



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE SISTEMÁTICA E ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO ZOOLOGIA**

BRUNO ARAUJO MARTINS

**A BIOACÚSTICA NA REINTRODUÇÃO DO PERIQUITO-DO-SERTÃO
(*EUPSITTULA CACTORUM*)**

JOÃO PESSOA - PARAÍBA

2017

BRUNO ARAUJO MARTINS

A BIOACÚSTICA E OS PROCESSOS DE SOLTURA DO PERIQUITO-DO-SERTÃO
(*EUPSITTULA CACTORUM*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Zoologia, da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia).
Orientador: Dr. Carlos Barros de Araújo
Coorientador: Gustavo Henrique Calazans Vieira

JOÃO PESSOA - PARAÍBA

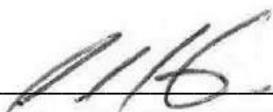
2017

Bruno Araujo Martins

A BIOACUSTICA E OS PROCESSOS DE SOLTURA DO PERIQUITO-DO-SERTÃO (EUPSITTULA CACOTORUM)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Zoologia, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia).

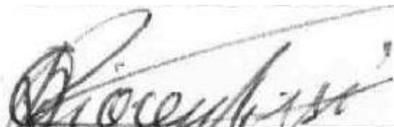
Banca examinadora:



Dr. Carlos Barros de Araújo
Universidade Federal da Paraíba (Orientador)



Dra. Maria Luísa da Silva
Universidade Federal do Pará (Examinador Externo)



Dr. Vítor de Queiroz Piacentini
Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (Examinador Externo)

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M386b Martins, Bruno Araujo.
 A bioacústica na reintrodução do periquito-do-sertão
 (*eupsittula cactorum*) / Bruno Araujo Martins. - João Pessoa,
 2017.

70 f. : il.

Orientador: Carlos Barros de Araújo.

Coorientador: Gustavo Henrique Calazans Vieira.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN

1. Ciências biológicas. 2. Zoologia. 3. Bioacústica.
4. Periquito-do-sertão - Repertório vocal. I. Título.

UFPB/BC

“Voar é cair e errar”
Douglas Adams.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Carlos Barros de Araújo pela excelente orientação, oportunidades, ensinamentos, confiança e liberdade no desenvolvimento do trabalho, apoio e amizade.

Ao meu coorientador Prof. Gustavo Henrique Calazans Vieira pelas orientações, suporte estrutural nas análises estatísticas e ter dado a mim a oportunidade de prestar a seleção do mestrado o qual estou concluindo.

Aos integrantes da banca examinadora e ao suplente, que aceitaram avaliar e contribuir com a construção deste trabalho de dissertação.

À CAPES pelo suporte financeiro, sem o qual a realização do trabalho não seria possível.

Ao IBAMA/CETAS – CE (e todos os seus funcionários) pela receptividade e cooperação na realização das atividades concernentes às solturas, bem como as licenças concedidas para acesso às áreas técnicas internas do CETAS.

Ao Sr. Flávio Torres pela receptividade e todo o suporte prestado na Fazenda Logradouro (Quixadá). E a seus moradores, em especial à Dna. Maria, Sr. Francisco e Sr. Édson, pela receptividade, companhia e pelo auxílio na busca e monitoramentos dos periquitos.

Ao Prof. Luís G. S. Júnior por proporcionar o acesso à Fazenda Extremas (Paramoti) e, durante a minha graduação, influenciar-me a sempre continuar pesquisando o mundo das aves.

Ao PPGCB (Zoologia) e a todos os professores que contribuíram para minha formação.

A todos os amigos que foram conosco ao campo pelo auxílio, companhia e contribuições. Aos demais por compreender minha ausência e pelo companheirismo.

À minha companheira de campo (e de vida) Giovanna S. R. Rodrigues, pelo total suporte à minha pesquisa bem como ao incentivo a prestar seleção do mestrado, revisões e apoio.

RESUMO GERAL

A comunicação é fundamental para a sobrevivência dos animais podendo ser definida geneticamente (inata) ou socialmente aprendida. Durante a aprendizagem vocal pequenas modificações surgem nas vocalizações, provocando variações geográficas. *Eupsittula cactorum*, assim como outros Psittaciformes, apresentam aprendizagem social e tem forte dependência da comunicação acústica para interações sociais. A espécie tem sido alvo recorrente do tráfico e indivíduos recuperados têm sido soltos constantemente. Este trabalho objetiva obter informações sobre a comunicação acústica da espécie e aplicar isto à protocolos de soltura. Obtivemos gravações de quatro populações no nordeste do Brasil e indivíduos destinados à soltura no CETAS-Fortaleza. Utilizamos as vozes das populações naturais para descrevermos o repertório vocal e verificarmos a existência de variação geográfica através de uma regressão multinomial. Os indivíduos apreendidos foram gravados antes de depois da quarentena e mensalmente após a soltura. Na presença de variações geográficas testamos a similaridade vocal destes com as áreas destinadas à soltura através de uma regressão multinomial e utilizamos parâmetros acústicos em uma PCA e calculamos a distância euclidiana de cada vocalização à origem e uma regressão polinomial afim de verificar se houve convergência vocal. Descrevemos 9 vocalizações, associadas a comportamentos específicos, sem redundâncias na semântica. As populações demonstraram dialetos e a classificação demonstrou que muito dos indivíduos provindos do CETAS foram soltos em locais linguisticamente distante. O grupo experimental convergiu vocalmente ao longo da quarentena, também convergindo para o dialeto local onde foram soltos. *Eupsittula cactorum* demonstrou possuir uma comunicação complexa, com uma vasta codificação vocal, porém flexível, capaz de diminuir as diferenças vocais entre indivíduos, afim de comunicarem-se de forma eficiente o que facilita muito processos de soltura. Sugerimos utilizar as vocalizações para determinar os lugares mais apropriados à soltura e que os indivíduos sejam previamente treinados com o dialeto da região de soltura afim de minimizarem a diferença cultural entre soltos e selvagens, melhorando a socialização dos indivíduos.

Palavras chave: Bioacústica; Psittacidae; Eupsittula cactorum

GENERAL ABSTRACT

Communication is fundamental for the survival of animals and can be genetically defined (innate) or socially learned. During the process of vocal learning small modifications occur in the vocalizations, producing geographical variations. *Eupsittula cactorum*, as well as other Psittaciformes, present social learning and have rely strongly on acoustic communication for social interactions. The species is a common target for trafficking, and recovered individuals have been constantly released into the wild. The present work aims to obtain information on the acoustic communication of the species and apply it on releasing protocols. We obtained recordings from four populations in Brazilian north-east and individuals under recovery at CETAS-Fortaleza. The voices of the natural populations were used to describe the vocal repertoire, where geographical variation was detected through a multinomial regression. Captive individuals were recorded before and after quarantine and monthly after release. In the presence of geographical variation, we tested the vocal similarity of the released individuals to the release areas using a multinomial regression, applied the acoustic parameters in a PCA and calculated the Euclidian distance of each vocalization to the origin and a polynomial regression to check for vocal convergence. Nine vocalizations were described, associated to specific behaviors, with no semantic redundancy. The populations presented dialects and the classification pointed that several individuals released by CETAS were released in areas that are linguistically distant. The experimental group converged vocally during quarantine, also converging to the local dialect of the region where they were released. *Eupsittula cactorum* demonstrated to have complex communication with vast vocal codification, yet flexible and capable of abridge the vocal differences between individuals allowing efficient communication, facilitating the reintroduction process. We suggest the use of vocalizations to determine the appropriate areas for releasing and that individuals can be previously trained with the regional dialect in order to minimize cultural differences between sylvatic and released individuals, improving individual socialization.

Keywords: Bioacustics; Psitacidae; Eupsittula cactorum

Índice

INTRODUÇÃO GERAL	11
CAPITULO 1	14
RESUMO	15
ABSTRACT.....	16
INTRODUÇÃO	17
METODOLOGIA	18
Aquisição dos dados.....	18
Descrição do repertório	19
RESULTADOS.....	21
Vocalizações de curto alcance.....	21
Análise de diferenciação acústica dos componentes	24
DISCUSSÃO.....	26
CAPITULO 2.....	35
RESUMO	36
ABSTRACT.....	37
INTRODUÇÃO	38
METODOLOGIA	40
Espécie alvo	40
Aquisição dos dados.....	40
RESULTADOS.....	43
DISCUSSÃO.....	45
REFERÊNCIAS	48
CAPITULO 3	51
RESUMO	52
INTRODUÇÃO	54
METODOLOGIA	56
Espécie alvo	56
Obtenção e análise dos dados.....	56
RESULTADOS.....	58
DISCUSSÃO.....	63
CONCLUSÃO GERAL	70

INTRODUÇÃO GERAL

A comunicação acústica tem influência comportamental em várias espécies, podendo estas utilizar tal comunicação para diversas atividades, como confrontar invasores e defender territórios, cortejar um parceiro sexual, alertar demais indivíduos sobre um perigo eminente, manter o bando coeso durante o voo ou até mesmo aceitar ou recusar relações sócias entre indivíduos (BRADBURY, 2011).

Nos animais, a comunicação acústica pode se originar de forma inata, herdada geneticamente, ou através da aprendizagem vocal, em que as vocalizações são repassadas através de tutores durante o desenvolvimento dos indivíduos (CATCHPOLE, 2008). Este processo permite às espécies desenvolverem códigos sofisticados a ponto de servirem para de identificação individual ou mesmo regional, nos grupos em que ocorrem variações geográficas nas vocalizações ao longo da distribuição da espécie (BOND, 2005). Inclusive, a aprendizagem vocal permite às espécies aprenderem novos dialetos, permitindo um intercâmbio cultural e genético dentro das populações (SALINAS-MELGOZA, 2012).

As aves são admiradas por suas vocalizações e complexidade destas quando atreladas a comportamentos sociais (VIELLIARD, 2004). Dentre este grupo, destacam-se os Psittaciformes, ordem das aves conhecidas por seus repertórios vocais complexos e alta capacidade de aprendizagem (DE ARAÚJO, 2007; FERNANDEZ-JURICIC; ALVAREZ, 1998; JARVIS, 2000; BRADBURY, 2016; PEPPERBERG, 1994), fazendo deste um dos grupos de aves mais utilizados como animais de companhia (*pets*), que muitas vezes são obtidas de forma ilegal (FERNANDES-FERREIRA, 2012).

Ações de órgãos governamentais são realizadas para sanar esta problemática tanto de forma investigativa, para combate do tráfico de animais silvestres, como também para reabilitação e devolução deste animais à natureza. Em se tratando dos Psittaciformes, o processo de soltura é um processo estressante e delicado, pois são aves muito sociais e possuem dialetos regionais (De ARAUJO, 2007; BRADBURY, 2001) em que, ao realizar um processo em que um indivíduo é solto em uma área diferente da sua de origem, este poderá ter problemas de comunicação e posteriormente problemas de socialização, comprometendo consideravelmente a sobrevivência daquele indivíduo devido a dependência social que as espécies da ordem possuem (GUERRA, 2008).

Este trabalho objetiva obter informações sobre a comunicação acústica do periquito-do sertão (*Eupsittula cactorum*) e aplicar a protocolos de soltura. Isso só se faz possível diante de uma descrição dos padrões encontrados na natureza. Isso é feito em uma escala populacional no primeiro capítulo, onde descrevemos o repertório vocal da espécie com base em gravações e descrições dos comportamentos associados, mas também numa escala maior (meta-populacional) no segundo capítulo, onde descrevemos a variação geográfica do canto de vôo da espécie com base em vocalizações provenientes de quatro localidades.

A utilização de três grupos de soltura nos permitiu buscar uma compreensão melhor do processo de soltura, e no terceiro capítulo avaliamos como este pode ser aprimorado por meio de dados acústicos. Primeiramente, utilizamos os dados geográficos descritos no segundo capítulo para determinar, dentre as áreas avaliadas, quais seriam as mais apropriadas para a soltura. Diante do processo de soltura, avaliamos as modificações vocais durante o período de quarentena, compreendido entre a chegada no CETAS e soltura. Por fim, acompanhamos os indivíduos após a soltura, de forma a compreender como eles se adaptam ao dialeto local.

REFERÊNCIAS

- BOND, A.; DIAMOND, J. Geographic and ontogenetic variation in the contact calls of the kea (*Nestor notabilis*). *Behaviour*, v. 142, n. 1, p. 1–20, 2005.
- BRADBURY, J. W.; BALSBY, T. J. S. The functions of vocal learning in parrots. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v. 70, n. 3, p. 293–312, 2016.
- BRADBURY, J. W.; CORTOPASSI, K. A; CLEMMONS, J. R. Geographical variation in the contact calls of Orange-fronted Parakeets. *The Auk*, v. 118, n. 4, p. 958–972, 2001.
- BRADBURY, J.W.; VEHRENCAMP, S. L. *Principles of Animal Communication*, 2nd edn. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc. 2011
- CATCHPOLE, C.K.; SLATER, P.J.B. *Bird Song: Biological Themes and Variations*. Cambridge: Cambridge University Press. 2008

- DE ARAÚJO, C. B. Comportamento alimentar e a comunicação sonora do papagaio-galego *Alipiopsitta xanthops* (Spix) 1824, em fragmentos de cerrado do Distrito Federal e Goiás. p. 39, 2007.
- DE DE MOURA, L. N.; DA SILVA, M. L.; VIELLIARD, J. Vocal repertoire of wild breeding orange-winged parrots *Amazona amazonica* in Amazonia. *Bioacoustics*, v. 20, p. 331–339, 2011.
- FERNANDES-FERREIRA, H. et al. Hunting, use and conservation of birds in Northeast Brazil. *Biodiversity and Conservation*, v. 21, n. 1, p. 221–244, 2012.
- FERNANDEZ-JURICIC, E.; ALVAREZ, E. V; MARTELLA, M. B. Vocalizations of blue-crowned conures (*Aratinga acuticaudata*) in the Chancani Reserve, Cordoba, Argentina. *Ornitologia Neotropical*, v. 9, n. Forshaw 1977, p. 31–39, 1998.
- GUERRA, J. E. Limited Geographic Variation in the Vocalizations of the Endangered Thick-Billed Parrot: Implications for Conservation Strategies. *The Condor*, v. 110, n. 4, p. 639–647, 2008.
- JARVIS, E. D.; MELLO, C. V. Molecular mapping of brain areas involved in parrot vocal communication. *The Journal of comparative neurology*, v. 419, n. 1, p. 1–31, 2000.
- PEPPERBERG, I. M. Vocal learning in Grey Parrots (*Psittacus erithacus*): effects of social interaction, reference and context. *The Auk*, v. 111, n. 2, p. 300–313, 1994.
- VIELLIARD, J. M. E. a Diversidade De Sinais E Sistemas De Comunicação Sonora Na Fauna Brasileira. I Seminário Música, Ciência e Tecnologia, p. 145–152, 2004.

CAPITULO 1

Descrição de repertório vocal do periquito-do-sertão *Eupsittula cactorum* (Kuhl, 1820) (Aves, Psittaciformes, Psittacidae).

RESUMO

As poucas espécies de psitacídeos que têm seus repertórios vocais descritos indicam que estes repertórios são extremamente complexos e modulam a socialização dos indivíduos. O periquito-do-sertão (*Eupsittula cactorum*) não é diferente, uma vez que é uma espécie extremamente social, dependente da comunicação acústica e o conhecimento básico acerca do seu repertório vocal é essencial para o conhecimento de sua biologia. Com base nisso, este trabalho objetivou descrever o repertório vocal do periquito-do-sertão. A pesquisa foi realizada entre setembro de 2015 a abril de 2016, em Quixadá (CE), onde as aves foram gravadas pela manhã (05-09h) e a tarde (15-18h). Foram descritas 9 vocalizações *Sentinela*; *Contato de voo*; *Apelo alimentar*; *Canto de Voo*; *Alarme*; *Alarme 2*; *Alarme juvenil*; *Agonística*; *Congregação*. A comunicação vocal da espécie é especialmente importante quando os indivíduos se encontram em bandos. Quando solitários ou aos pares são discretos ou silenciosos. A regressão multinomial demonstrou que as vocalizações são estruturalmente distintas, evitando assim redundâncias na comunicação da espécie. A complexidade do repertório é esperada em espécies cujas interações sociais sejam igualmente complexas, tal como parece ser o caso de *Eupsittula cactorum*.

ABSTRACT

Few species of psittacid have proper descriptions of their vocal repertoire. The few descriptions available show the repertoire to be the basis of complex social interactions. The Cactus Parakeet (*Eupsittula cactorum*) is not different, given that it depends of acoustic communication in many aspects of its biology. Here we aim to describe the vocal repertoire of *Eupsittula cactorum*. The research was undertaken between September 2015 and April 2016 at Quixadá (CE), where the birds were recorded in the morning (05-09h) and in the afternoon (15-18h). We found nine repertoire components, namely: *Sentinel*; *Flight Contact*; *Food Appeal*; *Flight Call*; *Alarm*; *Alarm 2*; *Juvenile Alarm*; *Agonistic*; *Congregation*. A multinomial regression shows that each of these components is structurally different, which seems to avoid detection errors and guaranteeing an efficient species communication. The species is especially vocally active when the individuals are in large flocks, when there seems to be large amounts of information transmission. However, when individuals are alone or in pairs they are extremely discreet and quiet. The complexity found for the repertoire of the species was somewhat expected for social species, as seems to be case of *Eupsittula cactorum*.

