

VERÔNICA BARDI DE SOUZA

VARIAÇÃO DO CRÂNIO E DA MANDÍBULA EM *Callithrix* ERXLEBEN, 1777  
(PLATYRRHINI, CALLITRICHIDAE): RESULTADOS DE UMA ABORDAGEM  
ATRAVÉS DE MORFOMETRIA GEOMÉTRICA

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S729v  
2016 Souza, Verônica Bardi de, 1991-  
Variação do crânio e da mandíbula em *Callithrix* Erxleben,  
1777 (Platyrrhini, Callitrichidae) : resultados de uma abordagem  
através de morfometria geométrica / Verônica Bardi de Souza. –  
Viçosa, MG, 2016.  
xvii, 110f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Pedro Seyferth Ribeiro Romano.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Callithrix*. 2. *Callithrix* - Morfologia. 3. Crânio.  
4. Mandíbula. 5. Primatas. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Biologia Animal. Programa de Pós-graduação  
em Biologia Animal. II. Título.

CDD 22 ed. 599.84

VERÔNICA BARDI DE SOUZA

VARIAÇÃO DO CRÂNIO E DA MANDÍBULA EM *Callithrix* ERXLEBEN, 1777  
(PLATYRRHINI, CALLITRICHIDAE): RESULTADOS DE UMA ABORDAGEM  
ATRAVÉS DE MORFOMETRIA GEOMÉTRICA

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Biologia Animal,  
para obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2016

VERÔNICA BARDI DE SOUZA

**VARIAÇÃO DO CRÂNIO E DA MANDÍBULA EM *Callithrix* ERXLEBEN,  
1777 (PLATYRRHINI, CALLITRICHIDAE): RESULTADOS DE UMA  
ABORDAGEM ATRAVÉS DE MORFOMETRIA GEOMÉTRICA**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Biologia Animal,  
para obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

APROVADA: 17 de Outubro de 2016.

---

Jorge Abdala Dergam dos Santos

---

Leandro Rabello Monteiro

---

Pedro Seyferth Ribeiro Romano  
(Orientador)

*“You cannot get through a single day without having an impact on the world around you. What you do makes a difference and what you have to decide what kind of difference you want to make.”*

**Jane Goodall**

## AGRADECIMENTOS

Nesses mais de dois anos de Viçosa, tenho muito e muitas pessoas à quem agradecer. Aqui vivenciei coisas novas, conheci pessoas diferentes, amadureci e cresci muito como pessoa. Sendo assim, agradeço:

Ao Programa de Biologia Animal da UFV, pela oportunidade de realização do Mestrado e a CAPES, pela bolsa concedida durante dois anos.

Aos membros da banca, Leandro Monteiro e Jorge Dergam e as suplentes, Gisele Lessa e Joanna Malukiewicz pela colaboração e disponibilidade.

Ao Professor Pedro Romano, que aceitou me ajudar com mais de um período do mestrado já passado, a todo apoio, orientação e confiança durante o desenvolvimento do trabalho.

A todos colegas e amigos do LAPOC: a minha querida amiga Nati, pela amizade sincera e companheirismo; aos amigos de morfometria, Aspira e Léo, obrigada pelas conversas, dicas e amizade; ao implicante do Kane (também conhecido como Kito, Marquito, Wesleysemfeijão e Kane West), obrigada pela amizade e pela ajuda no arcMap; a Isa, pelas nossas conversas sobre signo, feminismo e o que mais viesse; a Monique, por ser a mamãe do LAPOC; aos atuais e passados colegas Bella, Toshibinha, Manira, Elisa, Patê, Mauro e aos novatos Luiza e Laio.

Aos curadores, técnicos e estudantes das coleções científicas que me auxiliaram durante o levantamento de dados, em especial ao Dr. João Alves Oliveira e ao técnico Sérgio M. Vaz da coleção mastozoológica do Museu Nacional, onde eu passei quase um mês. Ao curador da coleção mastozoológica do Museu da Universidade de São Paulo Mario de Vivo, pela autorização e a técnica Juliana Gualda, por ter me auxiliado durante o tempo que passei nessa instituição, também agradeço ao aluno de mestrado José Eduardo Villavicencio pelas conversas sobre o programa MorphoJ. À curadora Dr. Claudia Guimarães Costa, da coleção do Museu de ciências naturais da PUC-MG, e ao aluno Júlio César pela ajuda. Ao curador Dr. Fernando Perini, que me recebeu na coleção da UFMG e a aluna Rafaela Missagia pelas informações concedidas. À técnica Juliana Paulo da Silva, que me ajudou na Coleção do Museu Melo Leitão. Claro que não poderia deixar de agradecer a família do Museu João Moojen, a Dr. Gisele Mendes Lessa, pela autorização e em especial a Polly e ao Zizo, que sempre me ajudaram que precisiei.

Aos profs Dr. Ita de Oliveira e Dr. Vanner Boere, por me apresentarem Viçosa.

A IUCN Red List pela concessão dos arquivos de distribuição das espécies.

Aos amigos que Viçosa me deu, Vinicius, Fernandinha, Flávio e Milene, aprendi muito com vocês nesse tempo e nutro um carinho muito grande por todos, quero que nossa amizade extrapole Viçosa! E Mi, muito obrigada pela ajuda na formatação da dissertação! Aos meus queridos macacólogos, Joanna, quero agradecer a confiança e a oportunidade por ter me convidado a participar da mesa redonda, e Daniel, por ter sido um companheiro tão bom. Nós três já compartilhamos tantas coisas, seja no Espírito Santo ou em Manaus...que nossa parceria continue e que seja sempre esse pão Neto.

Aos peludinhos que estão sempre comigo (pelo menos os pelos estão), e fazem o meu dia a dia muito mais feliz: Luck, meu ceguinho; Jorge, o porquinho fudum; Pulga, o pretinho medroso; Wicca, gatinha folgada; Mica, gordinha rancorosa e Mike, o ratinho bravo.

À Priscilla, a feliz surpresa que encontrei na etapa final de Mestrado, obrigada pela paciência, pelo companheirismo, pelo carinho e pela ajuda, sem você essa etapa teria sido muito mais difícil.

Aos meus amigos de Jundiaí. À galera da faculdade especialmente as meninas Jaque, Tássia e Marta, uma das melhores partes da faculdade foram vocês. Ao professor Sérgio Seike que sempre me incentivou a continuar com os estudos. E aos meus amigos da vida: Thunder, Arthur e Samara, vocês foram e são muito importantes na minha vida! Vocês fizeram que as minhas voltas a Jundiaí fossem sempre alegres.

À todos os outros amigos, não menos importantes, que torceram por mim e acreditaram nessa conquista.

À minha família pelo apoio e incentivo em especial meu irmão, Vinícius, meus avós, Dona Élide, Seu Válder e Dona Wilma e meus padrinhos, tia Kátia e tio Mi e principalmente meus pais, Darci e Claudio, obrigada por toda ajuda, não somente durante esse período, mas por toda a vida. Obrigada a todos por serem exemplos de pessoas guerreiras, sei que a saudade apertou as vezes, mas foi tudo por um bom motivo.

Por último, mas não menos importante, quero agradecer a Deus pela vida e pela oportunidade de recomeço.

## SUMÁRIO

|                                                    |             |
|----------------------------------------------------|-------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>                       | <b>vii</b>  |
| <b>LISTA DE QUADROS.....</b>                       | <b>xi</b>   |
| <b>LISTA DE APÊNDICE.....</b>                      | <b>xiii</b> |
| <b>RESUMO.....</b>                                 | <b>xiv</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                              | <b>xvi</b>  |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                         | <b>1</b>    |
| 1.1. Histórico taxonômico do gênero .....          | 1           |
| 1.2. Caracterização do gênero .....                | 5           |
| 1.2.1. Distribuição e status de conservação.....   | 5           |
| 1.2.2. Características morfológicas .....          | 7           |
| 1.3. Hibridização.....                             | 12          |
| 1.4. Morfometria Geométrica .....                  | 14          |
| 1.5. Objetivos.....                                | 16          |
| 1.5.1. Objetivo geral:.....                        | 16          |
| 1.5.2. Objetivos específicos: .....                | 16          |
| <b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>                 | <b>17</b>   |
| 2.1. Amostra.....                                  | 17          |
| 2.2. Mapa .....                                    | 18          |
| 2.3. Definição dos marcos anatômicos .....         | 19          |
| 2.4. Preliminares .....                            | 23          |
| 2.4.1. Testes de erro .....                        | 23          |
| 2.4.2. Simetria .....                              | 24          |
| 2.4.3. Visualização da mudança do formato .....    | 25          |
| 2.4.4. Superimposição de Procrustes.....           | 26          |
| 2.4.5. Pressupostos do CVA.....                    | 26          |
| 2.5. Análises estatísticas .....                   | 27          |
| 2.5.1. Dimorfismo sexual .....                     | 27          |
| 2.5.2. Variação do formato entre as espécies ..... | 28          |
| 2.5.3. Comparações do tamanho .....                | 28          |
| 2.5.4. Análises Multivariadas .....                | 29          |
| 2.5.5. Método filogenético comparativo .....       | 30          |

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5.6. Análise de agrupamento ( <i>Cluster</i> ).....           | 31        |
| <b>3. RESULTADOS .....</b>                                      | <b>32</b> |
| 3.1. Mapa .....                                                 | 32        |
| 3.2. Testes de Erro .....                                       | 33        |
| 3.3. Dimorfismo Sexual .....                                    | 33        |
| 3.3.1 Tamanho.....                                              | 33        |
| 3.3.2. Formato .....                                            | 36        |
| 3.4. Comparação do tamanho entre as espécies .....              | 39        |
| 3.5. Visualização da mudança do formato entre as espécies ..... | 41        |
| 3.6. Análise de Componentes Principais (PCA) .....              | 44        |
| 3.7. Análise de Variável Canônica (CVA).....                    | 47        |
| 3.8. Método filogenético .....                                  | 59        |
| 3.8.1 Reconstrução do <i>shape</i> do ancestral.....            | 59        |
| 3.8.2. Sinal filogenético.....                                  | 64        |
| 3.9. Análise de agrupamento ( <i>Cluster</i> ) .....            | 66        |
| <b>4. DISCUSSÃO .....</b>                                       | <b>67</b> |
| 4.1. Distribuição das espécies .....                            | 67        |
| 4.2. Dimorfismo sexual.....                                     | 68        |
| 4.3. Tamanho do crânio e mandíbula.....                         | 69        |
| 4.4. Grupos de Mendes <i>et al.</i> (2009).....                 | 70        |
| 4.5. Adaptações para escarificação .....                        | 71        |
| 4.6. Similaridades morfológicas entre as espécies.....          | 73        |
| 4.7. <i>C. aurita</i> x <i>C. flaviceps</i> .....               | 74        |
| <b>5. CONCLUSÕES.....</b>                                       | <b>77</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS .....</b>                                     | <b>78</b> |
| <b>7. APÊNDICES .....</b>                                       | <b>91</b> |

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Mapa de distribuição das espécies de *Callithrix*, retirado de Rylands *et al.* (2009).....7
- Figura 2-** Ilustração de Stephen Nash, extraído de Ford *et al.* (2009).....9
- Figura 3-** Vista lateral do lado esquerdo do crânio de *Callithrix jacchus* MZUFV 2356. Os pontos em vermelho indicam os marcos anatômicos, numerados em azul na ordem da digitação. As siglas em amarelo representam as seguintes estruturas: E: Etmoidal; F: Frontal; I: Incisivo; L: Lacrimal; M: Maxila; N: Nasal; O: Occipital; P: Parietal; Pa: Palatino; Pt: Pterigóide; S: Escamosal e T: Temporal. A sigla em verde (Lt) e a linha pontilhada representam a Linha Temporal.....20
- Figura 4-** Vista ventral do crânio de *Callithrix penicillata* MZUFV 688. Os pontos em vermelho indicam os marcos anatômicos, numerados em azul na ordem da digitação. As siglas em amarelo representam as seguintes estruturas: Bo: Basioccipital; I: Incisivo; M: Maxilar; O: Occipital; P: Parietal; Plh: Lamina horizontal do osso palatino; Ps: Pré-esfenóide; Pt: Pterigóide; S: Esfenóide; T: Temporal; Tpt: Partes timpânicas e petrosais do osso temporal; V: Vômer Z: Zigomático.....21
- Figura 5-** Vista dorsal da mandíbula de *Callithrix penicillata* MNRJ 11320. A sigla em amarelo (Ma) representa o único osso da mandíbula: osso mandibular. Os pontos em vermelho indicam os marcos anatômicos, numerados em azul na ordem da digitação.....22
- Figura 6-** Relações filogenéticas de *Callithrix* segundo Garbino (2015). Os números abaixo dos ramos indicam os valores de *bootstrap* da análise original do autor. Retirado de Garbino (2015).....30
- Figura 7-** Área de distribuição das espécies segundo IUCN (Maio/2016). Os pontos indicam a procedência dos espécimes analisados e as áreas coloridas a área de distribuição para cada espécie. *Callithrix geoffroyi* é indicado em verde, *C. aurita* em vermelho, *C. flaviceps* em amarelo, *C. penicillata* em rosa, *C. jacchus* em azul claro e *C. kuhlii* em azul escuro.....32
- Figura 8-** Gráficos biplot com a distribuição do tamanho do centróide de fêmeas e machos de todas as espécies nas vistas (a) lateral e (b) ventral do crânio e dorsal da

mandíbula (c). Linhas verticais representam valores extremos e círculos os outliers.....34

**Figura 9-** Gráfico biplot com a distribuição do tamanho do centróide de fêmeas e machos nas três vistas. Linhas verticais representam valores extremos.....35

**Figura 10-** PCA com as projeções individuais para os dois primeiros componentes principais de machos (azul) e fêmeas (vermelho) de todas as espécies nas vistas lateral (a) e ventral (b) do crânio e dorsal da mandíbula (c).....38

**Figura 11-** Gráficos *boxplot* com a distribuição do tamanho do centróide de todas as espécies nas vistas (a) lateral e (b) ventral do crânio e dorsal da mandíbula (c). Linhas verticais representam valores extremos e círculos os *outliers*.....40

**Figura 12-** Comparação do contorno médio de cada espécie (azul escuro) com o contorno médio geral (azul claro). Os círculos representam os marcos anatômicos e os números em vermelho indicam a ordem da digitalização dos mesmos.....42

**Figura 13-** Projeções individuais dos espécimes analisados no PCA sobre a matriz de resíduos procrustes da vista lateral do crânio. Os *outlines* em azul escuro representam as deformações cranianas encontradas nas extremidades dos eixos PC1 (abaixo) e PC2 (na esquerda), já os *outlines* em azul claro representam a deformação média. Os valores abaixo dos *outlines* indicam os extremos das variações positiva e negativa para cada PC..... 45

**Figura 14-** Gráfico dos escores do PC1 e PC2 da matriz de resíduos procrustes da vista ventral do crânio. Os *outlines* em azul escuro representam as deformações cranianas encontradas nas extremidades dos eixos PC1 (abaixo) e PC2 (na esquerda), já os *outlines* em azul claro representam a deformação média. Os valores abaixo dos *outlines* indicam os extremos das variações positiva e negativa para cada PC.....46

**Figura 15-** Gráfico dos escores do PC1 e PC2 da matriz de resíduos procrustes da vista dorsal da mandíbula. Os *outlines* em azul escuro representam as deformações da mandíbula encontradas nas extremidades dos eixos PC1 (abaixo) e PC2 (na esquerda), já os *outlines* em azul claro representam a deformação média. Os valores abaixo dos *outlines* indicam os extremos das variações positiva e negativa para cada PC.....47

**Figura 16-** Gráfico dos escores das variáveis canônicas CV1 e CV2 da vista lateral do crânio. Os *outlines* em azul escuro representam as deformações cranianas encontradas nas extremidades dos eixos CV1 (abaixo) e CV2 (na esquerda), já os *outlines* em azul claro representam a deformação média. Os valores abaixo dos *outlines* indicam os extremos das variações positiva e negativa para cada CV.....48

**Figura 17-** Gráfico dos escores das variáveis canônicas CV1 e CV2 da vista ventral do crânio. Os *outlines* em azul escuro representam as deformações cranianas encontradas nas extremidades dos eixos CV1 (abaixo) e CV2 (na esquerda), já os *outlines* em azul claro representam a deformação média. Os valores abaixo dos *outlines* indicam os extremos das variações positiva e negativa para cada CV.....51

**Figura 18-** Gráfico dos escores das variáveis canônicas CV1 e CV2 da vista dorsal da mandíbula. Os *outlines* em azul escuro representam as deformações cranianas encontradas nas extremidades dos eixos CV1 (abaixo) e CV2 (na esquerda), já os *outlines* em azul claro representam a deformação média. Os valores abaixo dos *outlines* indicam os extremos das variações positiva e negativa para cada CV.....53

**Figura 19-** Variações no formato das espécies e seus ancestrais na vista lateral do crânio. Os números representam os ancestrais. As grades de deformação, plotadas com os contornos, representam as deformações médias dos grupos em relação ao ancestral. O ancestral do gênero (nó 2) não apresenta deformações.....61

**Figura 20-** Variações no formato das espécies e seus ancestrais na vista ventral do crânio. Os números representam os ancestrais. As grades de deformação, plotadas com os contornos, representam as deformações médias dos grupos em relação ao ancestral. O ancestral do gênero (nó 2) não apresenta deformações.....62

**Figura 21-** Variações no formato das espécies e seus ancestrais na vista dorsal da mandíbula. Os números representam os ancestrais. As grades de deformação, plotadas com os contornos, representam as deformações médias dos grupos em relação ao ancestral. O ancestral do gênero (nó 2) não apresenta deformações.....63

**Figura 22-** Filomorfoespaço demonstrando a relação entre PC1 e PC2 nas vistas: (a) crânio lateral; (b) mandíbula dorsal e (c) crânio ventral. Tendo como base a filogenia de Garbino (2015). Os pontos indicam a média de cada espécie.....65

**Figura 23-** Agrupamentos fenéticos (UPGMA) utilizando distâncias Euclidianas entre as seis espécies de *Callithrix*. (A) crânio lateral, (B) crânio ventral, (C), mandíbula dorsal, (D) matriz com as coordenadas das vistas lateral e ventral do crânio e (E) matriz com todas as coordenadas.....67

**Figura 24-** Topologia de estudos anteriores com o gênero *Callithrix*.....77

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Quadro 1-</b> Número amostral do estudo, discriminado para cada vista observada (detalhes no item 2.2. Definição dos marcos anatômicos). O número em cada célula contempla o número de espécimes de cada espécie analisados por vista, além do número total de espécimes analisados por espécie. .... | 17 |
| <b>Quadro 2-</b> Descrição e tipo de homologia (segundo Bookstein, 1991) dos marcos anatômicos utilizados na vista lateral do crânio. ....                                                                                                                                                               | 20 |
| <b>Quadro 3-</b> Descrição e tipo de homologia (segundo Bookstein, 1991) dos marcos anatômicos utilizados na vista ventral do crânio. ....                                                                                                                                                               | 21 |
| <b>Quadro 4-</b> Descrição e tipo de homologia (segundo Bookstein, 1991) dos marcos anatômicos utilizados na vista dorsal da mandíbula. ....                                                                                                                                                             | 22 |
| <b>Quadro 5-</b> Número de espécimes analisados em cada vista nas análises de dimorfismo sexual. ....                                                                                                                                                                                                    | 28 |
| <b>Quadro 6-</b> Número máximo, médio e mínimo encontrado no cálculo de distância de Procrustes dos testes de erro (digitalização e repetição). ....                                                                                                                                                     | 33 |
| <b>Quadro 7-</b> Teste-t do dimorfismo sexual nas espécies nas vistas lateral e ventral cranianas e dorsal mandibular. ....                                                                                                                                                                              | 35 |
| <b>Quadro 8-</b> Validação cruzada de fêmeas e machos das seis espécies nas três vistas. ....                                                                                                                                                                                                            | 37 |
| <b>Quadro 9-</b> Distâncias de Mahalanobis entre as espécies e seu <i>p</i> -valor para teste de permutação de 1000 réplicas. Resultado do CVA da vista lateral do crânio. ....                                                                                                                          | 49 |
| <b>Quadro 10-</b> Distâncias de Procrustes entre as espécies e seu <i>p</i> -valor para teste de permutação de 1000 réplicas. Resultado do CVA da vista lateral do crânio. ....                                                                                                                          | 50 |
| <b>Quadro 11-</b> Distâncias de Mahalanobis entre as espécies e seu <i>p</i> -valor para teste de permutação de 1000 réplicas. Resultado do CVA da vista ventral do crânio. ....                                                                                                                         | 52 |
| <b>Quadro 12-</b> Distâncias de Procrustes entre as espécies e seu <i>p</i> -valor para teste de permutação de 1000 réplicas. Resultado do CVA da vista ventral do crânio. ....                                                                                                                          | 52 |

|                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Quadro 13-</b> Distâncias de Mahalanobis entre as espécies e seu <i>p-valor</i> para teste de permutação de 1000 réplicas. Resultado do CVA da vista dorsal da mandíbula. .... | 54 |
| <b>Quadro 14-</b> Distâncias de Procrustes entre as espécies e seu <i>p-valor</i> para teste de permutação de 1000 réplicas. Resultado do CVA da vista dorsal da mandíbula. ....  | 54 |
| <b>Quadro 15-</b> Validação cruzada par a par das espécies na vista lateral do crânio .....                                                                                       | 56 |
| <b>Quadro 16-</b> Validação cruzada par a par das espécies na vista ventral do crânio.....                                                                                        | 57 |
| <b>Quadro 17-</b> Validação cruzada par a par das espécies na vista dorsal da mandíbula ...                                                                                       | 58 |

**LISTA DE APÊNDICE**

|                      |                                                                                                                                              |     |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>APÊNDICE I-</b>   | Quadro com a descrição dos exemplares fotografados.....                                                                                      | 92  |
| <b>APÊNDICE II-</b>  | Ilustrações do crânio e mandíbula digitalizadas utilizadas nos testes de erro.....                                                           | 103 |
| <b>APÊNDICE III-</b> | Projeções individuais dos espécimes analisados no PCA sobre a matriz de resíduos procrustes dos testes de digitalização.....                 | 104 |
| <b>APÊNDICE IV-</b>  | Projeções individuais dos espécimes analisados no PCA sobre a matriz de resíduos procrustes dos testes de repetição.....                     | 105 |
| <b>APÊNDICE V-</b>   | Histograma de frequências dos escores discriminantes para machos e fêmeas através do teste de validação cruzada um-a-um das três vistas..... | 106 |
| <b>APÊNDICE VI-</b>  | Gráficos com o percentual de variação dos PCAs das três vistas.....                                                                          | 109 |
| <b>APÊNDICE VII-</b> | Resultados dos testes das premissas do CVA.....                                                                                              | 110 |

## RESUMO

SOUZA, Verônica Bardi, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2016.  
**Variação do crânio e da mandíbula em *Callithrix* Erxleben, 1777 (Platyrrhini, Callitrichidae): resultados de uma abordagem através de morfometria geométrica.**  
Orientador: Pedro Seyferth Ribeiro Romano. Coorientadora: Ita de Oliveira e Silva.

O gênero *Callithrix* Erxleben, 1777 possui um histórico taxonômico polêmico, sendo tema de diversos estudos. Atualmente são reconhecidas seis espécies: *C. jacchus*, *C. penicillata*, *C. geoffroyi*, *C. kuhlii*, *C. aurita* e *C. flaviceps*, sendo a última, devido à escassez de espécimes depositados em coleções científicas, pouco estudada. A relação de proximidade entre essas espécies ainda não é clara, sendo que Mendes *et al.* (2009) propuseram uma separação do gênero em dois grupos (*aurita* e *jacchus*). Possuem hábitos alimentares peculiares, tendo a gomivoria como um dos recursos mais importantes. O sucesso na obtenção da goma através da escarificação, se deu graças a algumas modificações morfológicas, especialmente no crânio, mandíbula e dentição. Pela falta de estudos morfométricos que incluam todas as espécies do gênero, utilizando caracteres do crânio e da mandíbula, o objetivo principal desse estudo foi avaliar o dimorfismo sexual e a variação morfológica do crânio e mandíbula entre as espécies do gênero através de morfometria geométrica. Para isso, foram incluídos 452 espécimes (*C. aurita*, n=24; *C. flaviceps*, n=14; *C. geoffroyi*, n=88; *C. jacchus*, n=71; *C. kuhlii*, n=110; *C. penicillata*, n=145), sendo analisadas três vistas, sendo elas: duas do crânio (lateral e ventral) e uma da mandíbula (dorsal), com respectivamente, 19, 28 e 18 marcos anatômicos bidimensionais. Os testes de dimorfismo sexual, foram realizados levando em consideração separadamente tamanho e formato. Para as análises de tamanho, foram realizadas *boxplot* tendo como base o tamanho do centróide e *teste-t*; já para o formato, foram realizadas análises de Análise discriminante (DA) e Análise de componentes principais (PCA). A ausência de dimorfismo sexual foi evidente em todas as análises. A comparação do tamanho entre as espécies também foi realizada da mesma maneira, tendo como resultado em ordem crescente: *C. jacchus* < *C. penicillata* < *C. kuhlii* < *C. geoffroyi* < *C. aurita* < *C. flaviceps*. As PCAs de cada vista apresentaram grandes sobreposições, já nas análises de variáveis canônicas (CVA), é possível observar uma maior separação entre os grupos *jacchus* e *aurita* (que é corroborada pelas medidas de distância de

Procrustes e Mahalanobis), porém a distinção de todas as espécies não foi evidente. Para a visualização da variação do formato do crânio e da mandíbula entre as espécies, foram utilizadas as configurações médias de cada espécie em comparação com a média geral, nessa análise é perceptível as diferenças morfológicas específicas. De modo geral, as espécies do grupo aurita englobam modificações no crânio como aumento da caixa craniana e retrusão da arcada dentária superior, na mandíbula também apresentam a retrusão da arcada, enquanto que as espécies do grupo jacchus possuem a caixa craniana mais comprimida e arcadas superiores e inferiores mais protrusas. De forma complementar, reconstruímos o formato ancestral e testamos o sinal filogenético tendo como base a topologia encontrada por Garbino (2015), onde das três vistas analisadas, a vista lateral do crânio não refutou a hipótese da ausência do sinal filogenético. Apesar da similaridade morfológica, a dicotomia proposta por Mendes *et al.* (2009), se mostrou constante nas diferentes análises. Por essa separação também ser vista nos hábitos alimentares, nós atribuímos esse padrão encontrado a um *constraint* morfológico resultante da grande especialização necessária para a realização da escarificação.

## ABSTRACT

SOUZA, Verônica Bardi, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October 2016.  
**Morphological variations of skull and mandible in *Callithrix* Erxleben, 1777 (Platyrrhini, Callitrichidae) from an approach using geometric morphometrics.**  
 Adviser: Pedro Seyferth Ribeiro Romano. Coadviser: Ita de Oliveira e Silva.

The genus *Callithrix* Erxleben, 1777 has an intricate taxonomic history, for this reason it has been the subject of several studies. Recently there are recognized six species: *C. jacchus*, *C. penicillata*, *C. geoffroyi*, *C. kuhlii*, *C. aurita* e *C. flaviceps*, the last one is the less studied due to the lack of specimens deposited in scientific collections. The relationship between these species is unclear; Mendes *et al.* (2009) proposed a genus split in two groups (*aurita* and *jacchus*). The members of *Callithrix* have a peculiar feeding behavior, the gummivory is one of the most important resource, but to obtain gum via tree-gouging, some morphological changes were required, especially on the skull, mandible and teeth. Due the lack of morphometric studies using skull and jaw characters including all species of the genus, the main of present study was to evaluate the sexual dimorphism and morphological variations of the skull and lower jaw between the species of the genus using geometric morphometrics. For it were included 452 specimens (*C. aurita*, n=24; *C. flaviceps*, n=14; *C. geoffroyi*, n=88; *C. jacchus*, n=71; *C. kuhlii*, n=110; *C. penicillata*, n=145) and three different views were analyzed: two of skull (lateral and ventral view) and one of mandible (dorsal view) with respectively 19, 28 and 18 two-dimensional landmarks. Sexual dimorphism tests were carried out considering size and shape separately, the analysis of size boxplot were made based on the centroid size and t-test, for the shape, were conducted analyses of discriminant analysis (DA) and principal components analysis (PCA). It was observed the absence of sexual dimorphism in all analyses. The skull and mandible size comparison between the species was also performed with the same technique, resulting in the increasing order: *C. jacchus* < *C. penicillata* < *C. kuhlii* < *C. geoffroyi* < *C. aurita* < *C. flaviceps*. The PCAs of each skull and mandible views shows several overlaps, nevertheless, on the canonical variables analysis (CVA), it is possible to observe a greater separation between the groups (which is corroborated by the Procrustes and Mahalanobis distance measurements), however the distinction of all species was unclear. For the visualization of changes on shape of skull

and mandible between species were made a comparison using the consensus configuration. This analysis shows noticeable morphological differences between the species. In General the species of aurita-group included modifications in the skull like an increase in braincase and retrusion of upper jaw dental also show the retrusion of the arcade in mandible, while the species of the jacchus-group has a compressed braincase and an upper and lower arches more protruded. Complementary, the ancestral shape of skull and mandible was rebuilded and we tested the phylogenetic signal based on the topology describe by Garbino (2015), in which the three views examined, one do not refuted the hypothesis of the absence of phylogenetic signal. Despite morphological similarity, the dichotomy by Mendes *et al.* (2009) has shown constant in the analyses. This separation is also found in dietary habits, so we can assign that the pattern observed is a morphological constraint from the great morphological specialization required for the tree-gouging accomplishment.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Histórico taxonômico do gênero

Primeiramente, é preciso conceituar o termo espécie utilizado em alguns estudos que serão abordados posteriormente. Inicialmente, o conceito de espécie biológico definia espécies por “grupos de populações real ou potencialmente inter cruzantes que estão isoladas reprodutivamente de outros grupos” (Mayr, 1963). Porém, esse conceito foi atualizado, sendo atualmente mais abrangente, admitindo o intercâmbio genético interespecífico (Coyne & Orr, 2004), ou seja, a presença de híbridos entre duas ou mais espécies, não invalida essas como espécies plenas. Essa reformulação do conceito foi seguida por diferentes estudos abrangendo *Callithrix* (de Vivo, 1991; Natori, 1994; Marroig, 1995; Rylands, Schneider, Mittermeier, Groves, *et al.* 2000; Marroig *et al.*, 2004).

O gênero *Callithrix* Exleben, 1777 possui um histórico taxonômico polêmico, sendo tema constante de discussões (*e.g.* Thomas, 1903; Ávila-Pires, 1969). A espécie mais estudada do gênero, *Callithrix jacchus*, conhecida popularmente como “sagui comum” ou “sagui-de-tufo-branco” foi descrita primeiramente por Linnaeus (1758), sendo atribuída ao gênero *Simia*, que na ocasião abrangia um grande número de outros primatas, tanto platirrinos (macacos do novo mundo) quanto catarrinos (macacos do velho mundo). Atualmente o gênero *Simia* não é mais válido, sendo suprimido pela Comissão Internacional de Nomenclatura Zoológica (1929). A atribuição do nome *Callithrix* Erxleben, 1777 não foi aceita de forma unânime na comunidade científica, havendo propostas de criação de outros gêneros, sendo a mais adotada a de Illiger (1811), que propôs a criação de *Hapale* como gênero que incluía *Saguinus*, *Lentopithecus*, além de *Callithrix jacchus*, de modo que tal nomenclatura foi utilizada em trabalhos até a década de 1970 (*e.g.* Petit-Maire, 1971). Após extensos trabalhos que tratavam da revisão do gênero (Napier e Napier, 1967; Hershkovitz, 1968, 1975, 1977; Ávila-Pires, 1969, 1974; Coimbra-Filho e Mittermeier, 1973; Napier, 1976) *Hapale* foi sendo abandonado, dando lugar a nomenclatura *Callithrix*. Dentre estas revisões, a mais importante é de Hershkovitz (1977), na qual o autor apresenta explicitamente as características do gênero e propõem sua divisão em dois grupos. O primeiro grupo, monoespecífico, denominado

“jacchus”, composto por *Callithrix jacchus* e subdividido por cinco subespécies (*C. j. jacchus*, *C. j. penicillata*, *C. j. geoffroyi*, *C. j. flaviceps* e *C. j. aurita*), possui uma distribuição geográfica no Nordeste, na costa Atlântica e no Brasil Central. Já o segundo grupo denominado “argentata”, é composto por duas espécies, *C. argentata* subdividido por três subespécies (*C. a. argentata*, *C. a. leucippe* e *C. a. melanura*) e *C. humeralifer* com também três subespécies (*C. h. humeralifer*, *C. h. intermedius* e *C. h. crhysoleuca*), essas espécies estão presentes, geograficamente, principalmente na região amazônica. A separação dos grupos foi baseada principalmente em caracteres de pelagem, sendo esse tipo de caractere muito usado para a distinção de primatas no geral (de Vivo, 1991).

Já com o nome *Callithrix* estabelecido, o gênero tem sido alvo de debates no que tange a abrangência de espécies e status taxonômico das mesmas. Rosemberger (1981, 1984) propôs a alocação de *Cebuella pygmaea* (espécie monotípica de *Cebuella*) em *Callithrix*, o que foi questionado por outros autores (e.g. de Vivo, 1991). Mesmo após críticas, estudos posteriores, como os de Groves (1989), Nagamachi *et al.* (1992), Porter *et al.* (1997) e Barroso *et al.* (1997), alocaram *Cebuella pygmaea* em *Callithrix*. Groves (1989) alegou que infantes de *Callithrix* são bastantes semelhantes à *Cebuella pygmaea*, sugerindo que essa espécie fosse uma forma pedomórfica de *Callithrix*. Dados de sequência de mtDNA (Tagliaro *et al.*, 1997) e citogenéticos (Schneider *et al.*, 1993) indicam que *Cebuella* é mais semelhante às espécies do grupo “argentata” do que grupo “jacchus”. Estudos moleculares (Barroso *et al.*, 1997; Porter *et al.*, 1997) mostraram a parafilia em *Callithrix* (os autores incluíram as espécies de *Mico* e de *Cebuella* no gênero), na qual *Cebuella* agrupou-se às espécies do grupo “argentata”, dissociando-se do grupo “jacchus”.

Também há controvérsias na validação dos gêneros *Mico* e *Callibella*. Rylands (2000), sugeriu a revalidação do gênero *Mico* (Lesson, 1840) e nele incluiu as espécies pertencentes ao grupo “argentata” de Hershkovitz, 1977. Em 2003, Roosmalen e Roosmalen criam o gênero *Callibella* para *Callithrix humilis* que havia sido englobado em *Mico* por Rylands (2000).

Devido essa grande discordância entre autores acerca da validação dos gêneros, Groves (2001, 2005) retomou a classificação e categorizou *Mico*, *Cebuella* e *Callibella* como um subgênero de *Callithrix*, tendo como base o conceito filogenético de espécie. Essa discrepância de resultados motivou a realização de revisões desses gêneros, sendo a

mais recente a de Garbino (2015), na qual o autor realiza, no intuito de validar o número de gêneros para a tribo, uma análise filogenética utilizando 21 espécies integrantes da tribo Callitrichini (gêneros *Mico*, *Cebuella*, *Callibella* e *Callithrix*), abrangendo caracteres contínuos e discretos de diferentes naturezas: osteológicas, pelagem e tegumento, cariótipo e vocais. Através desses caracteres morfológicos, o autor só não conseguiu diferenciar gêneros *Callibella* de *Mico* – classificação essa que é corroborada por dados moleculares (Schneider *et al.*, 2012; Schneider e Sampaio, 2015).

Quanto às espécies de Callithrichidae, nos últimos trinta anos seu número mais que dobrou, passou de 16 para 42 e o número de gêneros aumentou de cinco para sete. Sobre esse aumento, uma das justificativas é a elevação da categoria de subespécie para espécie, como ocorrido com *Callithrix*, no qual pelo menos quatro das seis espécies atuais passaram por essas mudanças (Mittermeier e Coimbra-Filho, 1981; Rosenberger, 1984; Natori, 1986, 1990; Mittermeier *et al.*, 1988; de Vivo, 1991; Natori e Shigehara, 1992; Rylands *et al.*, 2000; Groves, 2001; 2005). Nesse sentido, a nova classificação feita com base em caracteres de diferentes naturezas (morfológicos, moleculares, citogenéticos) resultou em diferentes arranjos para as relações internas do gênero. Rosenberger (1984) assumiu a validação como espécies plenas a partir de caracteres de pelagem. Mittermeier *et al.* (1988) sugeriram que pelo menos as formas *C. aurita*, *C. geoffroyi*, *C. penicillata*, *C. jacchus* e *C. kuhlii* deveriam ser tratadas como espécies plenas, com exceção de *C. flaviceps*, que deveria ser tratada como subespécie de *C. aurita*. Vale destacar que esses autores chegaram a essa conclusão, mesmo com a presença de híbridos nas áreas de contato das distribuições das espécies. De Vivo (1991), por sua vez, considerou como espécie todas as pertencentes ao grupo “jacchus”, com exceção de *C. kuhlii*. Já Natori (1986, 1990) e Natori e Shigehara (1992), com base características dentárias, e Natori (1994) no seu estudo do crânio, consideraram como espécie plena os seis táxons. Reanalizando distribuição geográfica, variação da pelagem e estudo da vocalização, Mendes (1997) e Marroig e Cheverud (2004), com estudo de variação morfológica do crânio, também chegaram a conclusão da validação de espécies. Em relação aos estudos citogenéticos, estes divergem entre si quanto as conclusões taxonômicas. Nagamachi (1995) e Nagamachi *et al.* (1997), concluíram que as espécies do gênero possuem um cariótipo muito homogêneo (exceto o tamanho e morfologia do cromossomo Y, que era variável inclusive dentro da população de *C. jacchus*), portanto não era possível fazer uma inferência taxonômica. Já Tagliaro *et al.* (1997), analisando DNA mitocondrial,

conseguiram apenas distinguir *C. geoffroyi* e *C. aurita* como “entidades evolucionárias distintas”. Estudando padrões do sistema de proteína, Meireles *et al.* (1992, 1998) concluíram que os indivíduos deveriam ser classificados como subespécies. Malukiewicz *et al.* (2014), estudando DNA mitocondrial, encontraram *C. penicillata* e *C. kuhlii* em polifilia, assim como visto em trabalhos anteriores (*e.g.*, Tagliaro *et al.*, 1997, 2000; Schneider *et al.*, 2012).

Há duas principais espécies que geram controvérsias quanto seu status taxonômico: *C. flaviceps* e *C. kuhlii*. Desse modo, Coimbra-Filho (1986 a, b), Mittermeier *et al.* (1988) e Coimbra-Filho *et al.* (1993, 1997), classificaram *C. flaviceps* como uma subespécie de *C. aurita*, baseando-se no argumento das similaridades de pelagem e adaptações ecológicas entre as duas espécies. Porém, ambas as espécies carecem de estudos detalhados sobre a distribuição geográfica (de Vivo 1991; Coimbra-Filho *et al.* 1993; Mendes 1997), e de forma complementar, de Vivo (1991) aponta que parapatría ou alopatria sozinhas não são suficientes para classificar como subespécie, já que não há uma visível variação clinal entre essas espécies. Além disso, existem também poucos estudos que incluem *C. flaviceps*, por tratar-se de uma espécie pouco amostrada. Em relação a *C. kuhlii*, Coimbra-Filho (1971) apontou que haveria duas subespécies de *C. penicillata*, sendo uma delas a atual *C. penicillata* e a outra *C. kuhlii*. Hershkovitz (1975; 1977), relatou que *kuhlii* era na verdade uma forma híbrida de *C. geoffroyi* e *C. penicillata*. Mittermeier e Coimbra-Filho (1981) reafirmaram a validade de *C. kuhlii*, porém nesse estudo, fizeram a mudança na categoria taxonômica de subespécie para espécie. Em relação a classificação de Vivo (1991), *C. kuhlii* é um sinônimo júnior de *C. penicillata*. Coimbra-Filho *et al.* (2006), voltam a afirmar que *C. kuhlii* seria uma espécie plena, analisando proles provenientes de cruzamentos em cativeiro das espécies *C. penicillata*, *C. geoffroyi*, *C. kuhlii* e *C. jacchus* com o objetivo de testar a hipótese de que *kuhlii* seria uma forma híbrida entre algumas dessas espécies, porém nenhum desses cruzamentos resultaram em proles fenotipicamente semelhantes a *C. kuhlii*. Os autores também fizeram um levantamento de trabalhos anteriores com caracteres de diferentes naturezas, sendo elas morfológicas, genéticas, geográficas, ecológicas e comportamentais, encontrando características exclusivas de *C. kuhlii*, dando dessa forma um maior aporte para a categorização taxonômica.

A divisão do gênero *Callithrix* em dois grupos já estava implícita desde Hershkovitz (1977), quando esse considerou *C. flaviceps* como uma forma mais clara de

*C. aurita*, aproximando dessa forma essas duas espécies. Estudos posteriores utilizando dados de diferentes naturezas, corroboram essa diferenciação, como dados moleculares (Tagliaro *et al.*, 1997; Sena *et al.*, 2002) e morfológicos (Natori 1986, 1994; Marroig e Cheverud 2004; Garbino, 2015). Porém Mendes *et al.* (2009), em seu estudo baseado nas vocalizações das seis espécies, deixou essa separação explícita e nomeou esses grupos. O grupo *aurita* é composto por *C. aurita* e *C. flaviceps*, enquanto o grupo *jacchus* é composto por *C. jacchus*, *C. penicillata*, *C. geoffroyi* e *C. kuhlii*. Outro aspecto importante no trabalho de Mendes é a clara distinção da vocalização entre todas as seis espécies.

No presente trabalho nós consideramos *Callithrix* na concepção de Rylands *et al.* (2009), composto por *C. jacchus*, *C. penicillata*, *C. geoffroyi*, *C. kuhlii*, *C. aurita* e *C. flaviceps*.

