ANDRESSA BORSARI

**Uso de ferramentas por araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) e
identificação de causa-e-efeito por alguns psitacídeos neotropicais**

São Paulo

2010

ANDRESSA BORSARI

**Uso de ferramentas por araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) e
identificação de causa-e-efeito por alguns psitacídeos neotropicais**

Tese apresentada ao Instituto de
Psicologia da Universidade de
São Paulo como parte dos pré-
requisitos para obtenção do título
de Doutor em Psicologia.

Área de Concentração: Psicologia Experimental (Etologia)

Orientador: Eduardo Benedicto Ottoni

São Paulo
2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação
Biblioteca Dante Moreira Leite
Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

Borsari, Andressa.

Uso de ferramentas por araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) e identificação de causa-e-efeito por alguns psitacídeos neotropicais / Andressa Borsari; orientador Eduardo Benedicto Ottoni. -- São Paulo, 2010.

193 f.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Psicologia Experimental) – Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

1. Etologia animal 2. Psitacíformes 3. Cognição 4. Utilização de ferramentas I. Título.

QL751

Nome: Borsari, Andressa

Título: Uso de ferramentas por araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) e identificação de causa-e-efeito por alguns psitacídeos neotropicais

Tese apresentada ao Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo como parte dos pré-requisitos para obtenção do título de Doutor em Psicologia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura: _____

À minha mãe, com muito amor, e ao meu pai, com muita saudade, por terem me ensinado a apreciar a natureza e a maravilhar-me com seus detalhes.

Ao Felipe, com amor e admiração.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Eduardo Ottoni, por me orientar, estar sempre disponível e contribuir para o meu crescimento científico e intelectual.

À Fundação Lymington e toda sua equipe por abrirem suas portas para a realização desta e outras pesquisas em parceria conosco. Agradeço especialmente ao Carlos e à Nancy, pela grande ajuda e pelos agradáveis momentos que passamos juntos.

À Dra. Neiva Guedes e ao Projeto Arara Azul, por viabilizarem parte importante deste trabalho e em especial ao Cezar, com quem aprendi muito no Pantanal.

À Agnes Simidu, Carlos Eduardo Neves e Marcelo pela importante contribuição nas análises estatísticas.

Às Profas. Vera Bussab, Emma Otta e Partícia Izar pelo apoio de sempre.

Às pesquisadoras Cibele Biondo e Briseida Dôgo de Resende pela participação e valiosa contribuição durante o exame de qualificação.

À Cynthia Schuck-Paim e Renata Gama Santalla pela produtiva parceria e amizade.

À minha família, por valorizar meu trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

RESUMO

Borsari, A. (2010). *Uso de ferramentas por araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) e identificação de causa-e-efeito por alguns psitacídeos neotropicais*. Tese de Doutorado, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

A habilidade para produzir e usar ferramentas é um marco na evolução humana, mas outros animais também o fazem. Na maioria das vezes esse comportamento é atribuído a uma predisposição genética e não a evidências de que entendam as relações de causa e efeito envolvidas. Observamos araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) durante a manipulação e quebra de cocos (*Attalea dubia*, em cativeiro e *Acrocomia totai*, na natureza), encontrando evidências a uma tendência inata ao uso de ferramentas. Diferenças de técnica e proficiência entre jovens e adultos sugerem que o aperfeiçoamento exige aprendizagem. Os cocos são selecionados e descartados com algum critério pelas aves adultas. Aves selvagens usam apenas uma ferramenta, momentos antes da ruptura da cápsula, sugerindo que reduza o impacto. Aparentemente as ferramentas não diminuem o tempo de quebra, mas reduzem o número de cocos descartados. Todas as ferramentas materiais foram usadas do mesmo modo e apenas para a quebra de cocos, não havendo correlação entre o material, ordem e tempo de uso. O teste do *String Pulling* revelou que as araras azuis e outras espécies de psitacídeos são capazes de identificar relações de causa-e-efeito entre objetos relevantes para a resolução de problemas.