INTRODUÇÃO

A comunicação, segundo Weaver (1949), é o modo como uma mente afeta outra. Ela consiste no envio de um sinal por um emissor para um receptor provocando uma mudança comportamental neste último (WEAVER, 1949). De fato, as mudanças comportamentais provocadas por um sinal são a chave para a compreensão do processo de comunicação, uma vez que é partir delas que se torna possível descrever o repertório vocal das espécies (DE ARAÚJO 2011). A comunicação e as reações comportamentais associadas são especialmente importantes em grupos com organização social que as utilizam para modular as interações entre indivíduos (DAWKINS, 1989; WEAVER, 1949).

Ao longo da evolução surgiram diversas modalidades de comunicação que variam entre os grupos de animais de acordo com sua história natural e estratégias evolutivas. Dentre as modalidades de comunicação destacam-se a química, utilizada por carnívoros para demarcar território através da urina e das fezes (CHEIDA, 2006); a comunicação visual, utilizada por anuros que habitam ambientes de propagação acústica limitada (MIRANDA, 2008) ou a comunicação acústica, utilizada por um amplo número de grupos animais (VIELLIARD, 2004). Uma vez que a comunicação acústica surgiu diversas vezes ao longo da evolução, os mecanismos de produção e recepção acústica são extremamente distintos e variam entre os taxa (VIELLIARD, 2004). A produção do som pode ocorrer, por exemplo, através de um sistema de tamborilamento, tal como nas cigarras, (CHAPMAN 1983), por estridulação, como nos grilos (ALEXANDER 1962), por meio da vibração da laringe e das pregas vocais pelo fluxo de ar, como em anuros e primatas (DUELLMAN, 1986; MENDES, 1997), ou ainda pela vibração da siringe em aves (NOTTEBOHM, 1970; SICK, 1997).

Dentre as Aves, os Psittaciformes destacam-se pela complexidade de seus repertórios vocais (FERNANDEZ-JURICIC, 1998; JARVIS, 2000; DE ARAUJO, 2011). Tal complexidade se deve ao fato dos Psitaciformes possuírem uma capacidade cognitiva elevada (LEAVESLEY, 2005), o que possibilitaria a utilização de códigos acústicos complexos e um grande número de comportamentos específicos associados. As espécies *Thectocercus acuticaudatus*, *Eupsittula aurea*, *Alipiopsitta xanthops* e

Amazona aestiva, por exemplo, exibem um sinal acústico emitido especificamente durante o voo, o chamado canto de voo, ou vocalização de contato (FERNANDEZ-JURICIC, 1998; DE ARAUJO, 2011; DE MOURA, 2011). Essa vocalização parece estar relacionada à coesão dos bandos durante o voo (DE ARAUJO, 2011). A complexidade na comunicação acústica do grupo pode ser ilustrada pela existência de tipos distintos de alarme, que possibilitam respostas comportamentais direcionadas a perigos específicos (DE MOURA, 2011), ou ainda pelo fato desses animais serem *open-ended learners*, isso é, podem modificar suas vocalizações ao longo da vida (CATCHPOLE, 2008, MONTES-MEDINA, 2016).

O repertório vocal dos psitacídeos está dividido em dois grandes grupos: vocalizações de longo alcance, que possuem um timbre “mais macio” com estrutura harmônica clara e com alta intensidade; e as vocalizações de curto alcance, cujo timbre é mais “áspero” e muitas vezes com a falta de uma estrutura harmônica e intensidade menor (DE MOURA, 2010; DE ARAUJO, 2011; FERNANDEZ-JURICIC, 1998; MONTES-MEDINA, 2016). Nessas aves, cada vocalização parece estar associada a um comportamento específico (DE MOURA, 2010; DE ARAUJO, 2011), ao contrário, por exemplo dos sabiás, cujo canto apresenta macroestrutura conformada por séries de notas e frase e parece estar mais associado com a seleção sexual (SILVA, 2000).

Os Psittaciformes demonstram uma estrutura complexa em sua comunicação acústica, ligada diretamente ao seu comportamento. Com o periquito-do-sertão, *Eupsittula cactorum*, não é diferente, assim como outras espécies da ordem que possuem uma estrutura social e comportamental complexa (FORSHAW, 1978) em muito dependente da comunicação acústica (DE ARAÚJO, 2011). Entender como uma espécie se comunica e quais comportamentos associados a essa comunicação é um importante passo para a compreensão da a sua história natural (SILVA, 2011). É neste contexto que este trabalho objetiva descrever o repertório vocal do periquito-do-sertão.

METODOLOGIA

Aquisição dos dados

A pesquisa foi realizada na Fazenda Logradouro, localizada no município de Quixadá-CE (5° 7'35.89"S; 39° 3'38.45"O). A área está inserida no sertão nordestino,

caracterizada pelo clima semiárido, com média de chuvas anuais de 808 mm (FUNCEME 2016), vegetação xerófito e caducifolia (GIULIETTI, 2004) além de afloramentos rochosos e monólitos típicos desta região do estado.

A área foi amostrada no período da manhã (05:00-09:00 h) e à tarde (15:00-18:00 h) durante campanhas mensais de 4 dias entre setembro de 2015 e agosto de 2016. A amostragem se deu por meio de caminhadas em trilhas pré-selecionadas e, quando localizado algum indivíduo ou bando, era realizada uma aproximação para observação do comportamento, bem como a gravação da vocalização associada. As vocalizações foram registradas com auxílio de um gravador Tascam-Dr 05, acoplado a um microfone Shure Beta58a montado em uma parábola de 60 cm de diâmetro e 19 cm de foco. As gravações foram realizadas em formato wave, com uma resolução de 24 bits e taxa de amostragem de 48 kHz.

Descrição do repertório

A descrição do repertório vocal foi realizada com base na definição de comunicação de Weaver (1949), na qual estariam presentes respostas comportamentais associadas às vocalizações. À medida em que as vocalizações foram registradas e as respostas comportamentais observadas, o uso da definição Weaver (1949) torna possível classificar cada componente do repertório de acordo com a resposta comportamental associada. A fim de determinar se cada uma das vocalizações registradas de fato são distintas entre si, realizamos medidas de cinco parâmetros acústicos: a duração total do canto, frequência dominante, frequência fundamental máxima e mínima (obtidas através do harmônico fundamental) e a banda de frequência. As gravações foram selecionadas com base na relação sinal-ruído e editadas por meio de um filtro de passagem de frequências altas à 300 Hz seguida de uma normalização à 0 dB. A edição do áudio foi realizada com o *software* Audacity 2.1.3 (MAZZONI, 2017), e gravações com muito ruído ou com sobreposição de outros sons foram descartadas. As medidas dos parâmetros acústicos, bem como a confecção dos sonogramas (FFT 512 e Contraste 0.40) foram realizadas no *software* SoundRuler 0.9.6.0 (GRIDI-PAPP, 2007)

Análises estatísticas

De acordo com a amplitude do sinal, as vocalizações identificadas foram classificadas em dois tipos: 1-Curto alcance, que consistem em vocalizações discretas e

de baixa amplitude, e 2-Longo alcance, consistindo de vocalizações de grande amplitude e volume, segundo De Araújo (2011). A fim de verificar o nível de distinção entre os componentes vocais identificados, construímos modelo multinomial em que o componente vocal é variável dependente dos parâmetros acústicos (componente ~ duração total do canto + frequência dominante + frequência fundamental máxima + frequência fundamental máxima + banda de frequência).

Uma vez que a análise multinomial é sensível à presença de colinearidade, previamente à construção do modelo calculamos o Variance Inflation Factor (VIF) e retiramos a variável com o maior VIF. Repetimos o processo até que o valor de VIF de todas as variáveis fosse menor do que 3 (BURNHAM, 2011; ZUUR, 2010). As análises foram realizadas por meio do pacote MASS (VENABLES, 2002), implementado por meio do software R 3.2.5 (RDCT, 2016)

Os modelos foram construídos a partir da comparação entre um modelo total (todos os parâmetros) com modelos parciais (que possuíam um único parâmetro suprimido) (MANICA, 2016). A seleção dos modelos foi realizada por meio do critério de Akaike de segunda ordem (AICc), onde mantivemos o modelo com menor AICc. A partir do modelo parcial selecionado, suprimimos variáveis adicionais de modelo e repetimos o processo até que o melhor modelo fosse aquele sem a supressão de variáveis adicionais. O melhor modelo foi então comparado com todos os modelos parciais, com modelos construídos a partir de uma única variável, além de um modelo nulo. Diferenças de AICc menores que 4 indicam o suporte de múltiplos modelos (BURNHAM, 2011), de forma que nesse caso utilizamos mais de um modelo para classificar os componentes do repertório. Adicionalmente, utilizamos a métrica W_i para verificar o suporte empírico do melhor modelo e os modelos subsequentes. Valores de W_i próximos a 1, indicam que o modelo é altamente provável, e dessa forma possui um forte suporte empírico (BURNHAM, 2011, MANICA, 2016). Os modelos multinomiais foram construídos por meio do uso do pacote AICcmodavg (MARC, 2016) e nnet (VENABLES, 2002) implementados software R 3.2.5.

O modelo selecionado foi utilizado para classificar as vocalizações dentre os componentes vocais previamente determinados e para testar sua eficiência de classificação, utilizamos um teste de chi-quadrado entre a classificação do modelo e nossa classificação. Era esperado que cada componente vocal apresentasse parâmetros

distintos, de forma que a classificação desses componentes por um modelo multinominal seja eficiente.

RESULTADOS

No total identificamos 9 vocalizações que com respostas comportamentais distintas, e que foram divididas nas categorias de longo alcance (6 vocalizações) e curto alcance (3 vocalizações). De forma geral, todas as vocalizações apresentaram estrutura harmônica, muitas vezes com energia concentrada ao redor de 5 kHz. Por outro lado, as modulações e envelopes se mostraram distintos entre as vocalizações.

Vocalizações de curto alcance

Sentinela: vocalização discreta, emitida pelos sentinelas do bando enquanto os demais indivíduos realizam alguma atividade, como por exemplo se alimentar ou beber água. Os sentinelas consistiam em indivíduos que se posicionavam mais alto que os demais indivíduos, tendo uma função vigilante enquanto o resto do bando realizava alguma atividade em uma árvore ou no solo. Ao perceber a aproximação à distância de um possível predador emitiam tal vocalização. Possui duração de 0.13 s, frequência dominante de 4276 Hz e frequência fundamental entre 869 e 2331 Hz (n=24).

Contato de voo: vocalização de baixa intensidade emitida por casais, que aparentemente tem como função manter a coesão do casal durante o voo e sinalizar o momento de pouso ou de voo do casal. Possui duração de 0.10 s, frequência dominante de 4110 Hz e frequência fundamental entre 824 e 2400 Hz (n=17).

Apelo alimentar: Vocalização extremamente discreta emitida por juvenis de periquito-do-sertão. Tal vocalização é acompanhada com por um bater de asas rápido, tendo com função chamar a atenção dos pais ou pedir alimento. Tal vocalização só foi observada no período entre junho e julho de 2016, caracterizando o final da temporada reprodutiva. Possui uma duração de 1.14 s, frequência dominante de 2687 Hz e frequência fundamental entre 1155 e 1449 Hz (n=3).

Vocalizações de longo alcance

Alarme: Emitido em resposta à presença efetiva de um predador, geralmente emitida após uma sequência vocalizações dos sentinelas. Foi possível presenciar a

emissão de alarme como uma resposta à presença de aves de rapina como *Heterospizias meridionalis*, *Caracara plancus*, *Herpetotheres cachinnans* e *Glaucidium brasilianum*. Por diversas vezes foi possível presenciar os periquitos vocalizarem alarme devido a presença de indivíduos de *Cathartes burrovianus* (urubu-de-cabeça-amarela) sobrevoando perto do bando, comportamento não esperado, já que os Cathartiformes não são considerados aves predadoras. A vocalização de *alarme* possui duração de 0.22 s, frequência dominante de 4898 Hz e frequência fundamental entre 782 e 1386 Hz (n=20).

Alarme-2: Diferente do alarme típico, descrito acima, esta vocalização é utilizada quando um indivíduo, por alguma razão, encontra-se isolado de seu bando e visualiza a presença de um predador nas proximidades. *Alarme-2* possui duração de 0.48 s, frequência dominante de 4678 Hz e frequência fundamental entre 1219 e 2219Hz (n=10)

Alarme juvenil: Vocalização bem parecida com o alarme de indivíduos adultos, porém mais discreta, sendo executada logo após os adultos começarem à alarmar. Por ser uma vocalização de menor intensidade quando comparada a dos adultos, esta era facilmente sobreposta, dificultando a captação para análise, ainda que tenha sido observada durante todo o final da estação reprodutiva (entre os meses de junho e julho de 2016). Esta vocalização possui duração de 0.35 s, frequência dominante de 4512 Hz e frequência fundamental entre 551e 1005 Hz (n=10).

Canto de voo: Essa vocalização é análoga ao canto funcional (VIELLIARD, 1987), no grupo dos psitacídeos, tendo como função o reconhecimento específico (DE ARAÚJO et al 2011; CAPELI 2014), e talvez seja a vocalização mais estudada dentre os psitacídeos. O canto de voo também tem como função manter a coesão do grupo enquanto em voo e promover a comunicação entre bandos (DE ARAÚJO, 2011). Embora emitido na grande maioria das vezes quando os indivíduos estavam voando, foram encontrados por diversas vezes indivíduos pousados emitindo tal canto, indicando que possui a função de contato, informando a posição do emissor. O canto de voo possui apenas uma nota, tendo duração de 0.21 s, frequência dominante de 4125 Hz e frequência fundamental entre 788 e 2156 Hz (n=29).

Agonística: Vocalização emitida quando indivíduos entram em uma interação agressiva uns com os outros. Em todas as vezes que tal vocalização foi gravada, os indivíduos estavam se alimentando e, devido ao fato de um indivíduo tentar tomar o item alimentar do outro, isto desencadeava um conflito entre eles acompanhados da vocalização agonística. Possui duração de 0.25 s, frequência dominante 5827 Hz e frequência fundamental entre 2423 e 3679 Hz (n=3).

Congregação: Vocalização de longa distância emitida entre bandos ou indivíduos separados após se dispersarem devido à presença do observador ou de algum predador. Após a emissão desta vocalização era possível observar indivíduos indo em direção ao indivíduo emissor. Possui duração de 0.37 s, frequência dominante de 4265 Hz e frequência fundamental entre 862 e 2528 Hz (n=9).

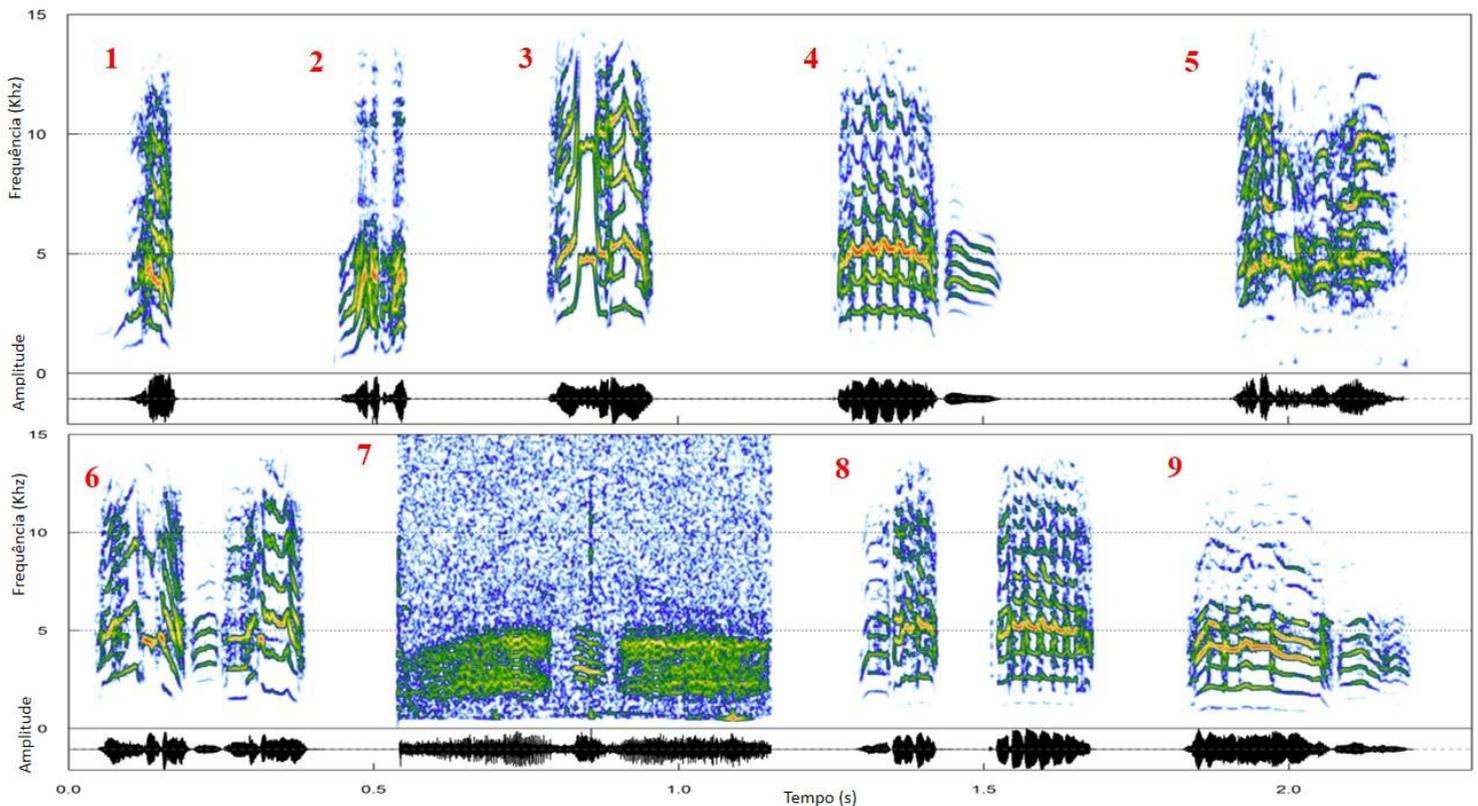


Figura 1. Exemplos de vocalizações do repertório vocal de *Eupsittula cactorum*: 1-Sentinelas; 2-Contato de voo; 3-Voo; 4-Alarme; 5-Agonístico; 6-Congregação; 7-Apelo alimentar juvenil; 8-Alarme 2; 9-Alarme juvenil.