## 1.2. Caracterização do gênero

### 1.2.1. Distribuição e status de conservação

Devido à grande distribuição territorial do gênero, à proximidade com áreas urbanas de algumas espécies e ao uso em estudos biomédicos (principalmente em *C. jacchus*), aspectos comportamentais, taxonômicos, ecológicos e fisiológicos foram bastante estudados em *Callithrix* (*e.g.* Coimbra-Filho e Mittermeier, 1973; Hershkovitz, 1977; de Vivo, 1991; Mendes *et al.*, 2009; Garbino, 2015). As espécies estão distribuídas no leste, nordeste e Brasil central (Hershkovitz, 1977; de Vivo, 1991). Na figura 1, é apresentada a distribuição das espécies segundo Rylands *et al.* (2009). *C. jacchus* ocorre em todos os estados da região nordeste, mas na Bahia sua distribuição se limita a porção norte, alcançando o Recôncavo baiano. Essa região possui uma vegetação complexa, predominando a caatinga, mas com trechos de florestas úmidas próximo à costa leste, já na porção mais meridional há áreas de interdigitação com o cerrado (de Vivo, 1991). Na interdigitação desses dois biomas, a distribuição de *C. jacchus* beira a de *C. penicillata* (sagui-estrela). Essa espécie habita os domínios tropical atlântico, cerrado e caatinga, abrangendo os estados região sudoeste do Piauí, Maranhão, Bahia, Goiás, Minas Gerais

e norte de São Paulo (Hershkovitz, 1977). O limite oeste se expande pelo rio Araguaia, atingindo a região nordeste do Mato Grosso Sul. No estado de Minas Gerais a distribuição de *C. penicillata* se aproxima com a de *C. geoffroyi*, sendo que essas ocorrem em margens opostas do Rio Jequitinhonha (Rylands *et al.*, 1988). O sagui-da-cara-branca, *C. geoffroyi*, ocorre em apenas dois estados: Minas Gerais e Espírito Santo, onde o domínio morfoclimático predominante é tropical atlântico (de Vivo, 1991). A distribuição de *C. geoffroyi* sobrepõem a de *C. flaviceps* no Espírito Santo, na região sul do Rio Doce (Rylands *et al.*, 2009). As espécies *C. aurita* e *C. flaviceps* que recebem o nome popular de sagui-da-serra, possuem sua distribuição mais restrita. Dentre essas duas espécies, *C. aurita* tem distribuição mais abrangente, ocorrendo em altitudes que variam do nível do mar ao limite de ocorrência das florestas na Mantiqueira e Serra dos Órgãos (acima de 2.000m), ocorrendo nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Já *C. flaviceps* tem sua distribuição mais restrita, ocupando ambientes com altitudes maiores que 400 metros de altitude nos estados Espírito Santo e Minas Gerais. O domínio morfoclimático da distribuição dessas duas espécies é tropical atlântico (de Vivo, 1991). Finalmente, *C. kuhlii* tem sua distribuição restrita ao sul do Rio Jequitinhonha e ao norte do Rio de Contas, situados ao sul da Bahia (Coimbra-Filho, 1985; 1990). Algumas das barreiras importantes que limitam a distribuição das espécies e, potencialmente serviram para os processos de especiação em *Callithrix* são: Rio Doce, por separar o clado *C. aurita* + *C. flaviceps* de *C. geoffroyi* e *C. kuhlii* (Hershkovitz, 1968), e a região do Rio Jequitinhonha, onde a distribuição de *C. penicillata* cessa e começa a de *C. kuhlii* (Garbino, 2013). Costa e Leite (2012), em seu estudo de diversificação dos vertebrados na floresta atlântica, também encontraram descontinuidades filogeográficas na região Rio Jequitinhonha.

As espécies com a distribuição mais restrita (*C. aurita* e *C. flaviceps*) possuem os status de conservação mais preocupantes segundo a Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN, 2008). *C. aurita* é considerada “vulnerável” e *C. flaviceps* “em perigo”, ambas apresentando um declínio populacional continuado. Já *C. kuhlii* se encontra em uma situação mais favorável, se enquadrando na classificação de “quase ameaçada”, porém também apresenta declínio populacional. Os restantes das espécies não apresentam preocupação imediata em relação a questões conservacionistas. Esse é um dos motivos do pequeno n amostral de *C. aurita* e *C. flaviceps* em coleções científicas, o que impediu a inclusão de

*C. flaviceps* em diversos estudos (e.g. Sena *et al.*, 2002; Roosmalen e Roosmalen, 2003; Schneider *et al.*, 2012).

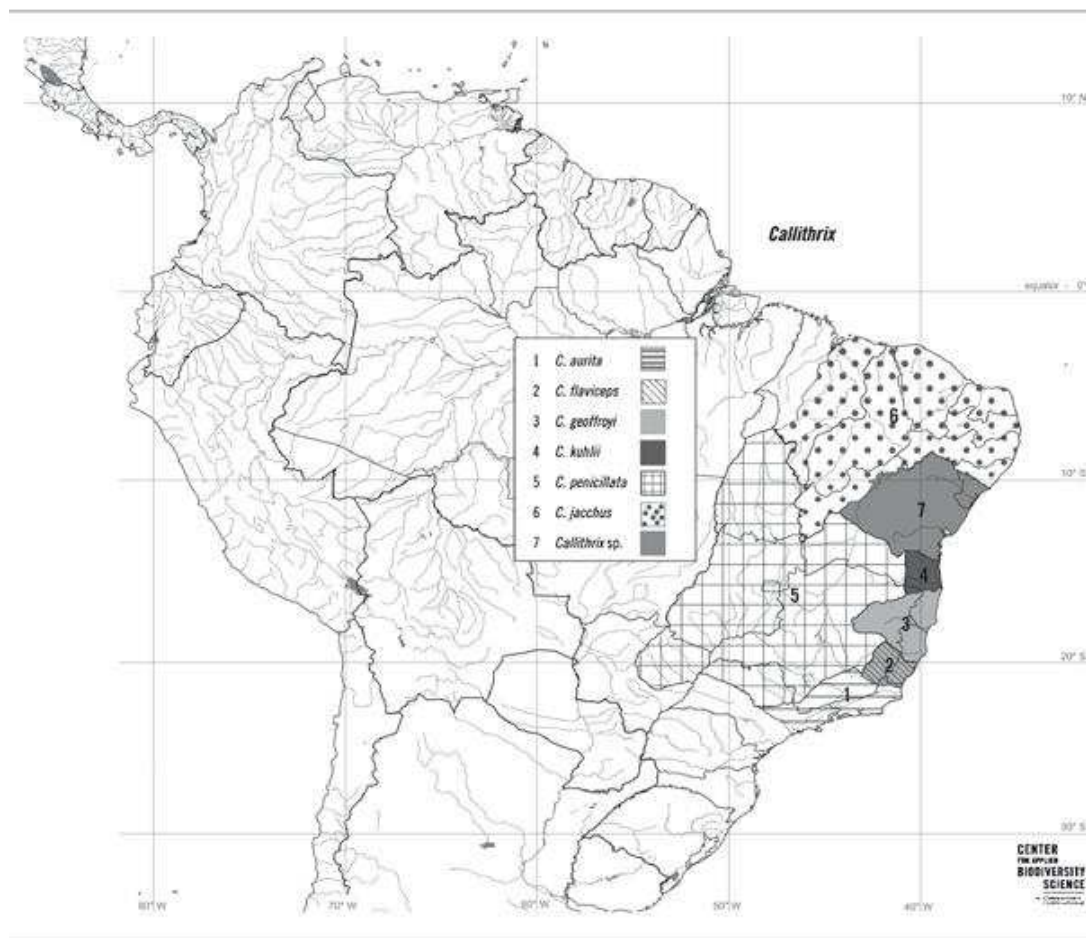


Figura 1- Mapa de distribuição das espécies de *Callithrix*, retirado de Rylands *et al.* (2009).

## 1.2.2. Características morfológicas

### 1.2.2.1. Coloração e pelagem

Os táxons do gênero *Callithrix* são distinguíveis por caracteres de coloração e pelagem: coloração e disposição dos tufo, presença ou ausência de manchas coloridas na região da face e padrão de coloração da pelagem do corpo (de Vivo, 1991). Ilustrações das seis espécies podem ser vistas na figura 2. Uma importante distinção entre *Callithrix* e *Mico* é a presença dos tufo auriculares, sendo sempre presentes em *Callithrix*, porém com disposição e coloração diferenciados. *C. aurita* e *C. flaviceps* possuem tufo

auriculares, ambos branco amarelados e curtos, *C. geoffroyi* e *C. penicillata* possuem tufo pré-auricular negro, mais longo em *C. penicillata*, *C. jacchus* apresenta tufo circum-auricular branco (de Vivo, 1991), enquanto *C. kuhlii* possui tufo pré-auricular negro (Coimbra-Filho *et al.*, 2006). Esses tufo crescem apenas depois de seis semanas de idade (Stevenson e Rylands, 1988), antes disso os filhotes das espécies do gênero são bastantes semelhantes.

Outra característica morfológica bastante usada para o reconhecimento das espécies é a coloração facial. *Callithrix jacchus* apresenta o rosto preto/cinza escuro com uma marca branca na testa. Marca semelhante é encontrada em *C. penicillata*, sendo esse o motivo de seu nome popular “sagui-estrela”. Entretanto, *C. penicillata* possui a coloração do rosto e dos tufo auriculares escura, diferente de *C. jacchus*, que possui tufo de coloração clara. *C. kuhlii* possui uma coloração acinzentada ao redor da face, sendo possível também a visualização da mancha branca na testa. *C. geoffroyi* apresenta a coloração facial completamente branca. As outras duas espécies fogem desse padrão de coloração branco/cinza/preto, possuindo uma coloração mais amarelada. *C. aurita* possui os lados da cabeça densamente peludos e pretos, enquanto que a testa, bochechas e queixo são branco-amarelados, formando uma “caveira”. A última espécie, *C. flaviceps*, possui o mesmo padrão de “caveira” de *C. aurita*, porém na lateral da face a coloração também é amarelada, sendo semelhante à cor dos tufo.

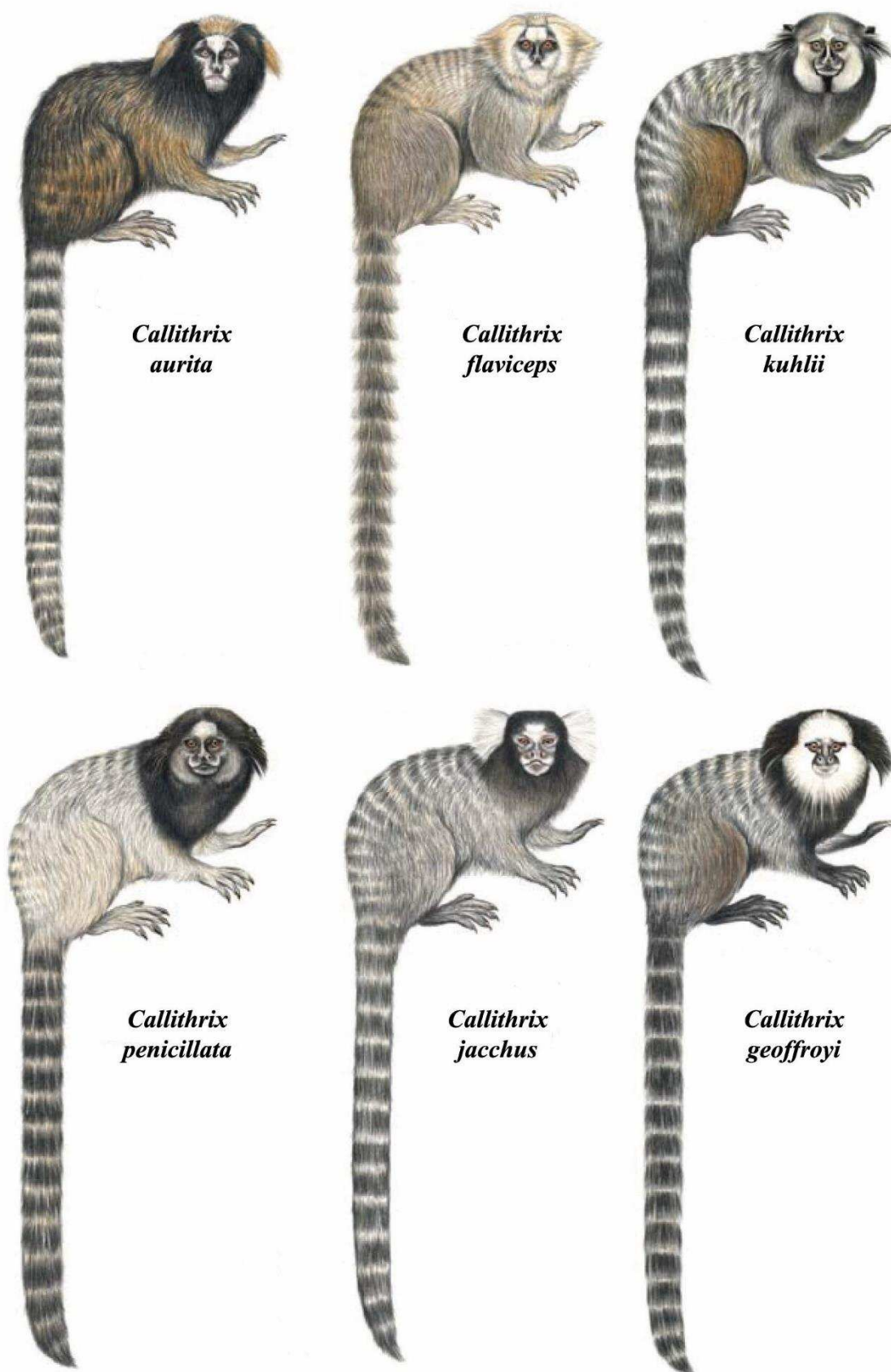


Figura 2- Ilustração de Stephen Nash, extraído de Ford *et al.* (2009).

### 1.2.2.2. Adaptações para gomivoria

A gomivoria consiste na alimentação de exsudatos, principalmente goma, que é obtida através da perfuração de troncos de árvores com dentes anteriores, com o objetivo de induzir o fluxo de exsudados, essa atividade é conhecida como escarificação (Vinyard *et al.*, 2009). Esse líquido é composto por água, polissacarídeos (Anderson e Bell, 1975), pequena quantidade de proteínas e minerais (Bearder e Martin, 1980), e é produzido como reação a danos nos tecidos e vasos por algumas famílias de angiospermas tropicais. Embora o consumo de exsudatos tenha sido documentado em diferentes espécies de animais, incluindo o homem contemporâneo (Porter *et al.*, 2009; Vinyard *et al.*, 2009; Garber e Porter, 2010), por ser de difícil digestão e acesso, poucas espécies se alimentam em quantidades significativas do mesmo, sendo mais comum entre alguns primatas e marsupiais (Power, 2010; Rosenberger, 2010). Os *marmosets*, macacos da tribo Callitrichini (*Mico*, *Callithrix*, *Callibella* e *Cebuella*), são especialistas em escarificação de troncos. As espécies de *Callithrix* possuem modificações morfológicas que permitem a escarificação e, conseqüentemente, gomivoria. As especializações na dentição incluem incisivos alongados, estreitos e com coroa alta, caninos da mandíbula com o mesmo formato dos incisivos, que juntos possuem forma de cinzel e perda (ou afinamento extremo) do esmalte na superfície lingual dos incisivos inferiores (Rosenberger, 1978; 2010; Nash, 1986; Nogami e Natori, 1986; Ravosa *et al.*, 2010; Hogg *et al.*, 2011). Possuem também um ceco ampliado que permite uma maior absorção de exsudatos (Coimbra-Filho *et al.*, 1980; Garber, 1992), além de garras em todos os dedos, exceto no hálux. O tamanho pequeno, com o peso variando de 250-450g, pode ser uma restrição ou adaptação à dieta, sendo que Callitrichidae compreende os menores macacos neotropicais (Sussman e Kinzey, 1984). Comparando medidas cranianas entre *marmosets* e outros primatas que não escarificam, Forsythe e Frod (2011) concluíram que *marmosets* possuem processo coronóide encurtado, basicrânio alongado e palato mais estreito. Essas características são importantes, pois para escarificar, os macacos ancoram os incisivos superiores em uma posição fixa e utilizam os incisivos inferiores para fazer movimentos de vai e vem, abrindo assim, orifícios nos substratos vegetais, por onde sai a goma (Stevenson e Rylands, 1988), comportamento conhecido como *tree-gouging*.

*Callithrix* são frugívoros e insetívoros, se alimentando de frutas, flores, exsudado de plantas, insetos, aranhas, ovos e pequenos vertebrados. *C. jacchus* e *C. penicillata* se alimentam com mais frequência de exsudatos do que as demais espécies do gênero

(Stevenson e Rylands, 1988). Fonseca e Lancher (1984) constataram grupos de *C. penicillata*, em áreas no Cerrado, passando mais de 70% do seu período de alimentação diário escarificando e se alimentando da goma, o que mostra a importância desse recurso alimentar para a espécie. O sucesso que essas espécies apresentam em ambiente antrópico e biomas mais secos, como Catinga e Cerrado, está diretamente relacionado a dieta (Rylands, 1984), pois são mais independentes de outros recursos alimentares que poderiam ser escassos nesses ambientes, como frutas, artrópodes e pequenos vertebrados. Além disso, permite que sobrevivam em áreas menores: Maier *et al.*, (1982) reportaram o uso de dois a cinco hectares para três grupos familiares de *C. jacchus*; Fonseca e Lancher (1984) calcularam 2,5 hectares para dois grupos de *C. penicillata* em um fragmento de Cerrado; Rylands (1982) constatou uma área de aproximadamente 10 hectares ocupada por um grupo de *C. kuhlii* em um fragmento de Floresta Atlântica costeira. Já para *C. aurita* a área de vida é maior, pois Torres de Assumpção (1983) reportou áreas de, no mínimo, 17 hectares para ocupação de indivíduos.

Como já foi bastante enfatizado, a morfologia do crânio, mandíbula e dentição tem uma importância especial para esse gênero, já que exercem papel fundamental na escarificação. De modo geral, o crânio fornece um papel importante para o entendimento da história evolutiva dos mamíferos, já que é composto por partes funcionais interativas complexas (Albrecht, 1978). Por esse motivo, características craniais são usadas com bastante frequência em estudos evolutivos em mamíferos (Natori, 1994). Em conjunto, a forma da mandíbula em mamíferos está intimamente relacionada com a dieta e comportamento alimentar, já que tem uma função chave na captura e processamento do alimento (Turnbull, 1971), embora o número de estudos feitos com base na mandíbula seja menor. Em sua revisão do gênero, de Vivo (1991), mensurou medidas cranianas, porém as utilizou com maior ênfase na discussão sobre as diferenças regionais encontradas em *C. penicillata*. Natori (1994), estudou *Callithrix* com base em 19 medidas lineares do crânio (n=18) e mandíbula (n=1) utilizando todas as espécies atuais do gênero (embora *C. flaviceps* fosse representado por apenas três exemplares). Os resultados desses estudos corroboram com a classificação do gênero em dois grupos: “jacchus” e “argentata”, propostos originalmente por Hershkovitz (1997). Marroig e Cheverud (2004), voltaram a estudar as características cranianas, porém não incluindo *C. flaviceps* ou caracteres da mandíbula. As topologias da análise de agrupamento por similaridade de ambos estudos (Natori, 1994; Marroig e Cheverud, 2004) concordam com a separação de

grupos de Mendes *et al.*, (2009), porém apresentam diferentes posicionamentos entre as espécies do grupo *jacchus* proposto por esses autores. Outro aspecto congruente em outros estudos é que não há indícios de um visível dimorfismo sexual craniano (Hershkovitz, 1977; de Vivo, 1991; Marroig e Cheverud, 2004).

### 1.3. Hibridização

A presença de híbridos na natureza tem colocado em dúvida o estado taxonômico de algumas espécies do gênero (Hershkovitz, 1977; de Vivo, 1991; Rylands *et al.*, 1993; Mendes, 1997). O processo de hibridização é esperado que ocorra em 10% das espécies animais (Mallet, 2005). Nos primatas não é diferente, com a prevalência entre 7 a 10% das espécies (Corte's-Ortiz *et al.*, 2007). O fenótipo dos híbridos é muito variável, oscilando desde indivíduos muito semelhantes a uma das espécies parentais (híbrido críptico), a outros que possuem características de ambas as espécies, também podem apresentar segregação transgressiva, ou seja, possuírem fenótipo diferente dos progenitores com relação a um ou mais caracteres (Ackermann, 2010).

É importante que se faça a distinção dos dois tipos de causas que podem levar a hibridização: natural e antropogênica, nem sempre fáceis de serem diferenciadas (*e.g.* Detwiler *et al.*, 2005). A causa natural ocorre nas áreas de contato de distribuição de duas ou mais espécies, tendo dessa forma, efeitos locais na maioria dos vertebrados, com exceção de peixes, sendo uma importante via de hibridização desse grupo de espécies (Campton, 1987). Já as causas antropogênicas são aquelas induzidas por ações humanas, seja por meio de degradação do habitat ou por introdução ativa de espécies exóticas, esse tipo de ação pode ter efeitos mais abrangentes (Allendorf *et al.*, 2001). Situações como tráfico ilegal de animais e processo de fragmentação do habitat, aumentam a probabilidade de invasões de espécies exóticas ao ecossistema original (Saunders *et al.*, 1991). Um bom exemplo é o caso do *C. jacchus* e *C. penicillata*, que vêm sendo introduzidos no Estado do Rio de Janeiro como resultado do tráfico de animais silvestres (Ruiz-Miranda *et al.*, 2000).

A hibridização em *Callithrix* de forma artificial é antigo, sendo reportado desde 1957 (Hill, 1957; Coimbra-Filho, 1970; 1971; 1973; Mallinson, 1971; Coimbra-Filho e

Mittermeier, 1973; Coimbra-Filho e Maia, 1976). Coimbra-Filho (1970), analisou o cruzamento artificial de *C. jacchus* com *C. geoffroyi*, onde cinco dos sete filhotes nascidos eram portadores de anomalias que os levaram a uma morte prematura. Coimbra-Filho e Maia (1976), estudaram a prole saudável de um casal formado por essas duas espécies (*C. jacchus* e *C. geoffroyi*), puderam notar que a coloração facial do filhote se modificou bastante nos primeiros meses de vida, possuindo quando adulto um padrão de coloração intermediário entre as duas espécies.

Alguns estudos encontraram populações híbridas naturais, sendo o primeiro reportado por Hershkovitz (1975; 1977), onde o autor descreve caracteres morfológicos de *C. kuhlii*, sendo referido como “*Hapale penicillata Kuhlii*” [sic], não validando esse táxon, alegando que seria apenas uma forma intermediária de “*Callithrix jacchus penicillata*” e “*Callithrix jacchus geoffroyi*”. Porém, há controvérsias se esses híbridos reportados pelo autor não seriam apenas variações individuais/ontogenéticas ou até mesmo espécimes de *C. kuhlii* (Mittermeier e Coimbra-Filho, 1981). Mittermeier *et al.* (1988) sugeriram que todas as espécies do gênero que possuem distribuição geográfica próxima a distribuição de outra espécie cruzariam entre si. O primeiro estudo que confirmou a hibridização de *Callithrix* em vida livre é de Alonso *et al.* (1987), examinando uma zona híbrida de *C. jacchus* e *C. penicillata* no estado da Bahia. Posteriormente outros estudos também encontraram populações de híbridos: híbridos *C. penicillata* e *C. geoffroyi* foram observados na Serra da Piedade em um afluente do Rio Doce, área de transição de Floresta Atlântica para Cerrado (Coimbra-Filho *et al.*, 1993; Passamani *et al.*, 1997). Mendes (1993; 1997) observou populações híbridas de *C. geoffroyi* e *C. flaviceps* na zona de contato dessas duas espécies, ou seja, sudeste do Espírito Santo. Híbridos de *C. aurita* e *C. flaviceps* foram encontrados na Serra do Brigadeiro, Minas Gerais (Ferrari e Mendes, 1991; Coimbra-Filho *et al.*, 1993; Cosenza e de Melo, 1998).

Voltando aos casos reportados de hibridização por ação antrópica, há o caso dos híbridos de *C. penicillata* e *C. jacchus* no Rio de Janeiro (Ruiz-Miranda *et al.*, 2000, 2006; Malukiewicz *et al.*, 2014, 2015), e *C. penicillata* e *C. geoffroyi* em Viçosa, Minas Gerais (Fuzessy *et al.*, 2014). Ambos casos representam exemplos de espécies introduzidas, cujas proles híbridas conseguiram se manter no ambiente através de cruzamentos entre si.

#### 1.4. Morfometria Geométrica

Morfometria é um meio de quantificação da morfologia através de modelos matemáticos e métodos estatísticos, com o intuito de avaliar a variação do formato, podendo ser conceituada como o estudo estatístico das mudanças e variações no formato e no tamanho, sendo então aplicada a biologia, geometria e estatística (Bookstein, 1991; Rolf e Marcus, 1993; Zelditch *et al.*, 2004). A aplicação de estudos morfométricos amplos, com auxílio de ferramentas computacionais, constitui uma área nova, já que somente nos anos 1980 uma metodologia relevante que sintetizasse descrições geométricas com análises estatísticas foi criada (Monteiro e Reis, 1999). Nos anos 1990 ocorreu um aumento do uso de técnicas morfométricas, os principais responsáveis foram Fred. L. Bookstein, sendo seu tratado (Bookstein, 1991) uma das bases usadas para estudos morfométricos, juntamente com Rolf e Marcus (1993), com seu artigo intitulado de “*A revolution in morphometrics*”. Outras contribuições bastante relevantes de Rolf para a popularização do método foram os softwares, sendo esses utilizados até hoje.

É preciso que se faça a distinção dos termos utilizados no presente trabalho: formato foi empregado como uma tradução de *shape*, enquanto que forma, foi utilizada como uma tradução de *form*. Esses termos foram empregados uma vez que não há um consenso sobre a tradução para o português.

Há duas principais abordagens, ou bases de dados: morfometria tradicional e morfometria geométrica. A morfometria geométrica descreve, representa e compara a geometria das formas estudadas. Essas descrições baseiam-se em pontos de referência, denominados marcos anatômicos (em inglês, *landmarks*), enquanto que nas abordagens tradicionais a variação do formato é estudada através da covariação entre medidas lineares. A morfometria geométrica é capaz de descrever e localizar mais claramente as regiões de mudanças na forma e, sobretudo, reconstituir graficamente estas diferenças (Bookstein, 1991), pois trabalha com as posições relativas (coordenadas cartesianas) dos marcos anatômicos. Outra vantagem, é a clara distinção entre variáveis de formato (configuração ou, em inglês, *shape*) e tamanho. Uma vez que esses dados são extraídos, podem ser utilizados em análises multivariadas, como análises de principais componentes, e análises discriminantes e outras análises paramétricas.

Uma das definições mais importantes nesse tipo de estudo é a de *shape* (formato), a mais utilizada delas é a de Kendall (1977), “todas as propriedades de uma configuração de pontos que não se alteram por efeitos do tamanho, posição e orientação”, ou seja, toda informação geométrica que não se altera quando submetida a translocação, a proporcionalização e rotação. Essas são as etapas realizadas na Superimposição de Procrustes, também conhecida como GPA (*General Procrustes Analysis*) ou, menos utilizada, GLS (*Generalized Least Squares*), método utilizado de forma preliminar nos estudos de morfometria geométrica (Rohlf e Slice, 1990). Na translocação, as configurações de todos os marcos anatômicos são translocadas para um mesmo centróide; a proporcionalização (em inglês, *scaling*), consiste na mudança da escala dessas configurações para um mesmo tamanho de centróide (removendo, dessa forma, a informação de tamanho da matriz); por último, a rotação, que se baseia no alinhamento das configurações, retirando as variações de orientação. Os dados do tamanho do centróide são utilizados como uma medida de tamanho dos espécimes. Assim sendo, esse tipo de metodologia trata de maneira independente formato e tamanho, uma vantagem em relação à morfometria tradicional.

O conceito de homologia utilizado em métodos morfométricos é homologia operacional, ou seja, a correspondência biológica da posição de marcos anatômicos de formato para formato (Sneath e Sokal, 1973), não sendo o mesmo do conceito evolutivo. Os estudos de morfometria geométrica são realizados com base nas coordenadas cartesianas dos marcos anatômicos, caracterizados como pontos de correspondência (Dryden e Mardia, 1998), localizados em regiões homólogas e que permitem identificar as variações do formato entre mesmas estruturas morfológicas em diferentes espécimes. Nesse tipo de estudo, a homologia é tratada como um mapeamento de pontos que são mais facilmente definidos que uma parte estrutural, onde o importante é a correspondência desses pontos (Bookstein, 1990). Como os pontos estão sobrepostos, espera-se que sofram influência dos mesmos processos que produziram a variação, logo, é previsto que estejam correlacionados. Esses pontos, mesmo que não estejam exatamente sobrepostos, descrevem caracteres de um organismo que são ligados de forma funcional, evolutiva, genética ou referente ao desenvolvimento (Zelditch *et al.*, 2012).

Os marcos anatômicos são classificados por Bookstein (1991) conforme seu grau de reconhecimento da homologia, sendo o tipo 1 o mais alto e 3 o mais baixo: (1) justaposição de tecidos - claro encontro entre estruturas, como suturas ósseas; (2) pontos

de máxima curvatura ou outros processos morfogenéticos locais - extremidades de processos e vales de invaginações, como pontos de inserção de músculos; (3) pontos extremos - maior distância que pode ser medida de uma estrutura. Estudos com um número significativo de marcos anatômicos do tipo 3 possuem resultados duvidosos quanto ao significado das explicações biológicas decorrentes das variações da forma observadas, sendo comparados aos resultados obtidos de contornos (delimitação com *semilandmarks* da extremidade de uma estrutura ou nervuras, utilizado principalmente quando não há um número suficiente de marcos anatômicos identificáveis, ou quando o objetivo do trabalho é o estudo das variações do formato do contorno em si).

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo geral:**

- Avaliar o dimorfismo sexual e a variação morfológica do crânio e mandíbula entre as espécies do gênero *Callithrix* através de morfometria geométrica.

### **1.5.2. Objetivos específicos:**

- Quantificar e descrever o dimorfismo sexual quanto ao tamanho e o formato do crânio e da mandíbula nas seis espécies de *Callithrix*;
- Quantificar e descrever a variação do tamanho e do formato do crânio e da mandíbula entre as seis espécies de *Callithrix*;
- Comparar a variação morfométrica observada à filogenia do grupo;
- Comparar a distribuição das espécies estudadas com dados de distribuição já publicados.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Amostra

Exemplares de *Callithrix* das coleções nacionais com maior representatividade de espécimes e/ou espécies do gênero foram consultadas, sendo elas: Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ), Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Museu de Zoologia João Moojen Universidade Federal de Viçosa (MZUFV), Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (MCN-M) e Museu de Biologia Professor Mello Leitão no Espírito Santo (MBML).

Ao todo, foram fotografados 452 espécimes (descrição dos espécimes se encontra no Apêndice 1), entre crânios e mandíbulas. O número de espécimes analisados em cada vista não é idêntico (quadro 1), pois alguns exemplares foram removidos por possuírem danos, anomalias ou estruturas ausentes que impediram a digitalização de marcos anatômicos.

Quadro 1- Número amostral do estudo, discriminado para cada vista observada (detalhes no item 2.2. Definição dos marcos anatômicos). O número em cada célula contempla o número de espécimes, de cada espécie, analisados por vista, além do número total de espécimes analisados por espécie.

| Espécie               | Crânio  |         | Mandíbula | Total |
|-----------------------|---------|---------|-----------|-------|
|                       | Lateral | Ventral | Dorsal    |       |
| <i>C. aurita</i>      | 21      | 23      | 18        | 24    |
| <i>C. flaviceps</i>   | 11      | 14      | 12        | 14    |
| <i>C. geoffroyi</i>   | 81      | 86      | 75        | 88    |
| <i>C. jacchus</i>     | 55      | 61      | 61        | 71    |
| <i>C. kuhlii</i>      | 107     | 106     | 103       | 110   |
| <i>C. penicillata</i> | 128     | 145     | 130       | 145   |
| Nº por vista          | 403     | 435     | 399       | 452   |

A escolha do material analisado foi realizada tendo como base alguns critérios, sendo: (1) estado geral de conservação do espécime, (2) dados de procedência, e (3) identificação correta da espécie. Os espécimes de *C. jacchus* e *C. penicillata*, provenientes do Rio de Janeiro também não foram incluídos, porque, segundo Ruiz-

Miranda *et al.* (2006), essas espécies foram introduzidas nessa região por meio de ação antrópica, o que representa uma distribuição artificial que apenas incluiria ruído às análises para os objetivos do presente estudo.

A faixa etária também foi um fator de exclusão, sendo que o presente estudo abrangeu somente indivíduos adultos. Esse cuidado foi tomado para não embutir variações de ontogenia aos dados. O reconhecimento da classe etária foi feito a partir do reconhecimento das seguintes características (exclusivas de adultos segundo Marroig e Cheverud, 2009): (1) dentição totalmente definitiva e funcional e (2) suturas esfenoccipital e/ou (3) esfeno-etmoidais fechadas.

Primeiramente, somente os espécimes provenientes da área de distribuição mais recentemente definida pela IUCN, acesso em maio/2016 (Figura 7), seriam analisados, tal delimitação possui a prerrogativa diminuir a chance de incluir indivíduos híbridos na análise, já que a diferenciação entre híbridos e espécies pode ser dificultada pela pequena diferença fenotípica encontrada em alguns espécimes (Ackermann, 2010). Após uma comparação das análises realizadas, com e sem os indivíduos provenientes de outras localidades, não foram encontradas diferenças suficientemente grandes para que esses fossem excluídos, logo, essa delimitação foi extrapolada.

As imagens individuais das vistas lateral e ventral, do crânio e dorsal da mandíbula foram obtidas utilizando uma câmera Canon PowerShot SX510 HS com Zoom Óptico 30x com lente grande angular de 24mm e Sensor CMOS 12.1 megapixels com dimensões de 4000 x 3000 pixels e armazenadas em arquivos de imagem .JPG (*Joint Photographics Experts Group*). Para uniformização da aquisição das imagens e padronização da captação em um mesmo eixo ortogonal, utilizou-se um tripé como suporte, onde a câmera digital foi acoplada, estabelecendo assim, uma altura de 45 cm entre a lente e o objeto para todas as fotografias. Crânios e mandíbulas foram posicionados no centro do suporte, em paralelo ao plano focal da câmera, mantendo a mesma escala em todas as imagens de cada vista, minimizando as distorções que poderiam advir da falta dessa padronização.

## 2.2. Mapa

A confecção do mapa (figura 7), foi realizada utilizando os programas Arcmap/Arcgis 10.1 e Google Earth 7.1.5.1557. No Google Earth, foram marcados

pontos nas sedes políticas das cidades de procedência dos espécimes incluídos na análise. As áreas de distribuição de cada espécie foram cedidas pela IUCN Red List em formato *shapefile*. No programa arcMap as distribuições de todas as espécies foram sobrepostas aos pontos de procedência.

### **2.3. Definição dos marcos anatômicos**

Inicialmente, foram fotografadas seis vistas, sendo quatro cranianas - frontal, lateral, ventral e dorsal - e duas mandibulares - lateral e dorsal. Após estudos preliminares, algumas vistas foram removidas. Sendo que, o critério utilizado para a definição das vistas a serem analisadas, foi a fácil visualização de um número considerável de marcos anatômicos. Finalmente, foram selecionadas três vistas: ventral e lateral do crânio e dorsal da mandíbula. A escolha dos marcos anatômicos foi baseada no trabalho de Marroig e Cheverud (2009), com modificações pertinentes para melhor definição da homologia de cada marco anatômico. A descrição das estruturas foi baseada na descrição das estruturas ósseas de *C. jacchus* de Casteleyn *et al.*, (2012).

Nas figuras 3, 4 e 5 se encontram esquemas das vistas lateral e ventral do crânio e dorsal da mandíbula, respectivamente, sendo ilustrados os marcos anatômicos na ordem de digitalização e as estruturas onde esses marcos estão localizados. Já nos quadros 2, 3 e 4 situam-se as descrições desses marcos anatômicos.

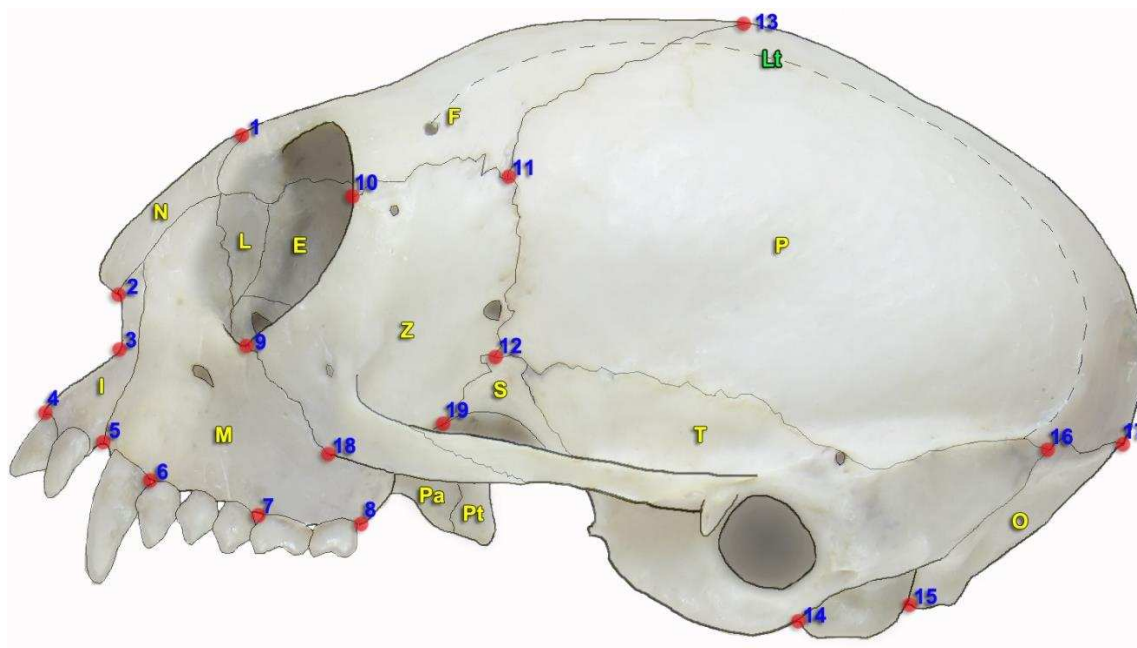


Figura 3-Vista lateral do lado esquerdo do crânio de *Callithrix jacchus* MZUFV 2356. Os pontos em vermelho indicam os marcos anatômicos, numerados em azul na ordem da digitação. As siglas em amarelo representam as seguintes estruturas: E: Etmoidal; F: Frontal; I: Incisivo; L: Lacrimal; M: Maxila; N: Nasal; O: Occipital; P: Parietal; Pa: Palatino; Pt: Pterigóide; S: Escamosal e T: Temporal. A sigla em verde (Lt) e a linha pontilhada representam a Linha Temporal.

Quadro 2-Descrição e tipo de homologia (segundo Bookstein, 1991) dos marcos anatômicos utilizados na vista lateral do crânio.

| Marco anatômico | Tipo | Descrição                                                         |
|-----------------|------|-------------------------------------------------------------------|
| 1               | II   | Ponto superior da sutura frontonasal                              |
| 2               | II   | Ponto mais anterior da sutura nasomaxilar                         |
| 3               | II   | Ponto mais anterior do processo nasal do osso incisivo            |
| 4               | I    | Ponto mais anterior do osso incisivo                              |
| 5               | II   | Ponto da sutura maxiloincisiva mais externo                       |
| 6               | II   | Ponto mais posterior do alvéolo do canino                         |
| 7               | II   | Ponto mais posterior do alvéolo do terceiro pré-molar             |
| 8               | II   | Ponto mais posterior do alvéolo do segundo molar                  |
| 9               | II   | Ponto da sutura zigomaticomaxilar mais próximo a órbita           |
| 10              | II   | Ponto da sutura frontozigomático mais próximo a órbita            |
| 11              | I    | Encontro da sutura frontal, zigomática e parietal                 |
| 12              | I    | Encontro da sutura esfenóide, zigomática e parietal               |
| 13              | II   | Ponto mais posterior da sutura coronal                            |
| 14              | II   | Ponto mais anterior do côndilo occipital                          |
| 15              | II   | Ponto mais posterior do côndilo occipital                         |
| 16              | I    | Encontro da sutura temporal, parietal e occipital                 |
| 17              | II   | Ponto mais posterior da sutura parietal-occipital                 |
| 18              | II   | Ponto da sutura zigomaticomaxilar mais próximo ao arco zigomático |
| 19              | II   | Ponto mais anterior da sutura esfenóide-zigomática                |

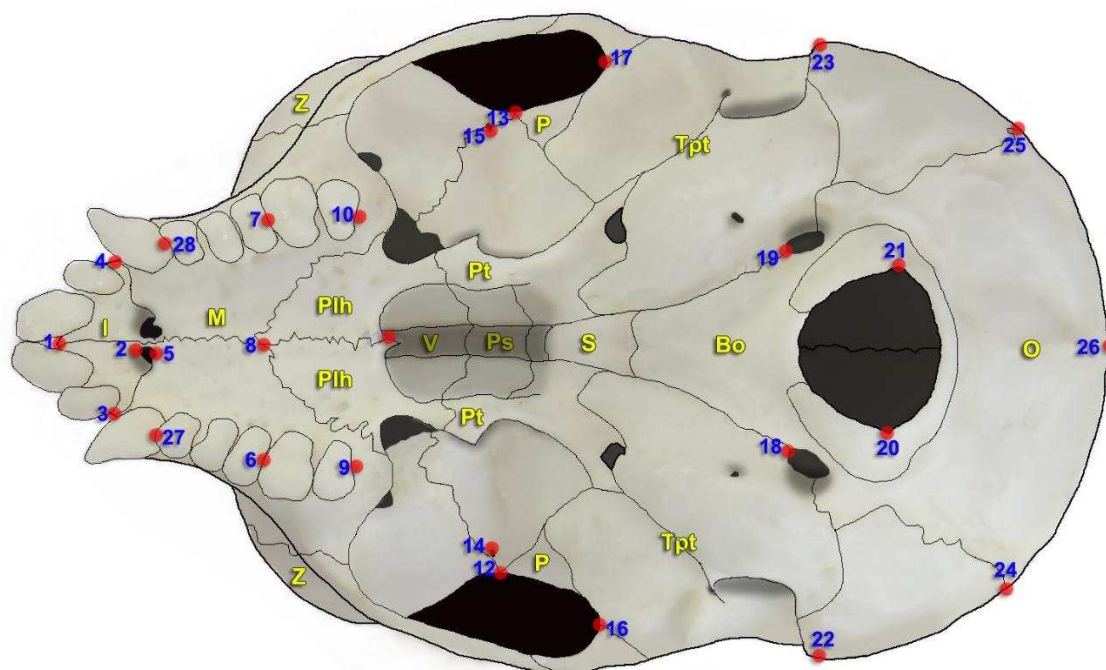


Figura 4- Vista ventral do crânio de *Callithrix penicillata* MZUFV 688. Os pontos em vermelho indicam os marcos anatômicos, numerados em azul na ordem da digitação. As siglas em amarelo representam as seguintes estruturas: Bo: Basioccipital; I: Incisivo; M: Maxilar; O: Occipital; P: Parietal; Plh: Lamina horizontal do osso palatino; Ps: Pré-esfenóide; Pt: Pterigóide; S: Esfenóide; T: Temporal; Tpt: Partes timpânicas e petrosais do osso temporal; V: Vômer Z: Zigomático.