Palavras-chave: 1. Etologia animal 2. Psitaciformes 3. Cognição 4. Utilização de ferramentas

ABSTRACT

Borsari, A. (2010). *Tool use by hyacinth macaws (Anodorhynchus hyacinthinus) and identification of cause-and-effect relations by some neotropical psittacids*. Tese de Doutorado, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

The ability to produce and use tools is a milestone in human evolution, but other animals also do it. Most often this behavior is attributed to a genetic predisposition rather than to evidence that they understand cause-and-effect relations involved. We observed hyacinth macaws (*Anodorhynchus hyacinthinus*) during the handling and breaking of nuts (*Attalea dubia* in captivity and *Acrocomia totai* in nature), finding evidence for an innate tendency to use tools. Differences in technique and proficiency among young and adult birds suggest that tool use improvement requires learning. The nuts are selected and discarded with some criteria by adult birds. Frequently, wild birds used only one tool, moments before nut rupture, suggesting that the tool is used for impact reduction. Apparently the tools do not reduce the time needed for breaking the nut, but they seem to reduce the number of non-eaten nuts. All materials were used in the same manner and only to the breaking of nuts. There was no correlation between material, order and duration of tool use. The String Pulling test revealed that the birds are able to identify cause-and-effect relationship, as well as relevant properties of the physical world involved in the solution of the problem.

Key-words: 1. Animal Ethology 2. Psitaciformes 3. Cognition 4. Tool use

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Distribuição geográfica das três populações de araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) no Brasil: 1. Sudeste do Pará; 2. Fronteira entre os estados de Tocantins, Piauí, Maranhão e Bahia; 3. Pantanal englobando sul do Mato Grosso e noroeste do Mato Grosso do Sul.....41
- Figura 2 - Indivíduo cativo de arara azul (*A. hyacinthinus*) retirando uma lasca do poleiro a ser usada como ferramenta durante a quebra do coco de indaiá (*Attalea dubia*). Foto: Andressa Borsari.....49
- Figura 3 - Uso de ferramenta por arara azul (*A. hyacinthinus*) durante a quebra do coco de indaiá (*A. dubia*) em cativeiro: a) ave usa lasca de madeira como ferramenta (seta), b) coco de indaiá abertos por araras adultas, c) tentativas de quebra por araras jovens e d) larva de besouro encontrada dentro do coco. Foto: Andressa Borsari.....49
- Figura 4 - Indivíduo jovem de arara azul (*A. hyacinthinus*) usando a anilha de aço em sua perna durante a quebra de um pedaço de casca da castanha de indaiá (*Attalea dubia*). Foto: Andressa Borsari.....50
- Figura 5 - Casal de arara azul de Lear (*Anodorhynchus leari*) próximo ao seu ninho em paredão de arenito na Estação Ecológica do Raso da Catarina (BA). Foto: Andressa Borsari.....53
- Figura 6 - Uso de ferramenta por um macho cativo de arara azul de Lear (*A. leari*) durante a manipulação de um coco de indaiá (*A. dubia*): 1) a ave escolhe uma lasca de madeira, 2) posiciona a lasca de madeira e o coco em seu bico, 3) desloca-se em direção ao poleiro e 4) dá início à

tentativa (mal-sucedida) de quebra do coco, usando a lasca de madeira como ferramenta. Fotos: Andressa Borsari.....55

Figura 7 - Mapa da região do Pantanal. A seta indica a cidade de Miranda, local da base do Projeto Arara Azul, onde se realizou a etapa descritiva da pesquisa.....64

Figura 8 - Arara azul selvagem (*A. hyacinthinus*) alimentando-se na palmeira de bocaiúva (*Acrocomia totai*), no Pantanal Matogrossense. Foto: Andressa Borsari.....65

Figura 9 - Bando de araras azuis selvagens (*A. hyacinthinus*) alimentando-se de acuri (*Attalea phalerata*) em ceva montada para a filmagem de seu comportamento, no Pantanal Matogrossense. Foto: Andressa Borsari.....65