Análise de diferenciação acústica dos componentes

A seleção de modelos apontou que o melhor modelo é formado pelas variáveis: duração total (TotDur) frequência dominante (DF) e banda de frequência (FreqBand), sendo melhor que o modelo nulo ou qualquer outro. Adicionalmente, não existe suporte empírico para modelos adicionais, uma vez que o segundo melhor modelo apresenta um $\Delta AICc > 4$ (Tabela 1). O valor do W_i (*Akaike's weight*) é próximo a 1 no melhor modelo, fazendo com que tenha um forte suporte empírico.

Tabela 1 – Seleção de modelos da análise multinomial das 9 vocalizações descrita K -Número de parâmetros, $AICc$ -Akaike de segunda ordem, W_i Akaike's weight.

Modelo	K	AICc	$\Delta AICc$	W_i
TotDur + DF + FreqBand	32	190	0	1
TotDur	16	214	23	0
TotDur + DF + MinFF + FreqBand	40	216	25	0
MinFF	16	400	210	0
FreqBand	16	417	226	0
DF	16	439	249	0
null	8	484	294	0

Tal como esperado, as vocalizações possuem códigos acústicos extremamente distintos, permitindo a classificação dos componentes do repertório de uma forma eficiente. A maior parte dos componentes foram classificados com uma eficiência de 100% e mesmo aqueles com percentual de classificação correta menor que 100 apresentaram uma classificação melhor daquela esperada ao acaso (Tabela 2). No total, o modelo multinomial classificou corretamente 82% das vocalizações.

Tabela 2-Classificação da análise multinomial das 9 vocalizações descritas

Vocalizações	N	Correta	%	Chi-p
A	20	15	75	0.000157
A2	10	10	100	2.20E-07
AaJ	3	3	100	6.59E-08
AG	3	3	100	6.59E-08
Aju	4	4	100	7.70E-08
C	9	9	100	1.83E-07
CV	17	10	59	0.001611
S	25	19	76	0.000362
V	29	25	86	0.000132
Total	120	98	82	

Tabela 3. Média e desvio das variáveis analisadas de cada vocalização do repertório vocal do periquito-do-sertão. Duração; Frequência dominante (Fdom); Frequência fundamental Máxima (FF Max); Frequência mínima (FF Min); Banda de frequência (BF)

Vocalização	Duração (s)	Fdom (Hz)	FF Max (Hz)	FF Min (Hz)	Band. Freq (Hz)
Sentinela (n=24)	0.13 (± 0.03)	4276 (± 444.86)	2331 (±265.61)	869 (±112.13)	1459 (±225.81)
Contato de voo (n=17)	0.1 (±0.02)	4110 (±761.54)	2400 (±232.95)	824 (±162.41)	1575 (±275.74)
Apelo Alimentar (n=3)	1.14 (±0.23)	2687 (±387.21)	1449 (±343.53)	1155 (±268.64)	293 (±62.23)
Canto de Voo (n=29)	0.21 (±0.02)	4125 (±761.54)	2156 (±232.95)	788 (±162.41)	1368 (±275.74)
Alarme (n=20)	0.22 (±0.03)	4898 (±362.36)	1386 (±129.13)	782 (±152.84)	603 (±210.96)
Alarme 2 (n=10)	0.48 (±0.05)	4678 (±410.21)	2219 (±164.69)	1219 (±126.16)	999 (±245.79)
Alarme juvenil (n=4)	0.35 (±0.05)	4512 (±575.23)	10058 (±104.52)	551 (±133.29)	453 (±188.91)
Agonístico (n=3)	0.25 (±0.03)	5827 (±1086.46)	3679 (±282.25)	2423 (±335.24)	1255 (±611.92)
Congregação (n=9)	0.37 (±0.02)	4265 (±324.08)	2528 (±225.83)	862 (±68.7)	1666 (±181.78)



Figura 2 - Gráfico da PCA realizada com base nos 5 parâmetros vocais, evidenciando as diferenças na estrutura dos 9 cantos do repertório do periquito-do-sertão (*E. cactorum*). A-Alarme; A2-Alame 2; AaJ-Apelo alimentar; Aju-Alarme juvenil; AG-Agonística; C-Congregação CV-Contato de Voo; S-Sentinela; V-Canto de Voo.

DISCUSSÃO

O repertório vocal de *E. cactorum* possui uma riqueza de componentes comparável àquela descrita para outras espécies de psitacídeos. Foram, por exemplo, descritas cinco vocalizações para *Nestor meridionalis* (VAN HORIK, 2007) oito vocalizações descritas de *Amazona aestiva*, *Thectocercus acuticaudatus* e *Nestor notabilis* (FERNANDEZ-JURICIC, 1998; MARTELLA, 1998; SCHWING, 2012), nove para *Amazona amazonica* (DE MOURA, 2011), 10 para *Pezoporus wallicus* (CHAN, 2004) e sete para

Alipiopsitta xanthops (DE ARAÚJO 2011). Entretanto, essas descrições muitas vezes ignoram as vocalizações de baixa amplitude (curto alcance), cuja captação é dificultada pela baixa intensidade. Adicionalmente, essas vocalizações são normalmente emitidas em um contexto sem perigo, difícil de ser obtido em campo devido à presença do observador (DE ARAÚJO, 2011) e associadas a comportamentos sociais complexos de serem descritos (FERNANDEZ-JURICIC, 2000; ALVAREZ, 1998). Essas vocalizações apresentam uma grande variação estrutural na sua duração e frequência que ainda segue por ser melhor compreendida (FERNANDEZ-JURICIC, 2000).

As vocalizações de longo alcance, apesar de compor grande parte do repertório da espécie, são normalmente utilizadas quando os indivíduos estão reunidos em bandos. Quando solitários ou aos pares os indivíduos preferem utilizar sinais discretos como as vocalizações de curto alcance, ou mantêm-se silenciosos. Aparentemente, quando indivíduos de *E. cactorum* se apresentam em bandos numerosos essas aves possuem um risco de predação menor, permitindo que utilizem sinais de longa distância sem riscos adicionais. Esse padrão foi descrito para *Alipiopsitta xanthops* (DE ARAÚJO, 2011), onde a sobreposição de vocalizações de alarme aumenta o alcance do sinal e possibilita a congregação de indivíduos em distâncias de 1 km. Por outro lado, quando isolados, esses indivíduos estariam mais vulneráveis e preferem ser mais discretos mantendo uma comunicação em distâncias curtas.

A distinção vocal demonstrada nos resultados das componentes principais ou regressão multinomial, mostram vocalizações bem definidas, diagnosticáveis uma das outras. Esse tipo de distinção pode ser importante para evitar problemas semânticos, em que uma mensagem é confundida com outra (WEAVER, 1949), de forma que se espera códigos específicos para cada mensagem.

O canto de voo carrega a identidade específica dos Psittaciformes em geral (BOND, 2005; KLEEMAN, 2005; VIELLIARD, 1997; WRIGHT, 2003; WRIGHT, 2001) e permite o reconhecimento geográfico e individual (DE ARAÚJO, 2013; DE MOURA, 2011; FISCHER, 2001; GUERRA, 2008; MANABE, 1997; WRIGHT, 2001). Essa vocalização é importante para espécies de psitacídeos como *E. cactorum*, que vive em grupos socialmente complexos, onde, além de utilizar o canto de voo durante deslocamentos, utiliza para manter o contato com outros indivíduos durante

atividades como alimentação. Estimamos que essa vocalização, aferida em campo por metragem via *GPS*, possa se propagar por mais de 300 metros.

Independente do grupo animal, vocalizações de alarme transmitem a informação de perigo, na grande maioria das vezes associada à presença de predadores e muitos grupos animais possuem vocalizações de alarme específicas para cada tipo de predador. (LEAVESLEY, 2005). Psittacíformes, de um modo geral, também possuem esse tipo de codificação de alarme para situações específicas, *Eupsittula cactorum* demonstrou possuir dois alarmes em contraste com os três tipos de alarme descritos para *Amazona amazônica* (DE MOURA, 2011), dois tipos para *Thectocercus acuticaudatus* e *Alipiopsitta xanthops* (DE ARAÚJO, 2011; FERNANDEZ-JURICIC, 1998). Ao tipificar a ameaça e provocar mudanças comportamentais distintas, os alarmes podem propiciar uma otimização de fuga diante da ameaça.

Vocalizações agonísticas nos Psittacíformes estão associadas a ações violentas entre indivíduos (BRADBURY, 2001) desencadeadas em situações e locais de interação social complexa como sítios reprodutivos e alimentares (DE ARAÚJO, 2011; DE MOURA, 2011). Todos os registros de interações agonísticas, associadas à esta vocalização com o periquito-do-sertão, ocorreram em sítios alimentares. Ainda assim, vale salientar que todas as vezes que foi registrada, havia itens alimentares em abundância, o que, *a priori*, não justificaria uma disputa tão fervorosa pelos itens. Já em situações onde os animais se encontravam se alimentando em bancos de sementes no solo ou em árvores cuja frutificação estava escassa (geralmente na época de estiagem), a interação agonística não ocorreu, conseqüentemente não foi registrada tal vocalização.

Vocalizações de congregação, em geral, são descritas tendo como função desencadear o reagrupamento de indivíduos para algum fim, na maioria dos casos descrita para o ato de aglomerarem em um local para passarem a noite na segurança do bando (ARAÚJO, 2011; WRIGHT, 2008). A vocalização de congregação de *Eupsittula cactorum* esteve sempre associada a eventos de dispersão dos indivíduos, quando provocavam o reagrupamento do grupo. Foi observado em *Alipiopsitta xanthops* que os indivíduos sobrepunham as vocalizações dentro do espaço acústico, a fim de amplificarem o sinal e este ter um alcance maior (DE ARAÚJO, 2011). Já o periquito-do-sertão, utilizava um sistema de emissão/resposta, onde apenas um indivíduo por vez

vocalizava e conseqüentemente outro indivíduo respondia. Esta situação se repetia até que os indivíduos se encontrassem.

Um das funções vitais de um indivíduo de um bando é a função de sentinela, onde estes indivíduos têm por função serem vigilantes durante alguma atividade do bando e, ao menor aproximação de algum predador, estes começam a emitir a vocalização de Sentinela. Em *Eupsittula cactorum* os sentinelas, à medida que algum predador se aproximava, aumentavam o volume e a frequência de emissão da vocalização até culminar em uma situação de evacuação do bando, seguindo da emissão da vocalização de Alarme, tal como também descrito para *Alipiopsitta xanthops* (DE ARAÚJO, 2011).

Poucas vocalizações de curto alcance descritas foram descritas (N=?), uma delas foi a vocalização de Contato de voo. Diferente da vocalização de Canto de voo, tanto no desenho das modulações, quanto no som emitido, esta era vocalização muito discreta, registrada principalmente no fim do dia, durante o deslocamento dos indivíduos para os dormitórios. Esta vocalização também foi registrada em regiões próximas à ninhos, durante o período reprodutivo, onde os indivíduos eram visto na grande maior parte do tempo em casais e possuíam comportamentos discretos, incluindo também sua comunicação constituída de vocalizações de curto alcance. Neste período também foi possível registrar a vocalização de Apelo alimentar dos indivíduos juvenis após a saída destes dos ninhos. Esta vocalização também era muito discreta, bem como o display associado à vocalização.

Apesar de complexo, o repertório possui cantos relativamente simples, onde em sua maioria, as vocalizações apresentam apenas uma nota associadas a comportamentos específicos. Cada vocalização apresenta características físicas singulares, o que evita problemas semânticos na transmissão da informação. Esta característica é descrita para grande parte das espécies da ordem Psittaciformes. A comunicação acústica atua diretamente da organização social do bando, de forma que ao descrever o repertório do periquito-do-sertão, conhecemos um pouco da biologia geral da espécie. Tal como veremos mais a frente, a descrição do repertório foi um passo fundamental para a execução dos capítulos posteriores.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, R. D. Evolutionary Change in Cricket Acoustical Communication. Society for the Study of Evolution. Vol. 16. 1962
- BOND, A.; DIAMOND, J. Geographic and ontogenetic variation in the contact calls of the kea (*Nestor notabilis*). Behaviour, v. 142, n. 1, p. 1–20, 2005.
- BRADBURY, J. W. Vocal communication in wild parrots. In: Animal Social Complexity: Intelligence, Culture and Individualized Societies. [s.l.] Cambridge MA: Harvard University Press, 2001. v. 41p. 1–5.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R.; HUYVAERT, K. P. AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: Some background, observations, and comparisons. Behavioral Ecology and Sociobiology, v. 65, n. 1, p. 23–35, 2011.
- CHAN K, MUDIE D. Variation in vocalisations of the Ground Parrot at its northern range. Aust J Zool. 52:147–58.29, 2004.
- CHAPMAN, R. F. The insects: Structure and function.. Hodder and Stoughton educational: London. 1983. 3ed
- CHEIDA, C. C. Mamíferos do Brasil. Mamíferos do Brasil, v. 31, n. 4, p. 231–276, 2006.
- DA SILVA, M. L.; VIELLIARD, J. M. E. A aprendizagem vocal em aves: evidências comportamentais e neurobiológicas. Estudos do Comportamento II, p. 1–24, 2011.
- DAWKINS, M, S. Explicando o comportamento animal. São Paulo; Manole; 1989. 159 p. illus.
- DE ARAÚJO, C. B. Comportamento alimentar e a comunicação sonora do papagaio-galego *Alipiopsitta xanthops* (Spix) 1824, em fragmentos de cerrado do Distrito Federal e Goiás. p. 39, 2013.
- DE ARAÚJO, C. B.; MARCONDES-MACHADO, L. O.; VIELLIARD, J. M. E. Vocal repertoire of the Yellow-Faced Parrot (*Alipiopsitta xanthops*). The Wilson Journal of Ornithology, v. 123, n. 3, p. 603–608, 2011.

DE MOURA, L. N.; DA SILVA, M. L.; VIELLIARD, J. Vocal repertoire of wild breeding orange-winged parrots *Amazona amazonica* in Amazonia. *Bioacoustics*, v. 20, p. 331–339, 2011.

DE MOURA, L. N.; VIELLIARD, J. M. E.; SILVA, M. L. DA. Seasonal fluctuation of the Orange-Winged Amazon at a roosting site in Amazonia. *The Wilson Journal of Ornithology*, v. 122, n. 1, p. 88–94, 2010.

DUELLEMAN, W. E., TRUEB, L. *Biology of Amphibians*. JHU Press. Vol 1. 1986

DYONÍSRO, F.; MENDES, C. Uma aproximação às vocalizações do Muriqui (*Brachyteles arachinoides*). *Temas em psicologia*, 1997.

FERNANDEZ-JURICIC, E.; MARTELLA, M. B. Guttural calls of Blue-fronted Amazons: Structure, context, and their possible role in short range communication. *Wilson Bulletin*, v. 112, n. 1, p. 35–43, 2000.

FERNANDEZ-JURICIC, E.; ALVAREZ, E. V; MARTELLA, M. B. Vocalizations of blue-crowned conures (*Aratinga acuticaudata*) in the Chancani Reserve, Cordoba, Argentina. *Ornitologia Neotropical*, v. 9, n. Forshaw 1977, p. 31–39, 1998.

FERNANDEZ-JURICIC, E.; MARTELLA, M. B.; ALVAREZ, E. V. Vocalizations of the Blue-fronted Amazon (*Amazona aestiva*) in the Chancan Reserve, Cordoba, Argentina. *Wilson Bulletin*, v. 110, n. 3, p. 352–361, 1998.

FISCHER, J.; WANKER, R. Intra- and Interindividual Variation in the Contact Calls of Spectacled Parrotlets (*Forpus Conspicillatus*). *Behaviour*, v. 138, n. 6, p. 709–726, 2001.