Quadro 3- Descrição e tipo de homologia (segundo Bookstein, 1991) dos marcos anatômicos utilizados na vista ventral do crânio.

| Marco anatômico | Tipo | Descrição                                                          |
|-----------------|------|--------------------------------------------------------------------|
| 1               | II   | Ponto mais anterior da sutura entre os incisivos                   |
| 2               | III  | Margem mais anterior da fissura palatina esquerda                  |
| 3 e 4           | II   | Ponto mais externo da sutura maxiloincisiva                        |
| 5               | III  | Margem mais posterior da fissura palatina esquerda                 |
| 6 e 7           | II   | Ponto mais anterior do alvéolo do primeiro molar                   |
| 8               | I    | Encontro da sutura palatina mediana com sutura palatina transversa |
| 9 e 10          | II   | Ponto mais posterior do alvéolo segundo molar                      |
| 11              | II   | Ponto mais posterior da sutura palatina mediana                    |
| 12 e 13         | I    | Sutura entre parietal, esfenóide e zigomático                      |
| 14 e 15         | III  | Margem mais interna do forâmen no osso esfenóide                   |
| 16 e 17         | II   | Ponto mais anterior da linha no arco zigomático                    |
| 18 e 19         | III  | Ponto mais anterior do forame jugular                              |
| 20 e 21         | III  | Extremidades do Forâmen Magnum                                     |
| 22 e 23         | III  | Ponto mais externo do Temporal                                     |
| 24 e 25         | I    | Encontro da sutura do temporal com occipital                       |
| 26              | II   | Tuberosidade do occipital                                          |
| 27 e 28         | II   | Ponto mais posterior do alvéolo do canino                          |

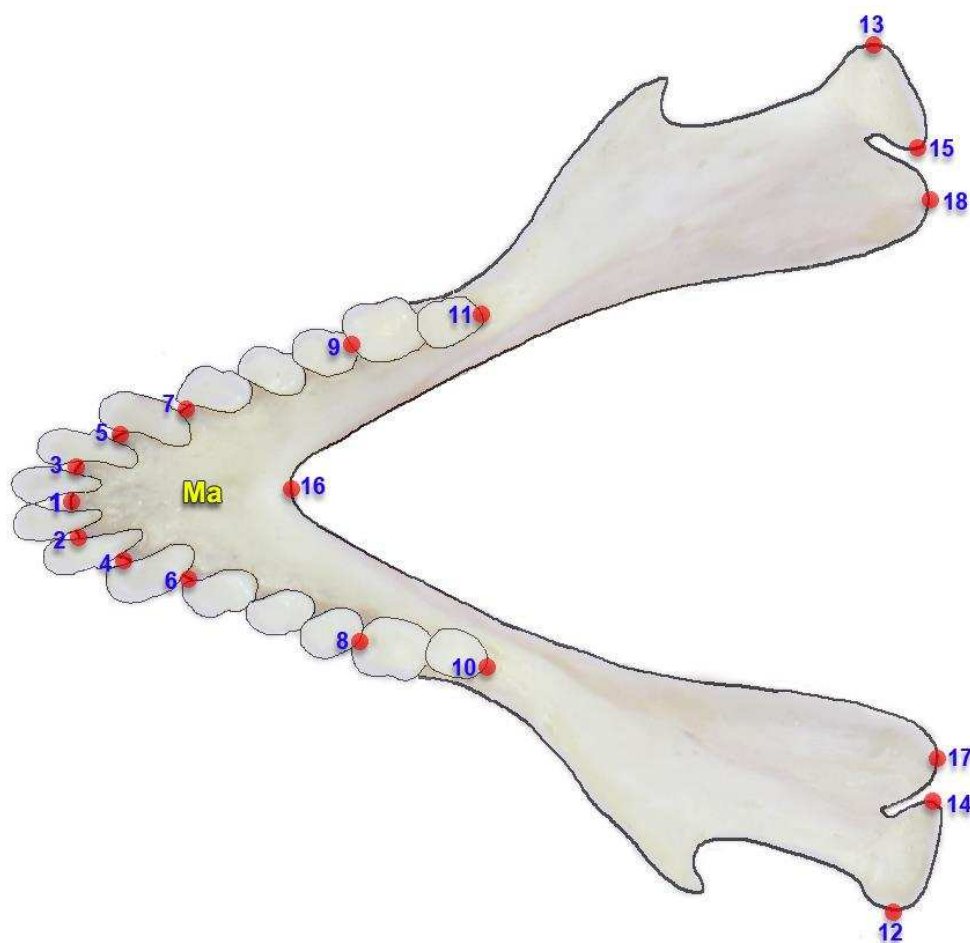


Figura 5- Vista dorsal da mandíbula de *Callithrix penicillata* MNRJ 11320. A sigla em amarelo (Ma) representa o único osso da mandíbula: osso mandibular. Os pontos em vermelho indicam os marcos anatômicos, numerados em azul na ordem da digitação.

Quadro 4 - Descrição e tipo de homologia (segundo Bookstein, 1991) dos marcos anatômicos utilizados na vista dorsal da mandíbula.

| Marco anatômico | Tipo | Descrição                                                           |
|-----------------|------|---------------------------------------------------------------------|
| 1               | II   | Ponto médio mais anterior entre os alvéolos dos primeiros incisivos |
| 2 e 3           | II   | Ponto mais posterior do alvéolo do primeiro incisivo                |
| 4 e 5           | II   | Ponto mais posterior do alvéolo do segundo incisivo                 |
| 6 e 7           | II   | Ponto mais posterior do alvéolo do canino                           |
| 8 e 9           | II   | Ponto mais anterior do alvéolo do primeiro molar                    |
| 10 e 11         | II   | Ponto mais posterior do alvéolo do segundo molar                    |
| 12 e 13         | II   | Ponto mais externo do processo condilar                             |
| 14 e 15         | II   | Ponto mais interno do processo condilar                             |
| 16              | II   | Ponto mais posterior da sínfise intermandibular                     |
| 17 e 18         | III  | Ponto mais posterior do ângulo mandibular                           |

## 2.4. Preliminares

### 2.4.1. Testes de erro

O Protocolo de Adriens (2007), foi seguido para a realização dos testes de erro de digitalização e repetição. Foram realizadas fotografias de seis vistas, sendo quatro cranianas: frontal, lateral, dorsal e ventral e duas mandibulares: lateral e dorsal. No total, foram utilizados 12 exemplares depositados no MZUFV, esses são, em sua maioria, da espécie *Callithrix penicillata* ( $n = 7$ ), mas o  $n$  amostral também abrangeu exemplares de outras espécies, como *C. geoffroyi* ( $n = 1$ ), *C. kuhlii* ( $n = 1$ ) e híbridos ( $n = 3$ ). Esses espécimes não representam a riqueza de espécies do gênero, ou sua abrangência territorial, porém foram escolhidos pela facilidade de acesso e representarem a morfologia geral do crânio e mandíbula dessas espécies. As imagens das vistas digitalizadas e a ordem de digitalização se encontram no Apêndice 2.

No teste de digitalização, foi avaliado a competência em digitalizar, isto é, de determinar localização dos marcos anatômicos em diferentes réplicas de uma mesma fotografia de um mesmo exemplar. Quatro réplicas de uma mesma imagem foram digitalizadas em sequência e comparadas entre si. O teste, que busca identificar marcos anatômicos de difícil repetitividade, pode obter um resultado não favorável por dois fatores independentes: (1) um marco anatômico que fora colocado em regiões diferentes em função da inabilidade ao digitalizar ou (2) o marco anatômico está em uma região de difícil visualização, ambos motivos resultam em uma marcação diferente em cada réplica. Isso pode ser avaliado através da deformação da grade no *Thin-Plate Spline*, pois a deformação será maior nas regiões onde houver maior discrepância entre as coordenadas analisadas.

Já no teste de repetição é avaliada a competência em posicionar o objeto de estudo. Nele são comparadas imagens diferentes de um mesmo objeto, porém entre essas fotografias, o objeto é retirado e reposicionado. Se o resultado do teste desse erro for alto, a posicionamento precisa ser treinado ou modificado.

Dessa forma, no teste de digitalização são comparadas as coordenadas de marcos anatômicos de cópias de uma mesma foto, já no teste de repetição são comparadas as coordenadas obtidas a partir de fotos diferentes de um mesmo espécime, ambos com o

objetivo de avaliar as discrepâncias acumuladas entre si. Todas as diferenças, já que são referentes a um mesmo exemplar, se devem ao erro do pesquisador. O intuito é seguir o protocolo até que o erro seja mínimo, para então dar continuidade à pesquisa.

Para isso, através do programa tps-Util 1.5 (Rohlf, 2012), foi criado um arquivo TPS que foi utilizado para digitalizar os marcos anatômicos no programa tps-Dig 2.10 (Rohlf, 2006). As coordenadas obtidas dos marcos anatômicos foram processadas no programa PAST versão 2.17 (Hammer *et al.*, 2001), onde foi realizada Superimposição de Procrustes. Para avaliar se os marcos anatômicos foram digitalizados na ordem correta e/ou se há grandes discrepâncias entre as coordenadas analisadas, foi utilizada a deformação da grade *Thin-Plate Spline*. Outro tipo de análise também empregado no teste para explorar os padrões de variação na conformação da forma foi Análise de Componentes Principais (PCA), esta análise multivariada encontra novas variáveis ortogonais que explicam a máxima variabilidade possível (Webster e Sheets, 2010). As distâncias de Procrustes foram mensuradas utilizando o programa tps Thin-Plate Spline 1.20 (Rohlf, 2004), essa distância se refere à distância entre as coordenadas de marcos anatômicos no Espaço de Kendall (Cooke e Terhune, 2015), sendo assim, esse dado nos informa a diferença na configuração do formato entre as digitalizações das réplicas.

Após obter resultados satisfatórios, foram estabelecidos os marcos anatômicos e padronização das fotografias, padrão esse que foi seguido para a fotografia e digitalização de todos os espécimes analisados.

#### **2.4.2. Simetria**

Objetos simétricos possuem eixo ou plano de simetria que passa através da configuração média, Mardia *et al.*, (2000), conceitua esse tipo de simetria como “auto simetria”. Sendo assim, alguns marcos anatômicos podem estar no plano médio, enquanto outros existem como pares nos lados correspondentes. O programa MorphoJ se baseia nas recomendações feitas por Mardia *et al.*, (2000) e Klingenberg *et al.*, (2002), para realizar análises com esse tipo de dado.

Somente a vista dorsal da mandíbula foi classificada nesse status. A vista ventral do crânio também se enquadraria nessa categorização, se não estivessem presentes os marcos anatômicos 2 e 5, uma vez que estão demarcados em apenas um lado do crânio.

O programa elabora duas matrizes ao se optar pelo “objeto simétrico”, uma de componentes simétricos e outra de componentes assimétricos. Na matriz de componentes assimétricos é possível analisar a simetria bilateral, quantificando as variações nos eixos da simetria (Klingenberg *et al.*, 2002). Essas variações são normalmente usadas em estudos de anomalias morfológicas, como em hibridização (Mikula e Macholán, 2008). Já a matriz de componentes simétricos, representa a variação da forma entre os indivíduos, se enquadrando dessa forma nos objetivos do presente trabalho.

#### 2.4.3. Visualização da mudança do formato

A visualização da mudança do formato é uma das vantagens que a morfometria geométrica tem sobre a tradicional, pode ser realizada a partir de diferentes gráficos, sendo os mais usuais: (1) grade de deformação; (2) *wireframe*, (3) contorno (no inglês, *outline*) e (4) gráfico *lollipop*. A grade de deformação e o gráfico *lollipop*, que são feitos de forma automática no programa MorphoJ, são os tipos mais simples de visualização da mudança de formato. No gráfico *lollipop*, as variações dos posicionamentos dos marcos anatômicos são representadas com traços proporcionais ao deslocamento, enquanto o marco anatômico inicial é representado por círculo, esse tipo de gráfico foi bastante utilizado no começo dessa técnica morfométrica (*e.g.* Rohlf e Marcus, 1993). As grades de deformação ainda são muito usadas, por vezes de maneira concomitante com outros tipos de gráficos, como *wireframe* ou contorno (método aplicado no presente estudo). Nela, as mudanças do formato são identificadas como distorções de um sistema de Coordenadas Geométricas a partir de modificações nessa grade, como expansão e contração. O *wireframe* é formado a partir da junção com linhas retas entre os marcos anatômicos (Klingenberg, 2011), que são formadas com o objetivo de visualizar as estruturas anatômicas, ainda que de forma abstrata. Já no contorno, essa visualização é mais clara, uma vez que o contorno como um todo se modifica ao passo da mudança de posicionamento relativo dos marcos anatômicos. Consiste em um conjunto de linhas referentes a estruturas e/ou suturas que passam perto ou entre marcos anatômicos. É necessário que se tenha maior atenção nesse último método, ao interpretar apenas as variações no contorno que estão diretamente ligadas aos marcos anatômicos, e não aquelas causadas pelas interpolações de pontos.

No presente estudo o *wireframe* e o *lollipop* não foram utilizados. O contorno foi realizado no Tps Dig 2.10 através da ferramenta de digitalização de *semilandmarks*, tendo como base os mesmos espécimes utilizados nos esquemas de ilustração dos marcos anatômicos apresentados anteriormente (figura 3, 4 e 5). Essa matriz original foi editada no Excel (programa do Pacote Office da Microsoft 2013) e salva em formato *text file* sendo posteriormente importada no MorphoJ, onde foi incluída nas análises.

#### **2.4.4. Superimposição de Procrustes**

As coordenadas obtidas na digitalização dos espécimes são submetidas a Superimposição de Procrustes de forma preliminar em todas as análises, isso porquê esse método exclui os fatores de posição, tamanho e orientação, deixando apenas o formato como variável a ser analisada (Bookstein, 1991). Conhecido também como GPA (em inglês, *General Procrustes Analysis*), consiste em três etapas: (1) translocação das configurações de todos os marcos anatômicos ao mesmo centróide, (2) proporcionamento, ou seja, mudança na escala das configurações para o mesmo tamanho de centróide e (3) rotação/alinhamento, onde todas as configurações são alinhadas ao eixo principal ou a um eixo escolhido pelo pesquisador. É preciso também destacar que essas operações removem graus de liberdade, no caso dos estudos realizados com morfometria 2D, são retirados 4 graus de liberdade no total, sendo: 2 na translação (1 para cada dimensão), 1 no escalonamento e 1 na rotação.

Através dessa metodologia também se faz a separação do tamanho do centróide, medida que se refere ao tamanho das espécimes estudadas. O tamanho do centróide mede a dispersão dos marcos anatômicos em relação ao centróide: espécimes que possuem os marcos anatômicos mais distantes terão um maior tamanho do centróide e os que tiverem os marcos mais próximos, um menor.

#### **2.4.5. Pressupostos do CVA**

Para que o CVA tenha verdade estatística, é necessário que sejam cumpridos três pressupostos: (1) todas as variáveis apresentam distribuição multivariada normal, (2) grupos compartilham estruturas similares de matrizes de variância-covariância e (3) os

dados possuam uma variância homogênea. Sendo que  $[(2k - 4) + (G - 1)]$  deve ser maior que  $n$ , onde:  $k$  = número de variáveis medidas,  $G$  = número de grupos,  $n$  = número total das amostras. Para assim, se obter uma estimativa confiável da estrutura da matriz de variância-covariância (Webster e Sheets, 2010).

Os cálculos propostos por Webster e Sheets (2010) foram testados manualmente para cada vista analisada, sendo seus resultados satisfatórios (apêndice 6). Já o teste de homocedasticidade, realizado no programa PAST 3.12, foi rejeitado nas três vistas. Sendo assim, as conclusões sobre os CVAs se dão sobre a distribuição dos espécimes nos mesmos, e não na significância estatística das diferenças dos grupos.

## **2.5. Análises estatísticas**

### **2.5.1. Dimorfismo sexual**

Os testes de dimorfismo sexual foram realizados levando em consideração separadamente tamanho e formato. Para ambas as análises foram utilizados todos os espécimes cujo sexo é conhecido (quadro 5), sendo realizados testes separados para cada espécie e em cada vista. Previamente à execução do teste, utilizando a informação sobre o formato, as coordenadas originais foram submetidas a Superimposição de Procrustes. Para a análise do dimorfismo de tamanho, utilizou-se o tamanho do centróide como variável de tamanho.

Para analisar o dimorfismo quanto ao formato, foram realizados testes de Função Discriminante no programa MorphoJ 1.06e, aplicando teste de permutação com 1000 réplicas. Essa permutação é computada através das distâncias de Procrustes e de teste T-quadrado. O programa usa a função discriminante linear de Fisher, a qual consiste em uma combinação linear de caracteres originais para estimar a separação máxima entre duas populações (machos e fêmeas) com o intuito de minimizar a probabilidade de classificação errônea. A validação cruzada um-a-um com 1000 réplicas é empregada como forma de quantificar a porcentagem de classificação equivocada dos indivíduos. Complementarmente, foram realizados PCAs, um para cada vista. Esse tipo de análise foi

realizado com o objetivo explorar as variações no formato entre machos e fêmeas em eixos de maior variância que sumarizam a maior parte da variação devida ao dimorfismo.

Quadro 5- Número de espécimes analisados em cada vista nas análises de dimorfismo sexual.

| Espécie               | Crânio lateral     | Crânio ventral     | Mandíbula dorsal   |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <i>C. aurita</i>      | 15 (12 f / 3 m)*   | 15 (12 f/ 3 m)     | 12 (8 f/ 4 m)      |
| <i>C. flaviceps</i>   | 11 (3 f / 8 m)     | 14 (5 f/ 9 m)      | 12 (4 f/ 8 m)      |
| <i>C. geoffroyi</i>   | 72 (29 f / 43 m)   | 78 (34 f/ 44 m)    | 68 (29 f/ 39 m)    |
| <i>C. jacchus</i>     | 73 (41 f / 32 m)   | 63 (35 f/ 28 m)    | 77 (39 f/ 38 m)    |
| <i>C. kuhlii</i>      | 61 (28 f/ 33 m)    | 60 (29 f/ 31 m)    | 58 (26 f/ 32 m)    |
| <i>C. penicillata</i> | 110 (44 f/ 66 m)   | 138 (56 f/ 82 m)   | 105 (41 f/ 64 m)   |
| <b>Total</b>          | 342 (157 f/ 185 m) | 368 (171 f/ 197 m) | 332 (147 f/ 185 m) |

\*f = número de fêmeas, m = número de machos

Para explorar os dados de tamanho, o programa PAST 3.12 foi utilizado para realizar o *boxplot*, aplicando o método quartil de interpolação e tornando aparente os *outliers*, tendo como base o tamanho do centróide dos indivíduos. Para uma quantificação estatística desse resultado também foi realizado teste-t no mesmo programa com uma reamostragem por Bootstrap usando 9999 permutações.

### 2.5.2. Variação do formato entre as espécies

No programa MorphoJ, foi computada a configuração média de cada espécie, com base na matriz de resíduos de Procrustes, sendo dessa forma equivalente ao *Thin-Plate Spline*. O fator de escala de deformação foi regulado para magnitude de 4.0, tendo como gráfico de visualização de mudança do formato o contorno. Esses critérios foram escolhidos para uma melhor visualização das mudanças das formas.

### 2.5.3. Comparações do tamanho

Comparações entre o tamanho das espécies foram realizadas da mesma maneira já descrita para dimorfismo sexual, porém os machos e as fêmeas de cada espécie foram agrupados e a comparação foi feita entre espécies.

#### 2.5.4. Análises Multivariadas

Como dito anteriormente, a Superimposição de Procrustes é preliminar as análises de morfometria geométrica, para a realização das análises multivariadas, esse procedimento metodológico foi realizado no programa MorphoJ (considerando a vista dorsal da mandíbula como simétrica e as vistas cranianas como assimétricas). Posteriormente, as análises de Principais componentes (PCA), Variável canônica (CVA) e consequentes análises estatísticas (cálculo de distância de Procrustes e de Mahalanobis) foram realizadas. PCA é uma ferramenta que simplifica a descrição de variação entre indivíduos a partir da determinação de eixos de maior variância acumulada e rotação da matriz original para projeção dos indivíduos nestes eixos. Já o CVA é usado para simplificar as descrições de diferenças entre grupos (Zelditch *et al.*, 2012), pois, partindo da matriz de PCA, maximiza a diferença entre os grupos fazendo uma nova rotação da matriz maximizando as diferenças entre as médias de cada grupo definido *a priori*. O CVA fornece uma descrição gráfica das diferenças entre os grupos em um conjunto de dados multivariados (Monteiro e Reis, 1999), essas diferenças são otimizadas relacionando com as variações entre os grupos (Zelditch *et al.*, 2012). No entanto, essa análise não deve ser utilizada para testar significância estatística entre os grupos (Zelditch *et al.*, 2004). O CVA também assume algumas premissas que foram apresentadas no item 2.4.5. Foram sobrepostas elipses de confiança de 90% para cada espécie para uma melhor visualização da sobreposição, ou não, das projeções nas duas análises. As distâncias de Mahalanobis são as distâncias no espaço transformado que medem as diferenças entre os grupos tendo como base a variação existente dentro dos mesmos (Mardia *et al.*, 1979; Viscosi e Cardini, 2011).

Outro tipo de análise realizada, também no programa MorphoJ, foi função discriminante par-a-par das espécies em cada vista com validação-cruzada. O objetivo desse teste foi avaliar o número de indivíduos alocados de forma equivocada no pareamento entre as espécies nas três vistas, de maneira similar a validação cruzada aplicada na análise de dimorfismo sexual.

### 2.5.5. Método filogenético comparativo

As relações filogenéticas de *Callithrix* propostas por Garbino (2015), foram utilizadas como base para a aplicação de métodos comparativos. A árvore original, que abrange gêneros de toda a Subfamília, foi confeccionada com o intuito de validação dos mesmos e, para isso, o autor elaborou quatro árvores utilizando caracteres de diferentes naturezas: morfológicos, cariótipos, vocais e moleculares. Na figura 6, é apresentado um recorte da topologia encontrada para as espécies de *Callithrix*, segundo a árvore de consenso estrito gerada a partir da análise do conjunto total de dados.

Essa árvore foi escolhida por ser a mais recente que contém todas as espécies do gênero e por incorporar caracteres de diferentes naturezas (83 caracteres osteológicos, tegumentares, cariótipos e vocal mais 3481 moleculares). A mesma não possui os comprimentos dos ramos, o que impossibilita a realização de algumas análises. A topologia de Garbino (2015) foi confeccionada no programa FigTree 1.4.2. (Rambaut, 2006) e exportada em formato Nexus sendo posteriormente importada no programa MorphoJ.

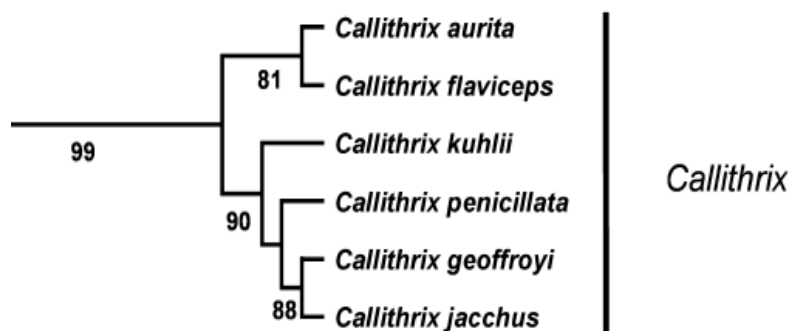


Figura 6- Relações filogenéticas de *Callithrix* segundo Garbino (2015). Os números abaixo dos ramos indicam os valores de bootstrap da análise original do autor. Retirado de Garbino (2015).

Utilizando a filogenia proposta para o gênero, foram comparadas as variações entre o formato dos terminais par a par, estabelecendo assim o formato ancestral em cada ramo ancestral. A grade de deformação foi plotada juntamente com o contorno e um fator de deformação de magnitude de 4,5 foi utilizado para uma melhor visualização da variação.

Outro teste relacionado a árvore encontrada por Garbino (2015), foi realizado tendo como base o PCA de cada vista. Para isso, os parâmetros da análise anterior foram mantidos, sendo adicionado o teste de permutação com 10000 réplicas, testando assim a hipótese nula da ausência do sinal filogenético.

#### **2.5.6. Análise de agrupamento (*Cluster*)**

O agrupamento por semelhança morfológica foi realizado de duas maneiras diferentes: a partir do conjunto das coordenadas das três vistas, isto é, das matrizes de resíduos de Procrustes e a partir de dados individuais das três vistas e dados das duas vistas do crânio. O alinhamento de todas as coordenadas, seguido do cálculo do consensus de cada espécie foi realizado no *tpsRelw*, 1.49. O *Cluster* utilizou algoritmo de agrupamento pareado (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages*, UPGMA), que identifica a distância mínima entre quaisquer dois táxons, os combina, recalcula a distância média entre este par e todos os outros táxons para formar uma nova matriz, e repete o procedimento, até que os dois últimos grupos estão unidos, sendo empregado as distâncias Euclidianas. O programa utilizado para a realização dos cálculos foi o PAST 3,12.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Mapa

O mapa resultante da adição de dados obtidos nos programas arcMap (distribuição das espécies segundo IUCN, acoplado com o mapa do Brasil) e Google Earth (procedência dos espécimes utilizados na análise) se encontra na figura 7. Diferentemente do mapa anterior (figura 1), aqui se observa a sobreposição na distribuição das espécies *C. penicillata* x *C. aurita*, *C. geoffroyi* x *C. kuhlii*, *C. geoffroyi* x *C. penicillata* e *C. aurita* x *C. flaviceps*. De modo complementar, alguns espécimes de *C. penicillata*, *C. jacchus* e com menor quantidade de *C. geoffroyi* e *C. flaviceps* são provenientes de regiões fora da área de distribuição estipulada pela IUCN.

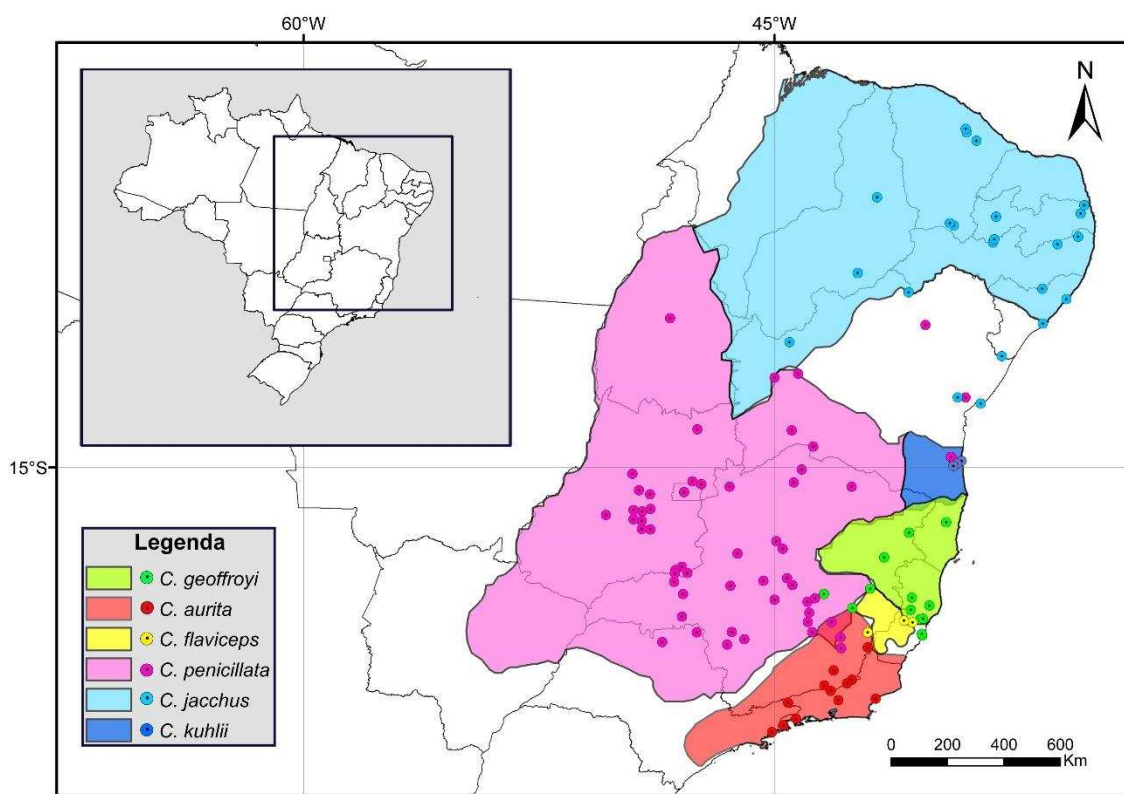


Figura 7- Área de distribuição das espécies segundo IUCN (Maio/2016). Os pontos indicam a procedência dos espécimes analisados e as áreas coloridas à área de distribuição para cada espécie. *Callithrix geoffroyi* é indicado em verde, *C. aurita* em vermelho, *C. flaviceps* em amarelo, *C. penicillata* em rosa, *C. jacchus* em azul claro e *C. kuhlii* em azul escuro.

### 3.2. Testes de Erro

No método exploratório de visualização, PCA, e no cálculo de distâncias de Procrustes, se observou diferenças maiores entre as configurações comparadas no teste de repetição em relação ao teste de digitalização. Isso já era esperado, uma vez que no teste de repetição são comparadas duas imagens diferentes, enquanto que no teste de digitalização são comparadas imagens idênticas, logo, espera-se que o erro em clicar o marco anatômico seja menor. Porém, mesmo com essa diferença, os resultados de ambos os testes foram satisfatórios, indicando a adequação do protocolo seguido, o que nos permitiu dar continuidade ao trabalho.

Os resultados das projeções dos PCAs dos testes de erro de digitalização se encontram no Apêndice 3, e os de repetição no Apêndice 4. Os resultados do cálculo de distância de Procrustes estão no quadro 6.

Quadro 6- Número máximo, médio e mínimo encontrado no cálculo de distância de Procrustes dos testes de erro (digitalização e repetição).

|                  | Distâncias de Procrustes |        |        |                    |        |        |
|------------------|--------------------------|--------|--------|--------------------|--------|--------|
|                  | Teste de Digitalização   |        |        | Teste de Repetição |        |        |
| Vistas           | Máximo                   | Médio  | Mínimo | Máximo             | Médio  | Mínimo |
| Crânio lateral   | 0,0099                   | 0,0062 | 0,0035 | 0,0132             | 0,0118 | 0,0099 |
| Crânio ventral   | 0,0078                   | 0,0075 | 0,0047 | 0,0197             | 0,0143 | 0,0092 |
| Mandíbula dorsal | 0,0093                   | 0,0056 | 0,0038 | 0,0132             | 0,0115 | 0,0089 |

### 3.3. Dimorfismo Sexual

#### 3.3.1 Tamanho

Foram realizadas análises intraespecíficas das vistas crânio lateral, ventral e mandíbula dorsal, que podem ser observados nas Figuras 8 a, b e c, respectivamente. Apesar do número amostral entre fêmeas e machos da mesma espécie ser diferente, ficou visível a semelhança do tamanho do centróide no biplot. Não foi possível determinar dimorfismo sexual quanto ao tamanho entre todas as espécies nas três vistas analisadas (p-valores acima de 0,25, com o valor máximo de 0,99 para o teste-t, quadro 7).

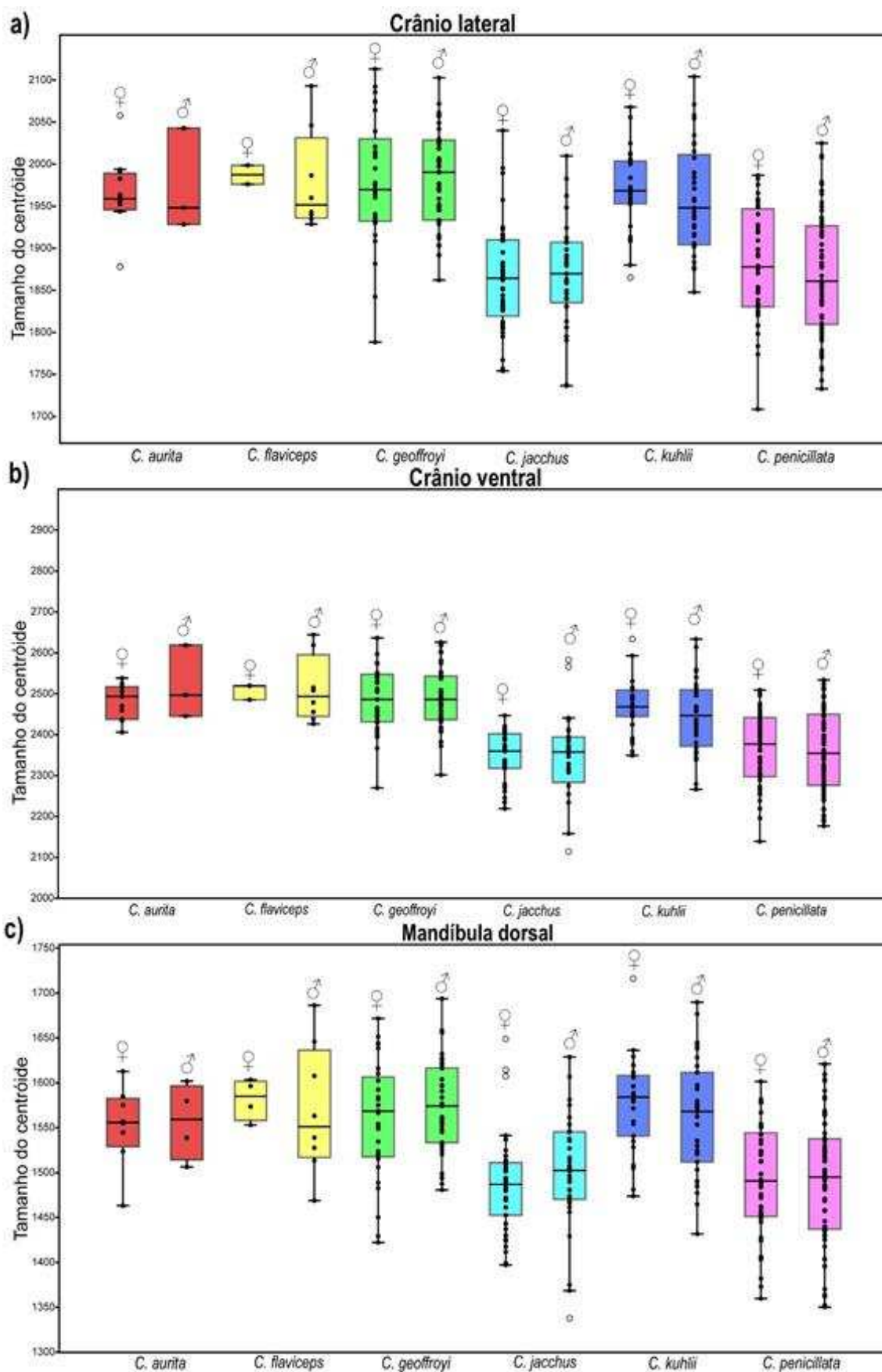


Figura 8- Gráficos biplot com a distribuição do tamanho do centróide de fêmeas e machos de todas as espécies nas vistas (a) lateral e (b) ventral do crânio e dorsal da mandíbula (c). Linhas verticais representam valores extremos e círculos os *outliers*.

Quadro 7- Teste-*t* do dimorfismo sexual nas espécies nas vistas lateral e ventral cranianas e dorsal mandibular.

|                       | Crânio lateral |          | Crânio ventral |          | Mandíbula dorsal |          |
|-----------------------|----------------|----------|----------------|----------|------------------|----------|
| Espécie               | <i>t</i>       | <i>p</i> | <i>t</i>       | <i>p</i> | <i>t</i>         | <i>p</i> |
| <i>C. aurita</i>      | -0,4207        | 0,6808   | -1,1598        | 0,2687   | -0,1723          | 0,8666   |
| <i>C. flaviceps</i>   | 0,1885         | 0,8552   | -0,0489        | 0,962    | 0,3329           | 0,7465   |
| <i>C. geoffroyi</i>   | -0,3157        | 0,7531   | 0,0077         | 0,9938   | -0,8249          | 0,4124   |
| <i>C. jacchus</i>     | -0,2766        | 0,7828   | -0,082         | 0,9349   | -0,9222          | 0,3593   |
| <i>C. kuhlii</i>      | 0,7254         | 0,4711   | 1,172          | 0,2461   | 1,0614           | 0,2931   |
| <i>C. penicillata</i> | 0,8075         | 0,4211   | 0,3769         | -0,1252  | -0,1252          | 0,9006   |

Além da análise, onde são estudadas as espécies separadamente, vista anteriormente, o número total de machos e fêmeas nas três vistas foram incluídos em uma análise única abrangendo todas as espécies. Neste resultado ficou mais evidente a semelhança encontrada entre o tamanho dos sexos (figura 9). Os resultados do teste-*t* também aprontam isso, apresentando um valor de  $t=0,00346$ ,  $p=0,99724$  na vista lateral do crânio;  $t=0,34329$ ,  $p=0,73158$  na vista ventral do crânio e  $t=-0,26657$ ,  $p=0,78997$  na vista dorsal da mandíbula.

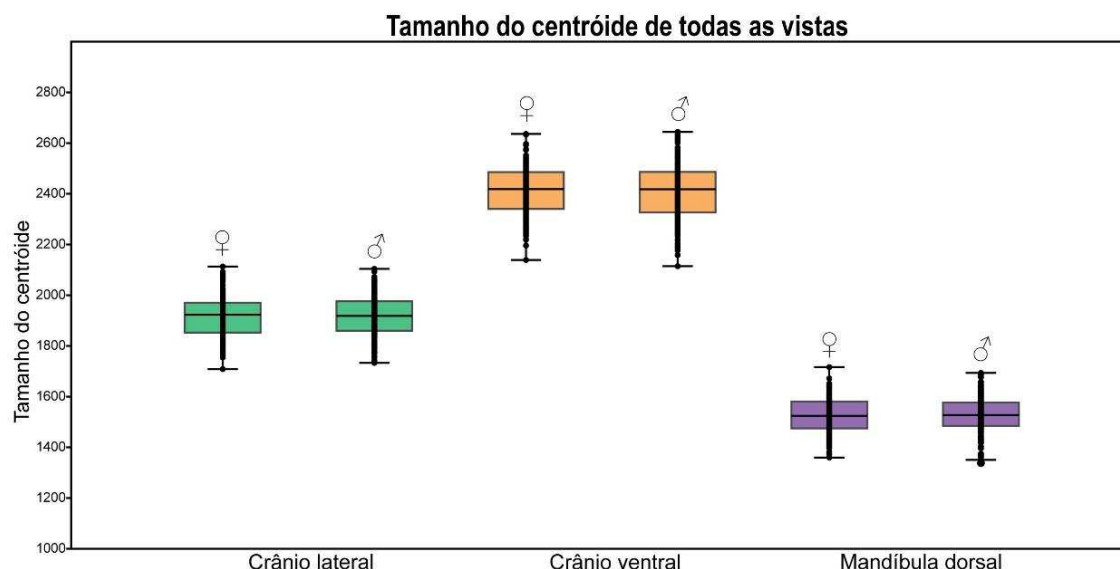


Figura 9- Gráfico *biplot* com a distribuição do tamanho do centróide de fêmeas e machos nas três vistas. Linhas verticais representam valores extremos.

### 3.3.2. Formato

Na validação cruzada da vista mandíbula dorsal, 42,18% das fêmeas foram alocadas como machos e 44,32% dos machos foram alocados como fêmeas. Já na vista crânio lateral, 52,23% e dos 52,97% machos foram alocados erroneamente. Seguindo o mesmo padrão de sobreposição de dados, na vista crânio ventral essa proporção foi de 45,03% para as fêmeas e 49,25% para os machos. O único caso de alocação 100% correta são dos machos de *C. aurita* na vista crânio ventral, porém isso pode ser atribuído ao baixo número de exemplares, totalizando somente três indivíduos. Todos os gráficos de PCAs (figura 10) também demonstram a grande sobreposição no formato entre os sexos nas três vistas.

Histograma de frequências dos escores discriminantes para machos e fêmeas através do teste de validação cruzada um-a-um das três vistas se encontram no Apêndice 4. Já os resultados numéricos dos mesmos podem ser vistos no quadro 8.

Quadro 8- Validação cruzada de fêmeas e machos das seis espécies nas três vistas.

|                       | Vista crânio lateral |            |       |       | Vista crânio ventral |            |       |       | Vista mandíbula dorsal |            |       |       |
|-----------------------|----------------------|------------|-------|-------|----------------------|------------|-------|-------|------------------------|------------|-------|-------|
|                       | Verdade              | Alocado em |       |       | Verdade              | Alocado em |       |       | Verdade                | Alocado em |       |       |
| <i>C. aurita</i>      | Grupo                | Fêmea      | Macho | Total | Grupo                | Fêmea      | Macho | Total | Grupo                  | Fêmea      | Macho | Total |
|                       | Fêmea                | 8          | 4     | 12    | Fêmea                | 10         | 2     | 12    | Fêmea                  | 5          | 3     | 8     |
|                       | Macho                | 1          | 2     | 3     | Macho                | 0          | 3     | 3     | Macho                  | 2          | 2     | 4     |
| <i>C. flaviceps</i>   | Grupo                | Fêmea      | Macho | Total | Grupo                | Fêmea      | Macho | Total | Grupo                  | Fêmea      | Macho | Total |
|                       | Fêmea                | 1          | 2     | 3     | Fêmea                | 2          | 3     | 5     | Fêmea                  | 2          | 2     | 4     |
|                       | Macho                | 3          | 5     | 8     | Macho                | 3          | 6     | 9     | Macho                  | 4          | 4     | 8     |
| <i>C. geoffroyi</i>   | Grupo                | Fêmea      | Macho | Total | Grupo                | Fêmea      | Macho | Total | Grupo                  | Fêmea      | Macho | Total |
|                       | Fêmea                | 9          | 20    | 29    | Fêmea                | 22         | 12    | 34    | Fêmea                  | 19         | 10    | 29    |
|                       | Macho                | 24         | 19    | 43    | Macho                | 21         | 23    | 44    | Macho                  | 14         | 23    | 39    |
| <i>C. jacchus</i>     | Grupo                | Fêmea      | Macho | Total | Grupo                | Fêmea      | Macho | Total | Grupo                  | Fêmea      | Macho | Total |
|                       | Fêmea                | 24         | 17    | 41    | Fêmea                | 21         | 14    | 35    | Fêmea                  | 22         | 17    | 39    |
|                       | Macho                | 14         | 16    | 32    | Macho                | 13         | 15    | 28    | Macho                  | 15         | 23    | 38    |
| <i>C. kuhlii</i>      | Grupo                | Fêmea      | Macho | Total | Grupo                | Fêmea      | Macho | Total | Grupo                  | Fêmea      | Macho | Total |
|                       | Fêmea                | 12         | 16    | 28    | Fêmea                | 10         | 19    | 29    | Fêmea                  | 15         | 11    | 26    |
|                       | Macho                | 19         | 14    | 33    | Macho                | 19         | 12    | 31    | Macho                  | 13         | 19    | 32    |
| <i>C. penicillata</i> | Grupo                | Fêmea      | Macho | Total | Grupo                | Fêmea      | Macho | Total | Grupo                  | Fêmea      | Macho | Total |
|                       | Fêmea                | 21         | 23    | 44    | Fêmea                | 29         | 27    | 56    | Fêmea                  | 22         | 19    | 41    |
|                       | Macho                | 35         | 31    | 66    | Macho                | 42         | 40    | 82    | Macho                  | 32         | 32    | 64    |

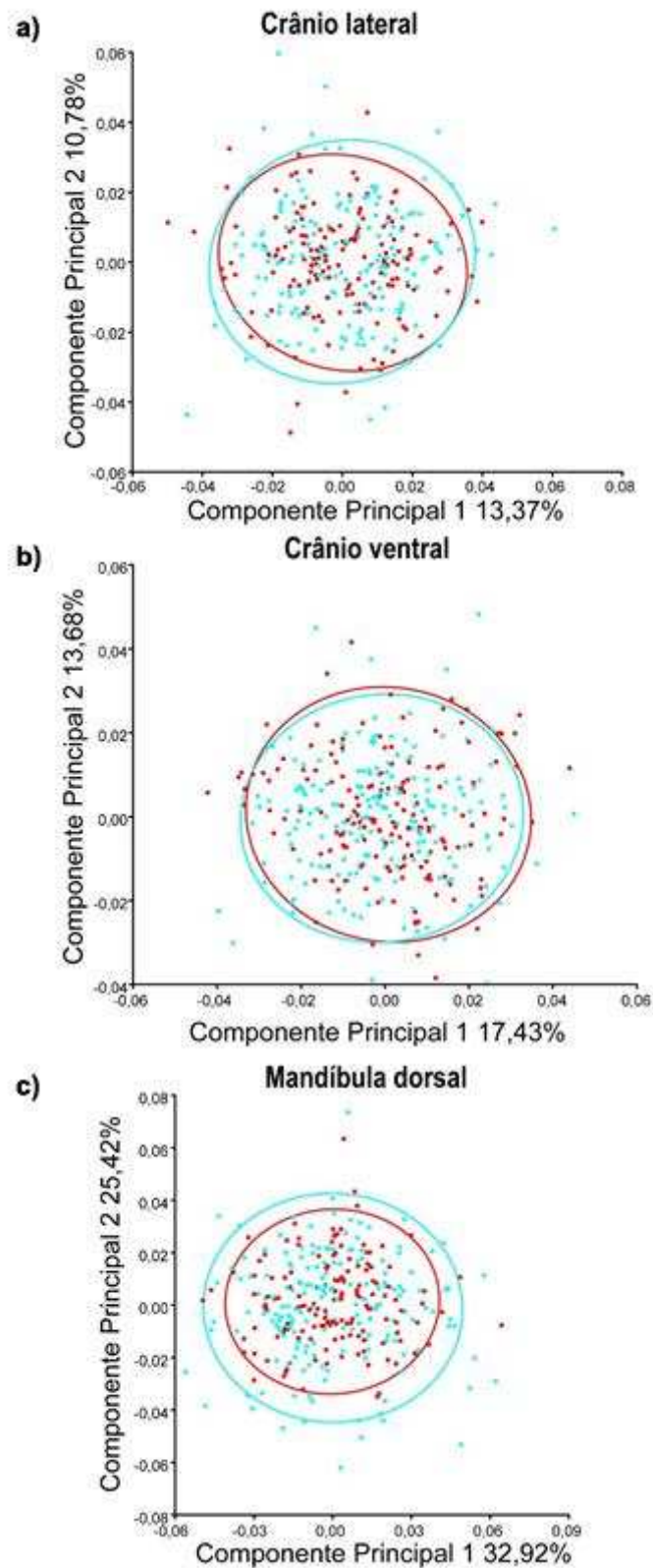


Figura 10- PCA com as projeções individuais para os dois primeiros componentes principais de machos (azul) e fêmeas (vermelho) de todas as espécies nas vistas lateral (a) e ventral (b) do crânio e dorsal da mandíbula (c).