Figura 10 - Frutos de bocaiúva (*A. totai*) já comidos e descartados por arara azul (*A. hyacinthinus*), com a ferramenta usada ainda grudada. *A* e *C*: vistas frontal e posterior de um coco em que a ferramenta usada foi uma lasca da base da folha. *B* e *D*: vistas frontal e posterior de um coco em que ferramenta usada foi um pedaço de folíolo. Foto: Andressa Borsari.....70

Figura 11 - Proporção dos tipos de eventos registrados para as tentativas de quebra de bocaiúva (*A. totai*) por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal.....71

Figura 12 - Proporção dos registros de manipulação da bocaiúva (*A. totai*) atribuídos a indivíduos jovens e adultos de arara azul (*A. hyacinthinus*), no Pantanal.....73

Figura 13 - Proporção dos resultados obtidos por araras azuis (<i>A. hyacinthinus</i>) durante a manipulação da bocaiúva (<i>A. totai</i>), no Pantanal.....	75
Figura 14 - Fruto de bocaiúva largado por arara azul logo depois de ter sido selecionado do cacho. É possível notar a marca do bico da ave no exocarpo do fruto. Foto: Andressa Borsari.....	77
Figura 15 - Proporção do uso de ferramentas durante o registro da manipulação da bocaiúva (<i>A. totai</i>) por araras azuis (<i>A. hyacinthinus</i>), no Pantanal.....	78
Figura 16 - Proporção dos resultados (comeu ou largou) em relação ao uso de ferramentas durante a manipulação da bocaiúva (<i>A. totai</i>) por araras azuis (<i>A. hyacinthinus</i>), no Pantanal.....	79
Figura 17 - Proporção dos tipos de materiais usados como ferramentas por araras azuis (<i>A. hyacinthinus</i>) durante a manipulação da bocaiúva (<i>A. totai</i>), no Pantanal.....	80
Figura 18 - Freqüência do número máximo de ferramentas usadas durante a manipulação de cocos de bocaiúva (<i>A. totai</i>) por araras azuis (<i>A. hyacinthinus</i>), no Pantanal.....	81
Figura 19 - Freqüência de uso dos materiais de acordo com a ordem em que foram empregados como ferramentas durante a manipulação da bocaiúva (<i>A. totai</i>) por araras azuis (<i>A. hyacinthinus</i>), no Pantanal.....	83
Figura 20 - Tempo médio de uso das ferramentas de acordo com seu material durante a manipulação da bocaiúva (<i>A. totai</i>) por araras azuis (<i>A. hyacinthinus</i>), no Pantanal.....	84

Figura 21 – Boxplot do tempo de abertura dos cocos por tratamento (0 = SF, sem ferramentas disponíveis e 1 = CF, com ferramentas disponíveis).....	119
Figura 22 – Boxplot do tempo de abertura dos cocos por indivíduo (1 = Barney, 2 = Safira, 3 = Simon e 4 = Hillary).....	119
Figura 23 – Boxplot do tempo de abertura dos cocos por indivíduo em cada tratamento (1.0 = Barney em SF, 2.0 = Safira em SF, 3.0 = Simon em SF, 4.0 = Hillary em SF, 1.1 = Barney em CF, 2.1 = Safira em CF, 3.1 = Simon em CF, 4.1 = Hillary em CF).....	121
Figura 24 – Boxplot do tempo de abertura dos cocos por etapa experimental.....	123
Figura 25 – Boxplot do tempo de abertura dos cocos por sexo (a esquerda) e por idade.....	125
Figura 26 – Frequência do uso de ferramentas em CF, por indivíduo.....	128
Figura 27 – Histograma da frequência dos valores médios de tempo de uso da folha.....	131
Figura 28 – Histograma da frequência dos valores médios de tempo de uso da lasca.....	131
Figura 29 – Dispersão das mediadas de tempo de uso das ferramentas de acordo com a ordem em que foram usadas.....	133
Figura 30 – Representação das tarefas do teste do <i>string pulling</i> apresentadas aos indivíduos de três espécies de psitacídeos neotropicais (<i>A. leari</i> , <i>A. hyacinthinus</i> e <i>A. aestiva</i>) durante as fases I e II. Os cordões foram amarados ao piso do alambrado dos viveiros suspensos, conforme	