FORSYTH, J. M. *Parrots of the World*. v. 77, n. 11, p. 2305–2315, 1823.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Precipitação média anual no Estado do Ceará. Disponível em: <<http://www.funceme.br/app/calendario/produto/municipios/maxima/anual>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. N. DU; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P. DE; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. DE J. N.; BARBOSA, M. R. DE V.; HARLEY, R.

- M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. p. 382, 2004.
- GRID-PAPP, M. SounRuler Acoustic Analysis. Soucer Forge, 2007.
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2016
- GUERRA, J. E. et al. Limited Geographic Variation in the Vocalizations of the Endangered Thick-Billed Parrot: Implications for Conservation Strategies. *The Condor*, v. 110, n. 4, p. 639–647, 2008.
- JARVIS, E. D.; MELLO, C. V. Molecular mapping of brain areas involved in parrot vocal communication. *The Journal of comparative neurology*, v. 419, n. 1, p. 1–31, 2000.
- KLEEMAN, P. M.; GILARDI, J. D. Geographical Variation of St. Lucia Parrot Flight Vocalizations. *The Condor*, v. 107, n. 1, p. 62–68, 2005.
- LEAVESLEY, A. J.; MAGRATH, R. D. Communicating about danger: Urgency alarm calling in a bird. *Animal Behaviour*, v. 70, n. 2, p. 365–373, 2005.
- MANABE, K.; STADDON, J. E. R.; CLEVELAND, J. M. Control of Vocal Repertoire by Reward in Budgerigars (*Melopsittacus undulatus*). *Journal of Comparative Psychology*, v. 111, n. 1, p. 50–62, 1997.
- MANICA, L. T. et al. Multimodal flight display of a neotropical songbird predicts social pairing but not extrapair mating success. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 2016.
- MARTELLA, B. VOCALIZATIONS OF THE BLUE-FRONTED (AMAZONA AESTIVA) IN THE CHANCANI AMAZON. *BioScience*, v. 110, n. 3, p. 352–361, 1998.
- MIRANDA, D. B.; GAREY, M. V. Sinalização visual e Biologia Reprodutiva de Mata Atlântica no Estado do Paraná, Brasil. *Papeis Avulsos de Zoologia*, v. 48, n. 29, p. 335–343, 2008.

- MONTES-MEDINA, A. C.; SALINAS-MELGOZA, A.; RENTON, K. Contextual flexibility in the vocal repertoire of an Amazon parrot. *Frontiers in Zoology*, p. 1–13, 2016.
- NOTTEBOHM, F. Ontogeny of Bird Song. *Science*, v. 167, n. 3920, p. 950–956, 1970.
- SCHWING, R.; PARSONS, S.; NELSON, X. J. Vocal repertoire of the New Zealand kea parrot *Nestor notabilis*. *Current Zoology*, v. 58, n. 5, p. 727–740, 2012.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana (117 pp.) Silvertwon, 1949.
- SICK, H. *Ornitologia Brasileira*. 3. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.
- VAN HORIK, J.; BELL, B.; BURNS, K. C. Vocal ethology of the North Island kaka (*Nestor meridionalis septentrionalis*). *New Zealand Journal of Zoology*, v. 34, n. 4, p. 337–345, 2007.
- VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. *Modern Applied Statistics with S*. Issues of Accuracy and Scale, n. March, p. 868, 2002.
- VIELLIARD, J. M. E. A Diversidade De Sinais E Sistemas De Comunicação Sonora Na Fauna Brasileira. I Seminário Música, Ciência e Tecnologia, p. 145–152, 2004.
- VIELLIARD, J. M. E. O uso da Bioacústica na observação de aves. 1987.
- VIELLIARD, J. M. E. O Uso de caracteres bioacusticos para avaliações filogenéticas em Aves. 1997.
- WRIGHT, T. F. et al. Hearing and vocalizations in the orange-fronted conure (*Aratinga canicularis*). *Journal of Comparative Psychology*, v. 117, n. 1, p. 87–95, 2003.
- WRIGHT, T. F.; DAHLIN, C. R.; SALINAS-MELGOZA, A. Stability and change in vocal dialects of the yellow-naped amazon. *Animal Behaviour*, v. 76, n. 3, p. 1017–1027, 2008.
- WRIGHT, T. F.; WILKINSON, G. S. Population genetic structure and vocal dialects in an amazon parrot. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, v. 268, n. 1467, p. 609–616, 2001.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; ELPHICK, C. S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 1, n. 1, p. 3–14, 2010.

CAPITULO 2

Varição geográfica nas vocalizações de *Eupsittula cactorum* (periquito-do-sertão) e suas implicações em processos de soltura.

RESUMO

Sabe-se que psitacídeos apresentam variações geográficas nas vocalizações e que espécies como *Eupsittula cactorum* têm sido alvo do tráfico de animais. Os indivíduos apreendidos vêm sendo soltos na natureza sem que essas diferenças geográficas nas vocalizações sejam consideradas. Este trabalho objetiva investigar a existência de variações geográficas nas vocalizações de *Eupsittula cactorum*, avaliando os locais mais apropriados para sua soltura. Gravamos quatro populações localizadas entre o oeste do Rio grande do Norte e nordeste do Ceará, além de três grupos de indivíduos de cativeiro, no CETAS-CE, apreendido de traficantes. Foram utilizados sete parâmetros acústicos em uma regressão multinomial. O modelo multinomial indica que as populações apresentam dialetos geográficos e a classificação demonstrou que muito dos indivíduos provindos do CETAS foram soltos em locais linguisticamente distantes. *Eupsittula cactorum* mostra-se ser mais uma espécie sensível a modificações nos códigos vocais durante a aprendizagem, criando variações geográficas. Ter esse conhecimento é de fundamental importância para aplicação em processos práticos de soltura. Sugere-se utilizar as vocalizações para determinar os lugares mais apropriados à soltura e que os indivíduos sejam previamente treinados com o dialeto da região que irão ser soltos a fim de minimizar a diferença cultural entre soltos e selvagens, melhorando a socialização dos indivíduos.

ABSTRACT

Species such as *Eupsittula cactorum* are a common target of illegal animal trade, and much of the seized individuals have been reintroduced in the nature. Despite the knowledge that parrots may present geographical variation on their vocalizations, reintroductions fail to consider such possibility. Here we aim to investigate the existence of geographical variations in vocalizations of *Eupsittula cactorum*, and use this data to assess the most appropriated places for the reintroduction of the seized animals. To do so, we recorded four populations in northeastern Brazil (between the west of Rio Grande do Norte and northeast of Ceará), and three groups of captive individuals seized from traffic. We used seven acoustic parameters to classify the captive individuals according to the parameters found in wild populations through a multinomial regression. Our results indicate that individuals were released in linguistically distant locations, and that the use of acoustical traits might give important clues on the origin of these individuals.

INTRODUÇÃO

Ontogeneticamente, os repertórios vocais se desenvolvem por mecanismos que se encontram entre dois extremos: eles podem ser adquiridos de forma inata (estereotipada), por meio de informação genética, ou podem ser aprendidos socialmente, a partir de um tutor que ensina o repertório vocal (GIULIETTI, 2009; SILVA, 2009). As diferenças na ontogenia vocal tem uma profunda influência sobre estudos da comunicação acústica de aves. Se, por um lado, cantos inatos têm um grande potencial para estudos taxonômicos, uma vez que variações nos parâmetros acústicos estão normalmente ligados a variações genéticas (ISLER, 1998, 2005), por outro diferenças entre cantos aprendidos socialmente precisam ser interpretadas com cautela, uma vez que podem apresentar variações geográficas no canto (AVELINO, 2004), mesmo diante fluxo gênico (WRIGHT, 2008).

A aprendizagem vocal é a habilidade de uma espécie imitar vocalizações coespecíficas ou não, por meio da alteração dos parâmetros de emissão do som (BRADBURY, 2016). O processo de aprendizagem vocal, em geral, consiste na transferência de um código acústico, através de um tutor, para um receptor, o qual decodifica, interpreta e agrega o sinal sonoro, formando o seu repertório (VIELLIARD, 2004). Aparentemente três grupos de aves possuem aprendizado social de canto: os Psittaciformes, os Passeriformes da subordem Oscines e os Trochilidae (JARVIS, 2000). Dentre as vantagens da aprendizagem vocal, destacam-se a possibilidade de codificação de sinais individuais (BERG, 2011; PEPPERBERG, 1994; SCHWING; PARSONS; NELSON, 2012) e populacionais, onde cada população tem um dialeto próprio, que permite o reconhecimento de indivíduos das suas populações (WRIGHT, 2005; WRIGHT, 2001).

Nas aves, a ordem dos Psittaciformes é caracterizada, dentre outros aspectos, por ter seus repertórios vocais formados pelo processo de aprendizagem (JARVIS; 2000). Dotados de uma grande capacidade cognitiva, espécies desta ordem são capazes de imitar diversos sons, sendo este grupo bastante conhecido por reproduzir, com certa identidade, a voz humana (BRADBURY, 2016; SILVA, 2011; DE ARAÚJO, 2011).

Em decorrência de a aprendizagem depender da interpretação do receptor ou até mesmo da eficiência do emissor em reproduzir o som, a vocalização pode ser aprendida de forma “errada”, contendo pequenas modificações (VIELLIARD, 2004). Em uma pequena escala, estas variações que surgem ao longo do processo de aprendizagem permitem aos indivíduos a aquisição de uma assinatura individual (SAUNDERS, 1983). Em uma escala maior, uma variação vocal pode se conservar e se propagar dentro de uma população, produzindo variações geográficas ao longo da distribuição de uma espécie (BOND, 2005; GUERRA, 2008; KLEEMAN, 2005). As implicações que estas variações podem causar nas características vocais de uma população são ainda incertas e discutidas entre vários autores (BRADBURY, 2001; GUERRA, 2008; DE ARAÚJO, 2009). Diferenças extremas podem de fato gerar problemas de comunicação entre populações, devido à diferença cultural ocasionada pela linguagem ou até mesmo ocasionando o não reconhecimento específico, podendo comprometer a troca genética entre populações com repertórios diferentes (GUERRA, 2008).

Os Psittaciformes são espécies bastante sociais com grande capacidade cognitiva e possuem uma grande complexidade vocal, podendo até mesmo reproduzir a voz humana. Essas características despertam o interesse de pessoas em utilizarem essas espécies como animais de companhia, muitas vezes de forma ilegal através do tráfico de animais silvestres. (FERNANDES-FERREIRA, 2012; NÓBREGA, 2013). No Brasil, este comércio ilegal vem sendo constantemente coibido pelos órgãos competentes e os animais resgatados são destinados aos Centros de Triagem de Animais Silvestres (CETAS), onde, após avaliações físicas e comportamentais, os indivíduos saudáveis são destinados à soltura. Entretanto, existe uma pergunta que permeia este processo: onde realizar a soltura? Os Psittaciformes, em sua grande maioria, são espécies que vivem em bandos numerosos e utilizam a comunicação vocal para coordenar suas funções sociais (FORSHAW, 1978; VIELLIARD, 1987), o que torna as espécies da ordem altamente dependentes de uma comunicação eficiente para sua sobrevivência. Dentro de um cenário em que variações vocais são descritas para várias espécies de Psittaciformes (BOND, 2005; BRADBURY, 2001; BRITTAN-POWELL, 1997; DE ARAÚJO, 2013; KLEEMAN, 2005; WRIGHT, 2005; KRAUSE, 2016; REYNOLDS 2010), realizar solturas de indivíduos em regiões onde o dialeto predominante seja muito diferente do dialeto dos indivíduos soltos pode diminuir

consideravelmente a eficiência do processo de soltura e, conseqüentemente, a sobrevivência dos indivíduos.

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo investigar a existência de variações vocais geográficas em populações de periquito-do-sertão (*Eupsittula cactorum*) e testar, com base em gravações de campo, onde seria, dentre os dialetos estudados, a melhor região para realizar a soltura destes indivíduos, melhorando a eficiência do processo de soltura.

METODOLOGIA

Espécie alvo

O periquito-do-sertão, *Eupsittula cactorum*, é um psitacídeo que ocorre em florestas secas estacionárias ao longo do nordeste do Brasil e centro-norte do estado de Minas Gerais (SICK, 1997). Como a grande maioria das espécies da ordem, forma bandos familiares e molda suas relações através de uma complexa comunicação acústica (GUERRA, 2008).

Aquisição dos dados

Por meio de expedições de campo, obtivemos gravações de quatro populações de *Eupsittula cactorum* localizadas entre o Ceará e Rio Grande do Norte (Figura 1; Icapuí-CE, Paramoti-CE, Quixadá-CE e Areia Branca-RN). Adicionalmente, documentamos as vocalizações de três grupos (A, B e C) apreendidos do tráfico recém-chegados ao CETAS-CE. As gravações foram realizadas com o auxílio de um gravador Tascam-DR05, com uma resolução de 48 kHz e 24 bits, por meio de um microfone Shure Beta58a acoplado a uma parábola de 50 cm de diâmetro e 19 cm de foco.



Figura 1. Populações de *Eupsittula cactorum* amostradas nesse estudo.

Dentro do repertório vocal de *E. cactorum* (ver Capítulo 1), escolhemos analisar o canto de voo, uma vez que, para os Psittaciformes, essa é a vocalização que carrega a informação espécie-específica (DE ARAÚJO, 2011), o que garantiria a homologia das medidas (VIELLIARD, 1987). As gravações foram selecionadas com base na relação sinal-ruído e somente foram utilizadas gravações com pouco ruído e sem a sobreposição com outros sons. As gravações foram editadas no *software* Audacity 2.1.3 (MAZZONI, 2017) por meio de um filtro de passagem de frequências altas a 300 Hz e posteriormente normalizadas a 0 dB. De forma a evitar problemas com pseudo-réplicas, selecionamos uma única vocalização de voo por arquivo de gravação. Selecionamos nove parâmetros acústicos do canto de voo, que se encontram representados no mapa de medidas (Figura 2): Duração total - DT; Duração da porção ascendente - DPA; Duração da porção descendente - DPD; Frequência dominante - FD; Frequência fundamental máxima - FMax; Frequência fundamental mínima - FMin; e Banda de frequência (FMax - FMin). As medidas dos parâmetros acústicos, bem como a confecção dos sonogramas (FFT 512 e Contraste 0.40), foram realizadas no *software* SoundRuler 0.9.6 (GRID-PAPP, 2007).

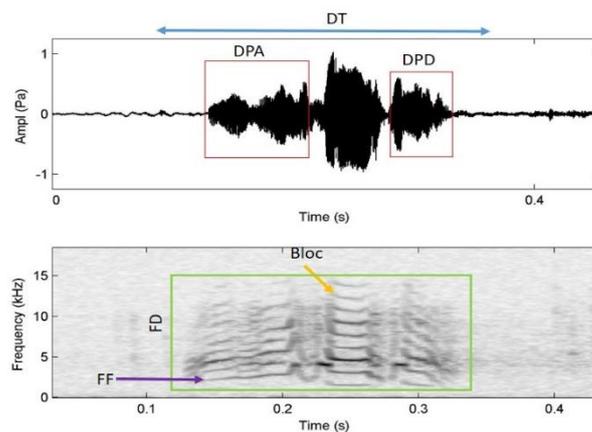


Figura 2. Mapa de medidas da vocalização de voo de *Eupsittula cactorum* evidenciando os nove parâmetros utilizados.

A fim de verificarmos a existência de variação geográfica (divergência vocal) entre as populações de periquito-do-sertão, confeccionamos uma PCA por meio da utilização dos parâmetros acústicos, que foi utilizada como proxy do espaço acústico.

Para evitar problemas decorrentes das diferentes escalas dos parâmetros acústicos, optamos por confeccionar a PCA por meio da matriz de covariância. Uma vez que o espaço acústico de um grupo pode ser definido como o conjunto de parâmetros utilizados (DE ARAÚJO, 2011), diante da presença de repertórios regionais esperamos que houvesse uma segregação no espaço acústico utilizado por cada um desses grupos. Adicionalmente, se a origem geográfica dos grupos gravados no CETAS fossem as mesmas regiões amostradas no estudo, esperávamos a presença de uma sobreposição no uso desse espaço acústico dos periquitos do CETAS e daqueles gravados na natureza. Por outro lado, uma segregação no espaço acústico indicaria que os indivíduos registrados no CETAS possuíam uma origem distinta daquelas populações amostradas na natureza.

Por fim, utilizamos uma regressão multinomial para determinar se (e quais) parâmetros conteriam informações acerca da origem geográfica do espécime. Uma vez que esse tipo de modelagem é sensível a colinearidade, calculamos o *Variance Inflation Factor* (VIF) e eliminamos as variáveis com valores maiores que 3 (ZUUR, 2010). O modelo multinomial foi selecionado com base no critério de Akaike de segunda ordem, em que o modelo foi construído “de trás pra frente” a partir do modelo completo, no qual foram incluídos todos os parâmetros acústicos. Por meio da comparação entre o modelo completo e modelos parciais (construídos com uma variável suprimida), determinamos qual seria o melhor modelo parcial e utilizamos esse modelo para refazer o processo até que o melhor modelo parcial fosse aquele sem a supressão de novas variáveis. Ao final, comparamos o melhor modelo com os modelos completos, os modelos parciais e um modelo nulo (MAGROSKI, 2017).