### 3.4. Comparação do tamanho entre as espécies

Foi observada uma diferença no tamanho do centroide entre as espécies em um padrão similar nas três vistas. Na figura 11 se encontram os gráficos com a distribuição do tamanho do centróide de todas as espécies nas vistas do crânio e da mandíbula. A sequência de tamanho na ordem crescente entre as espécies estudadas é: *C. jacchus* < *C. penicillata* < *C. kuhlii* < *C. geoffroyi* < *C. aurita* < *C. flaviceps*.

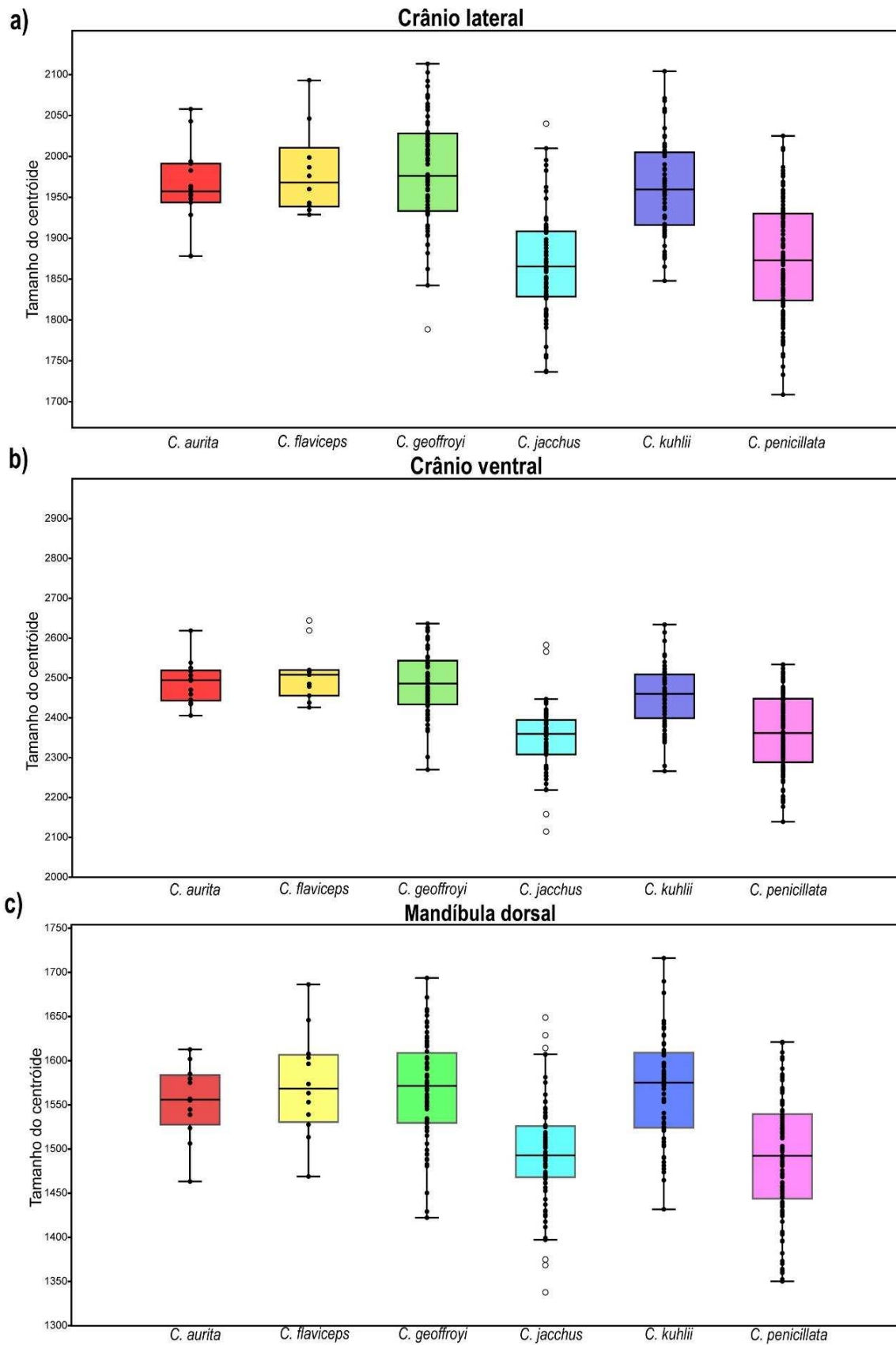


Figura 11- Gráficos boxplot com a distribuição do tamanho do centróide de todas as espécies nas vistas (a) lateral e (b) ventral do crânio e dorsal da mandíbula (c). Linhas verticais representam valores extremos e círculos os outliers.

### 3.5. Visualização da mudança do formato entre as espécies

A visualização da variação dos formatos entre as médias de cada espécie, em comparação com a média geral (figura 12), permitiu identificar diferenças morfológicas entre as espécies. Os dois grupos taxonômicos propostos por Mendes *et al.* (2009) - grupo aurita composto por *C. aurita* e *C. flaviceps* e grupo jacchus composto por *C. jacchus*, *C. penicillata*, *C. geoffroyi* e *C. kuhlii* – apresentam diferenças morfológicas compatíveis com a separação em duas linhagens evolutivas.

Na vista lateral do crânio, as espécies do grupo aurita apresentam a caixa craniana alargada devido a expansão do osso parietal e alongamento do osso occipital (sendo mais evidente em *C. aurita*), e rosto mais curto devido a posição mais anterior do osso nasal e contração do osso incisivo, seguida da retrusão da arcada dentária superior. Já as espécies do grupo jacchus não apresentam uma variação morfológica uniforme, porém todas exibem o rosto mais longo e caixa craniana mais comprimida. *C. geoffroyi* é a espécie que apresenta a morfologia geral mais próxima da média, possuindo leves modificações: rosto mais alongado e osso parietal mais expandido. *C. kuhlii* é a espécie que possui a caixa craniana mais dorso-ventralmente achatada e osso incisivo mais expandido, levando a uma maior protrusão dentária. Outra modificação compartilhada entre *C. penicillata* e *C. jacchus* é uma contração no osso parietal ligada a um alargamento do osso zigomático. Essas duas últimas espécies apresentam um alongamento mais evidente no osso nasal, sendo que o que os difere é a caixa craniana levemente mais contraída em *C. jacchus*.

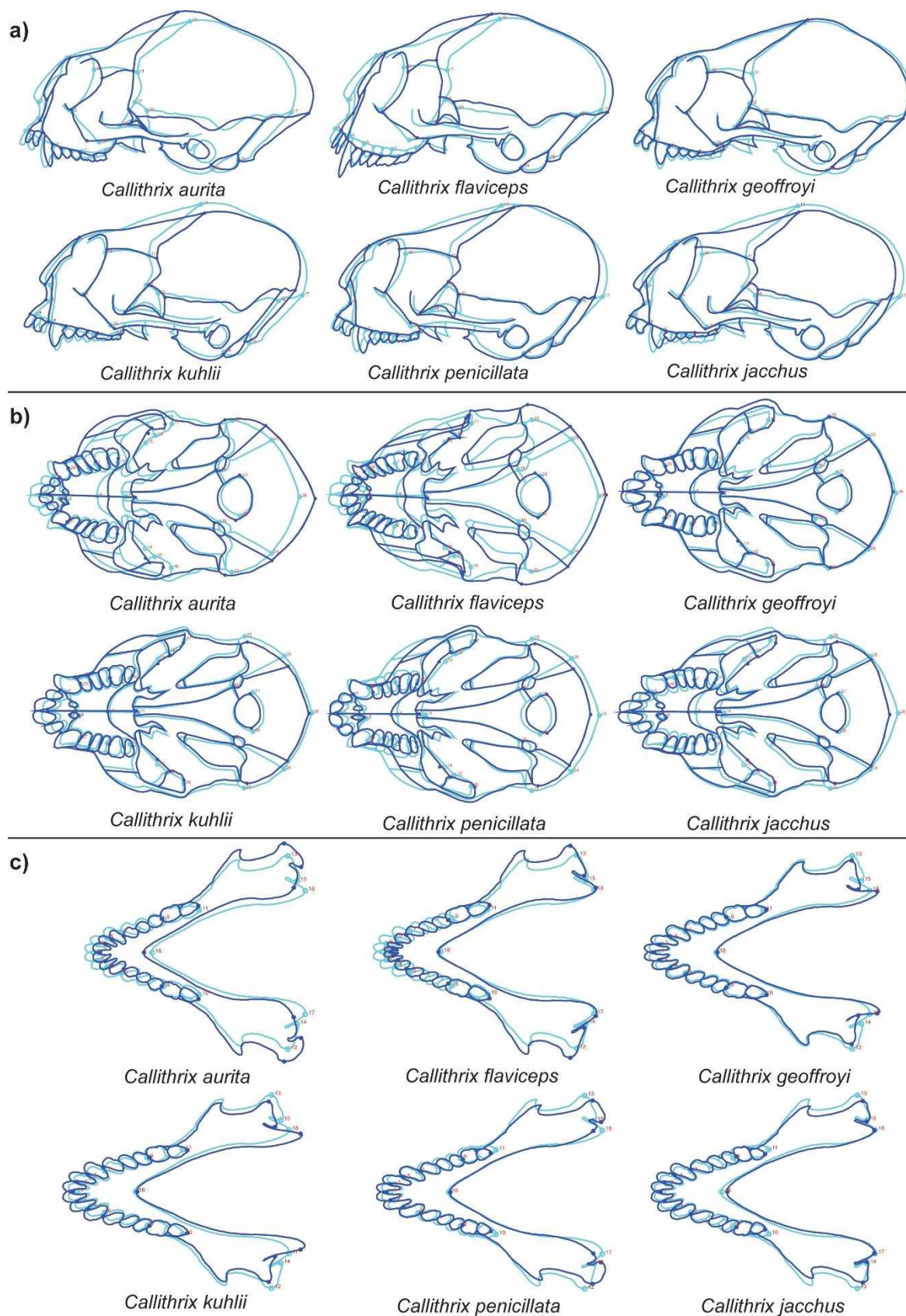


Figura 12- Comparação do contorno médio de cada espécie (azul escuro) com o contorno médio geral (azul claro). Os círculos representam os marcos anatômicos e os números em vermelho indicam a ordem da digitalização dos mesmos.

Na vista ventral do crânio, também foi visível distinção morfológica dos dois grupos. No grupo aurita é encontrada uma caixa craniana expandida, contração no osso maxilar e no osso incisivo o que leva uma contração em toda a arcada dentária. Enquanto *C. aurita* possui a caixa craniana mais alongada, *C. flaviceps* possui a mesma mais alargada.

*C. geoffroyi* foi a espécie com morfologia mais próxima à da média geral, apresentando um ligeiro estreitamento e expansão lateral no osso temporal. A caixa craniana de *C. jacchus* é uniformemente contraída, enquanto que em *C. penicillata* a mesma é achatada caudalmente. *C. kuhlii* apresenta uma contração sutil da caixa craniana, sendo levemente mais acentuada lateralmente, especialmente na região do osso temporal. Em todas as espécies do grupo jacchus são encontradas expansões no osso incisivo, o que torna os dentes incisivos mais protrusos, porém em *C. jacchus*, *C. kuhlii* e *C. penicillata* esse aspecto é mais evidenciado. Outra característica que diferencia *C. jacchus* é o palato mais alargado.

O mesmo padrão de diferenciação morfológica nos dois grupos se repete na vista dorsal da mandíbula. O grupo aurita apresenta os processos condilares dispostos mais lateralmente enquanto que as espécies do grupo jacchus possuem os mesmos estreitos.

Entre todas as espécies, *C. aurita* é a que possui o maior espaço intermandibular, além de um ângulo mandibular mais obtuso, resultando em uma deformação do contorno na região basal da mandíbula no sentido caudal-ventral. Já o ângulo mandibular dos espécimes analisados de *C. flaviceps* se encontra muito próximo da média. Em ambas as espécies, foi encontrado um encurtamento na região da sínfise intermandibular, resultando em incisivos mais retrusos. Em relação ao grupo jacchus, a arcada inferior de *C. jacchus*, como visto na arcada superior, também é mais alargada.

A ordem crescente da obtusidade do ângulo mandibular entre as espécies do grupo jacchus é: *C. kuhlii* < *C. geoffroyi* < *C. jacchus* < *C. penicillata*. Todas as quatro espécies possuem a região da sínfise intermandibular mais alargada, resultando em uma posição mais protrusa dos incisivos, característica importante para o hábito alimentar dessas espécies. Sendo essa, a principal característica da mandíbula que diferencia as espécies.

### 3.6. Análise de Componentes Principais (PCA)

Os resultados dos PCAs nas três vistas apresentam alta sobreposição nas projeções entre as espécies. Os dois primeiros componentes principais (PCs) das vistas do crânio englobam uma porcentagem pequena de variação (vista crânio lateral, 24,84%; vista crânio ventral, 30,18%), sendo maior na vista da mandíbula (57,91%). As projeções individuais de outros PCs foram exploradas com o intuito de averiguar diferentes padrões, porém esse se manteve. No apêndice 5 se encontram os gráficos com os percentuais de variância em cada PC nas três vistas.

O PCA da vista lateral do crânio (figura 13), apresenta uma leve separação das espécies no eixo do PC 2, que abrange 11,62% das variações na forma. Como é possível ver nos *outlines*, nesse eixo as principais mudanças se concentram na forma da caixa craniana. Quanto mais positivo o escore do PC2, mais comprimida é a caixa craniana e, quanto menor, mais expandida. Isso é causado principalmente pela dilatação/contração do osso parietal. Os espécimes do grupo aurita se concentram mais nos valores negativos desse PC, enquanto que as espécies do grupo jacchus estão espalhadas desde os valores positivos aos negativos, sendo que nesse eixo, há projeções individuais que extrapolam àquelas do grupo aurita. Já no eixo do PC 1, componente esse que engloba a maior variação do formato com 13,22%, a sobreposição é ainda maior, não sendo possível fazer uma separação entre as espécies.

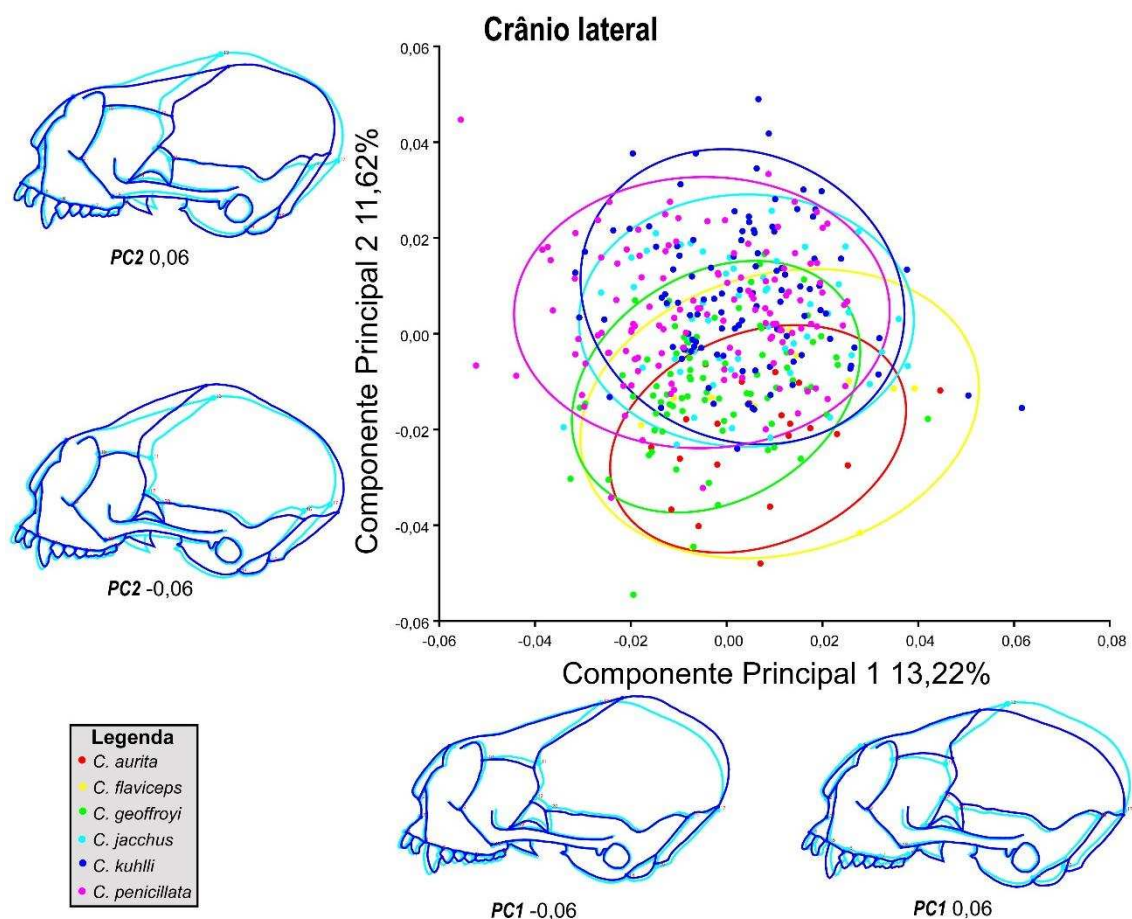


Figura 13- Projeções individuais dos espécimes analisados no PCA sobre a matriz de resíduos procrustes da vista lateral do crânio. Os *outlines* em azul escuro representam as deformações cranianas encontradas nas extremidades dos eixos PC1 (abaixo) e PC2 (na esquerda), já os *outlines* em azul claro representam a deformação média. Os valores abaixo dos *outlines* indicam os extremos das variações positiva e negativa para cada PC.

No resultado do PCA da vista ventral do crânio (figura 14), a sobreposição das projeções individuais das seis espécies é alta. As espécies do grupo *jacchus* se encontram completamente sobrepostas, em ambos os eixos, indicando a grande similaridade entre si. A única estruturação que se pode observar é uma concentração indivíduos do grupo *aurita* nos valores extremos na diagonal PC1 x PC2, onde a caracterização da morfologia craniana é devida, sobretudo, à expansão do crânio como um todo, exceto na arcada dentária.

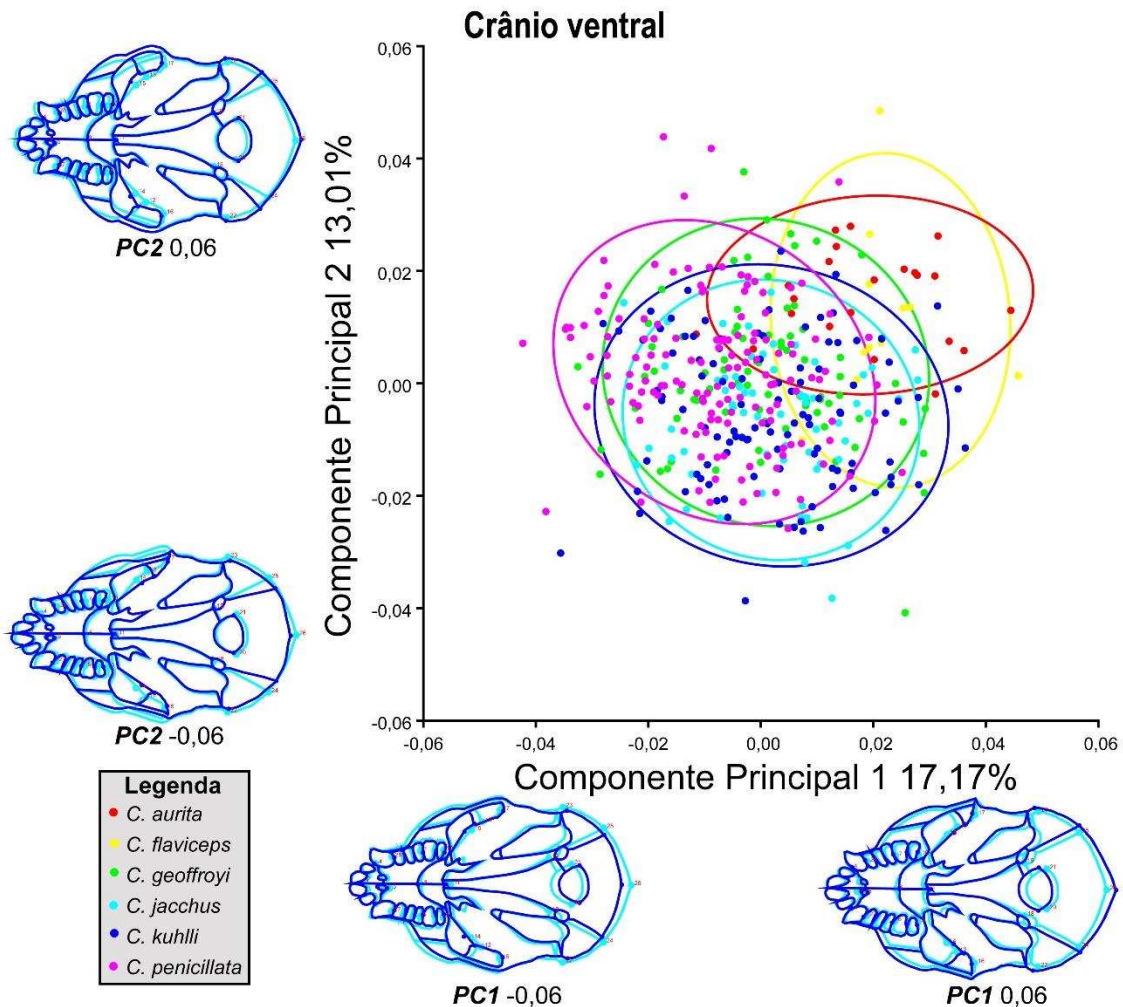


Figura 14- Gráfico dos escores do PC1 e PC2 da matriz de resíduos procrustes da vista ventral do crânio. Os *outlines* em azul escuro representam as deformações cranianas encontradas nas extremidades dos eixos PC1 (abaixo) e PC2 (na esquerda), já os *outlines* em azul claro representam a deformação média. Os valores abaixo dos *outlines* indicam os extremos das variações positiva e negativa para cada PC.

Na vista dorsal da mandíbula (figura 15), a sobreposição das projeções individuais nos dois eixos de maior variância é total, não sendo possível sequer visualizar uma ligeira divisão do gênero em dois ou mais grupos em nenhum dos eixos, embora a variância acumulada nos dois maiores PCs (33,07% no PC1 e 24,84% no PC2) seja muito maior do que as variâncias calculadas para os primeiros principais componentes das vistas do crânio. Entre os *outliers* presentes nessa análise os mais importantes são os encontrados nas projeções de *C. penicillata*, onde a maioria dos *outliers* se encontram nos escores mais altos do PC2, muito acima da elipse de confiança calculada para espécie. Já para *C. aurita* praticamente toda a distribuição dos plots dos indivíduos se encontram dentro da elipse.

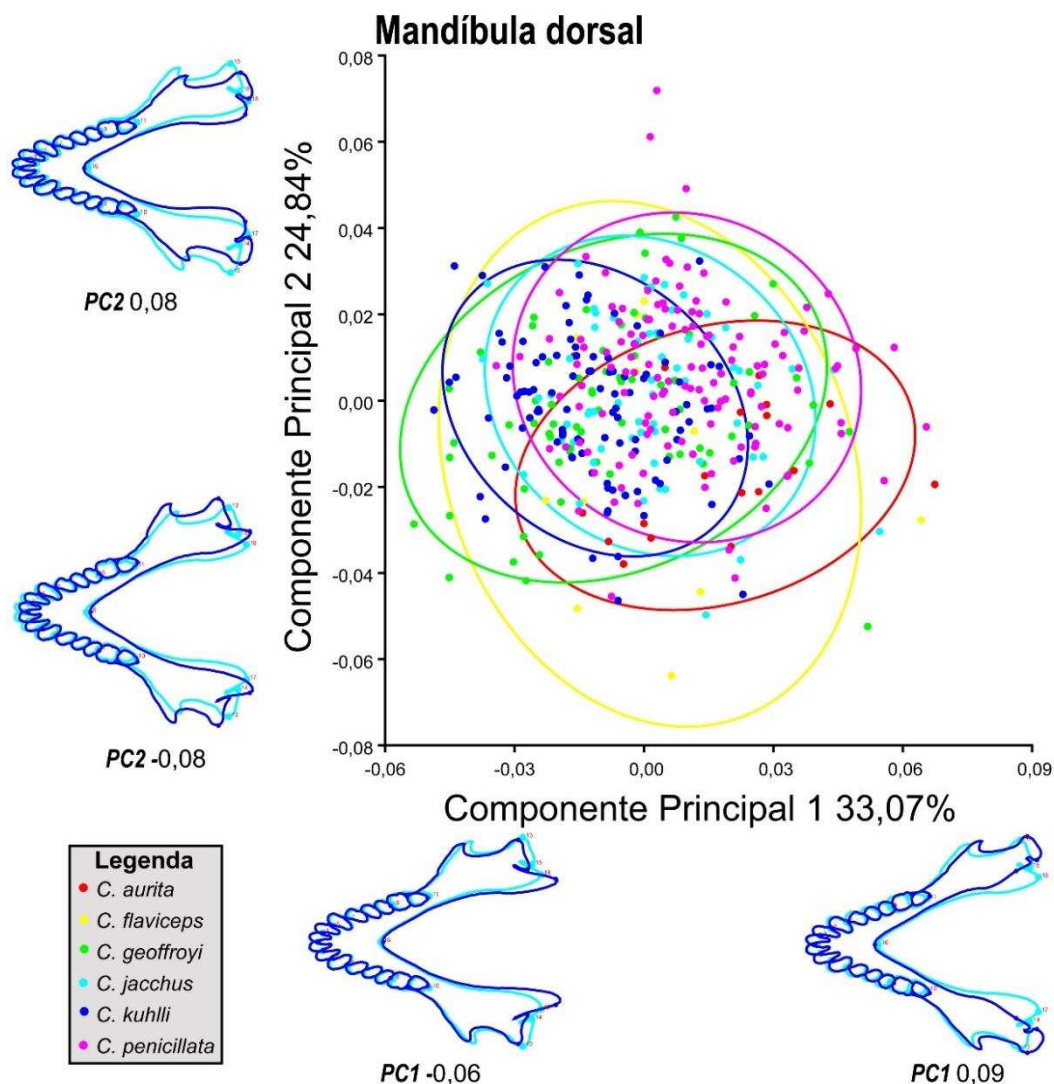


Figura 15- Gráfico dos escores do PC1 e PC2 da matriz de resíduos procrustes da vista dorsal da mandíbula. Os *outlines* em azul escuro representam as deformações da mandíbula encontradas nas extremidades dos eixos PC1 (abaixo) e PC2 (na esquerda), já os *outlines* em azul claro representam a deformação média. Os valores abaixo dos *outlines* indicam os extremos das variações positiva e negativa para cada PC.

### 3.7. Análise de Variável Canônica (CVA)

Como esperado, a separação das espécies encontradas no CVA foi superior aquela encontrada no PCA, já que essa análise amplifica as diferenças entre os grupos, porém em nenhuma vista houve uma discriminação completa entre as espécies. No entanto, o resultado das medidas de distância de Procrustes e de Mahalanobis apontam uma separação entre as espécies, sendo na maior parte das vezes sustentada por um *p-valor* significativo. É necessário reforçar que as premissas foram negligenciadas, dessa forma impossibilitando que os CVAs não possuam uma verdade estatística, todavia a

estruturção dos dados, que são mais facilmente visualizados no CVA do que no PCA, são os motivos da apresentação desse teste.

Assim como no PCA, na vista dorsal da mandíbula (figura 18), a sobreposição de dados foi maior, dificultando, desse modo, a distinção entre as espécies. Nas vistas do crânio (figura 16 e 17), é possível distinguir principalmente os grupos jacchus e aurita, embora ainda haja uma grande sobreposição entre as espécies desses grupos.

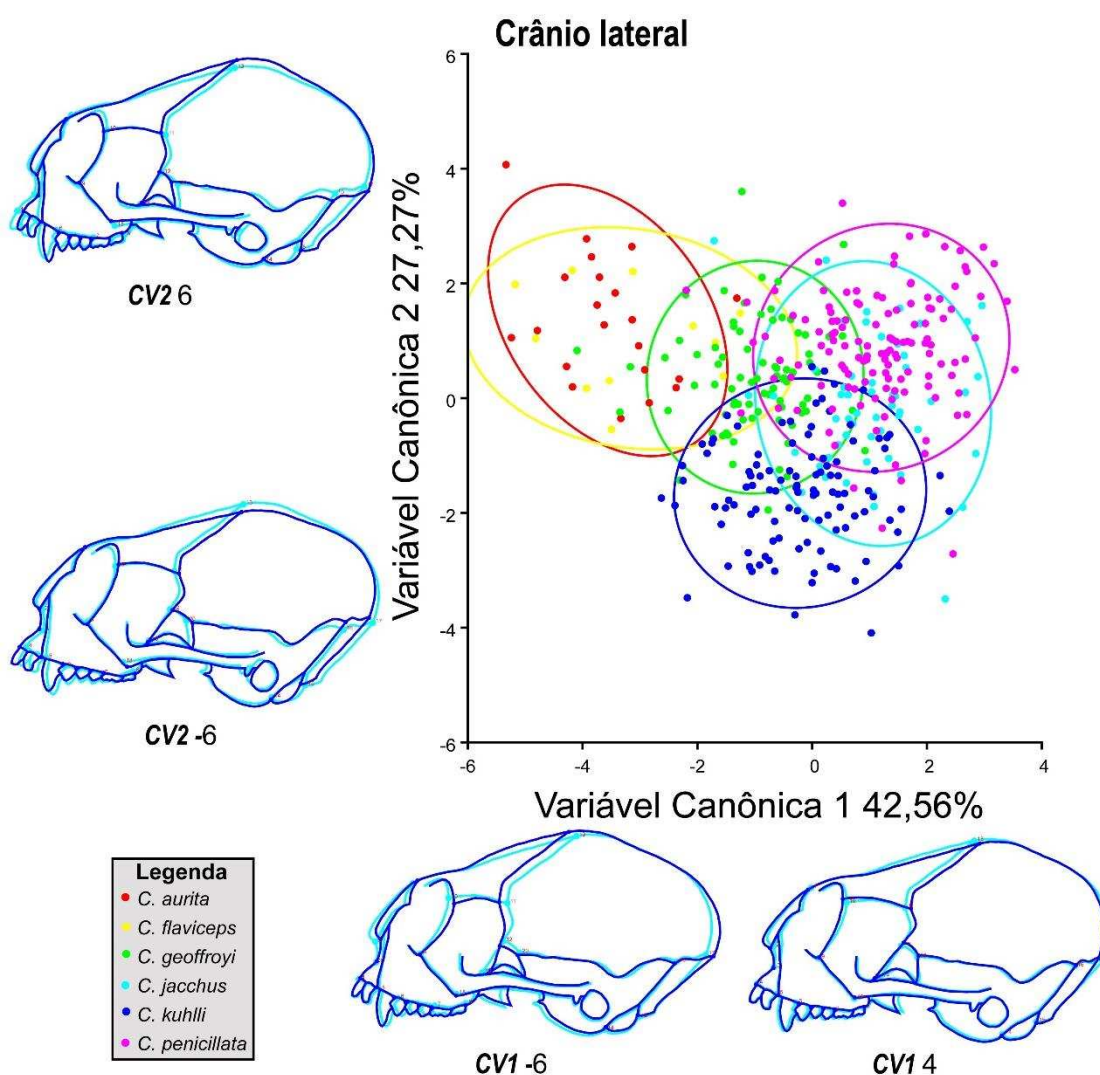


Figura 16- Gráfico dos escores das variáveis canônicas CV1 e CV2 da vista lateral do crânio. Os *outlines* em azul escuro representam as deformações cranianas encontradas nas extremidades dos eixos CV1 (abaixo) e CV2 (na esquerda), já os *outlines* em azul claro representam a deformação média. Os valores abaixo dos *outlines* indicam os extremos das variações positiva e negativa para cada CV.

Na vista lateral do crânio (figura 16), é possível observar uma distinção entre os grupos jacchus e aurita no eixo do CV 1, onde *C. aurita* e *C. flaviceps* se concentram nos

escores negativos. A variação no eixo CV1 expressa, sobretudo, a expansão do osso parietal acarretando o alongamento de toda caixa craniana, como também a presença de uma retração dos ossos nasal e incisivo, levando a um encolhimento do rosto e retrusão da arcada dentária (nos escores negativos).

A projeção individual das espécies do grupo *jacchus* é bastante sobreposta. Os espécimes de *C. geoffroyi* se encontram aproximadamente no eixo zero nos dois CVs. É possível observar uma ligeira separação de *C. kuhlii* e *C. geoffroyi* em relação a *C. jacchus* e *C. penicillata* no CV1. Essa proximidade é corroborada pelas distâncias de Mahalanobis (quadro 9) e de Procrustes (quadro 10).

*C. penicillata* e *C. jacchus* são os mais próximos em ambas as distâncias. Já os mais distantes, segundo a distância de Mahalanobis, seriam *C. aurita* e *C. jacchus* e em relação a distância de Procrustes, *C. penicillata* e *C. aurita*. Mesmo apresentando uma distância intermediária nas duas análises, *C. aurita* e *C. flaviceps* apresentaram *p*-valor maior que 0,0001 para o teste de permutação sobre as distâncias de Procrustes. Todas as outras combinações de espécies apresentaram o *p*-valor significativo em ambas distâncias.

Quadro 9- Distâncias de Mahalanobis entre as espécies e seu *p*-valor para teste de permutação de 1000 réplicas. Resultado do CVA da vista lateral do crânio.

| Distância de Mahalanobis                          |                  |                     |                     |                   |                  |
|---------------------------------------------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|
|                                                   | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i> | <i>C. kuhlii</i> |
| <i>C. flaviceps</i>                               | 3,8405           |                     |                     |                   |                  |
| <i>C. geoffroyi</i>                               | 4,2735           | 3,832               |                     |                   |                  |
| <i>C. jacchus</i>                                 | 5,4718           | 5,2666              | 2,8535              |                   |                  |
| <i>C. kuhlii</i>                                  | 4,8792           | 4,7345              | 2,7439              | 2,7656            |                  |
| <i>C. penicillata</i>                             | 5,1585           | 5,0552              | 2,8627              | 2,2991            | 2,9077           |
| Valor-p para teste de permutação de 1000 réplicas |                  |                     |                     |                   |                  |
|                                                   | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i> | <i>C. kuhlii</i> |
| <i>C. flaviceps</i>                               | <.0001           |                     |                     |                   |                  |
| <i>C. geoffroyi</i>                               | <.0001           | <.0001              |                     |                   |                  |
| <i>C. jacchus</i>                                 | <.0001           | <.0001              | <.0001              |                   |                  |
| <i>C. kuhlii</i>                                  | <.0001           | <.0001              | <.0001              | <.0001            |                  |
| <i>C. penicillata</i>                             | <.0001           | <.0001              | <.0001              | <.0001            | <.0001           |

Quadro 10- Distâncias de Procrustes entre as espécies e seu *p*-valor para teste de permutação de 1000 réplicas. Resultado do CVA da vista lateral do crânio.

| Distância de Procrustes                           |                  |                     |                     |                   |                  |
|---------------------------------------------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|
|                                                   | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i> | <i>C. kuhlii</i> |
| <i>C. flaviceps</i>                               | 0,0254           |                     |                     |                   |                  |
| <i>C. geoffroyi</i>                               | 0,029            | 0,0283              |                     |                   |                  |
| <i>C. jacchus</i>                                 | 0,0372           | 0,0351              | 0,0218              |                   |                  |
| <i>C. kuhlii</i>                                  | 0,0382           | 0,035               | 0,0231              | 0,0166            |                  |
| <i>C. penicillata</i>                             | 0,0395           | 0,0373              | 0,0232              | 0,0164            | 0,0199           |
| Valor-p para teste de permutação de 1000 réplicas |                  |                     |                     |                   |                  |
|                                                   | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i> | <i>C. kuhlii</i> |
| <i>C. flaviceps</i>                               | 0,0136           |                     |                     |                   |                  |
| <i>C. geoffroyi</i>                               | <.0001           | <.0001              |                     |                   |                  |
| <i>C. jacchus</i>                                 | <.0001           | <.0001              | <.0001              |                   |                  |
| <i>C. kuhlii</i>                                  | <.0001           | <.0001              | <.0001              | <.0001            |                  |
| <i>C. penicillata</i>                             | <.0001           | <.0001              | <.0001              | <.0001            | <.0001           |

O CVA da vista ventral o crânio (figura 17), também apresenta uma separação entre do grupos no CV1, na qual os indivíduos das espécies *C. aurita* e *C. flaviceps* estão projetados no seu extremo negativo. Nesse segmento do eixo, a variação se baseia basicamente na expansão do crânio como um todo com exceção da arcada dentária. Ainda no CV1, é visível a sobreposição de *C. geoffroyi*, *C. kuhlii* e *C. jacchus*, já *C. penicillata* se encontra nos maiores escores positivos. A caixa craniana dos espécimes plotados nessa região é comprimida e a região o osso incisivo expandida, tornando a dentição mais protrusa.

No CV2 é possível separar as espécies do grupo jacchus entre *C. jacchus* e *C. kuhlii*, que ocupam a região com os escores positivos mais altos, e *C. geoffroyi* e *C. penicillata*, ocupando os escores intermediários, enquanto que as espécies do grupo aurita ocupam os escores mais negativos, juntamente com alguns indivíduos de *C. penicillata*. Assim como observado na vista lateral, *C. geoffroyi* foi plotado nos escores intermediários em ambos CVs.

O resultado do *p*-valor em ambas as distâncias mensuradas deram significativos. Tanto na distância de Mahalanobis (quadro 11), quanto para a distância de Procrustes (quadro 12), o par de espécies mais similar foi *C. kuhlii* e *C. jacchus*. O mais distante para

a distância de Mahalanobis foi *C. jacchus* e *C. flaviceps*, já para a distância de Procrustes *C. flaviceps* e *C. penicillata*.

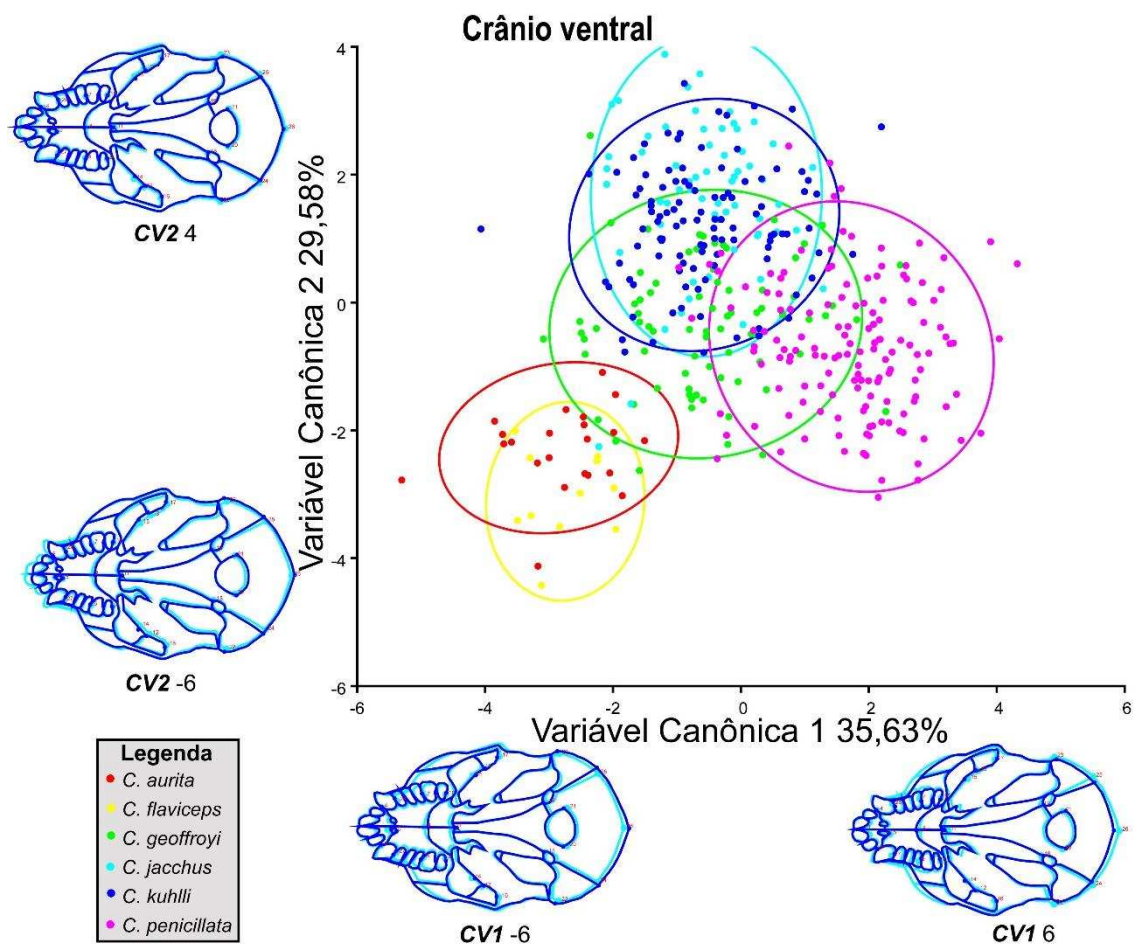


Figura 17- Gráfico dos escores das variáveis canônicas CV1 e CV2 da vista ventral do crânio. Os *outlines* em azul escuro representam as deformações cranianas encontradas nas extremidades dos eixos CV1 (abaixo) e CV2 (na esquerda), já os *outlines* em azul claro representam a deformação média. Os valores abaixo dos *outlines* indicam os extremos das variações positiva e negativa para cada CV.