ilustrado. As dimensões dos cordões e da recompensa alimentar (um amendoim com casaca) foram exageradas em relação ao tamanho dos viveiros por questões didáticas. Em **d**, **e** e **f** os cordões foram amarrados ao alambrado a aproximadamente quinze centímetros de distancia um do outro. Em **f** o detalhe representa a visão do sujeito (olhando por cima) do apoio usado para cruzar os cordões. A fim de tornar o caminho formado por cada cordão mais evidente, em **e** e **f** cada cordão foi tingido com uma cor diferente. Ilustração reproduzida de Schuck-Paim et al., 2009.....150

Figura 31 – Exemplo da sequencia típica de ações desempenhada por araras azuis (*A. hyacinthinus*) dos Viveiros 3 e 4 durante o teste do *string pulling* (Ilustração de Wladimir J. Alonso, reproduzida de Schuck-Paim et al., 2009).....158

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Número de episódios (períodos durante os quais a ave manipulou o mesmo item alimentar), tipo de alimento manipulado (encapsulado ou não encapsulado), número de cocos de indaiá abertos com sucesso, tempo médio gasto em tentativas para abrir o coco de indaiá, em minutos (medidos do momento em que a ave pegava o coco da mão da experimentadora até a abertura ou descarte do coco) e ocorrência ou não ocorrência de uso de ferramentas durante a manipulação do alimento (respectivamente: F ou SF), por sujeito.....46
- Tabela 2 - Etograma I: Descrição das categorias comportamentais obtidas durante o registro de *A. anodorhynchus* alimentando-se nas palmeiras de bocaiúva (*Acrocomia totai*), no Pantanal.....66
- Tabela 3 - Sessões de observação, número de indivíduos (os números entre parênteses representam, respectivamente, a quantidade de adultos e jovens) e localidade (*HS*, Hotel Sede; *BQ*, Braquiária Queimada; *A*, Alojamento e *M*, Mina).....72
- Tabela 4 - Atividades desempenhadas por araras azuis (*A. hyacinthinus*) durante a manipulação do fruto da bocaiúva (*A. totai*), no Pantanal. *N* = número de registros completos, *Min.* = tempo mínimo gasto na atividade, *Máx.* = tempo máximo gasto na atividade, *Méd.* = tempo médio gasto na atividade e *dp* = desvio padrão. O tempo foi medido em segundos.....74
- Tabela 5 - Tempo de manipulação total de cocos de bocaiúva (*A. totai*) comidos e largados por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal. *N* = número de registros completos, *Min.* = tempo mínimo de manipulação total, *Máx.* = tempo máximo de manipulação total, *Méd.* = tempo médio de

manipulação total e dp = desvio padrão. O tempo foi medido em segundos. Apenas eventos completos foram considerados.....75

Tabela 6 - Distribuição dos cocos de acuri (*A. totai*) largados e comidos de acordo com o número máximo de ferramentas empregadas durante a sua manipulação por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal. Apenas eventos completos foram considerados.....81

Tabela 7 - Ordem e tempo de uso das ferramentas durante a manipulação do coco de bocaiúva (*A. totai*) por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal. N = número de registros completos, $Min.$ = tempo de uso mínimo, $Máx.$ = tempo de uso máximo, $Méd.$ = tempo de uso médio e dp = desvio padrão. O tempo foi medido em segundos. Apenas eventos completos foram considerados.....83

Tabela 8 – Informação sobre os sujeitos experimentais.....93

Tabela 9 – Delineamento experimental: número de sessões por etapa, segundo o tipo de tratamento (CF: com ferramentas, SF: sem ferramentas) por indivíduo. Em cada sessão foi oferecido um coco de indaiá (*A. dubia*).....95

Tabela 10 – Etograma II: descrição das categorias comportamentais de *A. hyacinthinus* em cativeiro durante a manipulação do coco de indaiá (*A. dubia*).....96