Com base nos modelos multinomiais realizamos uma classificação das vocalizações entre as gravações das localidades com a expectativa que, se de fato as vocalizações apresentassem variação regional, a regressão demonstraria uma classificação eficiente. Por fim, utilizando os modelos confeccionados a partir das vocalizações naturais, classificamos as vocalizações gravadas no CETAS para, com base nessa classificação, determinar qual dentre as quatro áreas amostradas seria a mais apropriada para a soltura dessas aves.

RESULTADOS

A análise de VIF levou à retirada das variáveis colineares a frequência máxima (F.Max), duração total (DT) e duração da porção ascendente (DPA) do modelo, uma vez que essas variáveis apresentaram uma alta colinearidade. Dois modelos obtiveram valor de $\Delta AICc < 4$ (Tabela 1), de forma que ambos possuem suporte empírico. Os dois modelos então foram testados quanto ao poder de classificação e, embora o *Akaike's weight* do primeiro modelo tenha um valor maior, e com isso um suporte maior, o segundo modelo obteve uma classificação mais eficiente, sendo o modelo adotado para a análise e composto pelas variáveis DPD + Freq.Dom + BF + F.Min .

Tabela 1. Valores de suporte para a seleção de modelo multinomial, realizado com base nos parâmetros acústicos das aves gravadas na natureza.

Modelos	K	AICc	$\Delta AICc$	W_i
DPD + BF + F.Min	12	169	0	1
DPD + Freq.Dom + BF + F.Min	15	172	3	0.2
DPD + F.Min	9	273	104	0
DPD	6	284	115	0
F.Min	6	307	138	0
NULL	3	332	163	0

Tabela 2. Matriz confusão das classificações do modelo multinomial dos dados das áreas naturais.

Localidade	N	Correta	%	Chi-p
Icapuí	31	25	81	0.0027
Paramoti	38	28	74	0.0239
Quixadá	17	17	100	7.613E-06
Serra do mel	35	29	83	0.0041
Total	121	99	82	

Tal como esperado, a classificação das vocalizações relativas às regiões geográficas se mostrou extremamente eficiente, e a maior parte dos componentes foram classificados com uma eficiência acima de 80%. Mesmo aqueles componentes com percentual de classificação correta menor que 100% apresentaram uma classificação maior do que esperada ao acaso (Tabela 2). No total, o modelo multinomial classificou corretamente 82% das vocalizações, demonstrando a existência de variações geográficas nas vocalizações entre as populações de *Eupsittula cactorum*.

Após verificação da existência de variação geográfica e a construção da PCA, incluindo as regiões analisadas e os três grupos de cativo, obtivemos um padrão de sobreposição dos grupos em relação às regiões, seguido pela classificação da regressão multinomial.

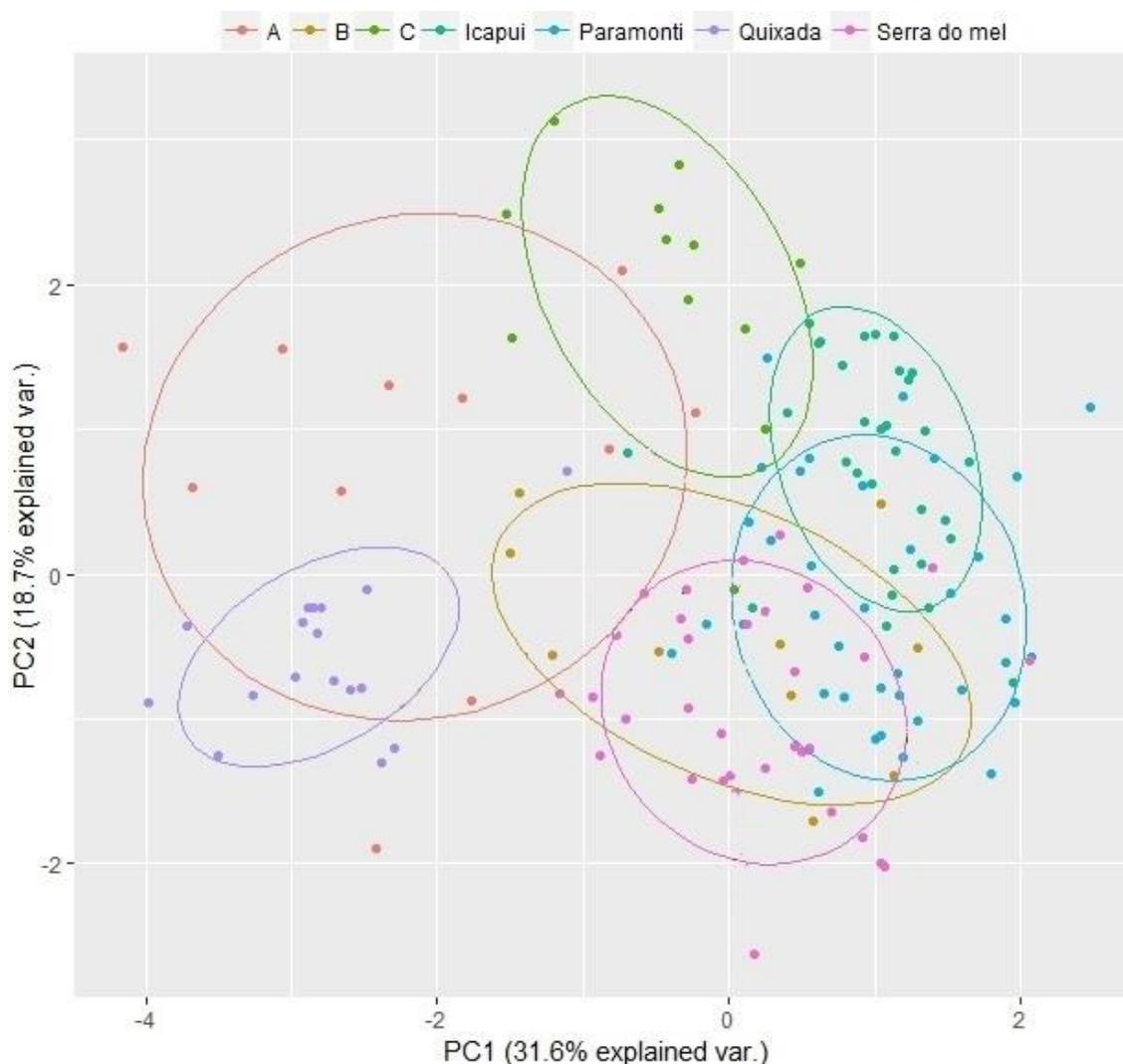


Figura 3. Análise de componentes principais contendo as vozes de 3 grupos de indivíduos de *Eupsittula cactorum* destinados à soltura (A, B e C) e quatro localidades referentes aos dialetos encontrados na distribuição do periquito do sertão.

A classificação das vocalizações dos indivíduos de soltura realizada por meio do modelo multinomial (Tabela 3) é muito próxima do resultado graficamente exposto no PCA (Figura 3) e indica que os indivíduos foram soltos fora de sua região de origem. Ainda assim, diante de diferentes possibilidades de soltura, foi possível indicar as localidades que apresentariam as menores diferenças vocais. O grupo “A” apresentou

estrutura vocal próxima ao dialeto da região de Quixadá, com 82% de classificação e somente 18% dos indivíduos foram classificados na Serra do Mel. O Grupo “B” utiliza uma porção do espaço acústico mais próxima ao dialeto da região de Serra do Mel e, de fato, 60% dos indivíduos foram classificados para a região, sendo os demais indivíduos divididos entre os padrões de Paramoti (20%) e Quixadá (20%). O grupo “C” apresentou a maior dispersão dentre os grupos, mas não sobrepondo com a região de Serra do Mel. No total apenas 3% dos indivíduos referentes aos três grupos obtiveram padrões semelhantes a Icapuí. Já a região de Quixadá apresentou a maior classificação dentre as quatro regiões geográficas, com 48% de classificação.

Tabela 3. Classificações dos espécimes do CETAS com base no modelo multinomial construído em função das vocalizações gravadas na natureza.

Grupos	Icapuí	Paramoti	Quixadá	Serra do Mel	Total
A	0	0	82%	18%	11
B	0	20%	20%	60%	10
C	8%	50%	42%	0	12
Total	3%	24%	48%	24%	33

DISCUSSÃO

A presença de variação geográfica para a espécie era esperada, corroborando com outros trabalhos realizados com Psittaciformes (BOND, 2005; BRADBURY, 2001; KLEEMAN, 2005; WRIGHT, 2005; KRAUSE, 2016; REYNOLDS 2010). Para *E. cactorum*, os dados mostram que mesmo existindo introgressões de indivíduos em outras regiões, pode-se notar que existe uma definição entre os dialetos, ao contrário de *Amazona auropalliata* e *Alipiopsitta xanthops* (DE ARAÚJO, 2013; WRIGHT, 2005). Para *Rhynchopsitta pachyrhyncha*, Guerra (2008) afirma que uma comunicação eficiente entre indivíduos é fundamental para o sucesso de processos de translocações, reintroduções e solturas, devido ao fato de que indivíduos bem socializados possuem maior organização social e, conseqüentemente, maiores chances de sobrevivência em situações de grande estresse como estes processos. Uma boa organização social de um bando reflete-se diretamente na eficiência de forrageamento, busca de recursos, movimentos migratórios e proteção antipredatória (BRIGHTSMITH, 2005; TEIXEIRA, 2007). Entretanto variações geográficas podem influenciar negativamente estes

processos, visto que indivíduos que possuem divergências linguísticas podem ter características culturais também destoantes, o que faz com o que estes indivíduos não interajam socialmente e não formem bandos coesos, tonando o sucesso de processos de soltura bem difíceis (BRADBURY, 2001).

Para um maior sucesso em solturas, reintroduções e translocamentos, os indivíduos devem ser soltos em suas regiões de origem, a fim de não sofrerem choques culturais e prejudicar a adaptação dos indivíduos soltos (GUERRA, 2008), principalmente em se tratando de Psittaciformes, como o periquito-do-sertão, grupo que possui uma grande dependência da comunicação vocal para moldar os laços sociais e culturais. Na prática, isto se torna um grande desafio, visto que a determinação da procedência exata de indivíduos oriundos de apreensões de traficantes é quase impossível, ou pela apreensão ocorrer em uma área ou rota de comércio ao invés da região onde os indivíduos foram capturados, ou por própria omissão desta informação por parte dos traficantes. Dentro desse contexto, a melhor forma é encontrar a área mais próxima do dialeto dos indivíduos que serão soltos.

Os resultados deste trabalho, apesar de experimentais, demonstram que é possível rastrear áreas com dialetos parecidos através de comparações das vozes dos grupos que serão destinados à soltura, com uma base de dados de amostras de vocalizações de localidades dentro da área de ocorrência. É mesmo possível encontrar semelhanças muito altas, como no caso do grupo A, onde 82% dos indivíduos foram classificados para a região de Quixadá, ou seja, a grande maioria dos indivíduos tinha vocalizações muito próximas a esta localidade, elevando bastante as chances de sucesso de adaptação deste grupo naquela área. Casos de grande dispersão, ou seja, uma classificação muito imprecisa, como ocorrido com o grupo C, refletem uma grande heterogeneidade vocal. Nestes casos, uma análise particionada em pequenos grupos ou até mesmo individual poderia mostrar uma classificação mais exata em relação às regiões.

Em casos extremos, onde vários grupos de indivíduos devem ser soltos em uma única localidade, os resultados também mostram essa possibilidade, apesar de não ser a ideal, onde 48% dos indivíduos, de um modo geral, foram classificados para a região de Quixadá. Entretanto, para esse tipo de análise, observamos uma grande dispersão, e que todas as localidades apontaram classificação para alguns indivíduos, demonstrando ser um modo executável, porém com pouca precisão, devendo ser usado em casos extremos.

Eupsittula cactorum mostra-se como mais uma espécie sensível a modificações nos códigos vocais durante a aprendizagem, criando variações geográficas (dialetos) ao longo de sua distribuição. Ter esse conhecimento é de fundamental importância para aplicação em processos práticos, como processos de soltura, nos quais, por meio da comparação das vocalizações dos indivíduos a serem soltos com vocalizações de locais potenciais para solturas, pode-se definir a melhor área para a execução do processo, aumentando a sobrevivência dos indivíduos.

REFERÊNCIAS

- AVELINO, M. F.; VIELLIARD, J. M. E. Comparative analysis of the song of the Rufous-collared Sparrow *Zonotrichia capensis* (Emberizidae) between Campinas and Botucatu, São Paulo State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 76, p. 345–349, 2004.
- BERG, K. S. et al. Contact calls are used for individual mate recognition in free-ranging green-rumped parrotlets, *Forpus passerinus*. *Animal Behaviour*, v. 81, n. 1, p. 241–248, 2011.
- BOND, A.; DIAMOND, J. Geographic and ontogenetic variation in the contact calls of the kea (*Nestor notabilis*). *Behaviour*, v. 142, n. 1, p. 1–20, 2005a.
- BOND, A.; DIAMOND, J. Geographic and ontogenetic variation in the contact calls of the kea (*Nestor notabilis*). *Behaviour*, v. 142, n. 1, p. 1–20, 2005b.
- BRADBURY, J. W. Vocal communication in wild parrots. In: *Animal Social Complexity: Intelligence, Culture and Individualized Societies*. [s.l.] Cambridge MA: Harvard University Press, 2001. v. 41p. 1–5.
- BRADBURY, J. W.; BALSBY, T. J. S. The functions of vocal learning in parrots. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v. 70, n. 3, p. 293–312, 2016.
- BRADBURY, J. W.; CORTOPASSI, K. A.; CLEMMONS, J. R. Geographical variation in the contact calls of Orange-fronted Parakeets. *The Auk*, v. 118, n. 4, p. 958–972, 2001.
- BRIGHTSMITH, D., J. HILBURN, A. DEL CAMPO, J. BOYD, M. FRISIUS, R. FRISIUS, D. JANIK, AND F. GUILLEN.. The use of hand-raised psittacines for reintroduction: a case study of Scarlet Macaws (*Ara macao*) in Peru and Costa Rica. *Biological Conservation* 121:465–472, 2005.
- BRITTAN-POWELL, E. F.; DOOLING, R. J.; FARABAUGH, S. M. Vocal development in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*): contact calls. *Journal of comparative psychology*, v. 111, n. 3, p. 226–241, 1997.
- DA SILVA, M. L.; VIELLIARD, J. M. E. A aprendizagem vocal em aves: evidências comportamentais e neurobiológicas. *Estudos do Comportamento II*, p. 1–24, 2011.
- DE ARAÚJO, C. B. Comportamento alimentar e a comunicação sonora do papagaio-galego *Alipiopsitta xanthops* (Spix) 1824, em fragmentos de cerrado do Distrito Federal e Goiás. p. 39, 2013.
- DE ARAÚJO, C. B.; MARCONDES-MACHADO, L. O.; VIELLIARD, J. M. E. Vocal Repertoire of the Yellow-Faced Parrot (*Alipiopsitta xanthops*). *The Wilson Journal of Ornithology*, v. 123, n. 3, p. 603–608, 2011.
- FERNANDES-FERREIRA, H. et al. Hunting, use and conservation of birds in Northeast Brazil. *Biodiversity and Conservation*, v. 21, n. 1, p. 221–244, 2012.