Quadro 11- Distâncias de Mahalanobis entre as espécies e seu p- valor para teste de permutação de 1000 réplicas. Resultado do CVA da vista ventral do crânio.

| Distância de Mahalanobis                          |                  |                     |                     |                   |                  |
|---------------------------------------------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|
|                                                   | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i> | <i>C. kuhlii</i> |
| <i>C. flaviceps</i>                               | 4,6494           |                     |                     |                   |                  |
| <i>C. geoffroyi</i>                               | 4,6976           | 5,1782              |                     |                   |                  |
| <i>C. jacchus</i>                                 | 5,1364           | 6,0864              | 3,3825              |                   |                  |
| <i>C. kuhlii</i>                                  | 4,9778           | 5,5136              | 2,7876              | 2,5188            |                  |
| <i>C. penicillata</i>                             | 5,3129           | 5,7512              | 3,1026              | 3,5774            | 3,1668           |
| Valor-p para teste de permutação de 1000 réplicas |                  |                     |                     |                   |                  |
|                                                   | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i> | <i>C. kuhlii</i> |
| <i>C. flaviceps</i>                               | <.0001           |                     |                     |                   |                  |
| <i>C. geoffroyi</i>                               | <.0001           | <.0001              |                     |                   |                  |
| <i>C. jacchus</i>                                 | <.0001           | <.0001              | <.0001              |                   |                  |
| <i>C. kuhlii</i>                                  | <.0001           | <.0001              | <.0001              | <.0001            |                  |
| <i>C. penicillata</i>                             | <.0001           | <.0001              | <.0001              | <.0001            | <.0001           |

Quadro 12- Distâncias de Procrustes entre as espécies e seu p- valor para teste de permutação de 1000 réplicas. Resultado do CVA da vista ventral do crânio.

| Distância de Procrustes                           |                  |                     |                     |                   |                  |
|---------------------------------------------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|
|                                                   | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i> | <i>C. kuhlii</i> |
| <i>C. flaviceps</i>                               | 0,0208           |                     |                     |                   |                  |
| <i>C. geoffroyi</i>                               | 0,028            | 0,0306              |                     |                   |                  |
| <i>C. jacchus</i>                                 | 0,0341           | 0,0346              | 0,0153              |                   |                  |
| <i>C. kuhlii</i>                                  | 0,0318           | 0,0341              | 0,0141              | 0,012             |                  |
| <i>C. penicillata</i>                             | 0,0344           | 0,0373              | 0,0142              | 0,0186            | 0,0176           |
| Valor-p para teste de permutação de 1000 réplicas |                  |                     |                     |                   |                  |
|                                                   | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i> | <i>C. kuhlii</i> |
| <i>C. flaviceps</i>                               | <.0001           |                     |                     |                   |                  |
| <i>C. geoffroyi</i>                               | <.0001           | <.0001              |                     |                   |                  |
| <i>C. jacchus</i>                                 | <.0001           | <.0001              | <.0001              |                   |                  |
| <i>C. kuhlii</i>                                  | <.0001           | <.0001              | <.0001              | <.0001            |                  |
| <i>C. penicillata</i>                             | <.0001           | <.0001              | <.0001              | <.0001            | <.0001           |

A sobreposição encontrada na vista dorsal da mandíbula (figura 18) é a mais visível entre os CVAs. As espécies que se concentram no eixo negativo do CV1 são *C. aurita*, *C. flaviceps*, *C. geoffroyi* e *C. kuhlii*. Já no CV2, há uma separação entre os grupos, sendo que o grupo *aurita* estão plotadas na extremidade positiva desse eixo.

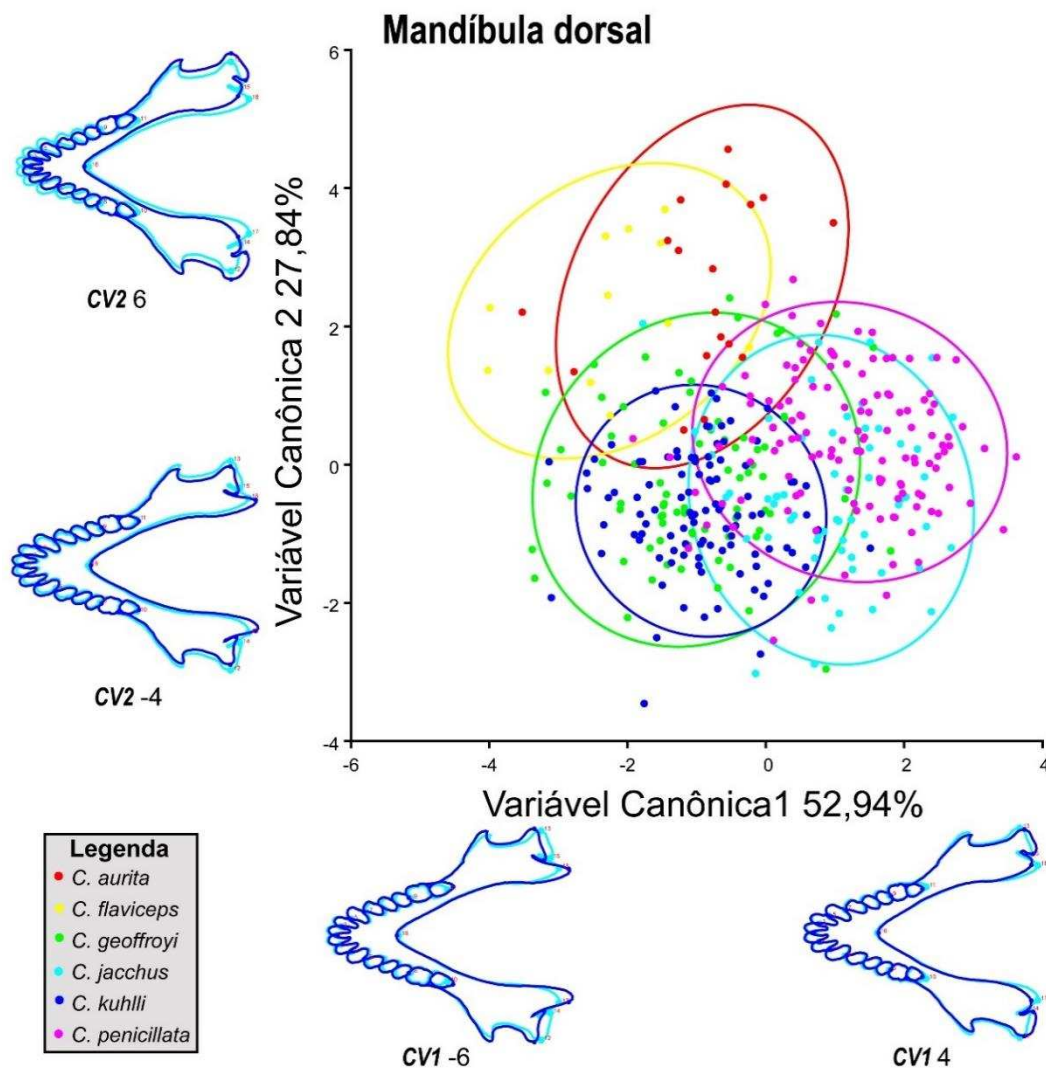


Figura 18- Gráfico dos escores das variáveis canônicas CV1 e CV2 da vista dorsal da mandíbula. Os *outlines* em azul escuro representam as deformações cranianas encontradas nas extremidades dos eixos CV1 (abaixo) e CV2 (na esquerda), já os *outlines* em azul claro representam a deformação média. Os valores abaixo dos *outlines* indicam os extremos das variações positiva e negativa para cada CV.

Essa sobreposição é vista no resultado da distância de Procrustes (quadro 14), onde cinco combinações de espécies apresentaram um *p-valor* não significativo, dentre essas combinações, duas são encontradas nas espécies do grupo *jacchus*, sendo uma *C. geoffroyi* e *C. jacchus* e a outra *C. geoffroyi* e *C. kuhlii*. A separação entre as espécies do grupo *jacchus* obteve um *p-valor* significativo nas outras vistas. O par de espécies mais próximo se repete em ambas distâncias: *C. kuhlii* e *C. geoffroyi*. Já o mais distante se diferencia, *C. kuhlii* e *C. aurita* na distância de Mahalanobis (quadro 13) e *C. jacchus* e *C. flaviceps* na distância de Procrustes.

Quadro 13- Distâncias de Mahalanobis entre as espécies e seu *p*-valor para teste de permutação de 1000 réplicas. Resultado do CVA da vista dorsal da mandíbula.

| Distância de Mahalanobis                          |                  |                     |                     |                   |                  |
|---------------------------------------------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|
|                                                   | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i> | <i>C. kuhlii</i> |
| <i>C. flaviceps</i>                               | 2,578            |                     |                     |                   |                  |
| <i>C. geoffroyi</i>                               | 3,1999           | 3,2723              |                     |                   |                  |
| <i>C. jacchus</i>                                 | 3,7126           | 4,4707              | 2,4227              |                   |                  |
| <i>C. kuhlii</i>                                  | 3,4352           | 3,4315              | 1,2722              | 2,1476            |                  |
| <i>C. penicillata</i>                             | 3,4206           | 4,187               | 2,4057              | 1,5551            | 2,4393           |
| Valor-p para teste de permutação de 1000 réplicas |                  |                     |                     |                   |                  |
|                                                   | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i> | <i>C. kuhlii</i> |
| <i>C. flaviceps</i>                               | 0,001            |                     |                     |                   |                  |
| <i>C. geoffroyi</i>                               | <.0001           | <.0001              |                     |                   |                  |
| <i>C. jacchus</i>                                 | <.0001           | <.0001              | <.0001              |                   |                  |
| <i>C. kuhlii</i>                                  | <.0001           | <.0001              | <.0001              | <.0001            |                  |
| <i>C. penicillata</i>                             | <.0001           | <.0001              | <.0001              | <.0001            | <.0001           |

Quadro 14- Distâncias de Procrustes entre as espécies e seu *p*-valor para teste de permutação de 1000 réplicas. Resultado do CVA da vista dorsal da mandíbula.

| Distância de Procrustes                           |                  |                     |                     |                   |                  |
|---------------------------------------------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|
|                                                   | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i> | <i>C. kuhlii</i> |
| <i>C. flaviceps</i>                               | 0,0183           |                     |                     |                   |                  |
| <i>C. geoffroyi</i>                               | 0,0349           | 0,0248              |                     |                   |                  |
| <i>C. jacchus</i>                                 | 0,0315           | 0,0272              | 0,0144              |                   |                  |
| <i>C. kuhlii</i>                                  | 0,0387           | 0,0284              | 0,008               | 0,0172            |                  |
| <i>C. penicillata</i>                             | 0,0291           | 0,0293              | 0,0215              | 0,0113            | 0,0257           |
| Valor-p para teste de permutação de 1000 réplicas |                  |                     |                     |                   |                  |
|                                                   | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i> | <i>C. kuhlii</i> |
| <i>C. flaviceps</i>                               | 0,1703           |                     |                     |                   |                  |
| <i>C. geoffroyi</i>                               | <.0001           | 0,0036              |                     |                   |                  |
| <i>C. jacchus</i>                                 | <.0001           | 0,0003              | 0,0003              |                   |                  |
| <i>C. kuhlii</i>                                  | <.0001           | <.0001              | 0,0438              | <.0001            |                  |
| <i>C. penicillata</i>                             | <.0001           | <.0001              | <.0001              | 0,0011            | <.0001           |

O resultado da validação cruzada par-a-par com as espécies em cada vista pode ser visto nos quadros 15, 16 e 17. Nota-se uma alta porcentagem de espécimes que obtiveram uma classificação correta. Na vista crânio lateral, 89,23% foram alocados

corretamente, na vista ventral do crânio essa porcentagem é de 88,51%, já na vista da mandíbula esse número é menor, de 87,22%.

Na vista lateral do crânio (quadro 15), o par de espécies que obteve a maior porcentagem de espécimes alocados corretamente foi *C. aurita* e *C. flaviceps*, com 95,24% e 100%, respectivamente. Quando *C. flaviceps* é comparado com *C. geoffroyi*, essa porcentagem cai para menos de 55%, com apenas 6 dos 11 espécimes de *C. flaviceps* analisadas alocadas corretamente, porém a porcentagem de *C. geoffroyi* se mantém acima da média, com 91,36%. O par de espécies que possui a porcentagem mais baixa é *C. jacchus* e *C. penicillata*, com 80% para a primeira e 84,38% para a segunda espécie.

A porcentagem de atribuição correta na vista ventral do crânio (quadro 16) é um pouco menor, nela em nenhum pareamento é visto 100% dos espécimes de uma espécie alocada corretamente, e de modo contraditório da vista lateral do crânio, *C. aurita* e *C. flaviceps* aqui se tornam o par de espécies que obtiveram a menor porcentagem, apresentando 60,87% e 81,25% respectivamente, enquanto que o par de espécies que apresentou maior porcentagem é *C. aurita* e *C. penicillata*, com 95,65% e 98,62% respectivamente.

Indo de acordo com os resultados bastante sobrepostos do PCA e CVA e menores distâncias de Procrustes e Mahalanobis, os resultados da validação cruzada da vista dorsal da mandíbula (quadro 17) apontaram uma menor porcentagem de alocação correta. O par de espécies que apresentou a menor porcentagem de alocação correta é *C. geoffroyi* e *C. kuhlii*, com uma média de 65,86%, sendo a menor obtida nas três vistas. O par de espécies que apresentaram maior porcentagem é *C. flaviceps* e *C. geoffroyi* com 91,67% e 97,33% respectivamente.

Quadro 15- Validação cruzada par a par das espécies na vista lateral do crânio

| Crânio lateral        |                  |                       |       |                       |                     |                       |       |                       |                     |                       |       |
|-----------------------|------------------|-----------------------|-------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------|
| Verdade               | Alocado em:      |                       |       | Verdade               | Alocado em:         |                       |       | Verdade               | Alocado em:         |                       |       |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i>   | Total | Espécie               | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i>   | Total | Espécie               | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. kuhlii</i>      | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 20               | 1                     | 21    | <i>C. flaviceps</i>   | 6                   | 5                     | 11    | <i>C. geoffroyi</i>   | 71                  | 10                    | 81    |
| <i>C. flaviceps</i>   | 0                | 11                    | 11    | <i>C. geoffroyi</i>   | 7                   | 74                    | 81    | <i>C. kuhlii</i>      | 12                  | 95                    | 107   |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. geoffroyi</i>   | Total | Espécie               | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. jacchus</i>     | Total | Espécie               | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. penicillata</i> | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 18               | 3                     | 21    | <i>C. flaviceps</i>   | 8                   | 3                     | 11    | <i>C. geoffroyi</i>   | 68                  | 13                    | 81    |
| <i>C. geoffroyi</i>   | 6                | 75                    | 81    | <i>C. jacchus</i>     | 4                   | 51                    | 55    | <i>C. penicillata</i> | 22                  | 106                   | 128   |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. jacchus</i>     | Total | Espécie               | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. kuhlii</i>      | Total | Espécie               | <i>C. jacchus</i>   | <i>C. kuhlii</i>      | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 20               | 1                     | 21    | <i>C. flaviceps</i>   | 10                  | 1                     | 11    | <i>C. jacchus</i>     | 44                  | 11                    | 55    |
| <i>C. jacchus</i>     | 2                | 53                    | 55    | <i>C. kuhlii</i>      | 3                   | 104                   | 107   | <i>C. kuhlii</i>      | 13                  | 94                    | 107   |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. kuhlii</i>      | Total | Espécie               | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. penicillata</i> | Total | Espécie               | <i>C. jacchus</i>   | <i>C. penicillata</i> | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 20               | 1                     | 21    | <i>C. flaviceps</i>   | 8                   | 3                     | 11    | <i>C. jacchus</i>     | 44                  | 11                    | 55    |
| <i>C. kuhlii</i>      | 2                | 105                   | 107   | <i>C. penicillata</i> | 5                   | 123                   | 128   | <i>C. penicillata</i> | 20                  | 108                   | 128   |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. penicillata</i> | Total | Espécie               | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i>     | Total | Espécie               | <i>C. kuhlii</i>    | <i>C. penicillata</i> | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 20               | 1                     | 21    | <i>C. geoffroyi</i>   | 70                  | 11                    | 81    | <i>C. kuhlii</i>      | 93                  | 14                    | 107   |
| <i>C. penicillata</i> | 3                | 125                   | 128   | <i>C. jacchus</i>     | 11                  | 44                    | 55    | <i>C. penicillata</i> | 17                  | 111                   | 128   |

Quadro 16- Validação cruzada par a par das espécies na vista ventral do crânio

| Crânio ventral        |                  |                       |       |                       |                     |                       |       |                       |                     |                       |       |
|-----------------------|------------------|-----------------------|-------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------|
| Verdade               | Alocado em:      |                       |       | Verdade               | Alocado em:         |                       |       | Verdade               | Alocado em:         |                       |       |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i>   | Total | Espécie               | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i>   | Total | Espécie               | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. kuhlii</i>      | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 14               | 9                     | 23    | <i>C. flaviceps</i>   | 13                  | 1                     | 14    | <i>C. geoffroyi</i>   | 70                  | 16                    | 86    |
| <i>C. flaviceps</i>   | 3                | 13                    | 16    | <i>C. geoffroyi</i>   | 4                   | 82                    | 86    | <i>C. kuhlii</i>      | 22                  | 84                    | 106   |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. geoffroyi</i>   | Total | Espécie               | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. jacchus</i>     | Total | Espécie               | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. penicillata</i> | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 19               | 4                     | 23    | <i>C. flaviceps</i>   | 13                  | 1                     | 14    | <i>C. geoffroyi</i>   | 73                  | 13                    | 86    |
| <i>C. geoffroyi</i>   | 8                | 78                    | 86    | <i>C. jacchus</i>     | 7                   | 54                    | 61    | <i>C. penicillata</i> | 20                  | 125                   | 145   |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. jacchus</i>     | Total | Espécie               | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. kuhlii</i>      | Total | Espécie               | <i>C. jacchus</i>   | <i>C. kuhlii</i>      | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 20               | 3                     | 23    | <i>C. flaviceps</i>   | 13                  | 1                     | 14    | <i>C. jacchus</i>     | 47                  | 14                    | 61    |
| <i>C. jacchus</i>     | 6                | 55                    | 61    | <i>C. kuhlii</i>      | 3                   | 103                   | 106   | <i>C. kuhlii</i>      | 18                  | 88                    | 106   |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. kuhlii</i>      | Total | Espécie               | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. penicillata</i> | Total | Espécie               | <i>C. jacchus</i>   | <i>C. penicillata</i> | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 22               | 1                     | 23    | <i>C. flaviceps</i>   | 13                  | 1                     | 14    | <i>C. jacchus</i>     | 50                  | 11                    | 61    |
| <i>C. kuhlii</i>      | 3                | 103                   | 106   | <i>C. penicillata</i> | 2                   | 143                   | 145   | <i>C. penicillata</i> | 21                  | 124                   | 145   |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. penicillata</i> | Total | Espécie               | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i>     | Total | Espécie               | <i>C. kuhlii</i>    | <i>C. penicillata</i> | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 22               | 1                     | 23    | <i>C. geoffroyi</i>   | 80                  | 6                     | 86    | <i>C. kuhlii</i>      | 91                  | 15                    | 106   |
| <i>C. penicillata</i> | 2                | 143                   | 145   | <i>C. jacchus</i>     | 12                  | 49                    | 61    | <i>C. penicillata</i> | 21                  | 124                   | 145   |

Quadro 17- Validação cruzada par a par das espécies na vista dorsal da mandíbula

| Mandíbula dorsal      |                  |                       |       |                       |                     |                       |       |                       |                     |                       |       |
|-----------------------|------------------|-----------------------|-------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------|
| Verdade               | Alocado em:      |                       |       | Verdade               | Alocado em:         |                       |       | Verdade               | Alocado em:         |                       |       |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. flaviceps</i>   | Total | Espécie               | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. geoffroyi</i>   | Total | Espécie               | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. kuhlii</i>      | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 13               | 5                     | 18    | <i>C. flaviceps</i>   | 11                  | 1                     | 12    | <i>C. geoffroyi</i>   | 50                  | 25                    | 75    |
| <i>C. flaviceps</i>   | 4                | 8                     | 12    | <i>C. geoffroyi</i>   | 2                   | 73                    | 75    | <i>C. kuhlii</i>      | 36                  | 67                    | 103   |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. geoffroyi</i>   | Total | Espécie               | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. jacchus</i>     | Total | Espécie               | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. penicillata</i> | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 15               | 3                     | 18    | <i>C. flaviceps</i>   | 11                  | 1                     | 12    | <i>C. geoffroyi</i>   | 62                  | 13                    | 75    |
| <i>C. geoffroyi</i>   | 12               | 63                    | 75    | <i>C. jacchus</i>     | 2                   | 59                    | 61    | <i>C. penicillata</i> | 17                  | 113                   | 130   |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. jacchus</i>     | Total | Espécie               | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. kuhlii</i>      | Total | Espécie               | <i>C. jacchus</i>   | <i>C. kuhlii</i>      | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 17               | 1                     | 18    | <i>C. flaviceps</i>   | 11                  | 1                     | 12    | <i>C. jacchus</i>     | 51                  | 10                    | 61    |
| <i>C. jacchus</i>     | 5                | 56                    | 61    | <i>C. kuhlii</i>      | 3                   | 100                   | 103   | <i>C. kuhlii</i>      | 10                  | 93                    | 103   |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. kuhlii</i>      | Total | Espécie               | <i>C. flaviceps</i> | <i>C. penicillata</i> | Total | Espécie               | <i>C. jacchus</i>   | <i>C. penicillata</i> | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 15               | 3                     | 18    | <i>C. flaviceps</i>   | 11                  | 1                     | 12    | <i>C. jacchus</i>     | 45                  | 16                    | 61    |
| <i>C. kuhlii</i>      | 4                | 99                    | 103   | <i>C. penicillata</i> | 5                   | 125                   | 130   | <i>C. penicillata</i> | 24                  | 106                   | 130   |
| Espécie               | <i>C. aurita</i> | <i>C. penicillata</i> | Total | Espécie               | <i>C. geoffroyi</i> | <i>C. jacchus</i>     | Total | Espécie               | <i>C. kuhlii</i>    | <i>C. penicillata</i> | Total |
| <i>C. aurita</i>      | 16               | 2                     | 18    | <i>C. geoffroyi</i>   | 65                  | 10                    | 75    | <i>C. kuhlii</i>      | 96                  | 7                     | 103   |
| <i>C. penicillata</i> | 8                | 122                   | 130   | <i>C. jacchus</i>     | 10                  | 51                    | 61    | <i>C. penicillata</i> | 14                  | 116                   | 130   |

### 3.8. Método filogenético

#### 3.8.1 Reconstrução do *shape* do ancestral

Utilizando a filogenia de Garbino (2015), foi possível reconstruir o formato ancestral de cada linhagem de *Callithrix*, nas diferentes vistas (Figuras 19, 20 e 21). O ramo interno anterior ao ancestral 2, representa o ancestral do gênero, no qual a grade não foi deformada. Os ramos internos 3 e 4 indicam os ancestrais dos grupos grupo aurita e grupo jacchus, respectivamente.

As variações encontradas na transição do nó 2 para o nó 3 na vista lateral do crânio (figura 19), são basicamente encurtamento do rosto e alargamento da caixa craniana, essas características foram herdadas por *C. aurita* e *C. flaviceps*. Porém, na comparação dessas duas espécies, *C. flaviceps* possui o osso nasal mais comprimido e osso incisivo mais alargado que *C. aurita*.

O ancestral do grupo jacchus, apresenta alongamento das estruturas do rosto e compressão na caixa craniana. *C. kuhlii*, primeiro nó de divergência dentro do grupo jacchus, apresenta uma compressão dorsoventral da caixa craniana, enquanto as estruturas do rosto se mantiveram inalteradas em relação ao seu ancestral. As variações encontradas no ancestral 5 (grupo irmão de *C. kuhlii*) são sutis, como uma leve expansão da caixa craniana, sendo que *C. penicillata* possui essa expansão um pouco mais pronunciada. Variações ainda menores são encontradas no ancestral 6, sendo essas quase imperceptíveis. Já as variações de *C. jacchus* e *C. geoffroyi*, em relação ao ancestral 6, são mais visíveis, onde *C. jacchus* apresenta o osso nasal mais alongado e *C. geoffroyi* a caixa craniana mais alta.

Na vista ventral do crânio (figura 20), as variações encontradas nas linhagens do grupo aurita e do grupo jacchus seguem o mesmo padrão já apresentado anteriormente: grupo aurita apresenta uma expansão da caixa craniana e retrusão da arcada dentária superior e grupo jacchus o contrário. Quando se compara *C. aurita* e *C. flaviceps* com seu ancestral, *C. aurita* possui a arcada mais alargada e *C. flaviceps* a caixa craniana mais expandida.

As mudanças visualizadas no ancestral do grupo *jacchus* (ancestral 4), são acentuadas em *C. kuhlii*. Já as variações presentes no ancestral 5, em relação ao ancestral 4, são muito pequenas, demonstrando a grande semelhança no formato. Comparando-se *C. penicillata* com seu ancestral direto, são observados um alongamento na arcada dentária e alargamento na região do osso temporal. As variações presentes no ancestral 6 também são sutis, apresentando uma leve contração na região do osso temporal. Comparando-se *C. geoffroyi* e *C. jacchus* com seu ancestral direto, o último apresenta a arcada dentária mais alargada e formato do crânio mais estreito.

As variações são mais evidentes na vista dorsal da mandíbula (figura 21). A linhagem do grupo *aurita* apresenta maior espaço intermandibular, processos condilares dispostos mais lateralmente e encurtamento na região da sínfise intermandibular. Na comparação, *C. aurita* possui menor ângulo mandibular resultando em uma deformação na região do corpo mandibular no sentido caudal-ventral e *C. flaviceps* possui o ângulo mandibular mais alongado. No ancestral 4, há o estreitamento da região intermandibular, constrição dos processos condilares, alongamento da região da sínfise e alongamento do ângulo mandibular. A forma da mandíbula de *C. kuhlii*, comparada ao ancestral 4, apresenta alargamento da arcada e alongamento do ângulo mandibular. Já as alterações encontradas no ancestral 5 se baseiam em um encurtamento no ângulo mandibular, que é mais evidente em seu descendente direto, *C. penicillata*. O ângulo mandibular volta a se projetar mais posteriormente no ancestral 6, onde também se encontra a arcada levemente mais larga, característica essa que é enfatizada em *C. jacchus*. Enquanto que *C. geoffroyi* apresenta um maior alongamento do ângulo intermandibular em comparação com *C. jacchus*.

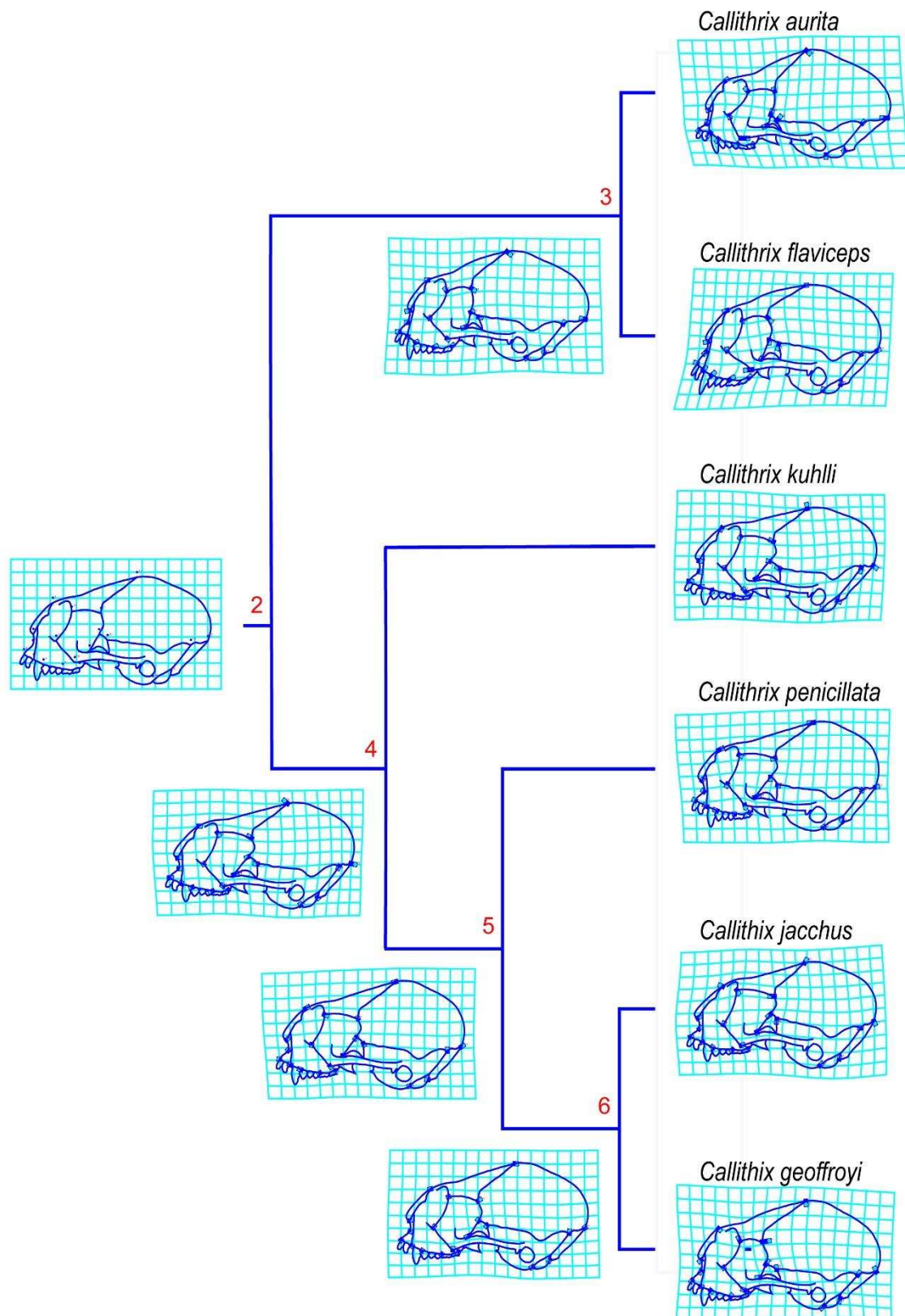


Figura 19- Variações no formato das espécies e seus ancestrais na vista lateral do crânio. Os números representam os ancestrais. As grades de deformação, plotadas com os contornos, representam as deformações médias dos grupos em relação ao ancestral. O ancestral do gênero (nó 2) não apresenta deformações.

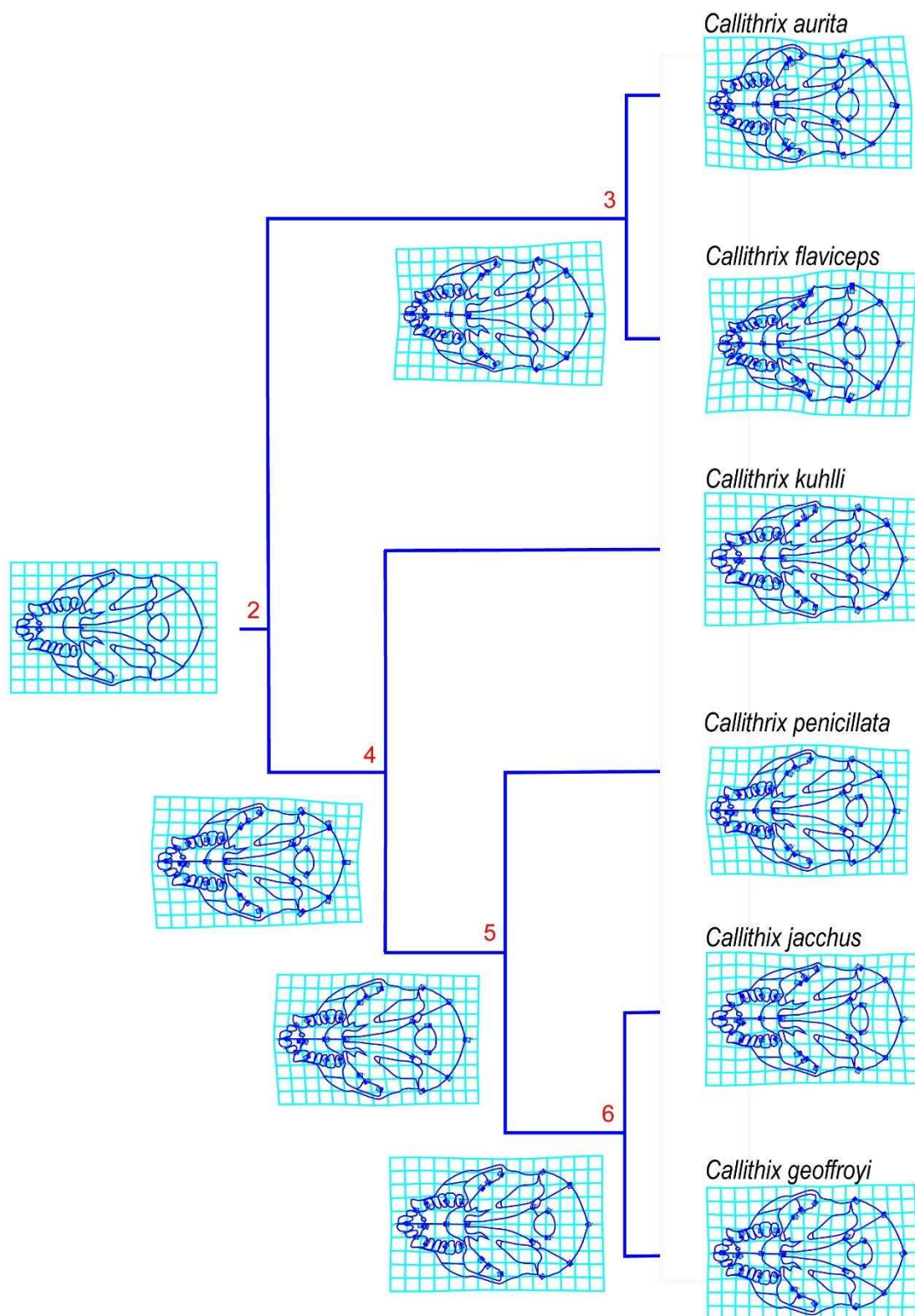


Figura 20- Variações no formato das espécies e seus ancestrais na vista ventral do crânio. Os números representam os ancestrais. As grades de deformação, plotadas com os contornos, representam as deformações médias dos grupos em relação ao ancestral. O ancestral gênero (nó 2) não apresenta deformações.

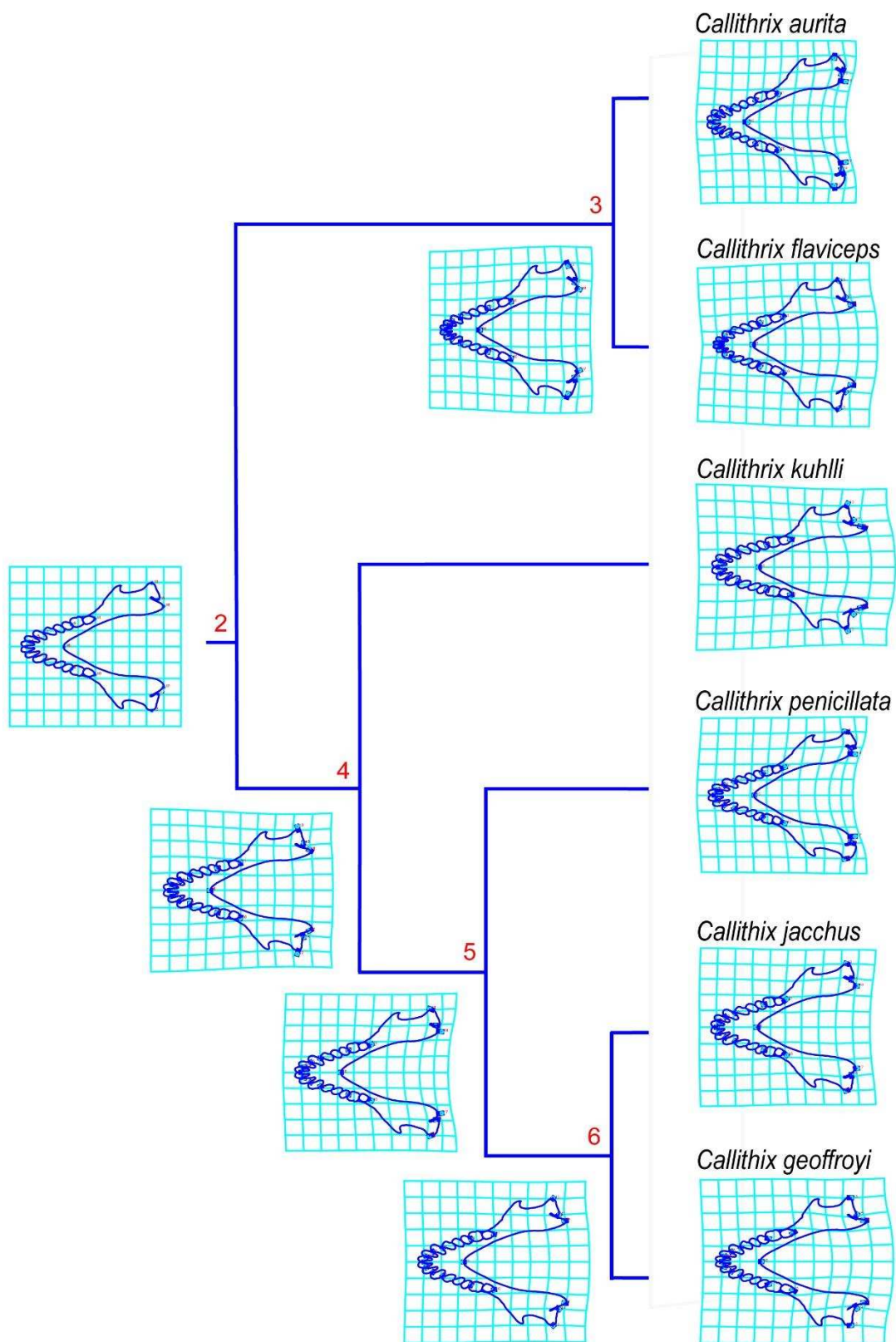


Figura 21- Variações no formato das espécies e seus ancestrais na vista dorsal da mandíbula. Os números representam os ancestrais. As grades de deformação, plotadas com os contornos, representam as deformações médias dos grupos em relação ao ancestral. O ancestral do gênero (nó 2) não apresenta deformações.

### 3.8.2. Sinal filogenético

Os testes de permutação contra a hipótese nula de que não há sinal filogenético, realizados utilizando o resultado do PCA, obtiveram os *p-valores* iguais a 0,0601 na vista lateral do crânio, 0,0426 na vista ventral do crânio e 0,0755 na vista dorsal da mandíbula. Dessa forma, a vista lateral é a única não refutar a hipótese (para *p-valor* > 0,05). Embora o número de espécies seja pequeno ( $n = 6$ ), realizamos essa análise para explorar ainda mais os dados.

Nas três vistas ficou evidente a separação dos grupos *jacchus* e *aurita*. No PCA da vista lateral do crânio (figura 22 a), essa separação ocorreu tanto no PC 1, quanto no PC 2. A separação no PC 1 se deu com a distribuição dos plots do grupo *aurita* nos escores mais positivos, enquanto que as espécies do grupo *jacchus* foram plotadas nos escores menores, sendo a espécie *C. jacchus* a mais próxima do grupo *aurita*. No PC 2 as espécies do grupo *jacchus* ficaram plotadas nos escores mais altos, já as espécies do grupo *aurita*, nos menores, sendo nesse eixo, *C. geoffroyi* a espécie que mais se aproximou do grupo *aurita*.

No PCA da mandíbula dorsal (figura 22 b), a separação se deu apenas no PC 2, com o grupo *aurita* plotado nos escores menores. Sendo que nesse eixo as espécies do grupo *jacchus* se encontram bastante próximas.

Novamente na vista ventral do crânio (figura 22 c), essa separação se mostra em ambos PCs, sendo mais evidente no PC 1, possuindo mais de 0,015 escores de distância entre a espécie do grupo *aurita* mais próxima do grupo *jacchus* (*C. aurita*) e a espécie do grupo *jacchus* mais próxima do grupo *aurita* (*C. jacchus*). Tanto no PC 1, quanto no PC 2 o grupo *aurita* se encontra concentrado nos escores mais altos.

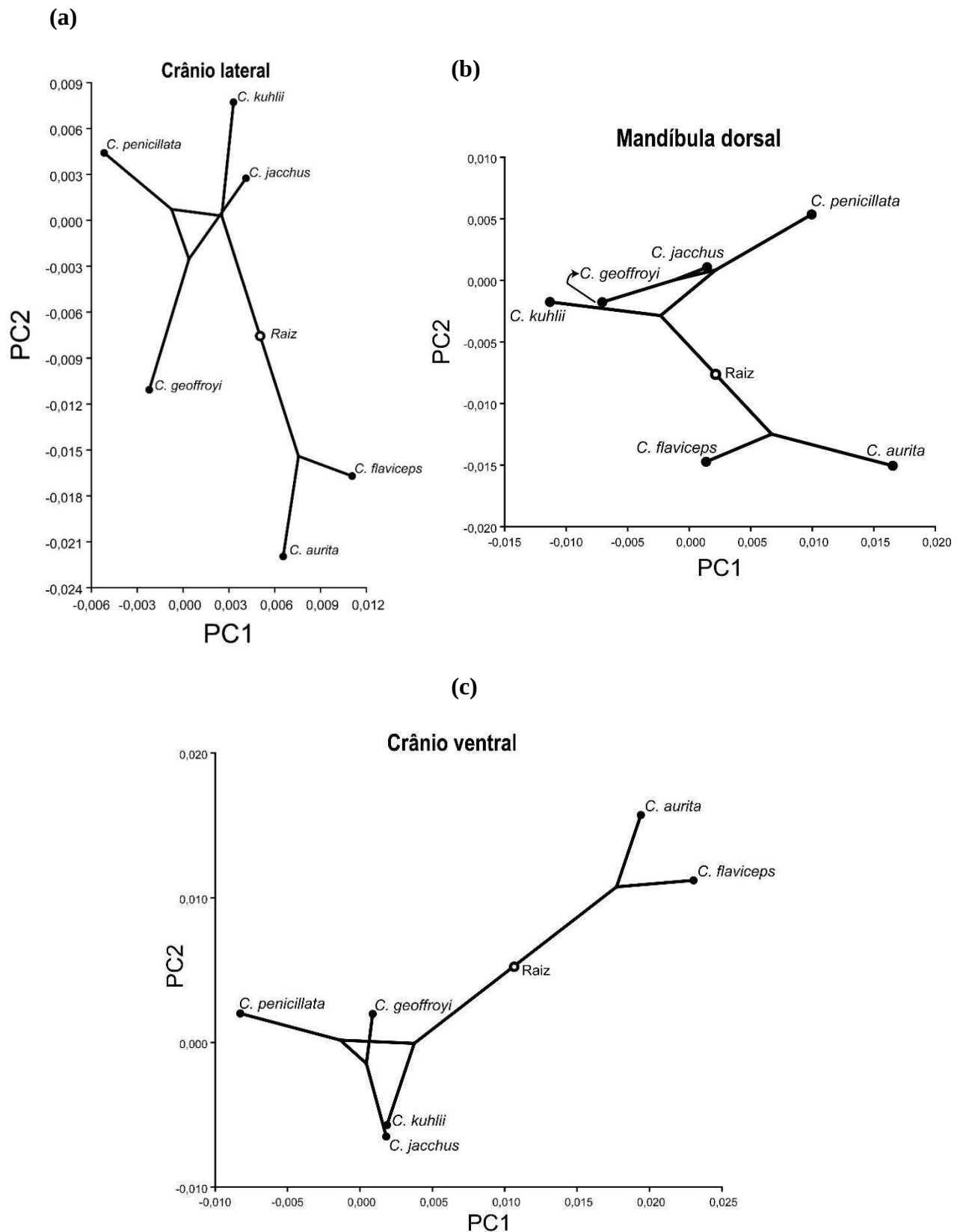


Figura 22- Filomorfoespaço demonstrando a relação entre PC1 e PC2 nas vistas: (a) crânio lateral; (b) mandíbula dorsal e (c) crânio ventral. Tendo como base a filogenia de Garbino (2015). Os pontos indicam a média de cada espécie

### 3.9. Análise de agrupamento (Cluster)

Nas cinco análises de UPGMA utilizando distâncias Euclidianas (figura 23), se observa a incongruência nas relações entre as espécies, sendo constante apenas a separação nos grupos de Mendes *et al.* (2009).

