
- [13] SARTORIO, S. D. **Aplicações de técnicas de análise multivariada em experimentos agropecuários usando software R**. 2008. 131 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- [14] SILVA, A. R. **biotools: Tools for biometry and applied statistics in agricultural science**. 2014. R package version 1.0. <http://CRAN.R-project.org/package=biotools>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2014.
- [15] VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D.; BATES,D.; HORNIK, K.; GEBHARDT, A.; FIRTH, D. **MASS: Modern applied statistics with S**. 2013. R package version 7.3-29. <http://CRAN.R-project.org/package=MASS>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2014.
- [16] WANG, X. On cortical coding of vocal communication sounds in primates. **Colloquium, PNAS**, v.97, n.22, p. 11843-11849, 2000.