- FORSHAW, J. M. Parrots of the World. [s.l: s.n.]. v. 2, 1977.
- GIULIETTI, A. M. et al. Plantas raras do Brasil. [s.l: s.n.].
- GRID-PAPP, M. SounRuler Acoustic Analysis. Soucer Forge, 2007.
- GUERRA, J. E. et al. Limited Geographic Variation in the Vocalizations of the Endangered Thick-Billed Parrot: Implications for Conservation Strategies. *The Condor*, v. 110, n. 4, p. 639–647, 2008.
- ISLER, M. L.; ISLER, P. R.; T, R. B. Clinal variation in vocalizations of an antbird (thamnophilidae) and implications for defining species limits. *The Auk*, v. 122, n. 2, p. 433–444, 2005.
- ISLER, M. L.; ISLER, P. R.; WHITNEY, B. M. Use of vocalizations to establish species limits in antbirds (Passeriformes: Thamnophilidae). *The Auk*, v. 115, n. 3, p. 577–590, 1998.
- JARVIS, E. D.; MELLO, C. V. Molecular mapping of brain areas involved in parrot vocal communication. *The Journal of comparative neurology*, v. 419, n. 1, p. 1–31, 2000.
- KLEEMAN, P. M.; GILARDI, J. D. Geographical Variation of St. Lucia Parrot Flight Vocalizations. *The Condor*, v. 107, n. 1, p. 62–68, 2005.
- KRAUSE, B.; FARINA, A. Using ecoacoustic methods to survey the impacts of climate change on biodiversity. *Biological Conservation*, v. 195, n. JANUARY, p. 245–254, 2016.
- MAGROSKI, L. M. et al. Where to release birds seized from illegal traffic? The value of vocal analyses and ecological niche modeling. *Perspectives in Ecology and Conservation*, p. 1–11, 2017.
- NÓBREGA ALVES, R. R.; DE FARIAS LIMA, J. R.; ARAUJO, H. F. P. The live bird trade in Brazil and its conservation implications: an overview. *Bird Conservation International*, v. 23, n. 1, p. 53–65, 2013.
- PEPPERBERG, I. M. Vocal learning in Grey Parrots (*Psittacus erithacus*): effects of social interaction, reference and context. *The Auk*, v. 111, n. 2, p. 300–313, 1994.
- REYNOLDS, M. B.; HAYES, W. K.; WILEY, J. W. Geographic variation in the flight call of the Cuban Parrot (*Amazona leucocephala*) and its taxonomic relevance. *Journal of Caribbean Ornithology*, v. 23, n. 1, p. 4–18, 2010.
- SAUNDERS, D. A. Vocal Repertoire and Individual Vocal Recognition in the Short-Billed White-Tailed Black Cockatoo, *Calyptorhynchus funereus latirostris* Carnaby. *Aust. Wildl. Res.*, v. 10, p. 527–536, 1983.
- SCHWING, R.; PARSONS, S.; NELSON, X. J. Vocal repertoire of the New Zealand kea parrot *Nestor notabilis*. *Current Zoology*, v. 58, n. 5, p. 727–740, 2012.
- SICK, H. *Ornitologia Brasileira*. 3. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

- TEIXEIRA, C. P., C. S. DE AZEVEDO, M. MENDEL, C. F. CIPRESTE, AND R. J. YOUNG. Revisiting translocation and reintroduction programmes: the importance of considering stress. *Animal Behaviour* 73:1–13, 2007.
- VIELLIARD, J. M. E. O Uso da Bioacustica na observação de Aves. 1987.
- VIELLIARD, J.; SILVA, M. L. DA. A Bioacústica como ferramenta de pesquisa em Comportamento animal. *Bulletin*, p. 1–15, 2004.
- WRIGHT, T. F. et al. A Multilocus Molecular Phylogeny of the Parrots (Psittaciformes): Support for a Gondwanan Origin during the Cretaceous. *Molecular Biology and Evolution*, v. 25, n. 10, p. 2141–2156, 2008.
- WRIGHT, T. F.; RODRIGUEZ, A. M.; FLEISCHER, R. C. Vocal dialects, sex-biased dispersal, and microsatellite population structure in the parrot *Amazona auropalliata*. *Molecular Ecology*, v. 14, n. 4, p. 1197–1205, 2005.
- WRIGHT, T. F.; WILKINSON, G. S. Population genetic structure and vocal dialects in an amazon parrot. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, v. 268, n. 1467, p. 609–616, 2001a.
- WRIGHT, T. F.; WILKINSON, G. S. Population genetic structure and vocal dialects in an amazon parrot. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 268, n. 1467, p. 609–616, 2001b.
- ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; ELPHICK, C. S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 1, n. 1, p. 3–14, 2010.

CAPITULO 3
**Convergência vocal em processo de soltura de *Eupsittula cactorum* (periquito-do-
sertão)**

RESUMO

Psittaciformes destacam-se pela sua complexa e plástica capacidade vocal. Estes fatores se devem a origem de seus repertórios vocais, através da aprendizagem. Neste grupo, este processo perdura durante toda a vida dos indivíduos, propiciando a estes aprender novos dialetos regionais. Devido a esta plasticidade, este grupo é utilizado como *pets*. No Nordeste, umas das espécies utilizadas é o periquito-do-sertão, que muitas vezes é obtida de forma ilegal. No Brasil, estas ações são coibidas por apreensões realizadas pelo IBAMA, levando, por meio do CETAS, a posterior soltura dos indivíduos. Entretanto, variantes geográficas vocais podem influenciar negativamente estes processos. Com isto, este trabalho tem por objetivo analisar se indivíduos de *Eupsittula cactorum* são capazes de reduzir suas divergências vocais, otimizando os processos de soltura. Foram utilizados dois grupos destinados a soltura (Grupo A e C), gravados no momento da chegada ao CETAS, após a quarentena e durante sete meses após a soltura. Durante o cativeiro, somente o Grupo A convergiu vocalmente. A existência de uma voz dominante no grupo, além de uma capacidade cognitiva maior do que dos indivíduos do Grupo C, podem ter contribuído para este resultado. Os indivíduos do Grupo A, após a soltura, reduziram as distâncias vocais em relação ao dialeto nativo, demonstrando uma convergência vocal. Apesar de *Eupsittula cactorum* apresentar variações regionais vocais, estas podem ser reduzidas, otimizando processos de soltura. Tal regime potencialmente pode ser aplicado a outras espécies.

ABSTRACT

Psittacids stand out due to their plastic and complex vocal communication. Vocal learning may partially explain this complexity, while learning can occur throughout the life. Along time, the variation from individual modifications can lead to new regional dialects. The ability to imitate new sound poses a serious threat to the group due to the desire of people to keep such animals as pets. Indeed, in Northeast Brazil *Eupsittula cactorum* is trafficked in large amounts. In Brazil, illegal trade is fought through seizure operations made IBAMA, which later reintroduces the individuals back into the wild. Here we aim to test if reintroduced individuals of *Eupsittula cactorum* change their repertoires while at IBAMA's facilities, and if they are capable to reduce their vocal divergences to the wild individuals once they are released. We used two groups (Groups A and C), recorded upon their arrival at IBAMA, after the period of quarantine and along seven months after their release. Our results indicate vocal convergence within the quarantine only for one group (A). After release, the individuals first increased the vocal distances towards the native dialect, but after 50 days the calls showed vocal convergence. Despite the potential of geographical variations on the vocal repertoires compromising reintroduction success, vocal convergence may reduce the severity of its effects.

INTRODUÇÃO

Dentro do grupo das aves, a ordem dos Psittaciformes destaca-se pela habilidade vocal que suas espécies possuem (DE ARAÚJO, 2007). Vários autores classificam seus repertórios vocais como complexos, com conteúdos vocalizações específicas para cada comportamento (DE ARAÚJO, 2011; DE MOURA, 2011; FERNANDEZ-JURICIC, 1998; MONTES-MEDINA, 2016; DE MOURA, 2007; SCHWING, 2012), em que o canto parece ser um fator comportamental de grande importância para as relações sociais deste grupo (WRIGHT, 2008). A chave para ter uma boa organização social é ter comunicação eficiente entre os indivíduos. No caso dos Psittaciformes isto é imprescindível, visto que são espécies que, em sua maioria, vivem em bandos extensos, com uma rica organização social, ocasionando uma complexa comunicação vocal (BRADBURY, 2003; DE ARAÚJO, 2011).

Toda essa complexidade vocal dos Psittaciformes é ocasionada pela forma como se originam os repertórios vocais, que ocorre através da aprendizagem social. Neste processo, indivíduos jovens, enquanto em fase de desenvolvimento, recebem sinais sonoros de um tutor, interpretam o sinal e o agregam em seu repertório (BRADBURY, 2016). Esse processo pode levar ao surgimento de variações geográficas, em que cada população, ao longo da distribuição de uma espécie, possui um dialeto próprio, caracterizando indivíduos locais e podendo ser utilizado para reconhecimento de indivíduos de determinadas regiões (Capítulo II; WRIGHT 1996).

A complexidade da comunicação do grupo também pode ser ilustrada pela aprendizagem tardia, fenômeno raro que permite aos Psittaciformes modificar seu repertório ao longo da vida (FARABAUGH, 1994). Uma das hipóteses da aprendizagem tardia nos Psittaciformes é que esta tem uma função de socialização, na qual novos indivíduos, ao chegarem em uma população, terão mais chances de serem aceitos ao imitarem o dialeto local (WRIGHT, 2008). Isto pode se tornar um importante fator na aptidão de animais sociais como os Psittaciformes, cujas populações que convivem próximas a um limite de dialetos geográficos, como o caso de *Amazona auroalliata*, podem utilizar dialetos distintos para se comunicar (WRIGHT, 2008). Populações de *Rhynchopsitta pachyrhyncha*, apesar de entrarem em contato entre si constantemente durante a migração, não desenvolveram variações regionais no período

reprodutivo, quando a presença destas variações poderia influenciar na troca genética entre indivíduos de diferentes regiões. (GUERRA, 2008).

Além do carisma de alta sociabilidade, a plasticidade vocal dos Psittaciformes desperta o interesse das pessoas que, em muitos casos, utilizam essas espécies como animais de estimação. Muitas vezes a aquisição desses animais é realizada de forma ilegal, através do tráfico de animais silvestres (ALVES, 2013; FERNANDES-FERREIRA, 2012). No Brasil, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) atua no sentido de coibir esta prática e apreende animais que se encontram em posse ilegal com traficantes ou criadores. Esses animais são encaminhados para os Centros de Triagem de Animais Silvestres (CETAS), onde esses animais são fisicamente avaliados e aqueles em boas condições são encaminhados à reintrodução no ambiente.

Ainda que a reintrodução desses indivíduos seja certamente a melhor solução, já que isso permite que esses animais voltem a desempenhar seu papel biológico, existe um grande problema com este processo (MAGROSKI, 2017). Os CETAS recebem indivíduos de diversas regiões e, conseqüentemente, indivíduos com dialetos distintos vem sendo colocados em cativeiro juntos e posteriormente soltos em regiões distintas da sua origem. Isto pode diminuir as chances de sobrevivência destes indivíduos após o processo de soltura, uma vez que existe uma diferença cultural entre o repertório dos indivíduos reintroduzidos e os selvagens (GUERRA, 2008). Neste sentido, a redução das diferenças culturais entre os indivíduos reintroduzidos e selvagens pode aumentar a eficiência dos processos de soltura, translocação e reintrodução, (BRADBURY, 2003; GUERRA, 2008).

Diante de tal cenário, e com base na presença de variações regionais (CAPITULO II), temos por objetivo nesse capítulo avaliar se indivíduos de *Eupsittula cactorum* podem ajustar seu repertório vocal durante a reintrodução, de forma a reduzir as divergências vocais encontradas com os animais selvagens. Uma vez que a comunicação acústica dos psitacídeos é extremamente importante na sua biologia, buscamos compreender até que ponto a vocalização pode ser um gargalo no processo de ressocialização de indivíduos apreendidos.

METODOLOGIA

Espécie alvo

Eupsittula cactorum, periquito-do-sertão, é um Psittaciformes de pequeno porte que habita toda região semiárida do nordeste do Brasil e norte do estado de Minas Gerais (FORSHAW, 1978; SICK, 1997). Apesar de não estar classificada em nenhum grau de ameaça segundo a IUCN, é uma espécie bastante traficada na região (FERNANDES-FERREIRA, 2012) e, conseqüentemente, uma das espécies para as quais se realiza mais solturas, principalmente no estado do Ceará (Alberto Klefasz, com. pess., 2015). Uma vez que a espécie é abundante tanto na região do estudo, quanto nas apreensões, é um modelo interessante para estudos de reintrodução, que pode ser utilizado como base para a reintrodução de outras espécies.

Obtenção e análise dos dados

Foram utilizadas gravações do canto de voo de dois grupos de indivíduos de periquito-do-sertão, obtidas em cativeiro no Centro de triagem de animais silvestres (CETAS-CE). Esses indivíduos eram oriundos de apreensões realizadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e pelo Batalhão de Policiamento Ambiental do Estado do Ceará e foram denominados Grupo A (11 indivíduos) e Grupo C (12 indivíduos).

Cada indivíduo recebeu uma codificação de anilhas coloridas para sua identificação individual e, para facilitar seu reconhecimento em campo, realizamos uma marcação por descoloramento nas penas primárias da asa e na cauda. Esse descoloramento foi realizado por meio de mistura de pó descolorante sem amônia e peróxido de hidrogênio a 40 volumes. Após aplicado o descolorante, o animal era contido em um saco de pano por 10 minutos e em seguida o local descolorido era lavado com água corrente e a ave solta no recinto.

Os indivíduos foram gravados em dois momentos distintos: no momento de sua chegada ao CETAS, antes de qualquer tipo de socialização, e após um período de quarentena de trinta dias, logo antes de sua soltura. Os indivíduos foram reintroduzidos na natureza em uma Área de Soltura de Animais Silvestres (ASAS) localizada no

Município de Quixadá-CE. Durante a gravação, os periquitos eram dispostos em uma gaiola de contenção posicionada de frente ao recinto com outros indivíduos. Esse processo os estimulava a vocalizar, ao passo que reduzia a captação das vocalizações de outros indivíduos na gravação. Cada periquito foi gravado durante 10 minutos através de um microfone cardioide Shure beta 58a, disposto a 5 cm da gaiola, acoplado à um gravador Tascam DR-05. A utilização de um microfone cardióide garantiu a captação de vocalizações emitidas em toda a extensão a gaiola.

As gravações foram triadas e editadas por meio de um filtro de passagem de frequências altas à 300 Hz, e normalizadas à 0 dB no software Audacity 2.1.2. Esse procedimento homogeneiza as gravações, o que permite comparações direta entre os cantos (ZOLLINGER, 2012). Após a edição, nove parâmetros acústicos foram aferidos: Duração total (DT); Duração da porção acedente (DPA); Duração da porção descendente (DPD); Frequência dominante (FD); Frequência fundamental máxima (F. Max); Frequência fundamental mínima (F.Min); Banda de frequência (BD; igual a F.Max-F.Min) (Figura 1). De forma a evitar pseudoreplicações, utilizamos somente um canto de voo por gravação, que foram selecionadas de acordo com a relação sinal-ruído. Durante a triagem, vocalizações com muito ruído ou com sobreposição de outros sons foram descartadas. As medidas dos parâmetros acústicos, bem como a confecção dos sonogramas (FFT 512 e Contraste 0.40), foram realizadas no software SoundRuler 0.9.6 (GRIDI-PAPP, 2007).

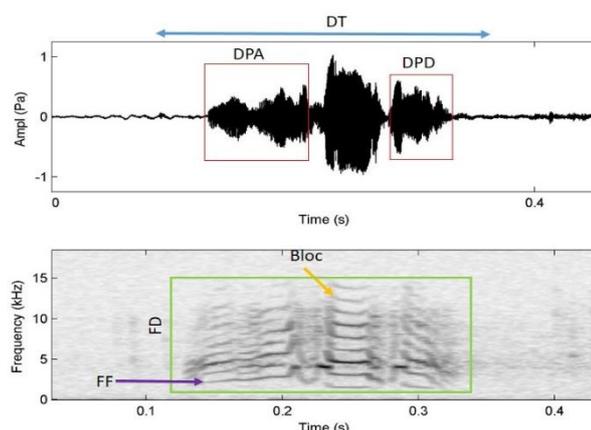


Fig.1 Mapa de medidas dos parâmetros aferidos nas vocalizações de voo de *Eupsittula cactorum*

O espaço acústico pode ser definido como um conjunto de parâmetros utilizados na codificação de uma mensagem, de forma que é possível representá-lo por meio de

uma análise multivariada exploratória como uma análise de componentes principais (PCA). Para testar a existência de convergência vocal, calculamos a distância da vocalização de cada indivíduo à origem do PCA, antes e depois da quarentena, através da equação de Pitágoras, que foi calculada a partir de todos os componentes principais (PCs). Esperávamos que, diante de uma convergência vocal, que as vocalizações se aproximassem, de forma que as distâncias euclidianas fossem reduzidas ao longo da quarentena. Para testar essa previsão, utilizamos um teste pareado de Wilcoxon, pelo qual verificamos se houve redução da distância das vocalizações dos indivíduos, que caracterizaria a convergência vocal.

Após a soltura dos grupos (março de 2016), foram realizadas buscas mensais, com quatro dias de duração, durante sete meses, de abril a outubro de 2017, com o intuito de gravar os indivíduos soltos a fim de verificarmos se ao longo do tempo e convivência com bandos nativos, os indivíduos dos grupos soltos convergiram vocalmente para o dialeto local. Para isto realizamos as medições dos nove parâmetros acústicos supracitados, dos cantos de voo dos indivíduos encontrados em cada campanha e os utilizamos para a construção de uma PCA juntamente com vocalizações de indivíduos nativos.

A partir da PCA, calculamos a distância das vocalizações ao centróide das vocalizações das aves nativas, ao longo do tempo amostrado, utilizando uma adaptação do teorema de Pitágoras que nos permitiu o cálculo da distância euclidiana de cada vocalização ao centroide dos nativos. Uma vez que a PCA foi realizada com base em na matriz de correlação, esperávamos que os parâmetros exercessem uma influência similar em cada um das vocalizações. Após o cálculo da distância euclidiana, realizamos regressões de diversas equações, a fim de determinar qual o melhor modelo, a fim de determinar como as distancias euclidianas se ao longo do tempo, sendo estas análises realizadas no *software R*, (RDCT, 2016).

RESULTADOS

Nossos dados indicam que, para o Grupo A, as distâncias das vocalizações dos indivíduos entre os períodos pré quarentena e pós quarentena se reduziram. Essa redução foi significativa (Wilcoxon $p= 0.003418$), o que demonstra que os indivíduos convergiram vocalmente durante o período de quarentena.