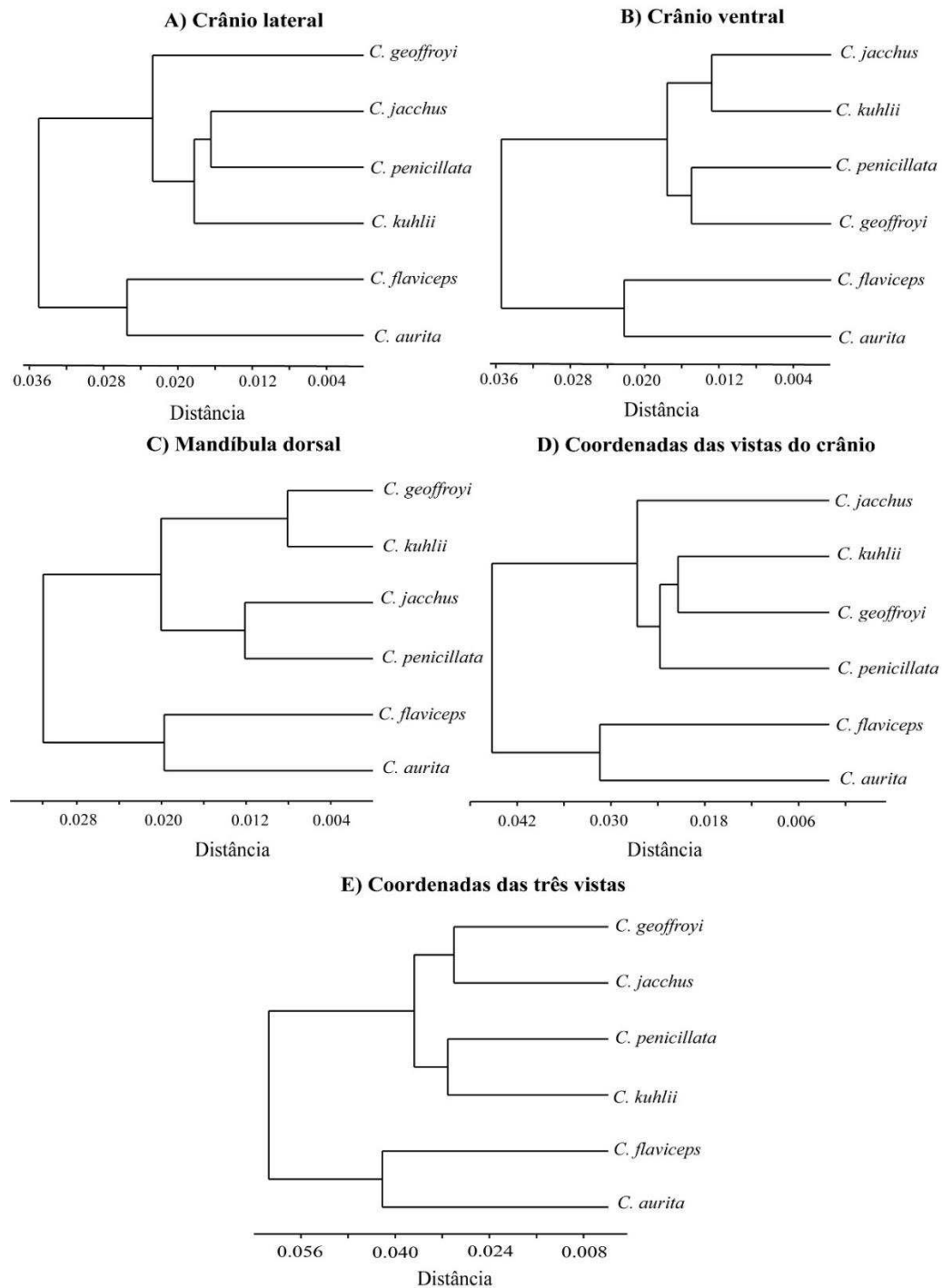


Figura 23- Agrupamentos fenéticos (UPGMA) utilizando distâncias Euclidianas entre as seis espécies de *Callithrix*. (A) crânio lateral, (B) crânio ventral, (C), mandíbula dorsal, (D) matriz com as coordenadas das vistas lateral e ventral do crânio e (E) matriz com todas as coordenadas.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Distribuição das espécies

Segundo de Vivo (1991) e Rylands (2009) (ver figura 1), as espécies do gênero possuem distribuição parapátrica, ou seja, sem sobreposição, apesar da presença de híbridos nas zonas de contato já tivessem sido documentados. Mendes (1993; 1997) observou populações híbridas de *C. geoffroyi* e *C. flaviceps*. Ferrari e Mendes, (1991), Coimbra-Filho *et al.* (1993) e Cosenza e de Melo (1998), reportaram híbridos de *C. aurita* e *C. flaviceps*. Coimbra-Filho *et al.* (1993) e Passamani *et al.* (1997) encontraram populações de híbridos entre *C. penicillata* e *C. geoffroyi*.

Observa-se diferenças na distribuição geográfica das espécies quando são comparados o mapa de Rylands (2009) e o mapa obtido a partir de dados da IUCN, sendo que nesse último, as distribuições são quase sempre mais amplas: enquanto *C. jacchus* e *C. geoffroyi* apresentaram a mesma distribuição, *C. kuhlii* apresentou sua distribuição mais abrangente em direção do sul da Bahia e no extremo nordeste de Minas Gerais, onde se encontra em simpatria com *C. geoffroyi*. *C. penicillata* é outra espécie que é simpátrica a *C. geoffroyi* no nordeste de Minas Gerais. *C. penicillata* além de apresentar distribuição mais abrangente nessa região, também apresentou expansão no Sudeste desse estado, onde sobrepõe a distribuição de *C. aurita*. Essa última espécie expandiu sua distribuição ligeiramente no sudeste de São Paulo. Já *C. flaviceps* apresentou um descolamento da sua área de distribuição, se mostrando ausente na região litorânea do Espírito Santo e abrangendo mais territórios ao oeste de Minas Gerais. *C. aurita* e *C. flaviceps* compartilham uma pequena área de simpatria entre os estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Dessa forma as espécies que se encontram em simpatria são *C. penicillata* x *C. geoffroyi*, *C. kuhlii* x *C. geoffroyi*, *C. aurita* x *C. penicillata* e *C. aurita* x *C. flaviceps*.

#### 4.2. Dimorfismo sexual

Em primatas, o estudo de dimorfismo sexual já vem sendo estudado desde os anos 1960 (*e.g.* Crook e Gartlan, 1966), sendo que fatores ecológicos são colocados como a principal causa para o dimorfismo (Crook e Gartlan, 1966; Crook, 1972; Eisenberg *et al.*, 1972; Clutton-Brock *et al.*, 1977; Leutenegger e Kelly, 1977; Rails, 1977; Leutenegger, 1978; 1982). Plavcan e van Schaik (1992; 1997), relacionaram o dimorfismo sexual no canino às várias formas de competição intraespecífica, como competição por parceiras sexuais entre os machos e competição por alimento. A diferença do tamanho corporal entre machos e fêmeas também é relatado como outra forma de dimorfismo em primatas (Rails, 1977; Leutenegger, 1978; 1982; Maiorana, 1982, Leutenegger e Cheverud 1982). Leutenegger e Cheverud (1982), em seu estudo incluindo 70 espécies de primatas, concluíram que espécies poligâmicas apresentam maior frequência de dimorfismo sexual quanto ao tamanho do que espécies monogâmicas. Já em *Callithrix* o sistema de acasalamento é flexível, tendo como o tipo mais relatado a monogamia (Ferrari e Lopes Ferrari, 1989; Digby e Barreto, 1993), porém outros sistemas como poliginia, poliandria cooperativa (Faria, 1985; Digby e Ferrari, 1994; Digby, 1995) também foram relatados. Outros fatores como dieta, hábito de vida e hábitat também podem resultar em dimorfismo sexual quanto ao tamanho (Leutenegger e Cheverud, 1982). Já para Ford (1994), a organização social e, principalmente, o nível de competição entre os machos, parece estar extremamente associado ao dimorfismo observado nas espécies de primatas.

Não detectamos dimorfismo sexual, tanto no formato, quanto no tamanho do crânio e da mandíbula em *Callithrix*. Os resultados do teste t para as análises com tamanho do centróide apresentaram altos p-valores, indicando ausência de significância estatística, o que é visível na ampla sobreposição dos indivíduos na projeção dos *bi-plots* das espécies (figuras 8 e 9). Com relação ao formato, um percentual grande de indivíduos foi identificado de forma equivocada quanto ao sexo nas análises de validação cruzada. O mesmo padrão (isto é, falta de estruturação dos sexos quanto ao formato) pode ser visto nas projeções individuais dos PCAs, onde não é possível visualizar uma separação de machos e fêmeas em nenhuma das vistas estudadas. Estudos anteriores já haviam indicado a ausência de dimorfismo sexual nas espécies de *Callithrix* (Hershkovitz, 1977; de Vivo, 1991; Marroig e Cheverud, 2004; 2009). Utilizando medidas lineares do crânio, Hershkovitz (1977) e de Vivo (1991) não conseguiram diferenciar machos de fêmeas. Mais recentemente, Marroig e Cheverud (2004; 2009) também não encontraram

dimorfismo, suas análises utilizaram sexo e interação de sexo com táxon, embora seja preciso enfatizar que esse estudo não incluiu *C. flaviceps*. Nosso estudo foi o primeiro a realizar um teste sobre o dimorfismo sexual de tamanho e formato utilizando todas as espécies do gênero e aplicando morfometria geométrica com dados do crânio e mandíbula, provendo os resultados mais completos até o momento para suportar a conclusão de que *Callithrix* não apresenta dimorfismo sexual.

Uma possível explicação para a ausência de dimorfismo sexual em *Callithrix* pode ser associada a fatores ecológicos/alimentares. Não há registros na literatura de diferenças alimentares entre os sexos, ambos escarificam árvores, desta forma, sofrendo uma grande pressão seletiva para esse mecanismo específico de obtenção de alimento. Associado à potencial pressão seletiva, pode se supor que hajam restrições morfológicas devido à biomecânica de escarificação, que parece ser a mesma em todas as espécies do gênero. Outros fatores já mencionados na literatura também parecem estar relacionados, como prevalência por monogamia, havendo dessa forma uma menor competição por parceiros e tamanhos corporais similares entre os sexos, já que sistema de acasalamento e tamanho corporal foram associadas ao dimorfismo sexual em estudos anteriores (*e.g.* Leutenegger e Cheverud, 1982; Ford, 1994).

#### 4.3. Tamanho do crânio e mandíbula

Os resultados apontam, assim como estudos anteriores que utilizaram a morfologia do crânio de *Callithrix*, diferenças no tamanho entre as espécies. Natori (1994), Marroig e Cheverud (2004) e Garbino (2015), chegaram à conclusão que as menores espécies do gênero são *C. penicillata* e *C. jacchus*. Natori (1994) e Marroig e Cheverud (2004), indicaram que *C. kuhlii*, *C. geoffroyi* e *C. aurita* são as espécies com maior tamanho de crânio e Natori (1994) classificou *C. flaviceps* como tamanho médio.

O resultado das três vistas (duas do crânio e uma da mandíbula) foram similares, resultando na seguinte sequência de tamanho: *C. jacchus* < *C. penicillata* < *C. kuhlii* < *C. geoffroyi* < *C. aurita* < *C. flaviceps*. Assim, nossos resultados estão de acordo com a literatura, exceto em relação a *C. flaviceps*, que foi classificado como tamanho médio por Natori (1994) e é a maior espécie segundo nossos resultados. Ressalta-se que a amostragem de *C. flaviceps* no presente estudo é maior que a utilizada em estudos

morfológicos anteriores (de Vivo, 1991, n=3; Natori, 1994, n=3; Garbino, 2015; n=6), sendo 11 na vista lateral do crânio, 14 na vista ventral e 12 na vista dorsal da mandíbula. Outro resultado que pôde ser observado, foi a separação nos grupos propostos por Mendes *et al.* (2009), com as espécies do grupo aurita possuindo os maiores tamanhos e as espécies do grupo jacchus os menores. Desta forma, assim como Mendes *et al.* (2009), que considerou o padrão único da vocalização encontrado nas espécies do grupo aurita como devido a um componente filogenético, é provável que haja também algum componente filogenético que explica o tamanho do crânio e da mandíbula, já que a divergência do gênero nesses dois clados se mostrou consistente em todas as análises, incluindo a do tamanho.

#### 4.4. Grupos de Mendes *et al.* (2009)

Mendes *et al.* (2009), em seu estudo baseado nas vocalizações das seis espécies, formalizaram a separação do gênero *Callithrix* em dois grupos, os nomeando como: grupo aurita, composto por *C. aurita* e *C. flaviceps*, e grupo jacchus, composto por *C. jacchus*, *C. penicillata*, *C. geoffroyi* e *C. kuhlii*. Nos diversos tipos de análise aqui realizados, essa separação se mantém constante. A visualização das morfologias entre as médias de cada espécie em comparação com a média geral, nos dá uma visão objetiva de quais e como as estruturas entre as espécies se modificam em cada grupo. Esses dados também são corroborados pelos filomorfoespaços no PCA, onde é possível ver uma inconsistência no relacionamento entre as espécies do grupo jacchus, mas sempre é muito evidente a separação entre os grupos.

*C. aurita* já havia sido descrito como a espécie portadora de estruturas cranianas mais robustas do gênero, como também a de maior tamanho total por Marroig e Cheverud (2004), mesmo esse estudo não contemplando *C. flaviceps*, *C. aurita* se mostrou separado do restante das espécies na análise de agrupamento (figura 24). O trabalho de Natori (1994), embora tenha chegado à conclusão que *C. flaviceps* possuía um tamanho de crânio menor que *C. aurita*, afirmou que essas duas espécies compartilhavam mais semelhanças entre si do que entre qualquer outra espécie do gênero. Ambos estudos não discutem possíveis motivos para essa diversidade entre as estruturas nos dois clados. No presente trabalho, é visível que as espécies do grupo aurita englobam modificações no crânio como aumento da caixa craniana e retrusão da arcada dentária superior, na mandíbula também

apresentam a retrusão da arcada, enquanto que as espécies do grupo *Jacchus* possuem a caixa craniana mais comprimida e arcadas superiores e inferiores mais protrusas. Essa diferença certamente afeta o modo de alimentação dessas espécies, tornando a escarificação do grupo *Jacchus* mais eficiente.

#### 4.5. Adaptações para escarificação

As características referentes as adaptações para escarificação, sugeridas por Forsythe e Ford (2011) em seu estudo comparativo entre a anatomia de primatas gomívoros e não gomívoros, são: processo coronóide curto, basicranio anterior alongado e palatino mais estreito. Uma possível explicação para o encurtamento no processo coronóide, segundo esses autores, é o aumento da produção de força de algumas regiões da mandíbula, pois parece estar ligado a uma posição mais anterior do músculo temporal, esse deslocamento leva um aumento de eficiência na produção de força na dentição anterior (Spencer e Demes, 1993). Já de acordo com Ravosa (1990), esse encurtamento facilita a abertura da boca de mamíferos, especialmente se associada com um aumento no comprimento das fibras musculares mastigatórias. Taylor *et al.* (2009), chegaram à conclusão de que calitriquídeos gomívoros possuem fibras musculares mastigatórias mais compridas que não gomívoros, enquadrando *Callithrix* a esse modelo biomecânico proposto por Ravosa (1990). No presente estudo, o processo coronóide não foi incluído pelo alto número de dados ausentes nessa região.

O alongamento do basicrânio causa principalmente um deslocamento mais anterior dos incisivos (Forsythe e Ford, 2011). Esse deslocamento acarreta um posicionamento mais anterior da sínfise mandibular, sendo favorável para biomecânica de escarificação, já que torna os incisivos, tanto superiores quanto inferiores mais protrusos. Porém, esses deslocamentos também podem proporcionar uma dificuldade na abertura total da mandíbula devido à relação entre os músculos cervicais e a extremidade inferior do corpo mandibular (Forsythe e Ford, 2011). Para contornar essa limitação morfofuncional, os saguis posicionam o pescoço em uma postura mais estendida, o que permite a abertura máxima da mandíbula durante a escarificação (Vinyard *et al.*, 2001). Essa hipótese foi comprovada por Vinyard *et al.* (2006), onde constataram que tanto no campo, quanto em experimentos laboratoriais, os saguis (*C. jacchus*) fazem aberturas durante a perfuração dos troncos que se aproximam da capacidade de abertura máxima

estrutural da mandíbula, através da facilitação promovida pelo posicionamento do pescoço. Aqui, os resultados vão ao encontro desses estudos, encontramos um alongamento do basicranio nas espécies do grupo *jacchus*, principalmente em *C. jacchus* e *C. penicillata*, as espécies que mais escarificam. Já as espécies que menos escarificam, *C. aurita* e *C. flaviceps*, do grupo *aurita*, apresentam essa região mais comprimida.

Forsythe e Ford (2011), identificaram que o estreitamento do palato é o caractere que melhor diferencia os grupos gomívoros e não gomívoros. Esse estreitamento é causado, principalmente, pelo posicionamento mais mediano e vertical dos dentes caninos em gomívoros, em relação aos caninos dos não gomívoros. Essa relação também foi encontrada por Aguiar e Lacher (2009) e Rosenberger (2010). Forsythe e Ford (2011), sugeriram que essa modificação auxiliaria na ancoragem durante a escarificação, através de uma transferência de força mais direta, porém alertaram sobre a necessidade de mais estudos sobre esse mecanismo. Aqui, esse estreitamento do palato não foi visto de forma linear das espécies mais, para as menos gomívoras, enquanto *C. penicillata* apresenta palato estreito, especialmente na região do canino, assim como visto por Forsythe e Ford (2011), as outras espécies apresentam essa região próxima à média do gênero ou até mesmo expandida, e de forma contraditória, *C. jacchus* apresenta o palato mais expandido, até mais do que as espécies do grupo *aurita*.

A relação do clado *C. jacchus* + *C. penicillata* (espécies que mais se alimentam de exsudatos), encontrada em alguns estudos anteriores (Natori 1986; 1994; Buckner, 2015) (figura 24), foi vista nos clusters individuais das vistas crânio lateral e mandíbula. Além do tamanho reduzido, Marroig e Cheverud (2004), encontraram outras características em comum entre *C. penicillata* e *C. jacchus*, como: encurtamento da região da arcada dentária que engloba os dentes pré-molares e molares e das suturas zigomaticomaxilares, encurtamento entre o ponto mais posterior do alvéolo do segundo molar e o ponto da sutura frontozigomático mais próximo à órbita, como também entre o encontro da sutura frontal, zigomática e parietal e o ponto inferior da sutura temporozigomática. Os autores associaram essas modificações à maior dependência da gomivoria quando comparado com as outras espécies do gênero. Porém, no presente trabalho, nós encontramos características morfológicas distintas para essas duas espécies: uma caixa craniana mais comprimida, expansões no osso incisivo, o que torna os dentes incisivos mais protrusos e alongamento do osso nasal, deixando também o rosto de modo

geral mais longo. Em relação à mandíbula, possuem estreitamento da região intermandibular, estreitamento do posicionamento dos processos condilares (consequência das partes correspondentes do crânio serem contraídas) e alongamento da região da sínfise mandibular (podendo levar a uma protrusão dos incisivos inferiores). Dentre essas modificações, a expansão do osso incisivo e alongamento da sínfise mandibular tem relação direta com a escarificação, uma vez que deixa os dentes incisivos mais protrusos. Enquanto que as espécies do grupo aurita apresentam essas regiões mais contraídas.

#### 4.6. Similaridades morfológicas entre as espécies

Mesmo apresentando diferenças na morfologia, tanto do crânio, quanto da mandíbula, a grande similaridade entre as espécies se mostra constante nas análises nas diferentes vistas, sendo bastante evidente no PCA. Além disso, não foi possível detectar um padrão claro nas projeções individuais das espécies do grupo jacchus, seja essa no PCA ou CVA, assim como nos *clusters*. Resultado semelhante também foi encontrado nas filogenias moleculares (Tagliaro *et al.*, 1997; Roosmalen e Roosmalen, 2002; Schneider *et al.*, 2012; Malukiewicz *et al.*, 2014), onde as espécies do grupo jacchus formam politomias. Os autores Schneider *et al.* (2012), Malukiewicz *et al.*, (2014), inferiram essas topologias a eventos de hibridização natural durante o curso da história evolutiva desse grupo. O que é evidente, tanto nos nossos resultados, como nas filogenias propostas (figura 24), é o reconhecimento dos grupos propostos por Mendes *et al.* (2009), jacchus e aurita.

Essa distinção em dois grupos parece estar ligada também ao hábito alimentar dessas espécies. A escarificação, e consequente, gomivoria tem uma grande importância para estas espécies, o que explica a grande quantidade de tempo destinado a essa atividade (Fonseca e Lancher, 1984). Porém, para a obtenção de exsudatos, se fazem necessárias além de modificações morfológicas, alterações comportamentais, como área percorrida diariamente, área territorial e até mesmo o número de integrantes (Maier *et al.*, 1982; Rylands, 1984; Ferrari e Ferrari 1989; Garber, 1992; Rylands e de Faria, 1993; Harrison e Tardif, 1994; Kinzey, 1997).

Segundo Klingenberg (2008) e Zelditch *et al.* (2008), organismos podem apresentar similaridades morfogenéticas por compartilharem um mesmo caminho

evolucionário, ou por estarem sujeitos as mesmas pressões externas. Dessa forma, é plausível atribuímos as similaridades morfológicas observadas a um *constraint* morfológico, resultante da grande especialização necessária para a realização da escarificação. A ausência de dimorfismo sexual é um aspecto que contribui para a similaridade. Outra característica é a diminuição da competição por alimento causada pela gomivoria, uma vez que competição é uma das causas de favorecimento de mudanças morfológicas/comportamentais (Ford, 1994).

#### 4.7. *C. aurita* x *C. flaviceps*

Hershkovitz (1977), foi o primeiro a destacar a similaridade entre *C. aurita* e *C. flaviceps*, relatando que o segundo seria uma forma mais clara de *C. aurita*, e não uma espécie plena. Coimbra-Filho (1986 a, b; 1993), por sua vez, considerou formalmente *C. flaviceps* uma subespécie de *C. aurita*. Por se tratar de uma espécie ameaçada, com poucos exemplares em coleções científicas, o número de estudos que incluem *C. flaviceps* é reduzido, ou, quando incluem, são utilizados poucos espécimes (*e.g.* Natori, 1986; 1994; Pires, 1990; Garbino, 2015). Portanto, um número reduzido de estudos comparativos entre as duas espécies fora publicado. O presente estudo inclui a maior amostragem de *C. flaviceps* jamais incluída em um estudo sobre a morfologia craniana de *Callithrix*, com de 14 indivíduos, 8 a mais do que Garbino (2015), o trabalho com maior amostragem para esta espécie publicado.

Embora um agrupamento formado por essas duas espécies tenha se mostrado consistente em todas as análises realizadas e quase sempre sobrepostos nos CVAs, são visíveis as diferenças morfológicas do crânio e mandíbula das duas espécies. Na vista lateral, é possível observar que *C. aurita* possui maior expansão do osso parietal e alongamento do osso occipital e *C. flaviceps* possui nasal mais comprimido e incisivos mais alargados. Na vista ventral, também é possível observar esse alongamento da caixa craniana em *C. aurita*, já *C. flaviceps* apresenta a mesma mais larga. Na mandíbula, *C. aurita* apresenta o maior espaço intermandibular, além de um ângulo mandibular mais agudo entre todas as espécies.

O habitat, a coloração e a vocalização são aspectos que também diferenciam essas duas espécies. Apesar de ocorrerem em áreas formadas com o mesmo tipo florestal

(floresta ombrófila densa e semidecídua), ocupam altitudes diferentes, com *C. aurita* habitando desde o nível do mar até o limite altitudinal de ocorrência de florestas nas serras da Mantiqueira de dos Órgãos, enquanto *C. flaviceps* vive em altitudes superiores a 400 metros (de Vivo 1991). Já em relação à coloração e pelagem, ambas as espécies apresentam o mesmo padrão de coloração na face com a pigmentação da testa, bochechas e queixo branco-amarelados, sendo os tufo auriculares também são amarelados (de Vivo, 1991), já *C. aurita* possui os lados da cabeça densamente peludos e pretos enquanto que *C. flaviceps* apresenta a lateral da face amarelada. De modo complementar, Mendes (2009) conseguiu separar *C. flaviceps* de *C. aurita* a partir da vocalização das mesmas.

Dessa forma, apesar da grande sobreposição vista tanto do PCA, quanto no CVA, as grandes distâncias de Mahalanobis nas três vistas, o resultado negativo do teste permutação contra a hipótese nula de que não há sinal filogenético para duas das três vistas, a superior similaridade entre os espécies de *C. aurita* e *C. flaviceps* provenientes de regiões diferentes em relação as similaridades vistas entre essas espécies, as diferenças no habitat, coloração e vocalização e principalmente as diferenças morfológicas vista no crânio e mandíbula dessas espécies nos levam a concluir que são espécies plenas. Como já foi relatado diversas vezes na literatura (figura 24), todas as análises de agrupamento aqui realizadas também apresentaram a dicotomia em *Callithrix*, proposta por Mendes (2009), com *C. aurita* e *C. flaviceps* compartilhando um ancestral comum.

A manutenção de uma ecologia, e principalmente uma dieta especializada compartilhada por essas espécies, torna essas espécies semelhantes e a dieta/ecologia restringe as variações morfológicas. Ambas as espécies possuem coações (*constraints*) grandes em termos morfo-funcionais herdados do ancestral direto e, mesmo assim, apresentam diferenças morfológicas claramente identificáveis.

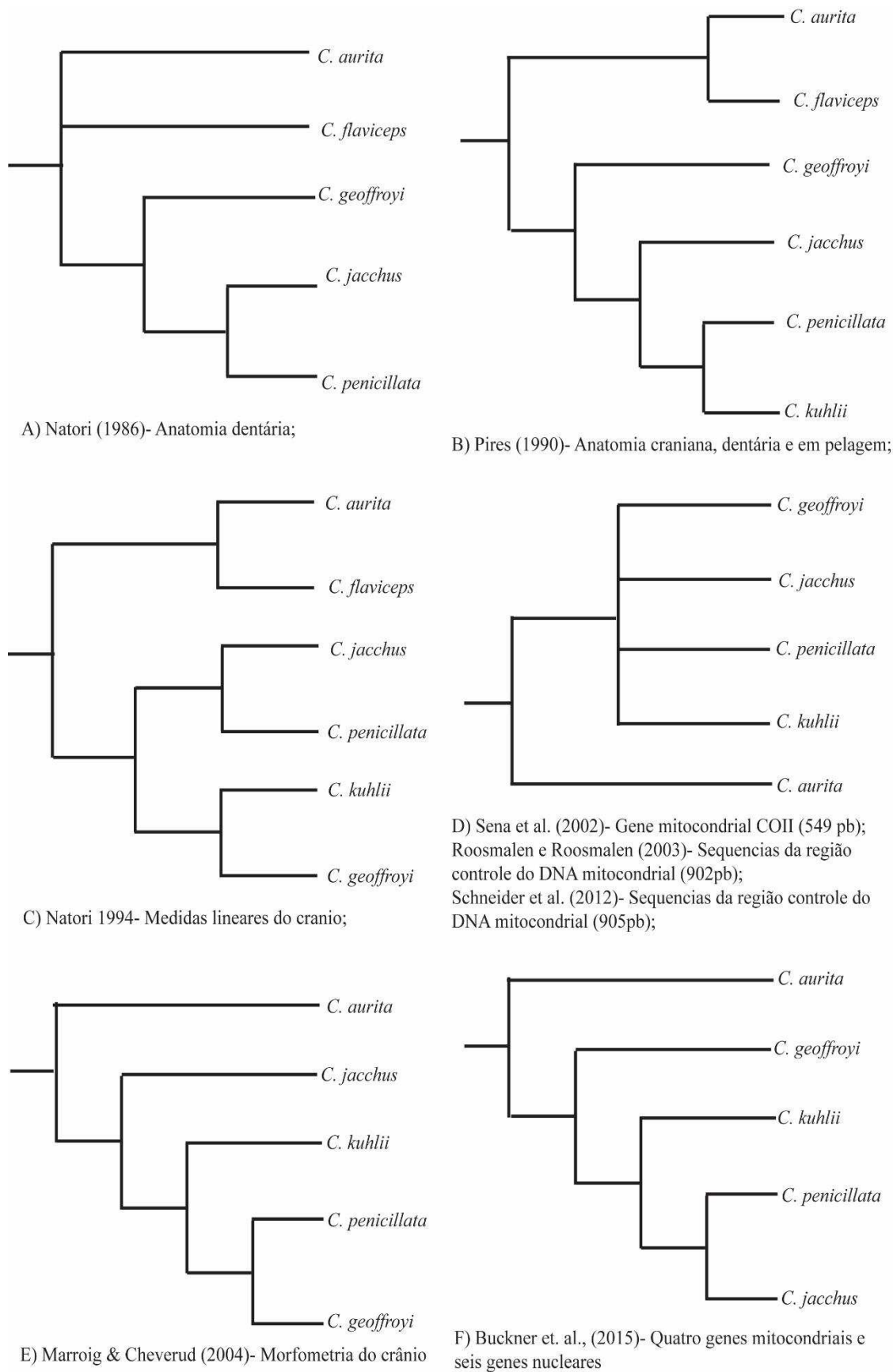


Figura 24- Topologia de estudos anteriores com o gênero *Callithrix*

## 5. CONCLUSÕES

- Os pares de espécies *C. penicillata* x *C. geoffroyi*, *C. kuhlii* x *C. geoffroyi*, *C. aurita* x *C. penicillata* e *C. aurita* x *C. flaviceps* compartilham regiões de simpatria.
- Não há dimorfismo sexual no tamanho e no formato do crânio e da mandíbula em nenhuma espécie do gênero *Callithrix*.
- Embora sutis, o tamanho do crânio e da mandíbula entre as espécies apresenta diferenças e seguem a sequência crescente de tamanho: *C. jacchus* < *C. penicillata* < *C. kuhlii* < *C. geoffroyi* < *C. aurita* < *C. flaviceps*.
- A separação do gênero nos dois grupos proposto por Mendes *et al.* (2009) foi corroborada em todas as análises. Em relação ao tamanho, as espécies do grupo aurita são maiores que as espécies do grupo jacchus. Tanto os PCAs, mas principalmente nos CVAs, a estruturação predominante segrega os dois grupos. As espécies do grupo aurita possuem caixa craniana alargada devida a expansão do osso parietal e alongamento do osso occipital e rosto mais curto devido a posição mais anterior do osso nasal e contração do osso incisivo, além da retrusão da arcada dentaria superior. As espécies do grupo jacchus exibem o rosto mais longo, caixa craniana mais comprimida e protusão dentária. Na mandíbula o grupo aurita apresenta processos condilares dispostos mais lateralmente enquanto que nas espécies do grupo jacchus essa estrutura se mostra mais estreita. Essas características encontradas nas espécies do grupo jacchus vão de acordo com as modificações morfológicas necessárias para escarificação mais eficiente.
- A similaridade morfológica entre as espécies é causada principalmente a um *constraint* morfológico resultante da grande especialização necessária para a escarificação.

## 6. REFERÊNCIAS

- Ackermann, R. R., 2010. Phenotypic traits of primate hybrids: Recognizing admixture in the fossil record. *Evolutionary Anthropology*, 19, 258–270.
- Aguiar, J. Lacher, T., 2009. Cranial morphology of the dwarf marmoset *Callibella* in the context of callitrichid variability. In: Ford S, Davis L, Porter L, editors. *The smallest anthropoids: the marmoset/Callimico radiation*. New York: Springer. p. 355–380.
- Albrecht, G. H., 1978. The craniofacial morphology of the Sulawesi macaques. In: *Contributions to Primatology*, E S. SZALAY (ed.), Karger, Basel, pp. 1-151.
- Allendorf, F. Leary R. Spruell P. Wenburg J., 2001. The problems with hybrids: setting conservation guidelines. *Trends Ecol Evol* 16:613–622.
- Alonso C, de Faria DS, Langguth A, Santee DF. 1987. Variação da pelagem na área de intergradação entre *Callithrix jacchus* e *Callithrix penicillata*. *Rev Bras Biol* 47:465–470.
- Anderson, D. M. W. e Bell, P.C., 1975. Structural analysis of the gum polysaccharide fom *Anacardium occidentale*. *Analytica Chimica Acta*, 79: 185-197
- Ávila-Pires, F. D., 1974. Caracterização zoogeográfica da província amazônica. II. A família Callithricidade e a zoogeografia amazônica. *Na. Acad. Brasil. Ciênc.*, 46(1): 159-181
- Ávila-Pires, F. D. de., 1969. Taxonomia e zoogeografia do gênero —*Callithrix* Erxleben, 1777 (Primates, Callitrichidae). *Revista Brasileira de Biologia* 29(1): 49-64.
- Barroso, C. M. L., Schneider, H., Schneider, M.P.C., Sampaio, I., Harada, M.L., Czelusniak, J., Goodman, M., 1997. Update on the phylogenetic systematics of New World Monkeys: Further DNA evidence for placing the pygmy marmoset (*Cebuella*) within the genus *Callithrix*. *International Journal of Primatology* 18(4): 650-674.
- Bearder, S. K. e Martin, R. D. 1980. Acacia gum and its use by bushbabies, *Galago senegalensis* (Primates: Lorisidae). *Int. J. Primatol.*, 103-128.
- Bookstein F. L. 1989. Principal warps: thin-plate splines and the decomposition of deformations. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 11: 567-585
- Bookstein F. L., 1990. Introduction to methods of landmark data,. In: Rohlf, F. J. e F.L. Bookstein (eds). *Proceedings of the Michigan morphometrics orkshop*. Special publication number 2, The University of Michigan Museum of Zoology, Ann Arbor. 215-225

- Bookstein, F. L. 1991. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge Univ. Press: New York. 435 pp.
- Buckner, J.C., Lynch Alfaro, J., Rylands, A.B., Alfaro, M.E., 2015. Biogeography of the marmosets and tamarins (Callitrichidae). *Mol. Phyl. Evol.* 82, 413–425.
- Campton, D. E. 1987 Natural hybridization and introgression in fishes: methods of detection and genetic interpretations. Population genetics and fishery management. University of Washington Press, Seattle, 161-192.
- Casteleyn, C., Bakker, J., Breugelmans, S., Kondova, I., Saunders, J., Langermans, J. A. M., & Bosseler, L., 2012. Anatomical description and morphometry of the skeleton of the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Laboratory animals*, 46(2), 152-163.
- Clutton-Brock, T. H., Harvey, P. H., and Rudder, B, 1977. Sexual dimorphism, socionomic sex ratio and body weight in primates. *Nature Lond.* 269: 797-800.
- Coyne, J. & Orr, H. A. (2004). Speciation. Sunderland: Sinauer Associates.
- Coimbra-Filho A. F., Pissinatti A., Rylands A. B., 1993. Experimental multiple hybridism among *Callithrix* species from eastern Brazil. In: Rylands A B ed. Marmosets and tamarins: systematics, ecology, and behaviour. Oxford University Press, Oxford, pp 95–120
- Coimbra-Filho, A. F. 1971. Os sagüis do gênero *Callithrix* da região oriental brasileira e um caso de duplo hibridismo entre três de suas formas (Callithricidae, Primates). *Rev. Brasil. Biol.* 31: 377–388
- Coimbra-Filho, A. F. 1985. Espécies ameaçadas de extinção: Sagüi-de-Wied *Callithrix kuhlii* (Wied, 1926). FBCN/Informativo, Rio de Janeiro 9(4): 5, out./dez. Fundação Brasileiro para a Conservação da Natureza FBCN, Rio de Janeiro.
- Coimbra-Filho, A. F., 1986. Sagüi-da-serra *Callithrix flaviceps* (Thomas, 1903). FBCN/Inf., Rio de Janeiro 10(1): 3.
- Coimbra-Filho, A. F. 1990. Sistemática, distribuição geográfica e situação atual dos símios brasileiros (Platyrrhini, Primates). *Rev. Brasil. Biol.* 50: 1063 –1079.
- Coimbra-Filho, A. F. E Maia, A. A., 1976. Hibridismo de macho de *Callithrix geoffroyi* (Humboldt, 1812) X fêmea de *C. jacchus* (Linnaeus, 1758), e criação artificial de filhote híbrido (Callitrichidae, Primates). *Rev. Brasil. Biol.*, 36(3): 665-673
- Coimbra-Filho, A. F. e Mittermeier, R. A. 1973. New data on the taxonomy of the Brazilian marmosets of the genus *Calithrix* Erxleben, 177. *Folia Primatol.*, 20: 241-264
- Coimbra-Filho, A. F., 1970. Acerca de um caso se hibridismo entre *Callithrix jacchus* (Linnaeus, 1758) X *C. geoffroyi* (Humboldt, 1812). *Rev. Brasil. Biol.*, 30(4): 507-517

- Coimbra-Filho, A. F., 1973, Novo aspecto de duplo hibridismo em *Callithrix*. Ver. Brasil. Biol., 33 (1): 31-38.
- Coimbra-Filho, A. F., Pissinatti, A. e Rylands, A. B. 1997. Back-crossing and the preservation of the buffy-headed marmoset (*Callithrix aurita flaviceps*) Callitrichidae, Primates. In: *A Primatologia no Brasil – 5*, S. F. Ferrari and H. Schneider (eds.), pp.204–215. Universidade Federal do Pará, Sociedade Brasileira de Primatologia, Belém
- Coimbra-Filho, A. F., Cruz-Rocha, N, da e Pissinatti, A. 1980. Morfofisiologia do ceto e sua correlação como tipo odontológico em Callitrichidae (Platyrrhini, Primates). Ver Brasil. Biol., 40(1): 177-185
- Coimbra-Filho, A. F., Mittermeier, R.A.; Rylands, A.B.; Mendes, S.L.; Kierulff, M.C.M. e Pinto, L.P.S. 2006. The Taxonomic Status of Wied's Black-tufted-ear Marmoset, *Callithrix kuhlii* (Callitrichidae, Primates). Primate Conservation 21: 1-24.
- Cooke, S. B., e Terhune, C. E. 2015. Form, function, and geometric morphometrics. The Anatomical Record, 298(1), 5-28.
- Cortés-Ortiz, L., Duda, T. F., Canales-Espinosa, D., García-Ordunã, F., Rodríguez-Luna, E., e Bermingham, E., 2007. Hybridization in large-bodied New World primates. Genetics, 176, 2421–2425
- Cosenza B. A. P., de Melo F. R., 1998 Primates of the Serra do Brigadeiro State Park, Minas Gerais, Brazil. Neotrop Primates 6(1):18–20
- Costa, L.P. e Leite, Y.R. 2012. Historical fragmentation shaping vertebrate diversification in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. In: Patterson, B.D. e Costa, L.P. (Eds.) Bones, clones and biomes: The history and geography of recent Neotropical mammals. The University of Chicago Press, Chicago. pp. 283-306.
- Crook, J. H. 1972. Sexual selection, dimorphism, and social organization in the primates. In Campbell, B. G. (ed.), Sexual Selection and the Decent of Man, 1871-1971, Aldine, Chicago, pp. 231-281.
- Crook, J. H., and Oartlan, J. S. 1966. On the evolution of primate societies. Nature Lond. 210: 1200-1203.
- de Vivo, M. 1991. Taxonomia de *Callithrix* Erxleben, 1777 (Callitrichidae, Primates). Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 105 p.
- Detwiler KM, Burrell AS, Jolly CJ. 2005. Conservation implications in hybridization in African cercopithecine monkeys. Int J Primatol 26:661–684.
- Digby, L.J. & BARRETO, C.E. Social organization in the wild population of *Callithrix jacchus*. Folia Primatologica. 61: 123-134, 1993.

- Digby, L.J. & Ferrari, S.F. 1994. Multiple breeding females in free-ranging groups of *Callithrix jacchus*. *International Journal of Primatology*. 15 (3): 389-397.
- Digby, L.J. 1995. Social organization in the wild population of *Callithrix jacchus*: II. *Primates*. 36 (3): 361-375.
- Dryden, I.L. e K.V. Mardia. 1998. *Statistical shape analysis*. John Wiley e Sons, New York. 347 p.
- Eisenberg, J. F., Muckenhirn, N. A., and Rudran, R. 1972. The relation between ecology and social structure in primates. *Science* 176: 863-874.
- Erxleben, J.C.P. 1777. *Systema regni animalis per classes, ordines, genera, species, varietatis cum synonymia et historia animalium*. Classis I. Mammalia. Lipsiae.
- Faria, D.S. 1985 Tamanho e composição de um grupo social e área de vivência (home-range) do sagüi *C. jacchus penicillata* na mata ciliar do córrego Capetinga, Brasília-DF. In: M.T. Mello (Ed.) *A Primatologia no Brasil*. Belo Horizonte, UFMG, 2: 87-105.
- Ferrari, S. F. & Lopes Ferrari, M. A. 1989. A re-evaluation of the social organization of the Callitrichidae, with reference to ecological differences between genera. *Folia Primatologica*. 52: 132-147.
- Ferrari S. F., Mendes S. L. 1991 Buffy-headed marmosets 10 years on. *Oryx* 25(2):105–109
- Fonseca, G.A.B. e Lancher, T, Jr. 1984. Exudate-feeding by *Callithrix jacchus penicillata* in semi-deciduous woodland (cerradão) in central Brazil. *Primates* 25: 441-450
- Ford, S. M. 1994. Evolution of sexual dimorphism in body weight in platyrrhines. *American Journal of Primatology*, 34(2), 221-244.
- Forsythe, E. C., e Ford, S. M., 2011. Craniofacial Adaptations to Tree-Gouging Among Marmosets. *The Anatomical Record*, 294(12), 2131-2139.
- Fuzessy, L. F., Silva, I. de O., Malukiewicz, J., Silva, F. F. R., Pônzio, M. do C., Boere, V., e Ackermann, R. R. 2014. Morphological Variation in Wild Marmosets (*Callithrix penicillata* and *C. geoffroyi*) and Their Hybrids. *Evolutionary Biology*, 41(3), 480–493. <http://doi.org/10.1007/s11692-014-9284-5>
- Garber PA, Porter LM. 2010. The ecology of exudate feeding and exudate production in *Saguinus* and *Callimico*. In: Burrows AM, Nash LT, editors. *The evolution of exudativory in primates*. New York: Springer. p 89–108.
- Garber, P.A. 1992. Vertical clinging, small body size, and the evolution of feeding adaptations in the Callitrichinae. *American Journal of Physical Anthropology* 88: 469-482.

- Garbino, G. S. T. 2015. How many marmoset (Primates: Cebidae: Callitrichinae) genera are there? A phylogenetic analysis based on multiple morphological systems. *Cladistics*, 31, 652–678.
- Garbino, G. S. T.. Filogenia da tribo Callitrichini Thomas, 1903 (Primates, Platyrrhini, Callitrichinae), com base em caracteres morfológicos. 2013. Dissertação (Mestrado em Sistemática, Taxonomia Animal e Biodiversidade) - Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/D.38.2013.tde-30062014-115342. Acesso em: 2016-09-15.
- Groves, C. P. 1989. *A theory of Human and Primate Evolution*. Oxford University Press, Oxford.
- Groves, C.P. 2001. Why taxonomic stability is a bad idea, or why are there so few species of primates (or are there?). *Evolutionary Anthropology* 10: 192-198.
- Groves, C.P. 2005. Order Primates. In: Wilson, E. e Reeder, D.M. (Eds.) *Mammal Species of the World*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. pp. 111-184.
- Hammer, O., Harper, D. A. T., e Ryan, P. D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4.
- Harrison, M. L., e Tardif, S. D. 1994. Social implications of gummivory in marmosets. *American Journal of Physical Anthropology*, 95(4), 399-408.
- Hershkovitz, P. 1968. Metachromism or the principle of evolutionary change in mammalian tegumentary colors. *Evolution* 22: 556-575.
- Hershkovitz, P. 1975. Comments on the taxonomy of Brazilian marmosets (*Callithrix*, Callitrichidae). *Folia Primatologica* 24: 137-172.
- Hershkovitz, P. 1977. *Living New World monkeys (Platyrrhini) with an introduction to Primates*, Vol. 1. Chicago University Press, Chicago. 1117 p.
- Hill, W.C.O. 1957. *Primates comparative anatomy and taxonomy III: Pithecoidea Platyrrhini (families Hapalidae and Callimiconidae)*. University Press, Edinburgh. 354 p.
- Hogg R, Ravosa MJ, Ryan TM, Vinyard CJ. 2011. The functional morphology of the anterior masticatory apparatus in tree-gouging marmosets (Cebidae, Primates). *J Morphol* 272:833–849.
- Illiger, C. 1811. *Prodromus systematis mammalium et avium additis terminis zoographicis utriusque classis*. C. Salfeld, Berlin.
- International Commission on Zoological Nomenclature 1929. Opinion 114. Under suspension *Simia*, *Simia satyrus* and *Pithecus* are suppressed». *Smithsonian Miscellaneous Collections S.l.: s.n.* 73 (6): 25–26.

- IUCN 2016. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-1. <<http://www.iucnredlist.org>>.
- Kendall, D. (1977). The Diffusion of Shape. *Advances in Applied Probability*, 9(3), 428-430. doi:10.2307/1426091
- Kinzey, W. G. American Anthropological Association. 1997. *New World primates: ecology, evolution, and behavior*. Transaction Publishers
- Klingenberg, C. P., Barluenga, M., Meyer, A. 2002. Shape analysis of symmetric structures: quantifying variation among individuals and asymmetry. *Evolution*, 56(10), 1909-1920.
- Klingenberg, C. P. 2008. Morphological integration and developmental modularity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. S.* 39:115–132.
- Klingenberg, C. P. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* 11: 353-357.
- Lesson, R.-P. 1840. *Species de Mammifères: Bimanés et Quadrumanes; suivi d'un mémoire les Oryctéropes*. J.B. Baillière, Paris.
- Leutenegger, W. 1978. Scaling of sexual dimorphism in body size and breeding system in primates. *Nature (Lond.)* 272:610-611.
- Leutenegger, W. 1982. Scaling of sexual dimorphism in body weight and canine size in primates. *Folia Primatol.* 37: 163-176.
- Leutenegger, W., Cheverud, J. 1982. Correlates of sexual dimorphism in primates: ecological and size variables. *International Journal of Primatology*, 3(4), 387-402.
- Leutenegger, W., Kelly, J. T. 1977. Relationship of sexual dimorphism in canine size and body size to social, behavioral, and ecological correlates in anthropoid primates. *Primates* 18: 117-136.
- Linnaeus, Carl. 1758. *Tomus I. Syst. nat.*, ed. 10. Holmiae, Laurentii Salvii: 1-4, 1-824.
- Maier, W., Alonso, C. e Langguth, A. 1982. Field observations on *Callithrix jacchus jacchus* L. *Zeit. für Säugetierkunde*, 47:334-346.
- Mallet J. 2005. Hybridization as an invasion of the genome. *Trends Ecol Evol.*; 20: 229–237.
- Mallinson, J. J. 1971. The breeding and maintenance of marmosets at Jersey Zoo. *International Zoo Yearbook*, 11(1), 79-83.
- Malukiewicz, J., Boere, V., Fuzessy, L. F., Grativol, A. D., French, J. A., Silva, I. O., Stone, A. C. (2014). Hybridization effects and genetic diversity of the common and

- black-tufted marmoset (*Callithrix jacchus* and *C. penicillata*) mitochondrial control region. *American Journal of Physical Anthropology*, 155, 522–536.
- Malukiewicz, J., Boere, V., Fuzessy, L. F., Grativol, A. D., De Oliveira E Silva, I., Pereira, L. C. M., ... Stone, A. C. 2015. Natural and anthropogenic hybridization in two species of eastern Brazilian marmosets (*Callithrix jacchus* and *C. penicillata*). *PLoS ONE*, 10(6), 1–22. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0127268>
- Mardia, K. V., Bookstein, F. L., Moreton, I. J. 2000. Statistical assessment of bilateral symmetry of shapes. *Biometrika*, 285–300.
- Marroig, G., Cheverud, J.M. 2009. Size and shape in *Callimico* and marmoset skulls: allometry and heterochrony in the morphological evolution of small anthropoids. In: Ford, S.M.; Porter, L.M. & Davis, L.C. (Eds.) *The Smallest Anthropoids*. Springer, New York. pp. 331–353
- Marroig, G., Cropp, S., e Cheverud, J. M. 2004. Systematics and Evolution of the Jacchus Group of Marmosets (Platyrrhini). *American Journal of Physical Anthropology*, 123(1), 11–22. <http://doi.org/10.1002/ajpa.10146>
- Mayr, E. (1963). *Animal species and evolution*. Cambridge: Harvard University Press.
- Meireles, C. M. M., M. I. C. Sampaio, H. Schneider and M. P. C. Schneider. 1992. Protein variation, taxonomy and differentiation in five species of marmosets (genus *Callithrix* Erxleben, 1777). *Primates* 33: 217–226.
- Meireles, C. M., J. Czelusniak, I. Sampaio, H. Schneider, S. F. Ferrari, A. F. Coimbra-Filho, A. Pissinatti, J. A. P. C. Muniz, H. S. Ferreira and M. P. C. Schneider. 1998. Electrophoretic polymorphisms and their taxonomic implications in Callitrichini (Primates, Platyrrhini). *Biochem. Genet.* 36(7/8): 229 –244.
- Mendes S. L. 1993. Distribuição geográfica e estado de conservação de *Callithrix flaviceps* (Primates: Callitrichidae). In: Yamamoto ME, de Sousa MBC (eds) *A primatologia no Brasil – 4*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Sociedade Brasileira de Primatologia, Natal, pp 139–154
- Mendes S. L. 1997. Hybridization in free-ranging *Callithrix flaviceps* and the taxonomy of the Atlantic forest marmosets. *Neotrop Primates* 5(1):6–8
- Mendes S.L.; Vieliard J.M.E. e De Marco Jr. P. 2009. The vocal identity of the *Callithrix* species (Primates, Callitrichidae). In: Ford, S.M.; Porter, L.M. e Davis, L.C. (Eds.) *The Smallest Anthropoids*. Springer, New York, pp. 63–84.
- Mendes, S. L. 1997. Padrões biogeográficos e vocais em *Callithrix* do Grupo *Jacchus* (Primates, Callitrichidae). Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- Mikula, O., & Macholán, M. 2008. There is no heterotic effect upon developmental stability in the ventral side of the skull within the house mouse hybrid zone. *Journal of evolutionary biology*, 21(4), 1055-1067.
- Mittermeier R. A., A. B. Rylands and A. F. Coimbra-Filho. 1988. Systematics: Species and subspecies — An update. In: *Ecology and Behavior of Neotropical Primates*, Vol. 2, R. A. Mittermeier, A. B. Rylands, A. F. Coimbra-Filho and G. A. B. da Fonseca (eds.), pp.13 –75. World Wildlife Fund, Washington, DC.
- Mittermeier, R. A. and A. F. Coimbra-Filho. 1981. Systematics: Species and subspecies. In: *Ecology and Behavior of Neotropical Primates*, Vol. 1, A. F. Coimbra-Filho and R. A. Mittermeier (eds.), pp.29 –109. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.
- Monteiro, L.R. e S.F. Reis. 1999. *Princípios de Morfometria Geométrica*. Ribeirão Preto, Holos Editora Ltda, X+188p.
- Nagamachi, C. Y. 1995. Relações cromossômicos e análises filogenética e de agrupamento na Família Callitrichidae (Platyrrhini, Primates). Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Nagamachi, C.Y.; Pieczarka, J.C. e Barros, R.M.S. 1992. Karyotypic comparison among *Cebuella pygmaea*, *Callithrix jacchus* and *C. emiliae* (Callitrichidae, Primates) and its taxonomic implications. *Genetica* 85: 249-257.
- Nagamachi, C.Y.; Pieczarka, J.C.; Schwarz, M.; Barros, R.M.S. e Mattevi, M.S. 1997. Comparative chromosomal study of five taxa of genus *Callithrix*, group *Jacchus* (Platyrrhini, Primates). *American Journal of Primatology* 41: 53-60.
- Napier, J. R. e Napier, P. H. 1967. *A handbook of Living Primates*. Academic Press, London.
- Napier, P. H. 1976. *Catalogue of the Primates in the British Museum (Natural History)*. Part I. Families Callitrichidae and Cebidae. British Museum (Natural History), London.
- Nash LT. 1986. Dietary, behavioral, and morphological aspects of gummivory in Primates. *Yearbk Phys Anthropol* 29:113–137.
- Natori, M. 1986. Interspecific relationships of *Callithrix* based on the dental characters. *Primates*, 27(3), 321–336. <http://doi.org/10.1007/BF02382074>
- Natori, M. 1990. Numerical analysis of the taxonomical status of *Callithrix kuhli* based on measurements of the postcanine dentition. *Primates*, 31(4), 555–562. <http://doi.org/10.1007/BF02382538>
- Natori, M. and N. Shigehara. 1992. Interspecific differences in lower dentition among eastern-Brazilian marmosets. *J. Mammal.* 73: 668– 671.

- Natori, M. 1994. Craniometrical Variations Among Eastern Brazilian Marmosets and Their Systematic Relationships. *Primates*, 35(2): 167-176
- Nogami Y, Natori M. 1986. Fine structure of the dental enamel in the family Callitrichidae (Ceboidea, Primates). *Primates* 27:245–258.
- Passamani M, Aguiar LMS, Machado R, Figueiredo E 1997. Hybridization between *Callithrix geoffroyi* and *C. penicillata* in southeastern Minas Gerais, Brazil. *Neotrop Primates* 5(1):9–10
- Petit-Maire, N. 1971. The genera of Hapalidae (marmosets). *Ann. Mag. Nat. Hist.*, (8) 20: 247-258
- Plavcan, J. M., Van Schaik, C. P. 1997. Intrasexual competition and body weight dimorphism in anthropoid primates. *American Journal of Physical Anthropology*, 103(1), 37-68.
- Porter LM, Garber PA and Nacimento E. 2009. Exudates as a fallback food for *Callimico goeldii*. *Am J Primatol* 71:120–129
- Porter, C.A.; Czelusniak, J.; Schneider, H.; Schneider, M.P.C.; Sampaio, I. & Goodman, M. 1997. Sequences of the primate e-globin gene: implications for systematics of the marmosets and other New World primates. *Gene* 205: 59-71.
- Power ML. 2010. Nutritional and digestive challenges to being a gum-feeding primate. In: Burrows AM, Nash LT, editors. *The evolution of exudativory in primates*. New York: Springer. p 25–44.
- Ralls, K. 1977. Sexual dimorphism in mammals: Avian models and unanswered questions. *Am. Natur.* 111: 917-938.
- Rambaut, A. 2006. Fig. Tree. Tree Figure Drawing Tool, Version 1.2. 2.
- Ravosa MJ, Hogg RT, Vinyard CJ. 2010. Exudativory and primate skull form. In: Burrows AM, Nash LT, editors. *The evolution of exudativory in primates*. New York: Springer. p 169–187.
- Ravosa MJ. 1990. Functional assessment of subfamily variation in maxillomandibular morphology among Old-World monkeys. *Am J Phys Anthropol* 82:199–212.
- Rohlf, F. J. 2004. tpsSpline, thin-plate spline, version 1.20. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- Rohlf, F. J. 2006. TPS Dig v. 2.10. Stony Brook, NY, Department of Ecology & Evolution, State University of New York.
- Rohlf, F. J. 2012. Tps Utility Program, ver. 1.50. Department of Ecology and Evolution, Stony Brook, State University of New York, New York.

- Rohlf, F. J., Marcus, L. F. 1993. A revolution morphometrics. *Trends in Ecology & Evolution*, 8(4), 129-132.
- Rohlf, F. J., Slice, D. 1990. Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Biology*, 39(1), 40-59.
- Roosmalen, M.G.M. van e Roosmalen T. van. 2003. The description of a new marmoset genus, *Callibella* (Callitrichinae, Primates), including its molecular phylogenetic status. *Neotropical Primates* 11(1): 1-10.
- Roosmalen, M.G.M. van; Roosmalen T. van; Mittermeier, R.A. e Fonseca, G.A.B. 1998. A New and Distinctive Species of Marmoset (Callitrichidae, Primates) from the lower Rio Aripuanã, State of Amazonas, Central Brazilian Amazonia. *Goeldiana Zoologia* 22: 1-27.
- Rosenberger AL. 2010. Adaptive profile versus adaptive specialization: fossils and gummivory in early primate evolution. In: Burrows AM, Nash LT, editors. *The evolution of exudativory in primates*. New York: Springer. p 273–295.
- Rosenberger, A. L. 1984. Aspects of the systematics and evolution of the marmosets. In: *A Primatologia no Brasil*, M. T. de Mello (ed.), pp.159 –180. Sociedade Brasileira de Primatologia, Brasília.
- Rosenberger, A.L. 1978. Loss of incisor enamel in marmosets. *Journal of Mammalogy* 59(1): 207-208.
- Rosenberger, A.L. 1981. Systematics: The higher taxa. In: Coimbra-Filho, A.F. e Mittermeier, R.A. (Eds.) *Ecology and Behavior of Neotropical primates*, Vol. 1. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. pp. 9-27.
- Ruiz-Miranda, C. R., Affonso, A. G., Martins, A. e Beck, B. B., 2000. Distribuição do sagüi (*Callithrix jacchus*) nas áreas de ocorrência do mico leão dourado no Estado de Rio de Janeiro. *Neotropical Primates*, 8: 98-101.
- Ruiz-Miranda, C. R., Affonso, A. G., Morais, M. M. D., Verona, C. E., Martins, A., & Beck, B. B. (2006). Behavioral and ecological interactions between reintroduced golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) and introduced marmosets (*Callithrix spp*, Linnaeus, 1758) in Brazil's Atlantic Coast forest fragments. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(1), 99-109.
- Rylands A. B. 1984. Exudate-eating and tree-gouging by marmosets (Callitrichidae, Primates). In: *Tropical Rain Forest: The Leeds Symposium*, A. A. Chadwich e S. L. Suttom (eds.) Leeds Philosophical and Literary Society, Leeds. Pp. 155-168.
- Rylands A. B., Spironelo W. R., Tornisiello V. L., Lemos de Sá R. M., Kierulff M. C. M., Santos I. B. 1988. Primates of the Rio Jequitinhonha valley, Minas Gerais, Brazil. *Primate Conserv* (9):100–109

- Rylands, A. B. 1982. The behavior and ecology of three species of marmosets and tamarins (Callitrichidae, Primates) in Brazil. Doctoral dissertation, University of Cambridge, Cambridge.
- Rylands, A. B. and D. S. de Faria. 1993. Habitats, feeding ecology, and home range size in the genus *Callithrix*. In: Marmosets and Tamarins: Systematics, Ecology, and Behaviour, A. B. Rylands, (ed.), pp.262–272. Oxford University Press, Oxford.
- Rylands, A.B., Coimbra-Filho, A., Mittermeier, R.A., 2009. The systematics and distributions of the marmosets (*Callithrix*, *Callibella*, *Cebuella* and *Mico*) and callimico (*Callimico*) (Callitrichidae, Primates). In: Ford, S.M., Porter, L.M., Davis, L.C. (Eds.), The Smallest Anthropoids. Springer, New York. pp. 25–61.
- Rylands, A.B.; Schneider, H.; Langguth, A.; Mittermeier, R.A.; Groves, C.P. e Rodríguez-Luna, E. 2000. An assessment of the diversity of New World Primates. Neotropical Primates 8(2): 61-93.
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J. e Margulis, C. R., 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. Cons. Biol., 5: 18-32.
- Schneider, H., Sampaio, I., 2015. The systematics and evolution of New World primates – A review. Mol. Phyl. Evol. 82, 348– 357.
- Schneider, H.; Bernardi, J.A.R.; Cunha, D.B. da; Tagliaro, C.H.; Vallinoto, M.; Ferrari, S.F. e Sampaio, I. 2012. A molecular analysis of the evolutionary relationships in the Callitrichinae, with emphasis on the position of the dwarf marmoset. Zoologica Scripta 41(1): 1-10.
- Schneider, H.; Schneider, M.P.C.; Sampaio, I.; Harada, M.L.; Stanhopes, M.; Czelusniak, J. e Goodman, M. 1993. Molecular phylogeny of the New World monkeys (Platyrrhini, Primates). Molecular Phylogenetics and Evolution 2(3): 225-242.
- Sena, L.; Vallinoto, M.; Sampaio, I.; Schneider, H.; Ferrari, S.F. e Schneider, M.P.C. 2002. Mitochondrial COII Gene Sequences Provide New Insights into the Phylogeny of Marmoset Species Groups (Callitrichidae, Primates). Folia Primatologica 73: 240-251.
- Simpson GG. 1962. Principles of animal taxonomy. New York: Columbia University Press.
- Sneath, P. H. Sokal R.R.. 1973. Numerical taxonomy. Freeman, San Francisco.
- Spencer MA, Demes B. 1993. Biomechanical analysis of masticatory system configuration in Neandertal and Inuits. Am J Phys Anthropol 91:1–20.
- Stevenson, M. F., Rylands, A. B. 1988. The marmosets, genus *Callithrix*. Ecology and behavior of neotropical primates, 2, 131-222

- Sussman, R. W., Kinzey, W. G. 1984. The ecological role of the Callitrichidae: a review. *American Journal of Physical Anthropology*, 64(4), 419-449.
- Tagliaro, C.H.; Schneider, M.P.C.; Schneider, H.; Sampaio, I. C. e Stanhope, M.J. 1997. Marmoset phylogenetics, conservation perspectives, and evolution of the mtDNA Control Region. *Molecular Biology and Evolution* 14(6): 674-684.
- Taylor AB, Eng CM, Anapol FC, Vinyard CJ. 2009. The functional significance of jaw-muscle fiber architecture in tree-gouging marmosets. In: Ford S, Davis L, Porter L, editors. *The smallest anthropoids: the marmoset/Callimico radiation*. New York: Springer. p 381–394.
- Thomas, O. 1903. Notes on south american monkeys, bats, carnivores and rodents with descriptions of new species. *Annals and Magazine of Natural History* (7)12: 455-464.
- Thompson, D. W. 1917- On growth and form. Cambridge Univ. Press, London, 753 p.
- Torres de Assumpção, C. 1983. An ecological study of the primates of southeastern Brazil, with a reappraisal of *Cebus apella* races. Tese (Doutorado). University of Edinburgh. 337p.
- Turnbull WD. 1971. The trinity therians: their bearing on evolution in marsupials and other therians. In: Dahlberg AA, ed. *Dental morphology and evolution*. Chicago: University of Chicago Press, 151–179.
- Vinyard CJ, Ryan TM. 2006. Cross-sectional bone distribution in the mandibles of gouging and non-gouging Platyrrhini. *Int J Primatol* 27:1461–1490.
- Vinyard CJ, Wall CE, Williams SH, Mork AL, Garner BA, Melo LC de O, Valenc,a-Montenegro MM, Valle YBM, Monteiro da Cruz MAO, Lucas PW, Schmitt D, Taylor AB, Hylander WL. 2009. The evolutionary morphology of tree-gouging in marmosets. In: Ford S, Davis L, Porter L, editors. *The smallest anthropoids: the marmoset/Callimico radiation*. New York: Springer. p 395–409
- Vinyard CJ, Wall CE, Williams SH, Schmitt D, Hylander WL. 2001. A preliminary report on the jaw mechanics during treegouging in common marmosets (*Callithrix jacchus*). In: Brook, editor. *Dental morphology 2001*. Sheffield: Academic Press. p. 283–297.
- Viscosi, V., Cardini, A. 2011. Leaf morphology, taxonomy and geometric morphometrics: a simplified protocol for beginners. *PloS one*, 6(10), e25630.
- Webster, M. A. R. K., Sheets, H. D. 2010. A practical introduction to landmark-based geometric morphometrics. *Quantitative Methods in Paleobiology*, 16, 168-188.
- Zelditch, M. L., A. R. Wood, R. M. Bonett, and D. L. Swiderski. 2008. Modularity of the rodent mandible: integrating bones, muscles, and teeth. *Evol. Dev.* 10:756–768.

Zelditch, M. L., D. L. Swiderski, H. D. Sheets. 2012 Geometric morphometrics for biologists: a primer. Academic Press,

Zelditch, M., Swiderski, D., Sheets, D. H., & Fink, W. 2004. Geometric Morphometrics for Biologists: A primer: Elsevier Academic Press. Waltham, MA.

## 7. APÊNDICES

### APÊNDICE I - Quadro com a descrição dos exemplares fotografados.

| Coleção | Espécie             | Nº de tombo | Localidade     | Estado | Sexo | Latitude      | Longitude     |
|---------|---------------------|-------------|----------------|--------|------|---------------|---------------|
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 1354        | Além Paraíba   | MG     | F    | 21°53'0.37"S  | 42°41'54.55"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 1355        | Além Paraíba   | MG     | M    | 21°53'0.37"S  | 42°41'54.55"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 2231        | Teresópolis    | RJ     | F    | 22°25'15.42"S | 42°57'48.80"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 2603        | Volta Grande   | MG     | F    | 21°46'12.05"S | 42°32'22.06"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 2817        | Belmiro Braga  | MG     | -    | 21°56'56.64"S | 43°24'54.57"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 2818        | Itatiaia       | RJ     | -    | 22°29'51.45"S | 44°33'51.37"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 2819        | Itatiaia       | RJ     | -    | 22°29'51.45"S | 44°33'51.37"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 2823        | Três Rios      | RJ     | -    | 22° 7'1.09"S  | 43°12'31.97"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 2828        | Itatiaia       | RJ     | M    | 22°29'51.45"S | 44°33'51.37"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 6101        | Paraty         | RJ     | M    | 23°12'55.04"S | 44°42'50.60"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 7234        | Teresópolis    | RJ     | F    | 22°25'15.42"S | 42°57'48.80"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 7235        | Teresópolis    | RJ     | F    | 22°25'15.42"S | 42°57'48.80"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 7236        | Teresópolis    | RJ     | F    | 22°25'15.42"S | 42°57'48.80"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 7237        | Teresópolis    | RJ     | F    | 22°25'15.42"S | 42°57'48.80"O |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 23737       | Rio Novo       | MG     | F    | 21°27'55.83"S | 43° 7'1.99"O  |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 23739       | Rio Novo       | MG     | M    | 21°27'55.83"S | 43° 7'1.99"O  |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 23740       | Rio Novo       | MG     | F    | 21°27'55.83"S | 43° 7'1.99"O  |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 23741       | Angra dos Reis | RJ     | F    | 23° 0'32.14"S | 44°19'9.92"O  |
| MNRJ    | <i>C. aurita</i>    | 77420       | Paraty         | RJ     | -    | 23°12'55.04"S | 44°42'50.60"O |
| MZUSP   | <i>C. aurita</i>    | 1866        | Ubatuba        | SP     | -    | 23°25'59.20"S | 45° 4'41.41"O |
| MZUSP   | <i>C. aurita</i>    | 1868        | Ubatuba        | SP     | M    | 23°25'59.20"S | 45° 4'41.41"O |
| MZUSP   | <i>C. aurita</i>    | 2804        | Macaé          | RJ     | F    | 22°22'29.06"S | 41°46'36.50"O |
| MZUSP   | <i>C. aurita</i>    | 2804        | Macaé          | RJ     | F    | 22°22'29.06"S | 41°46'36.50"O |
| MZUSP   | <i>C. aurita</i>    | 2805        | Macaé          | RJ     | -    | 22°22'29.06"S | 41°46'36.50"O |
| MBML    | <i>C. flaviceps</i> | 242         | Santa Teresa   | ES     | F    | 19°56'3.28"S  | 40°36'4.03"O  |
| MBML    | <i>C. flaviceps</i> | 254         | Santa Teresa   | ES     | M    | 19°56'3.28"S  | 40°36'4.03"O  |
| MBML    | <i>C. flaviceps</i> | 355         | Santa Teresa   | ES     | M    | 19°56'3.28"S  | 40°36'4.03"O  |
| MBML    | <i>C. flaviceps</i> | 382         | Santa Teresa   | ES     | F    | 19°56'3.28"S  | 40°36'4.03"O  |
| MBML    | <i>C. flaviceps</i> | 1834        | Santa Teresa   | ES     | F    | 19°56'3.28"S  | 40°36'4.03"O  |
| MBML    | <i>C. flaviceps</i> | 1967        | Santa Teresa   | ES     | M    | 19°56'3.28"S  | 40°36'4.03"O  |
| MBML    | <i>C. flaviceps</i> | 2482        | Santa Teresa   | ES     | M    | 19°56'3.28"S  | 40°36'4.03"O  |
| MNRJ    | <i>C. flaviceps</i> | 5875        | Santa Tereza   | ES     | M    | 19°56'3.28"S  | 40°36'4.03"O  |
| MNRJ    | <i>C. flaviceps</i> | M12         | Itarana        | ES     | M    | 19°52'32.25"S | 40°52'32.08"O |
| MNRJ    | <i>C. flaviceps</i> | M17         | Itarana        | ES     | F    | 19°52'32.25"S | 40°52'32.08"O |
| MNRJ    | <i>C. flaviceps</i> | M19         | Itarana        | ES     | M    | 19°52'32.25"S | 40°52'32.08"O |
| MNRJ    | <i>C. flaviceps</i> | M31         | Itarana        | ES     | M    | 19°52'32.25"S | 40°52'32.08"O |

|       |                     |      |              |    |   |               |               |
|-------|---------------------|------|--------------|----|---|---------------|---------------|
| MNRJ  | <i>C. flaviceps</i> | M32  | Itarana      | ES | F | 19°52'32.25"S | 40°52'32.08"O |
| MZUFV | <i>C. flaviceps</i> | 4280 | Manhumirim   | MG | M | 20°21'2.46"S  | 41°57'33.21"O |
| MBML  | <i>C. geoffroyi</i> | 135  | Vitória      | ES | - | 20°18'5.91"S  | 40°18'7.81"O  |
| MBML  | <i>C. geoffroyi</i> | 354  | Aracruz      | ES | - | 19°49'11.70"S | 40°16'28.83"O |
| MBML  | <i>C. geoffroyi</i> | 369  | Santa Teresa | ES | F | 19°56'3.28"S  | 40°36'4.03"O  |
| MBML  | <i>C. geoffroyi</i> | 1769 | Aracruz      | ES | M | 19°49'11.70"S | 40°16'28.83"O |
| MBML  | <i>C. geoffroyi</i> | 1815 | Aracruz      | ES | F | 19°49'11.70"S | 40°16'28.83"O |
| MBML  | <i>C. geoffroyi</i> | 219  | Santa Teresa | ES |   | 19°56'3.28"S  | 40°36'4.03"O  |
| MBML  | <i>C. geoffroyi</i> | 1997 | Santa Teresa | ES | F | 19°56'3.28"S  | 40°36'4.03"O  |
| MBML  | <i>C. geoffroyi</i> |      | Santa Teresa | ES | M | 19°56'3.28"S  | 40°36'4.03"O  |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 2830 | -            | ES | F | -             | -             |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 2831 | -            | ES | M | -             | -             |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3915 | Vila Velha   | ES | F | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3918 | Vila Velha   | ES | M | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3919 | Vila Velha   | ES | M | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3920 | Vila Velha   | ES | F | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3921 | Vila Velha   | ES | F | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3922 | Vila Velha   | ES | F | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3923 | Vila Velha   | ES | M | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3958 | Vila Velha   | ES | M | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3959 | Vila Velha   | ES | F | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3960 | Vila Velha   | ES | M | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3962 | Vila Velha   | ES | F | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3968 | Vila Velha   | ES | F | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3969 | Vila Velha   | ES | F | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3970 | Vila Velha   | ES | M | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3971 | Vila Velha   | ES | F | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3978 | Vila Velha   | ES | M | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 3979 | Vila Velha   | ES | M | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5516 | Ibiraçu      | ES | F | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5518 | Ibiraçu      | ES | M | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5519 | Ibiraçu      | ES | M | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5525 | Vila Velha   | ES | F | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5527 | Ibiraçu      | ES | F | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5529 | Colatina     | ES | F | 19°31'59.02"S | 40°39'50.45"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5531 | Ibiraçu      | ES | M | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5532 | Colatina     | ES | M | 19°31'59.02"S | 40°39'50.45"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5534 | Ibiraçu      | ES | M | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5538 | Ibiraçu      | ES | M | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5540 | Ibiraçu      | ES | F | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5542 | Ibiraçu      | ES | M | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5547 | Ibiraçu      | ES | - | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5548 | Ibiraçu      | ES | F | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5549 | Colatina     | ES | F | 19°31'59.02"S | 40°39'50.45"O |

|       |                     |       |                          |    |   |               |               |
|-------|---------------------|-------|--------------------------|----|---|---------------|---------------|
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5552  | Ibiraçu                  | ES | F | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5563  | Ibiraçu                  | ES | M | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5569  | Ibiraçu                  | ES | M | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5571  | Ibiraçu                  | ES | M | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5574  | Ibiraçu                  | ES | M | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5629  | Vitória                  | ES | M | 20°18'5.91"S  | 40°18'7.81"O  |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 5869  | Ibiraçu                  | ES | - | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 13481 | Conceição do Mato Dentro | MG | M | 19° 2'8.07"S  | 43°25'32.01"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 13482 | Conceição do Mato Dentro | MG | F | 19° 2'8.07"S  | 43°25'32.01"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 13483 | Conceição do Mato Dentro | MG | M | 19° 2'8.07"S  | 43°25'32.01"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 23756 | Conceição do Mato Dentro | MG | M | 19° 2'8.07"S  | 43°25'32.01"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 23757 | Teófilo Otoni            | MG | M | 17°52'6.35"S  | 41°30'31.20"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 23760 | São Domingos do Norte    | ES | M | 19° 8'45.55"S | 40°37'22.84"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 23761 | Ibiraçu                  | ES | M | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 23762 | Linhares                 | ES | M | 19°23'59.23"S | 40° 4'6.93"O  |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 23763 | Linhares                 | ES | F | 19°23'59.23"S | 40° 4'6.93"O  |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 23764 | Linhares                 | ES | M | 19°23'59.23"S | 40° 4'6.93"O  |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 23767 | Linhares                 | ES | M | 19°23'59.23"S | 40° 4'6.93"O  |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 23768 | Linhares                 | ES | M | 19°23'59.23"S | 40° 4'6.93"O  |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 23769 | Linhares                 | ES | F | 19°23'59.23"S | 40° 4'6.93"O  |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 23770 | Ibiraçu                  | ES | M | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 28846 | Ibiraçu                  | ES | - | 19°49'55.47"S | 40°21'55.59"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 28847 | Vila Velha               | ES | - | 20°21'44.63"S | 40°17'58.85"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 28851 | Linhares                 | ES | M | 19°23'59.23"S | 40° 4'6.93"O  |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 28852 | Linhares                 | ES | M | 19°23'59.23"S | 40° 4'6.93"O  |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 28854 | Linhares                 | ES | F | 19°23'59.23"S | 40° 4'6.93"O  |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 46931 | -                        | BA | F | -             | -             |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 46933 | Monte Pascoal            | BA | F | 16°45'0.35"S  | 39°31'59.95"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 50813 | São Domingos do Norte    | ES | - | 19° 8'45.55"S | 40°37'22.84"O |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 50814 | Linhares                 | ES | - | 19°23'59.23"S | 40° 4'6.93"O  |
| MNRJ  | <i>C. geoffroyi</i> | 74389 | Monte Pascoal            | BA | - | 16°45'0.35"S  | 39°31'59.95"O |
| MZUFV | <i>C. geoffroyi</i> | 1963  | Teófilo Otoni            | MG | M | -             | -             |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 2228  | Colatina                 | ES | F | 19°31'59.02"S | 40°39'50.45"O |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 2231  | Colatina                 | ES | M | 19°31'59.02"S | 40°39'50.45"O |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 2232  | Colatina                 | ES | M | 19°31'59.02"S | 40°39'50.45"O |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 2234  | Colatina                 | ES | M | 19°31'59.02"S | 40°39'50.45"O |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 2390  | Rio doce                 | ES | M | -             | -             |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 2392  | Rio doce                 | ES | F | -             | -             |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 2394  | Rio doce                 | ES | F | -             | -             |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 2395  | Rio doce                 | ES | M | -             | -             |

|       |                     |       |                      |    |   |               |               |
|-------|---------------------|-------|----------------------|----|---|---------------|---------------|
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 2397  | Rio doce             | ES | M | -             | -             |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 5923  | Governador Valadares | MG | M | 18°51'39.54"S | 41°56'55.15"O |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 5924  | Governador Valadares | MG | F | 18°51'39.54"S | 41°56'55.15"O |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 5926  | Ipatinga             | MG | M | 19°28'47.05"S | 42°31'36.27"O |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 5927  | Ipatinga             | MG | M | 19°28'47.05"S | 42°31'36.27"O |
| MZUSP | <i>C. geoffroyi</i> | 7881  | Machacalis           | MG | M | 17° 4'41.27"S | 40°43'2.94"O  |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 1507  | Crato                | CE | F | 7°13'39.87"S  | 39°24'41.47"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 3932  | Pacotí               | CE | M | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 3936  | Pacotí               | CE | M | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 3937  | Pacotí               | CE | F | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 3944  | Pacotí               | CE | M | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 3945  | Pacotí               | CE | - | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 3947  | Pacotí               | CE | - | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 3949  | Pacotí               | CE | M | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 3952  | Pacotí               | CE | - | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 3953  | Pacotí               | CE | F | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 3956  | Pacotí               | CE | F | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 5521  | Pacotí               | CE | F | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 5535  | Pacotí               | CE | M | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 5536  | Pacotí               | CE | M | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 5543  | Pacotí               | CE | F | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 5573  | Pacotí               | CE | M | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 5577  | Pacotí               | CE | F | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 17274 | Triunfo              | PE | M | 7°50'44.45"S  | 38° 2'31.16"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 17275 | Princesa Isabel      | PB | M | 7°44'6.73"S   | 37°59'39.80"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 17280 | -                    | BA | M | -             | -             |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 23772 | Pacotí               | CE | F | 4°13'31.79"S  | 38°54'52.74"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 23774 | Triunfo              | PE | M | 7°50'44.45"S  | 38° 2'31.16"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 23776 | -                    | BA | F | -             | -             |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 30543 | Cristinápolis        | SE | M | 11°28'2.54"S  | 37°45'31.76"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 30544 | Cristinápolis        | SE | F | 11°28'2.54"S  | 37°45'31.76"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 30545 | Cristinápolis        | SE | F | 11°28'2.54"S  | 37°45'31.76"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 30547 | Brejo Grande         | SE | M | 10°25'26.79"S | 36°27'44.19"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 63522 | Coronel José Dias    | PI | F | 8°48'39.80"S  | 42°21'13.59"O |
| MNRJ  | <i>C. jacchus</i>   | 74395 | Rio de Janeiro       | RJ | - | 22°54'42.01"S | 43°12'19.31"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i>   | 2356  | -                    | BA | M | -             | -             |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i>   | 3852  | Conceição do Almeida | BA | - | 12°46'12.05"S | 39°10'0.04"O  |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i>   | 3868  | -                    | BA | - | -             | -             |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i>   | 4285  | Tapera               | PE | F | 9°25'48.16"S  | 40°43'54.60"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i>   | 4286  | Tapera               | PE | M | 9°25'48.16"S  | 40°43'54.60"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i>   | 7507  | Maceió               | AL | F | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i>   | 7508  | Maceió               | AL | F | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |

|       |                   |       |                      |    |   |               |               |
|-------|-------------------|-------|----------------------|----|---|---------------|---------------|
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 7509  | Maceió               | AL | M | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 7510  | Maceió               | AL | F | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 7511  | Maceió               | AL | F | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 7512  | Maceió               | AL | M | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 7513  | Maceió               | AL | M | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 7514  | Maceió               | AL | F | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 7515  | Maceió               | AL | M | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 7516  | Maceió               | AL | M | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 7517  | Maceió               | AL | F | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 7518  | Maceió               | AL | F | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8289  | Maceió               | AL | F | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8290  | Maceió               | AL | F | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8291  | Quebrangulo          | AL | M | 9°19'13.79"S  | 36°28'10.41"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8293  | Maceió               | AL | F | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8294  | Maceió               | AL | F | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8441  | Camaratuba           | PB | M | 6°39'0.54"S   | 35° 8'0.04"O  |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8442  | Camaratuba           | PB | F | 6°39'0.54"S   | 35° 8'0.04"O  |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8443  | Camaratuba           | PB | M | 6°39'0.54"S   | 35° 8'0.04"O  |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8444  | Coremas              | PB | M | 7° 1'2.98"S   | 37°56'40.69"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8448  | Mamanguape           | PB | F | 6°54'44.84"S  | 35°14'30.29"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8573  | Santa Rita de Cássia | BA | F | 11° 0'52.50"S | 44°31'14.44"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8689  | Mosquito             | CE | M | 4°36'0.33"S   | 38°34'0.10"O  |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8690  | Mosquito             | CE | F | 4°36'0.33"S   | 38°34'0.10"O  |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8691  | Mosquito             | CE | M | 4°36'0.33"S   | 38°34'0.10"O  |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8692  | Mosquito             | CE | M | 4°36'0.33"S   | 38°34'0.10"O  |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8693  | Baturité             | CE | M | 4°19'50.35"S  | 38°52'54.44"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8695  | Baturité             | CE | M | 4°19'50.35"S  | 38°52'54.44"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 8696  | Baturité             | CE | M | 4°19'50.35"S  | 38°52'54.44"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 11359 | Salvador             | BA | F | 12°57'59.59"S | 38°26'17.53"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 11362 | Vicência             | PE | F | 7°39'23.24"S  | 35°19'18.37"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 11363 | Vicência             | PE | M | 7°39'23.24"S  | 35°19'18.37"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 11365 | Vertentes            | PE | F | 7°54'12.85"S  | 35°59'15.27"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 11379 | Valença do Piauí     | PI | F | 6°24'12.42"S  | 41°44'16.40"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 11414 | Maceió               | AL | F | 9°39'0.49"S   | 35°42'32.26"O |
| MZUSP | <i>C. jacchus</i> | 11746 | Barbalha             | CE | M | 7°17'59.73"S  | 39°17'25.35"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>  | 8524  | Ilhéus               | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>  | 8526  | Ilhéus               | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>  | 8528  | Ilhéus               | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>  | 8529  | Ilhéus               | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>  | 8532  | Ilhéus               | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>  | 8538  | Ilhéus               | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>  | 8543  | Ilhéus               | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>  | 8546  | Ilhéus               | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |

|      |                  |       |           |    |   |               |               |
|------|------------------|-------|-----------|----|---|---------------|---------------|
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8547  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8551  | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8552  | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8553  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8554  | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8555  | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8557  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8558  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8559  | Japu      | BA | F | 14°52'59.75"S | 39°11'35.95"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8560  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8561  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8562  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8563  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8565  | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8566  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8567  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8568  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8569  | Buerarema | BA | M | 14°57'28.66"S | 39°18'14.38"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8570  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8572  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8573  | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8575  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8576  | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8577  | Buerarema | BA | F | 14°57'28.66"S | 39°18'14.38"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8578  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8579  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8581  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8582  | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8584  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8589  | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8590  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8591  | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8592  | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 8593  | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 11002 | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 11005 | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 11008 | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 11009 | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 11014 | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 11016 | Ilhéus    | BA | F | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 11019 | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 11020 | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 11021 | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ | <i>C. kuhlii</i> | 11025 | Ilhéus    | BA | M | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |