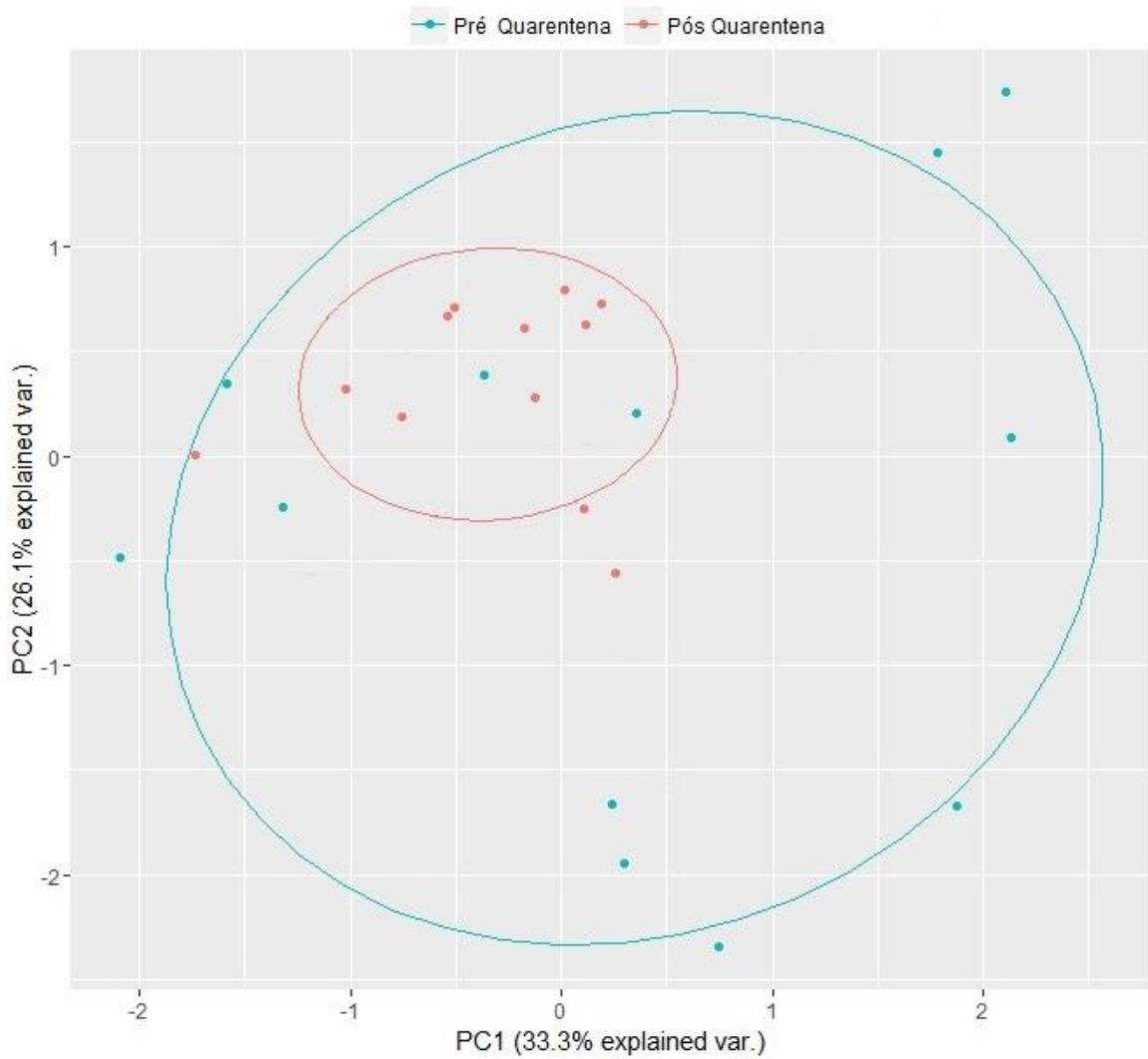


Fig.4 PCA demonstrando a convergência vocal ocorrida no Grupo A. Em azul, vocalizações dos indivíduos antes da quarentena; em vermelho, vocalizações dos indivíduos após a quarentena

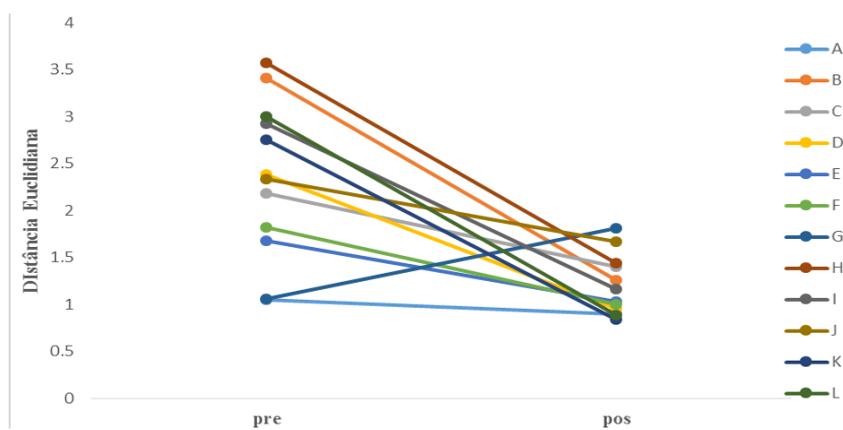


Fig.5 Representação gráfica da diminuição das distancias vocais dos indivíduos do Grupo A em relação ao período pré-quarentena e pós-quarentena, onde cada vocalização individual está representada por uma letra.

Por outro lado, o Grupo C não demonstrou redução das distância entre as vocalizações, o que foi corroborado pelo teste de Wilcoxon ($p = 0.1465$). Deste modo, para o grupo C, não houve convergência vocal.

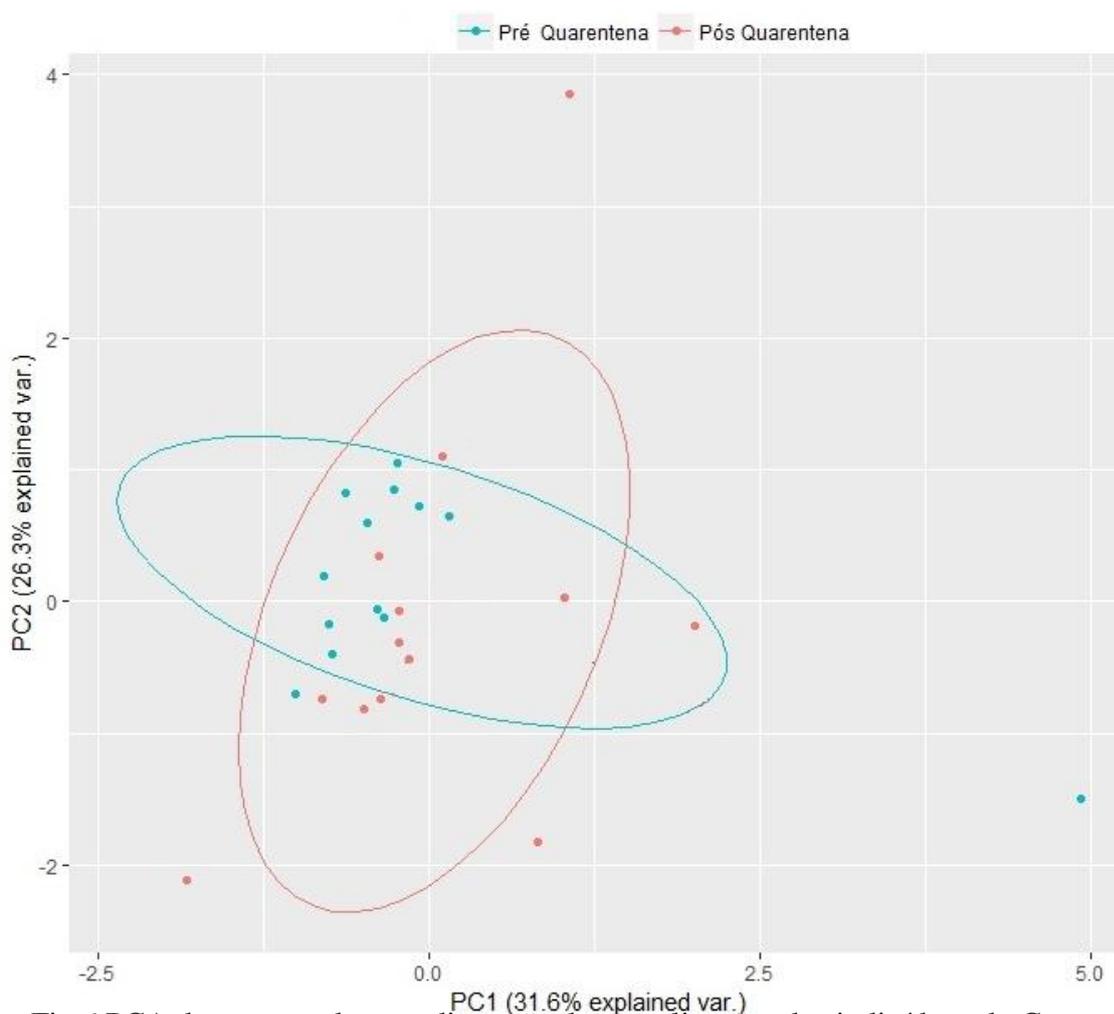


Fig.6 PCA demonstrando uma dispersão das vocalizações dos indivíduos do Grupo C.

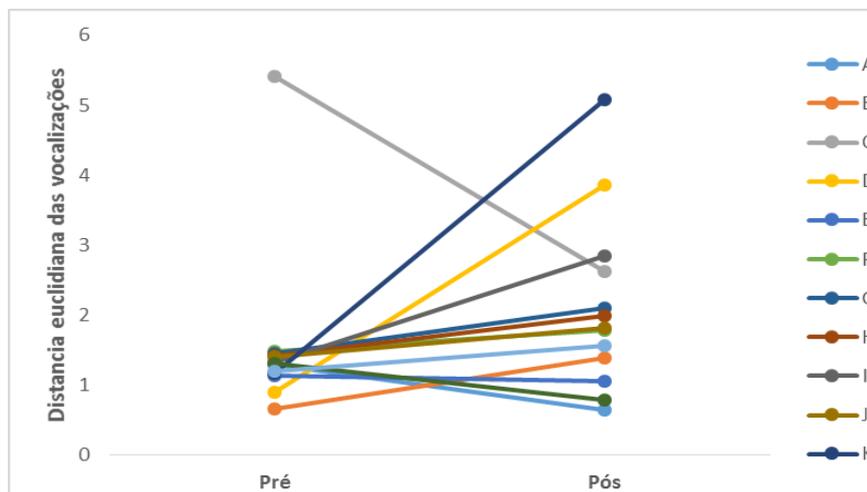


Fig.7 Representação gráfica das distâncias vocais dos indivíduos do Grupo C em relação aos períodos pré-quarentena e pós-quarentena. Pode-se notar que não houve diferença significativas nas distâncias, a ponto de alguns indivíduos terem divergidos vocalmente, onde cada um dos indivíduos é representado por uma letra.

Durante as campanhas de busca por indivíduos soltos, apenas indivíduos do Grupo A foram encontrados e tivemos sucesso em gravar 23 vocalizações de voo pós soltura. Apesar de quase todos os indivíduos terem sido registrados na primeira campanha após a soltura, a quantidade de registros foi decrescendo ao longo dos meses ao ponto de, nas últimas duas campanhas, nenhum indivíduo do grupo ter sido encontrado (Tabela x).

Tabela 1: número de indivíduos liberados de cativeiro encontrados...

Mês	Nº de indivíduos
Abril	11
Maio	6
Junho	2
Julho	2
Agosto	2
Setembro	0
Outubro	0

As distâncias euclidianas não parecem ter uma redução linear ao longo do tempo e o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o polinomial quadrático. Ao longo do tempo as vocalizações em um primeiro momento divergem do dialeto nativo, enquanto, em um segundo momento, tais distâncias em relação ao dialeto nativo foram reduzidas, caracterizando uma convergência vocal. Por meio da teoria de máximos e mínimos, estimamos que o período de divergência máxima ocorreu em 58 dias, e que a partir daí, as vocalizações passaram a convergir ($p= 0.00028$, $R^2= 0.5232$ e $F= 12.07$).

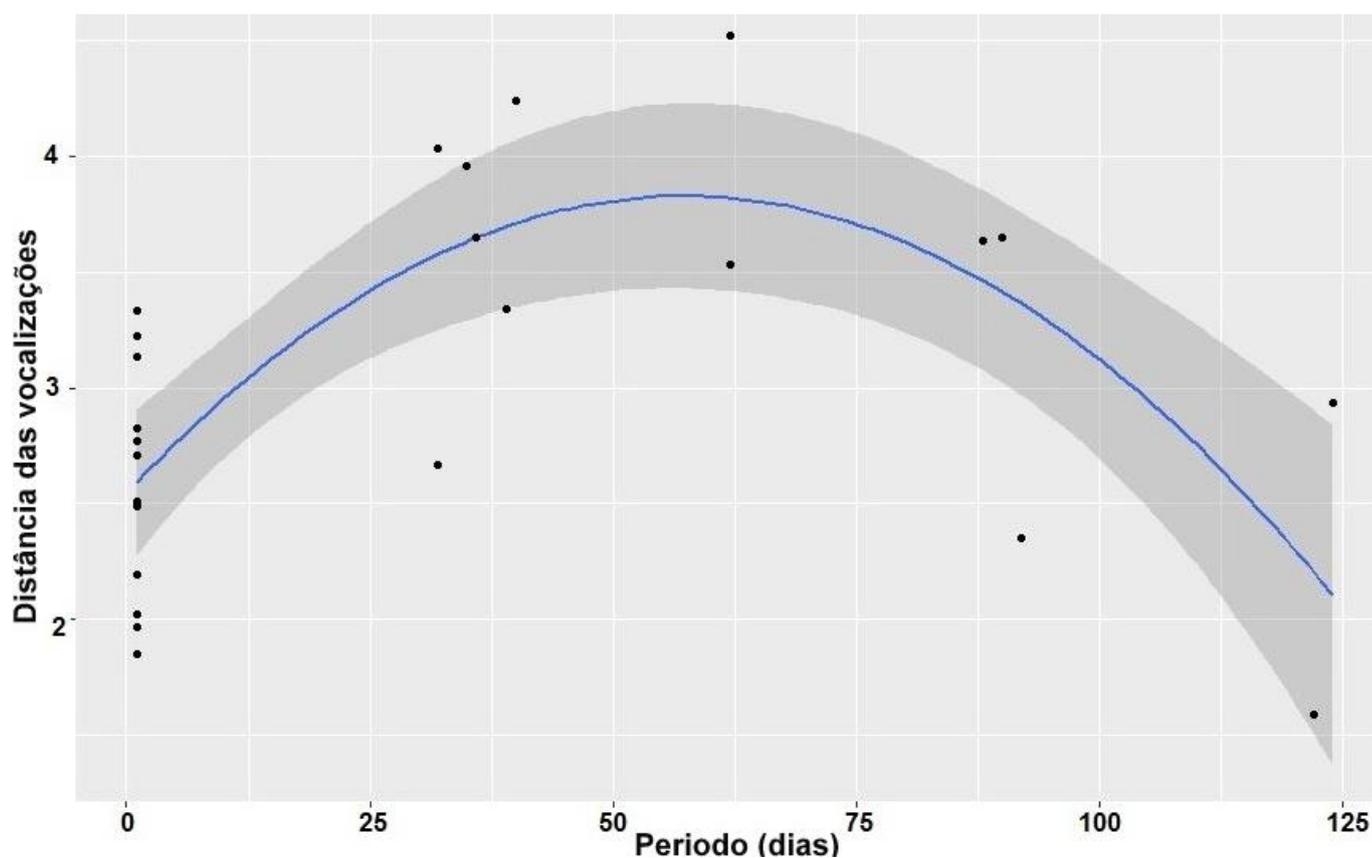


Fig. 8 Gráfico de dispersão referente à regressão polinomial demonstrando a convergência vocal do Grupo A ao longo do tempo

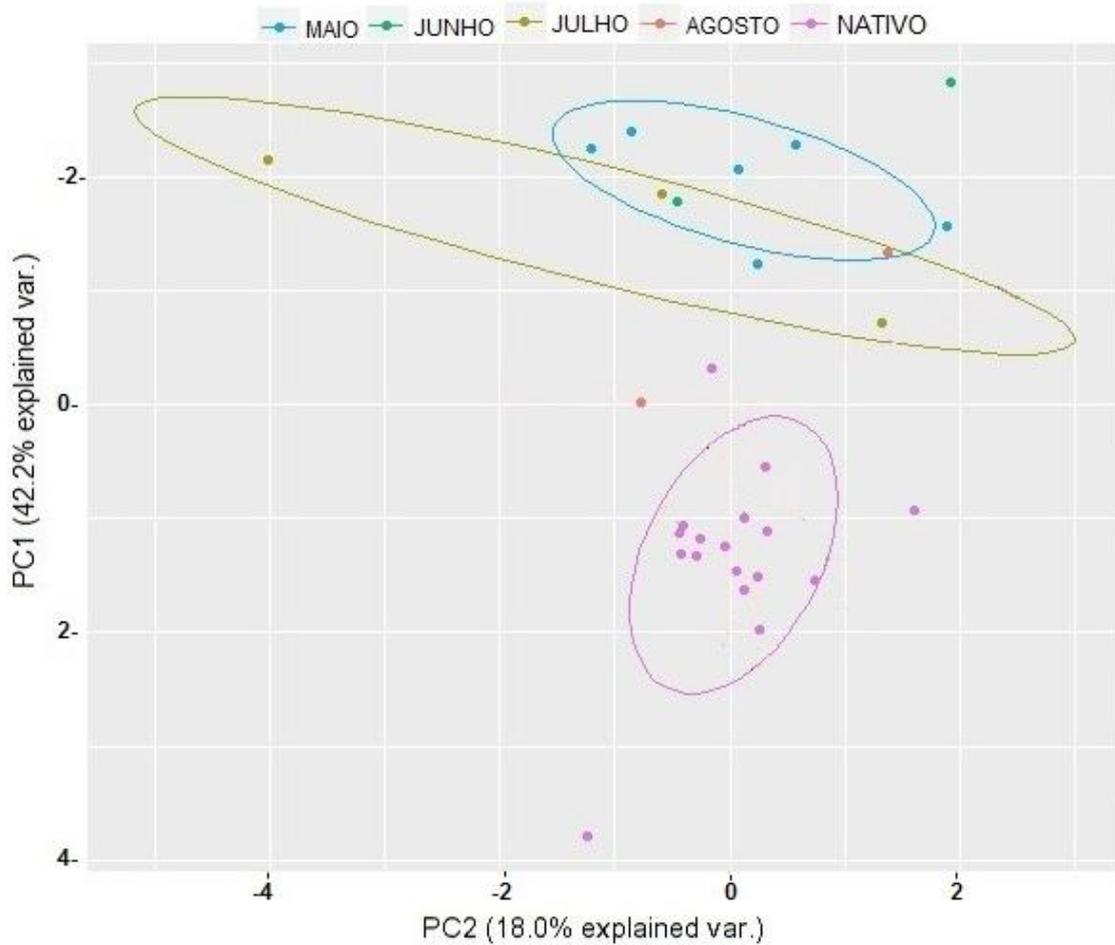


Fig. 9 PCA com as vocalizações do Grupo A referente aos períodos em que os indivíduos soltos foram registrados, juntamente com as gravações do dialeto nativo utilizado no teste de convergência vocal.