[illegible]

|       |                       |       |                      |    |   |               |               |
|-------|-----------------------|-------|----------------------|----|---|---------------|---------------|
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51090 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51107 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51118 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51122 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51147 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51167 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51220 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51238 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51239 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51242 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51249 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51254 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MNRJ  | <i>C. kuhlii</i>      | 51272 | Ilhéus               | BA | - | 14°47'56.76"S | 39° 2'14.61"O |
| MZUFV | <i>C. kuhlii</i>      | 686   | Rio Bananal          | ES | F | 19°16'20.85"S | 40°19'36.47"O |
| MCN-M | <i>C. penicillata</i> | 176   | Indianópolis         | MG | M | 19° 2'19.92"S | 47°55'1.34"O  |
| MCN-M | <i>C. penicillata</i> | 667   | Lagoa Santa          | MG | F | 19°37'37.97"S | 43°53'37.11"O |
| MCN-M | <i>C. penicillata</i> | 1952  | Santana do Riacho    | MG | M | 19°10'7.87"S  | 43°42'54.66"O |
| MCN-M | <i>C. penicillata</i> | 2147  | Itacarambi           | MG | - | 15° 4'26.58"S | 15° 4'26.58"S |
| MCN-M | <i>C. penicillata</i> | 2470  | Rio Piracicaba       | MG | M | 19°55'44.22"S | 43°11'0.43"O  |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 310   | Barreiras            | BA | - | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 2794  | Palmas               | TO | - | 10°14'58.83"S | 48°19'29.03"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 2797  | Planaltina de Goiás  | GO | F | 15°27'9.90"S  | 47°36'55.44"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 2803  | Morada Nova de Minas | MG | - | 14°40'23.99"S | 39°22'35.11"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 2804  | Morada Nova de Minas | MG | - | 14°40'23.99"S | 39°22'35.11"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 2805  | Morada Nova de Minas | MG | - | 18°36'32.02"S | 45°21'25.69"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 2807  | Morada Nova de Minas | MG | - | 18°36'32.02"S | 45°21'25.69"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4230  | Lagoa Santa          | MG | F | 19°37'32.44"S | 43°53'35.73"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4231  | Lagoa Santa          | MG | M | 19°37'32.44"S | 43°53'35.73"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4232  | Lagoa Santa          | MG | M | 19°37'32.44"S | 43°53'35.73"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4233  | Lagoa Santa          | MG | F | 19°37'32.44"S | 43°53'35.73"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4234  | Lagoa Santa          | MG | M | 19°37'32.44"S | 43°53'35.73"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4260  | Barreiras            | BA | F | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4261  | Barreiras            | BA | M | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4262  | Barreiras            | BA | M | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4263  | Barreiras            | BA | M | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4264  | Barreiras            | BA | M | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4265  | Barreiras            | BA | M | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4266  | Barreiras            | BA | M | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4268  | Barreiras            | BA | M | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 4269  | Barreiras            | BA | M | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |

|      |                       |       |                            |    |   |               |               |
|------|-----------------------|-------|----------------------------|----|---|---------------|---------------|
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 4270  | Barreiras                  | BA | M | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 4932  | Anápolis                   | GO | M | 16°19'46.01"S | 48°57'1.22"O  |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 5117  | Anápolis                   | GO | M | 16°19'46.01"S | 48°57'1.22"O  |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 7564  | Araguari                   | MG | F | 18°38'41.02"S | 48°11'48.63"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 7565  | Uberaba                    | MG | F | 19°44'56.81"S | 47°57'3.66"O  |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 7566  | Araguari                   | MG | M | 18°38'41.02"S | 48°11'48.63"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 7680  | Barreiras                  | BA | M | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 7682  | Barreiras                  | BA | F | 12°8'52.96"S  | 45°0'1.00"O   |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 8318  | Malhada                    | BA | M | 14°20'18.68"S | 43°46'22.90"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 8628  | Malhada                    | BA | M | 14°20'18.68"S | 43°46'22.90"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 8810  | São João Batista do Glória | MG | M | 20°38'28.49"S | 46°30'20.18"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 8999  | Malhada                    | BA | F | 14°20'18.68"S | 43°46'22.90"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 9004  | Malhada                    | BA | F | 14°20'18.68"S | 43°46'22.90"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 9091  | São João Batista do Glória | MG | M | 20°38'28.49"S | 46°30'20.18"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 9254  | Malhada                    | BA | M | 14°20'18.68"S | 43°46'22.90"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 9423  | Malhada                    | BA | F | 14°20'18.68"S | 43°46'22.90"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 9848  | São João Batista do Glória | MG | M | 20°38'28.49"S | 46°30'20.18"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 9899  | Malhada                    | BA | M | 14°20'18.68"S | 43°46'22.90"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 10378 | São João Batista do Glória | MG | M | 20°38'28.49"S | 46°30'20.18"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 10543 | Cotegipe                   | BA | F | 12°1'25.10"S  | 44°15'11.02"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 10657 | São João Batista do Glória | MG | M | 20°38'28.49"S | 46°30'20.18"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 10949 | São João Batista do Glória | MG | M | 20°38'28.49"S | 46°30'20.18"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 10959 | Curvelo                    | MG | F | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 11029 | Curvelo                    | MG | M | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 11124 | São João Batista do Glória | MG | F | 20°38'28.49"S | 46°30'20.18"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 11164 | Malhada                    | BA | M | 14°20'18.68"S | 43°46'22.90"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 11199 | Malhada                    | BA | F | 14°20'18.68"S | 43°46'22.90"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 11334 | Malhada                    | BA | F | 14°20'18.68"S | 43°46'22.90"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 16443 | Araguari                   | MG |   | 18°38'41.02"S | 48°11'48.63"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 22840 | Formosa                    | GO | F | 15°32'28.78"S | 47°20'10.95"O |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 23801 | Pompeu                     | MG | F | 19°13'6.29"S  | 45° 0'3.32"O  |
| MNRJ | <i>C. penicillata</i> | 23805 | João Pinheiro              | MG | F | 17°44'24.27"S | 46°10'26.86"O |

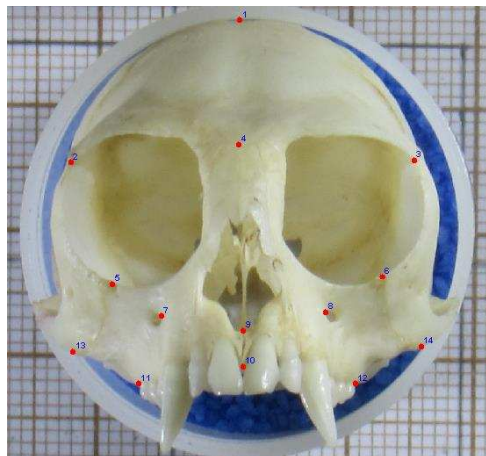
|       |                       |       |                            |    |   |               |               |
|-------|-----------------------|-------|----------------------------|----|---|---------------|---------------|
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 28857 | São João Batista do Glória | MG | M | 20°38'28.49"S | 46°30'20.18"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 28858 | São João Batista do Glória | MG | M | 20°38'28.49"S | 46°30'20.18"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 28859 | São João Batista do Glória | MG | F | 20°38'28.49"S | 46°30'20.18"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 29328 | Itajuípe                   | BA | - | 14°40'23.99"S | 39°22'35.11"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 29592 | Curvelo                    | MG | - | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 29599 | Curvelo                    | MG | - | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 29601 | Curvelo                    | MG | - | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 29602 | Curvelo                    | MG | - | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 29612 | Curvelo                    | MG | - | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 29615 | Curvelo                    | MG | - | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 29620 | Curvelo                    | MG | - | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 29631 | Curvelo                    | MG | - | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 29646 | Curvelo                    | MG | - | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 29649 | Curvelo                    | MG | - | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 30549 | Maragogipe                 | BA | M | 14°40'23.99"S | 39°22'35.11"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 33523 | Maragogipe                 | BA | M | 14°40'23.99"S | 39°22'35.11"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 33524 | Curvelo                    | MG | - | 18°45'11.72"S | 44°25'50.47"O |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 33525 | Anápolis                   | GO | F | 16°19'46.01"S | 48°57'1.22"O  |
| MNRJ  | <i>C. penicillata</i> | 73463 | Piumhi                     | MG | M | 20°28'6.17"S  | 45°57'39.72"O |
| MZUFV | <i>C. penicillata</i> | 486   | Ponte Nova                 | MG | - | 20°24'56.71"S | 42°24'56.71"O |
| MZUFV | <i>C. penicillata</i> | 684   | Viçosa                     | MG | M | 20°45'17.13"S | 42°52'46.14"O |
| MZUFV | <i>C. penicillata</i> | 685   | -                          | BA | F | -             | -             |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 1269  | Catalão                    | GO | F | 18°10'14.11"S | 47°56'44.81"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 1270  | Catalão                    | GO | F | 18°10'14.11"S | 47°56'44.81"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 1271  | Catalão                    | GO | M | 18°10'14.11"S | 47°56'44.81"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 1422  | Barretos                   | SP | M | 20°33'47.76"S | 48°34'14.39"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 1423  | Barretos                   | SP | - | 20°33'47.76"S | 48°34'14.39"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 1424  | Barretos                   | SP | - | 20°33'47.76"S | 48°34'14.39"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 1425  | Barretos                   | SP | F | 20°33'47.76"S | 48°34'14.39"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 1426  | Barretos                   | SP | M | 20°33'47.76"S | 48°34'14.39"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 1446  | Cumari                     | GO | M | 18°15'53.56"S | 48° 9'5.05"O  |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 1447  | Catalão                    | GO | F | 18°10'14.11"S | 47°56'44.81"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 2153  | Catalão                    | GO | M | 18°10'14.11"S | 47°56'44.81"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 2154  | Catalão                    | GO | M | 18°10'14.11"S | 47°56'44.81"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 2155  | Catalão                    | GO | F | 18°10'14.11"S | 47°56'44.81"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 2366  | São Luis de Montes Belos   | GO | F | 16°31'28.08"S | 50°22'19.26"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 2367  | São Luis de Montes Belos   | GO | M | 16°31'28.08"S | 50°22'19.26"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 2588  | Coribe                     | BA |   | 20°33'47.76"S | 44°27'16.04"O |

|       |                       |       |                     |    |   |               |               |
|-------|-----------------------|-------|---------------------|----|---|---------------|---------------|
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 2589  | Coribe              | BA | F | 13°49'43.18"S | 44°27'16.04"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 2590  | Senhor do Bonfim    | BA | M | 10°27'52.91"S | 40°11'22.39"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 2591  | Coribe              | BA | M | 20°33'47.76"S | 44°27'16.04"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 2592  | Coribe              | BA | M | 20°33'47.76"S | 44°27'16.04"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 3062  | Pirapora            | MG | F | 17°21'5.38"S  | 44°56'54.08"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 3500  | Itabuna             | BA | M | 14°48'19.23"S | 39°16'36.30"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 3869  | -                   | BA | - | -             | -             |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 3920  | Pirenópolis         | GO | F | 15°51'16.74"S | 48°57'34.16"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 3921  | Rio das Almas       | GO | M | 15°12'13.66"S | 49°31'08.82"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 3923  | Inhumas             | GO | F | 16°22'2.68"S  | 49°29'17.32"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 4031  | Januária            | MG | M | 15°28'39.81"S | 44°23'11.17"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 4094  | Cavalcante          | GO | F | 13°47'49.06"S | 47°27'37.40"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 4137  | Jaraguá             | GO | M | 15°44'18.41"S | 49°19'22.62"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 7908  | Rio Pardo de Minas  | MG | - | 15°36'59.81"S | 42°32'34.92"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 10636 | Goiania             | GO | F | 16°42'9.52"S  | 49°13'37.45"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 10639 | Goiania             | GO | M | 16°42'9.52"S  | 49°13'37.45"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 10640 | Brasília            | DF | M | 15°47'39.29"S | 47°52'57.19"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11107 | Bela vista de Goiás | GO | - | 16°58'21.20"S | 48°57'18.10"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11109 | Bela vista de Goiás | GO | - | 16°58'21.20"S | 48°57'18.10"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11282 | Morro da Garça      | MG | M | 18°32'09.81"S | 44°36'05.19"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11283 | Lagoa formosa       | MG | M | 18°46'34.45"S | 18°46'34.45"S |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11284 | Lagoa formosa       | MG | F | 18°46'34.45"S | 18°46'34.45"S |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11285 | Lagoa formosa       | MG | F | 18°46'34.45"S | 18°46'34.45"S |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11286 | Buritis             | MG | F | 15°37'25.06"S | 46°25'29.46"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11287 | Buritis             | MG | M | 15°37'25.06"S | 46°25'29.46"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11289 | Buritis             | MG | M | 15°37'25.06"S | 46°25'29.46"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11313 | Goiania             | GO | F | 16°42'9.52"S  | 49°13'37.45"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11315 | Goiania             | GO | M | 16°42'9.52"S  | 49°13'37.45"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11316 | Nerópolis           | GO | M | 16°24'31.53"S | 49°13'6.54"O  |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11317 | Nerópolis           | GO | M | 16°24'31.53"S | 49°13'6.54"O  |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11318 | Nerópolis           | GO | F | 16°24'31.53"S | 49°13'6.54"O  |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11319 | Nerópolis           | GO | F | 16°24'31.53"S | 49°13'6.54"O  |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11320 | Nerópolis           | GO | M | 16°24'31.53"S | 49°13'6.54"O  |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11321 | Bela vista de Goiás | GO | M | 16°58'21.20"S | 48°57'18.10"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11322 | Hidrolândia         | GO | F | 16°57'59.85"S | 49°13'56.78"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11323 | Hidrolândia         | GO | M | 16°57'59.85"S | 49°13'56.78"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11325 | Trindade            | GO | F | 16°39'22.11"S | 49°29'19.97"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11328 | Nerópolis           | GO | M | 16°24'31.53"S | 49°13'6.54"O  |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11329 | Nerópolis           | GO | F | 16°24'31.53"S | 49°13'6.54"O  |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11330 | Goiania             | GO | F | 16°42'9.52"S  | 49°13'37.45"O |

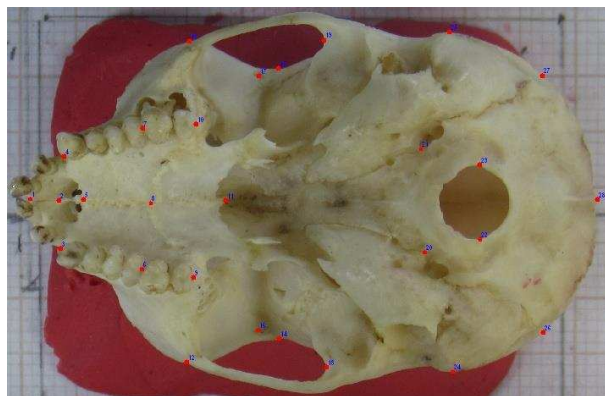
|       |                       |       |                    |    |   |               |               |
|-------|-----------------------|-------|--------------------|----|---|---------------|---------------|
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11352 | Pedregulho         | SP | M | 20°15'6.17"S  | 47°28'43.41"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11390 | Goiania            | GO | F | 16°42'9.52"S  | 49°13'37.45"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 11391 | Goiania            | GO | M | 16°42'9.52"S  | 49°13'37.45"O |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 24257 | -                  | BA | - | -             | -             |
| MZUSP | <i>C. penicillata</i> | 28534 | Itabirito          | MG | M | 20°14'59.75"S | 43°48'13.30"O |
| UFMG  | <i>C. penicillata</i> | 433   | Três Ranchos       | GO | - | 18°21'21.43"S | 47°46'46.10"O |
| UFMG  | <i>C. penicillata</i> | 1009  | Várzea da Palma    | MG | F | 17°36'01.96"S | 44°44'01.90"O |
| UFMG  | <i>C. penicillata</i> | 1040  | São Roque de Minas | MG | - | 20°14'52.90"S | 46°21'57.83"O |
| UFMG  | <i>C. penicillata</i> | 4093  | Belo Horizonte     | MG | - | 19°55'25.23"S | 43°56'10.32"O |

**APÊNDICE II** - Ilustrações do crânio e mandíbula digitalizadas utilizadas nos testes de erro.

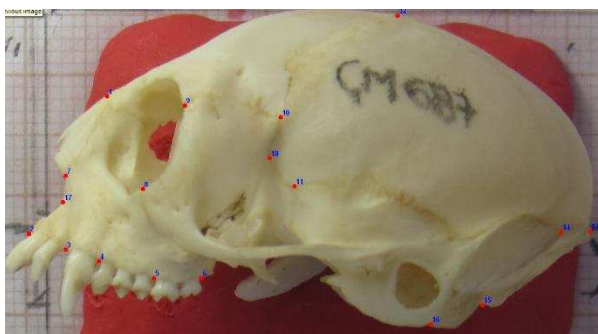
1-



2-



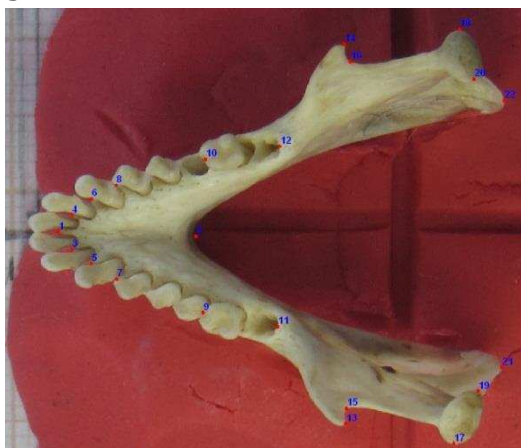
3-



4-



5-



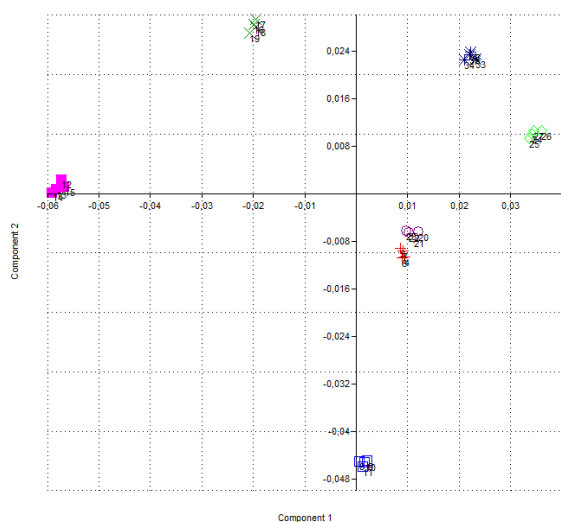
6-



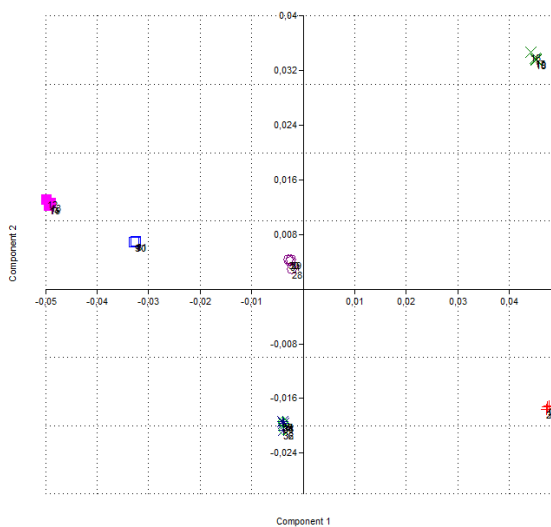
Vistas do crânio: 1- Frontal; 2- Ventral; 3- Lateral; 4- Dorsal. Vistas da mandíbula: 5- Dorsal; 6- Lateral. Nas vistas 3 e 6 as linhas indicam o contorno feito por *semilandmarks*, já no restante das vistas, os pontos em vermelho indicam os *landmarks* e os números em azul a ordem de digitalização.

### APÊNDICE III - Projeções individuais dos espécimes analisados no PCA sobre a matriz de resíduos procrustes dos testes de digitalização

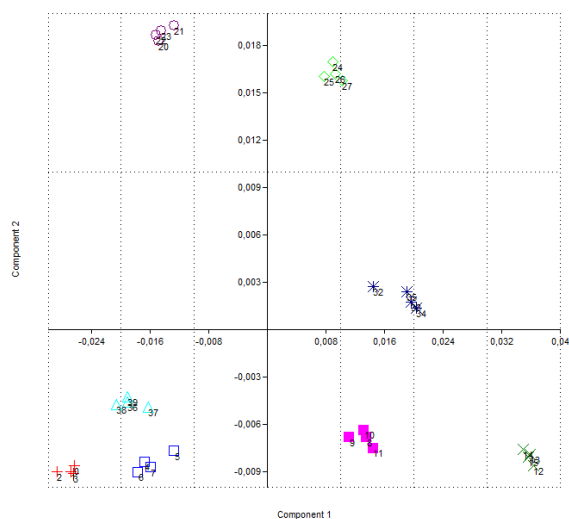
1-



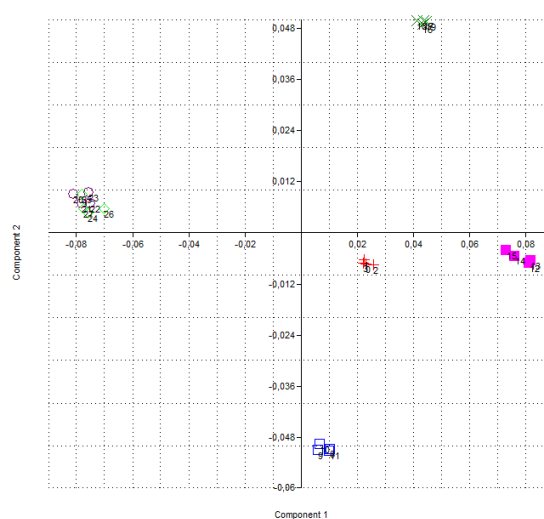
2-



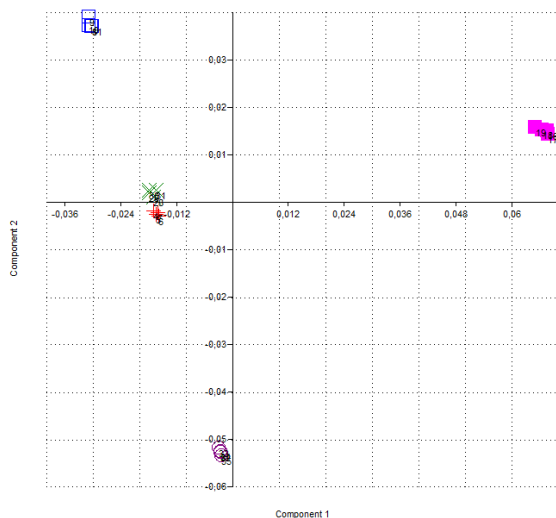
3-



4-



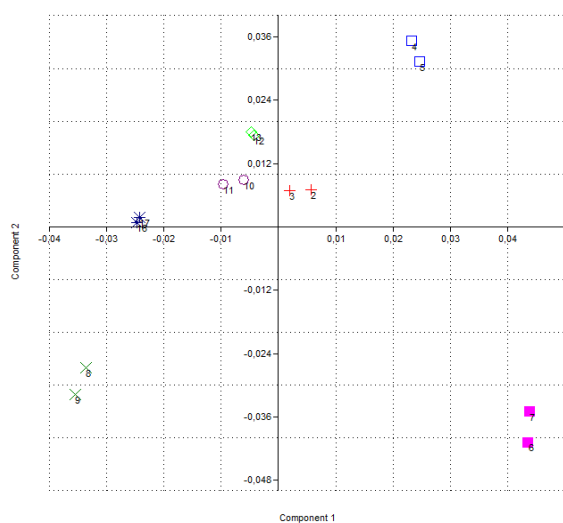
6-



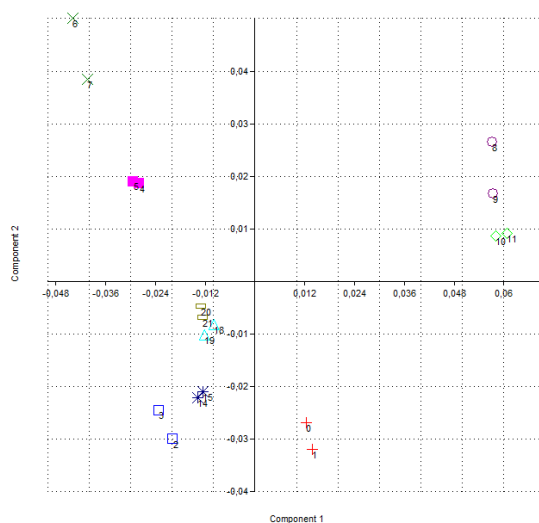
PCA's do teste de digitalização. Vistas do crânio: 1- Lateral; 2- Ventral; 3- Dorsal. Vistas da mandíbula: 5- Lateral e 6- Dorsal.

## APÊNDICE IV - Projeções individuais dos espécimes analisados no PCA sobre a matriz de resíduos procrustes dos testes de repetição

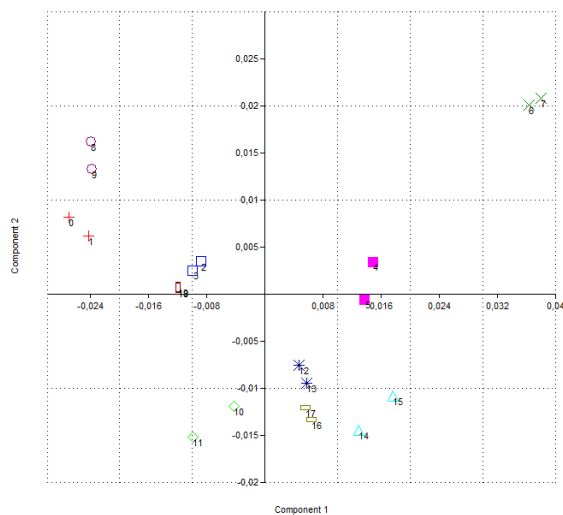
1-



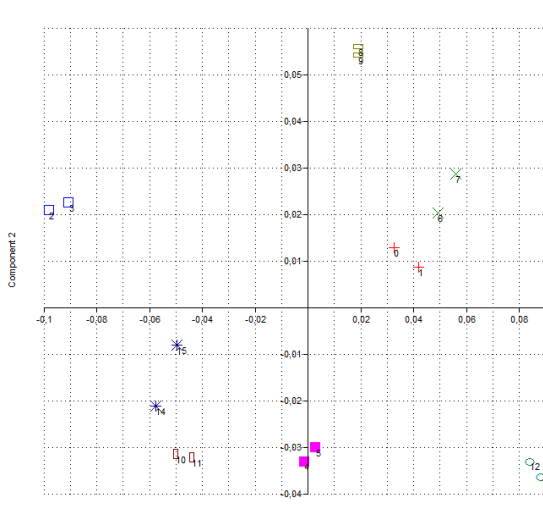
2-



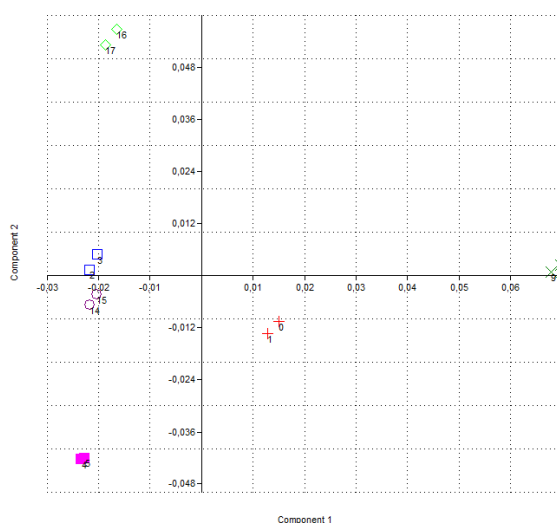
3-



4-

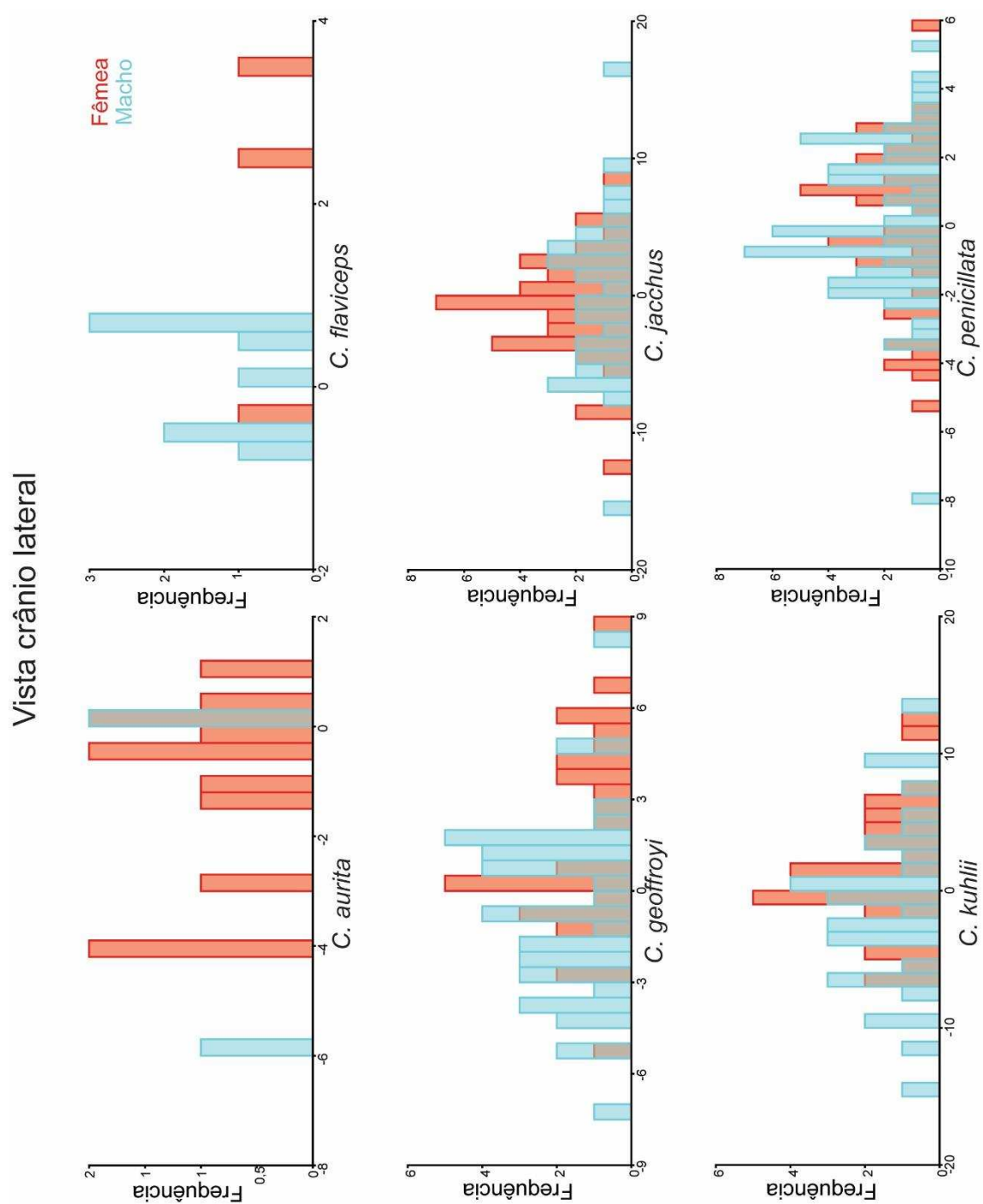


5-

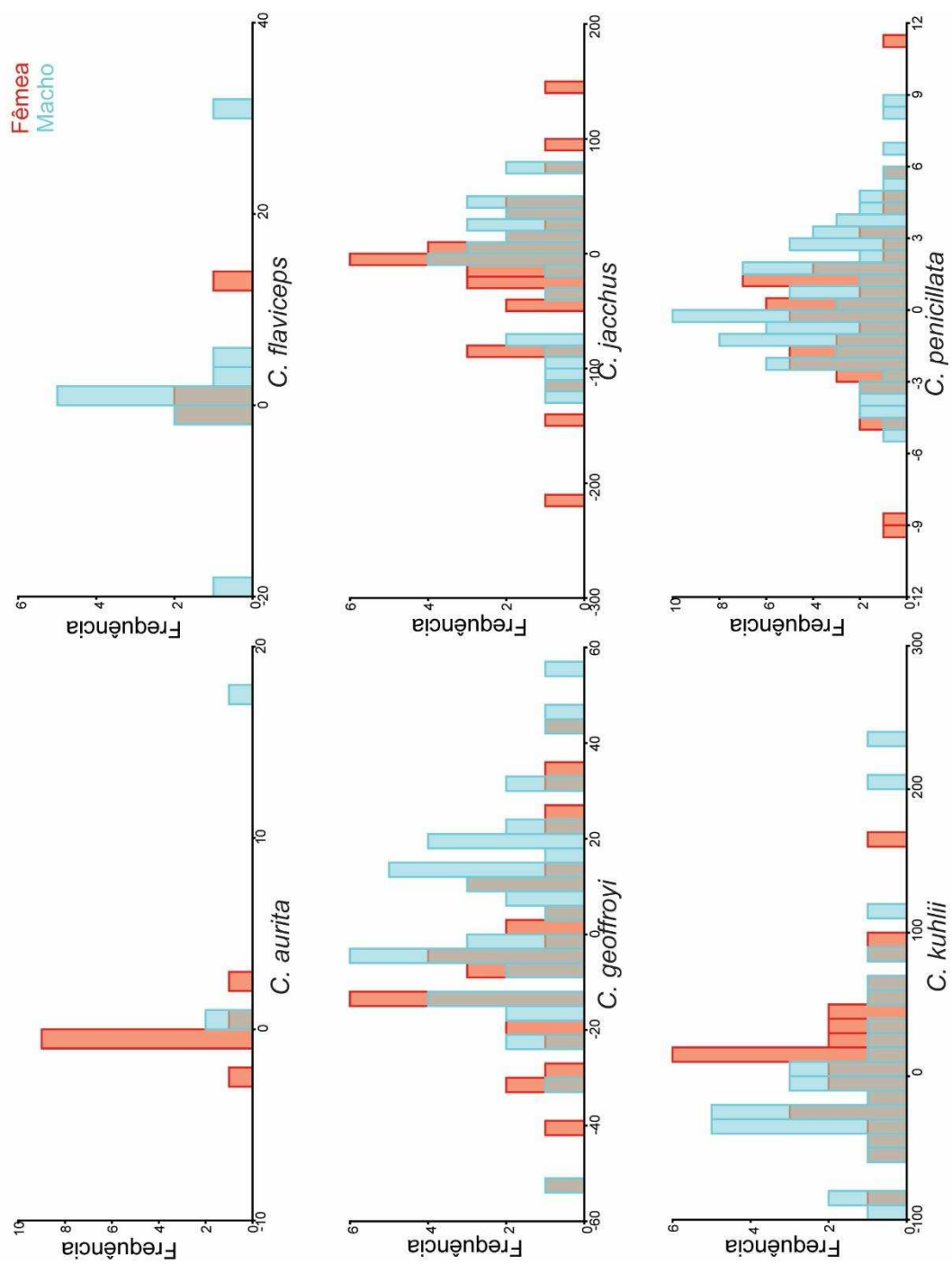


PCA's do teste de repetição. Vistas do crânio: 1- Lateral; 2- Ventral; 3- Dorsal. Vistas da mandíbula: 5- Lateral e 6- Dorsal.

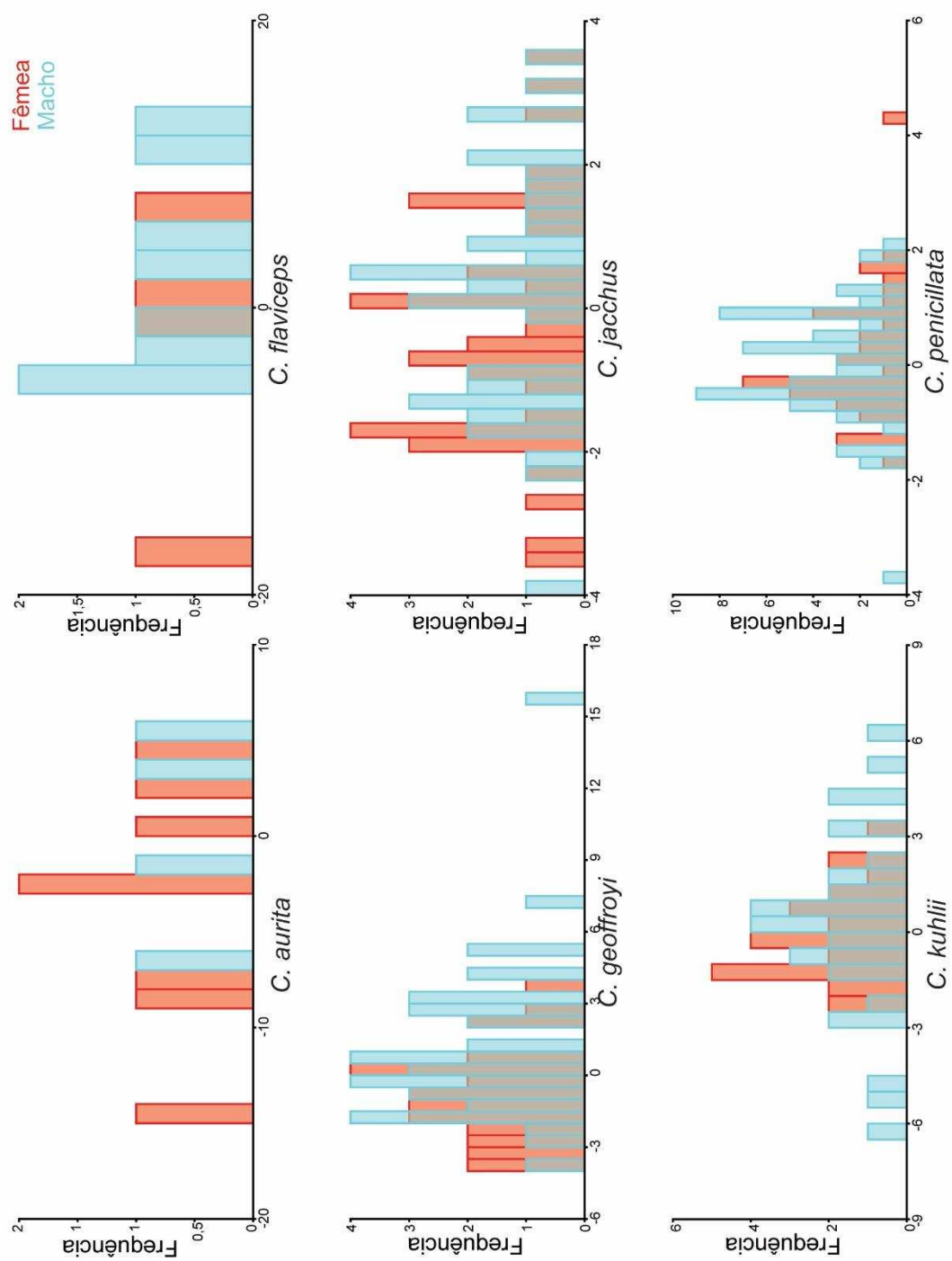
**APÊNDICE V** - Histograma de frequências dos escores discriminantes para machos e fêmeas através do teste de validação cruzada um-a-um das três vistas

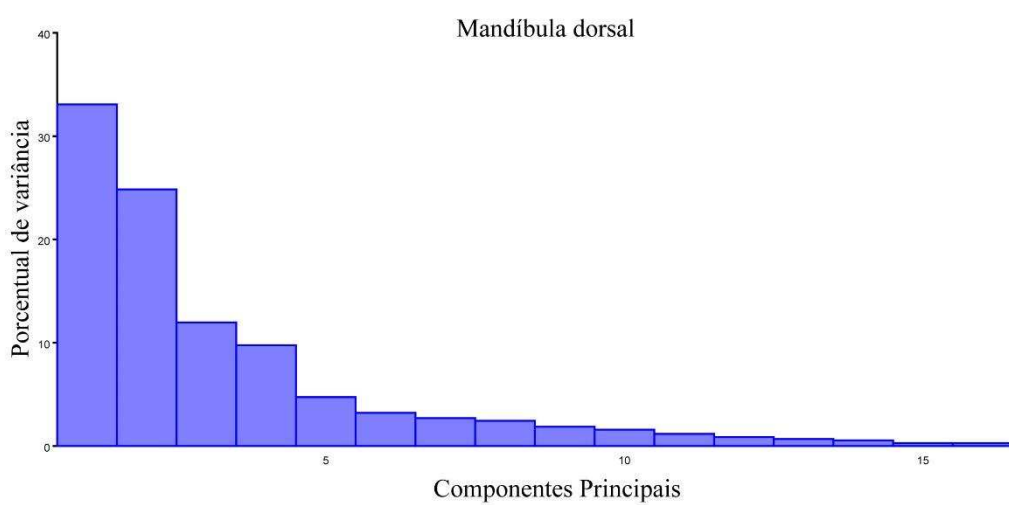
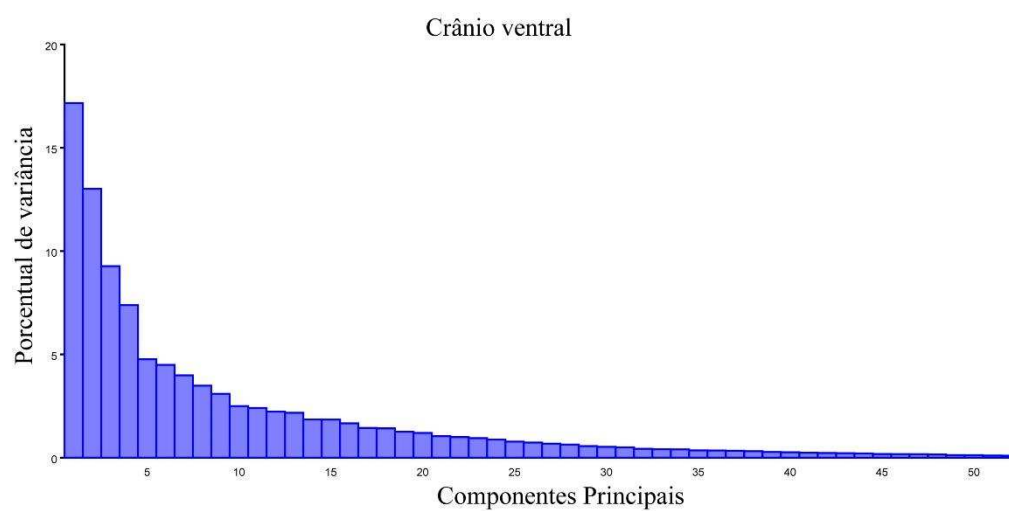
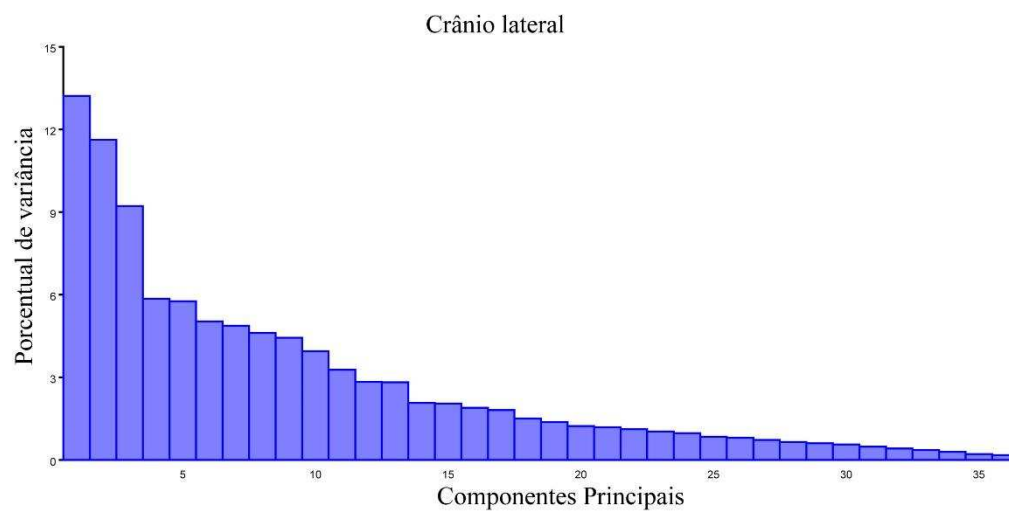


# Vista crânio ventral



# Vista mandíbula dorsal



**APÊNDICE VI - Gráficos com o percentual de variação dos PCAs das três vistas**

# **APÊNDICE VII - Resultados dos testes das premissas do CVA**

| <b>Cálculo de Webster e Sheets (2010): <math>[(2k - 4) + (G - 1)] &lt; n</math></b> |          |          |          |                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|-------------------------------|
| <b>Vistas</b>                                                                       | <b>k</b> | <b>G</b> | <b>n</b> | <b>Resultado satisfatório</b> |
| <b>Crânio lateral</b>                                                               | 19       | 6        | 403      | Sim                           |
| <b>Crânio ventral</b>                                                               | 28       | 6        | 435      | Sim                           |
| <b>Mandíbula dorsal</b>                                                             | 18       | 6        | 399      | Sim                           |