DISCUSSÃO

Ao longo do processo de reintrodução, os indivíduos ajustaram suas vocalizações num primeiro momento, em cativeiro, convergindo para um dialeto em comum. Num segundo momento, os indivíduos convergiram para o dialeto nativo da região onde foram soltos, ainda que somente após um período em que sofreram uma divergência. Esse padrão pode aprimorar os laços sociais com indivíduos selvagens, aumentando suas chances de sobrevivência (BRADBURY, 2003; CAPELLI, 2014;

GUERRA, 2008). Isto demonstra a alta dependência e capacidade que os Psittaciformes possuem com a comunicação vocal, sendo capazes de romper barreiras para construir uma comunicação efetiva entre si.

Uma comunicação eficiente entre indivíduos é fundamental para o sucesso de processos de translocações, reintroduções e solturas devido ao fato de que indivíduos bem socializados os quais possuem maior organização social e conseqüentemente maior chances de sobrevivência a situações de grande estresse, tal qual nestes processos (GUERRA, 2008). Entretanto, as variações geográficas podem influenciar negativamente estes procedimentos, visto que indivíduos que possuem divergências vocais provavelmente possuem características culturais também destoantes, o que faz com o que estes indivíduos não interajam socialmente e não formem bandos coesos, podendo comprometer, de forma considerável, o sucesso de processos de soltura (BRIGHTSMITH, 2005).

Outros casos de espécies de Psittaciformes, em natureza, que convergiram vocalmente já foram relatados. Indivíduos de *Amazona auropalliata* que habitam limites geográficos de um dialeto podem utilizar ambos os repertórios, a fim de comunicarem-se com bandos do dialeto vizinho (WRIGHT, 2008). Experimento utilizando indivíduos de cativeiro de *Melopsittacus undulatus* demonstrou que a convergência ocorre devido aos indivíduos imitarem vocalizações de outros mutuamente, até ocorrer uma convergência para um repertório dominante (FARABAUGH, 1994). Experimentos realizados com *Eupsittula aurea* demonstram que indivíduos dominantes impõem seus repertórios de forma hierárquica, resultando em uma convergência forçada, na qual os indivíduos que não modificassem suas vocalizações para a voz dominante poderiam ser socialmente excluídos do bando (CAPELLI, 2014). Todo esse cenário demonstra que, apesar de existir divergências linguísticas populacionais, espécies de Psittaciformes podem modificar seus repertórios a fim de diminuir a distância cultural entre os indivíduos (CAPELLI, 2014).

Num contexto de reintrodução, os dados indicam que as distâncias culturais, oriundas das variações geográficas, podem ser reduzidas em populações de periquito-do-sertão. Os indivíduos do Grupo A, em um intervalo de 30 dias, convergiram vocalmente entre si, diminuindo a diferença entre suas vocalizações. Conseqüentemente, diminuíram também a diferença cultural entre eles e formaram um bando muito mais coeso socialmente, fator crucial para a sobrevivência de espécies

sociais. Por outro lado, esse não parece ser um padrão uniforme, já os indivíduos do Grupo C não convergiram e alguns indivíduos até distanciaram suas vocalizações em relação à condição inicial.

Diversos fatores podem explicar essa diferença no padrão de convergência. Por exemplo, a falta de determinação de uma hierarquia (ou o uso de diferentes modelos pelos indivíduos) para o direcionamento da convergência vocal pode levar à divergência (CAPELLI, 2014); diferentes capacidades cognitivas entre os dois grupos, na qual indivíduos do Grupo B teriam maior dificuldade de aprendizado, demandariam um pouco mais tempo de contato entre os indivíduos (LEAVESLEY, 2005); ou até mesmo as condições nutricionais do grupo podem ter afetado a capacidade de aprendizagem vocal (NOWICKI, 1998), contribuindo para um resultado diferente do Grupo A, já que ambos os grupos foram submetidos aos mesmos tratamentos experimentais. Adicionalmente, a convergência do Grupo A, para o dialeto da região onde foram soltos, pode ser explicada pela similaridade prévia, uma vez que 82 % dos 11 indivíduos apresentaram padrões vocais muito próximos ao dialeto registrado na região de Quixadá (CAPITULO II), que pode ter colaborado com as interações e maximizaram a convergência diante da soltura.

Um longo monitoramento de dialetos vocais de *Amazona auropalliata* detectou mudanças da população ao longo 11 anos, demonstrando que a aprendizagem vocal tardia é constante nos Psittaciformes e demanda um tempo de contato entre os indivíduos (WRIGHT, 2008). Na primeira campanha de busca, o Grupo A se manteve isolado dos indivíduos nativos, entretanto se mantiveram unidos entre si, dividindo, inclusive, o mesmo dormitório e áreas de alimentação. Após a segunda campanha de buscas os indivíduos foram registrados interagindo e participando de bandos de animais nativos. Estas etapas de socialização corroboram com resultado obtido neste trabalho, em que, no período inicial, as vocalizações se mostram distantes das vocalizações do dialeto regional, porém ao longo do tempo as vocalizações se aproximam do dialeto nativo, permitindo uma inclusão social e uma comunicação efetiva dos indivíduos soltos para com os indivíduos nativos (CAPELLI, 2014), melhorando as condições de sobrevivência desses indivíduos em um ambiente, a priori, hostil (GUERRA, 2008).

Este resultado já era esperado, visto que indivíduos novos em uma região, principalmente se tratando de uma espécie que vive em bandos (DE ARAÚJO, 2011), tendem a ser aceitos pelos indivíduos nativos, utilizando a comunicação acústica como

chave para esse processo. Para serem aceitos, os animais liberados imitam o dialeto utilizado pelos indivíduos nativos da região, demonstrando que o processo de aprendizagem vocal é um fator preponderante para a formação de variações geográficas vocais (SALINAS-MELGOZA, 2012). A falta de registro de indivíduos nas últimas campanhas coincide com a estiagem que ocorre na região nos meses de setembro e outubro. Nesta época os indivíduos de periquito-do-sertão formam bando de centenas de indivíduos a fim de buscarem recurso. Tal comportamento, aliado com a necessidade de visualização das marcações a curta distância, dificultou a identificação de indivíduos marcados, haja vista que estes estavam diluídos entre dezenas de outros indivíduos selvagens.

O desenvolvimento de um maior número de trabalhos com essa temática para diferentes espécies pode levar a uma melhor elaboração de protocolos voltados tanto a solturas como também a translocações e reintroduções, aumentando o sucesso desses procedimentos. Aqui, mostramos que *Eupsittula cactorum*, apesar de apresentar variações regionais no repertório vocal (ver capítulo 2), o que a priori seria um problema para a ressocialização de diferentes indivíduos de outras localidades, é capaz de reduzir estas diferenças, convergindo vocalmente a fim de construir uma comunicação coesa e eficiente. Este cenário é extremamente favorável aos processos de soltura, de modo que, munido dessas informações, os técnicos responsáveis por esses processos podem otimizar a sobrevivência de indivíduos desta e de outras espécies de Psittaciformes, após a soltura. Sugerimos então, que animais apreendidos, antes de serem soltos, permaneçam juntos em cativeiro por pelo menos 30 dias, a fim de que o processo de convergência vocal aconteça e que formem um bando coeso e com maior eficácia em sobreviver em uma nova área.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. R. N. Ethno-ornithology and conservation of wild birds in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, v. 9, p. 14, 2013.
- BRADBURY, J. W. Vocal communication in wild parrots. In: *Animal Social Complexity: Intelligence, Culture and Individualized Societies*. [s.l.] Cambridge MA: Harvard University Press, 2003. v. 41p. 1–5.
- BRADBURY, J. W.; BALSBY, T. J. S. The functions of vocal learning in parrots. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v. 70, n. 3, p. 293–312, 2016.
- BRIGHTSMITH, D. et al. The use of hand-raised psittacines for reintroduction: a case study of scarlet macaws (*Ara macao*) in Peru and Costa Rica. *Biological Conservation*, v. 121, n. 3, p. 465–472, 2005.
- CAPELLI, D. Plasticidade vocal em *Eupsittula aurea* (Aves: Psittacidae): Convergência acústica no chamado de voo e estabelecimento de relações sociais . Plasticidade vocal em *Eupsittula aurea* (Aves : Psittacidae): Convergência acústica no chamado de voo estabelecimento de relações sociais. p. 1–74, 2014.
- DE ARAÚJO, C. B. Comportamento alimentar e a comunicação sonora do papagaio-galego *Alipiopsitta xanthops* (Spix) 1824, em fragmentos de cerrado do Distrito Federal e Goiás. 2007.
- DE ARAÚJO, C. B.; MARCONDES-MACHADO, L. O.; VIELLIARD, J. M. E. Vocal Repertoire of the Yellow-Faced Parrot (*Alipiopsitta xanthops*). *The Wilson Journal of Ornithology*, v. 123, n. 3, p. 603–608, 2011.
- DE MOURA, L. N.; DA SILVA, M. L.; VIELLIARD, J. Vocal repertoire of wild breeding orange-winged parrots *Amazona amazonica* in Amazonia. *Bioacoustics*, v. 20, p. 331–339, 2011.
- FARABAUGH, S. M.; LINZENBOLD, A.; DOOLING, R. J. Vocal plasticity in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*): Evidence for social factors in the learning of contact calls. *Journal of Comparative Psychology*, v. 108, n. 1, p. 81–92, 1994.
- FERNANDES-FERREIRA, H. et al. Hunting, use and conservation of birds in Northeast Brazil. *Biodiversity and Conservation*, v. 21, n. 1, p. 221–244, 2012.

FERNANDEZ-JURICIC, E.; ALVAREZ, E. V; MARTELLA, M. B. Vocalizations of blue-crowned conures (*Aratinga acuticaudata*) in the Chancani Reserve, Cordoba, Argentina. *Ornitologia Neotropical*, v. 9, n. Forshaw 1977, p. 31–39, 1998.

FORSHAW, J. M. *Parrots of the World*. [s.l: s.n.]. v. 2

GRID-PAPP, M. *SounRuler Acoustic Analysis*. Soucer Forge, 2007.

GUERRA, J. E. et al. Limited Geographic Variation in the Vocalizations of the Endangered Thick-Billed Parrot: Implications for Conservation Strategies. *The Condor*, v. 110, n. 4, p. 639–647, 2008.

LEAVESLEY, A. J.; MAGRATH, R. D. Communicating about danger: Urgency alarm calling in a bird. *Animal Behaviour*, v. 70, n. 2, p. 365–373, 2005.

MAGROSKI, L. M. et al. Where to release birds seized from illegal traffic? The value of vocal analyses and ecological niche modeling. *Perspectives in Ecology and Conservation*, p. 1–11, 2017.

MONTES-MEDINA, A. C.; SALINAS-MELGOZA, A.; RENTON, K. Contextual flexibility in the vocal repertoire of an Amazon parrot. *Frontiers in Zoology*, p. 1–13, 2016.

DE MOURA, L. N. DE. *Comportamento do Papagaio-do-mangue Amazona amazonica : gregarismo , ciclos nictemerais e comunicação sonora*. p. 133, 2007.

NOWICKI, S; HASSELQUIST, D.; BENSCH, S; PETERS; S. Nestling growth and song repertoire size in Great Reed Warblers: evidence for song learning as an indicator mechanism in mate choice. *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 267:2419–2424, 2000.

NOWICKI, S; PETERS, S.; PODOS J. Song learning, early nutrition and sexual selection in songbirds. *American Zoologist* 38:179–190. 1998.

SALINAS-MELGOZA, A.; WRIGHT, T. F. Evidence for Vocal Learning and Limited Dispersal as Dual Mechanisms for Dialect Maintenance in a Parrot. *PLoS ONE*, v. 7, n. 11, p. e48667, 2012.

SCHWING, R.; PARSONS, S.; NELSON, X. J. Vocal repertoire of the New Zealand kea parrot *Nestor notabilis*. *Current Zoology*, v. 58, n. 5, p. 727–740, 2012.

SICK, H. *Ornitologia Brasileira*. 3. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

SPENCER, K. A., K. L. BUCHANAN, A. R. GOLDSMITH, AND C. K. CATCHPOLE. Developmental stress, social rank and song complexity in the European Starling (*Sturnus vulgaris*). *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 271:S121– S123, 2004.

WRIGHT, T. F.; DAHLIN, C. R.; SALINAS-MELGOZA, A. Stability and change in vocal dialects of the yellow-naped amazon. *Animal Behaviour*, v. 76, n. 3, p. 1017–1027, 2008.

ZOLLINGER, S. A. et al. On the relationship between, and measurement of, amplitude and frequency in birdsong. *Animal Behaviour*, v. 84, n. 4, p. e1–e9, 2012.

CONCLUSÃO GERAL

Eupsittula cactorum possui um repertório vocal complexo, na qual as vocalizações, em sua maioria, apresentam apenas uma nota, e demonstrando estar ligado diretamente à organização social do bando. Estas vocalizações se caracterizaram como códigos vocais distintos entre si e ligados a comportamentos específicos, tornando a comunicação objetiva e clara, sem problemas de redundância semântica. Entretanto, este repertório se mostrou sensível a variantes nos códigos vocais durante o processo de aprendizagem, ocasionando variações regionais (dialetos) ao longo da distribuição de populações da espécie. Ter esse conhecimento é de fundamental importância para aplicação em processos práticos, como programas de soltura, em que, por meio da comparação das vocalizações dos indivíduos a serem soltos com as vocalizações de indivíduos selvagens das possíveis áreas destinadas à soltura, pode-se definir a melhor área para a execução do programa, aumentando a chance de sobrevivência dos indivíduos.

Apesar do periquito-do-sertão apresentar variações vocais regionais, o que a priori poderia diminuir o sucesso de processos de soltura, a espécie demonstrou ter uma comunicação altamente flexível. Pela necessidade de estabelecerem uma comunicação eficiente, os indivíduos experimentais convergiram vocalmente para um dialeto em comum durante o cativeiro e, após a soltura, reduziram as distâncias vocais em relação ao dialeto nativo da área que foram soltos, otimizando o processo de soltura e aumentando as suas chances de sobrevivência.

Tomando por base que esta e outra espécies de Psittaciformes utilizam a comunicação acústica como principal ferramenta para estabelecer laços e manter a organização social dos bandos, ter informações sobre comunicação vocal é um importante passo para tomar conhecimento sobre a biologia geral de uma espécie e principalmente para a execução de processos tão delicados como as solturas, reintroduções e translocações.

A sugestão prática deste trabalho é que, antes da realização de qualquer procedimento de solturas, translocações e reintroduções, os animais permaneçam juntos por pelo menos 30 dias e se faça uma avaliação, se possível, da integração social dos indivíduos, a fim de verificar se estes formaram um bando socialmente coeso. Além disso, sugere-se verificar a similaridade das vozes dos indivíduos do bando com o

dialeto presente na possível área de soltura, a fim de que o processo seja eficiente. Recomenda-se também um monitoramento dos animais após algum processo de soltura, translocamento ou reintrodução, a fim de se atestar a eficiência do processo, pois, como demonstrado no trabalho, cada bando tem sua particularidade comportamental e poderão ser necessárias ações diferenciadas para cada um em cada processo.