Tabela 11 – Medidas de posição e dispersão das características dos cocos de palmeiras diferentes. P = peso dos cocos (g), $d.menor$ = Diâmetro Menor dos cocos (cm), $d.maior$ = Diâmetro Maior dos cocos (cm), $Formato$ = $d.menor/d.maior$ (cm).....104

Tabela 12 – Medidas de posição e dispersão das características dos cocos oferecidos aos indivíduos. P = peso dos cocos (g), $d.menor$ = Diâmetro

Menor dos cocos (cm), d.maior = Diâmetro Maior dos cocos (cm),
Formato = d.menor/d.maior (cm).....105

Tabela 13 – Medidas de posição e dispersão das características dos cocos nas diferentes etapas experimentais. P = peso dos cocos (g), d.menor = Diâmetro Menor dos cocos (cm), d.maior = Diâmetro Maior dos cocos (cm), Formato = d.menor/d.maior (cm).....107

Tabela 14 – Estimativa dos pesos dos cocos distribuídos entre etapas. LI = limite inferior e LS = limite superior.....107

Tabela 15 – Medidas de posição e dispersão das características dos cocos nos diferentes tratamentos experimentais. SF = tratamento sem ferramentas disponíveis, CF = tratamento com ferramentas disponíveis, P = peso dos cocos (g), d.menor = Diâmetro Menor dos cocos (cm), d.maior = Diâmetro Maior dos cocos (cm), Formato = d.menor/d.maior (cm).....109

Tabela 16 – Peso médio (em g) e desvio padrão (dp) de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, NC = cocos não comidos.....110

Tabela 17 – Diâmetro Menor médio (d.menor em cm) e desvio padrão (dp) de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, NC = cocos não comidos.....110

Tabela 18 – Diâmetro Maior médio (d.maior em cm) e desvio padrão (dp) de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, NC = cocos não comidos.....111

Tabela 19 – Formato médio (razão entre Diâmetro Menor e Maior, em cm) e desvio padrão (dp) de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, NC = cocos não comidos.....111

Tabela 20 – Medidas de posição e dispersão do peso dos cocos de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, L = cocos largados, P = cocos perdidos.....	112
Tabela 21 – Comparação entre as estimativas de peso dos cocos de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, L = cocos largados, P = cocos perdidos.....	112
Tabela 22 – Medidas de posição e dispersão do Diâmetro Menor dos cocos de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, L = cocos largados, P = cocos perdidos.....	113
Tabela 23 – Medidas de posição e dispersão do Diâmetro Maior dos cocos de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, L = cocos largados, P = cocos perdidos.....	113
Tabela 24 – Medidas de posição e dispersão do Formato dos cocos de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, L = cocos largados, P = cocos perdidos.....	113
Tabela 25 – Medidas de posição e dispersão das características dos cocos e tempo de quebra dos cocos comidos pelas araras. Abrir = tempo gasto pelas aves para abrir o coco em segundos, P = peso dos cocos (g), d.menor = Diâmetro Menor dos cocos (cm), d.maior = Diâmetro Maior dos cocos (cm), Formato = d.menor/d.maior (cm).....	114
Tabela 26 – Medidas de posição e dispersão do tempo de manipulação total dos cocos em segundos, de acordo com os resultados obtidos pelos sujeitos, por tratamento. C = cocos comidos, L = cocos largados, P = cocos perdidos, SF = tratamento sem ferramentas disponíveis, CF = tratamento com ferramentas disponíveis.....	115
Tabela 27 – Medidas de posição e dispersão do tempo de manipulação total dos cocos em segundos, de acordo com os resultados obtidos pelos sujeitos,	

por tratamento. C = cocos comidos, NC = cocos não comidos, SF = tratamento sem ferramentas disponíveis, CF = tratamento com ferramentas disponíveis.....116

Tabela 28 – Medidas de posição e dispersão obtidas, por indivíduo e para o grupo de araras, nas várias atividades envolvidas na manipulação do coco de indaiá, por tratamento. Desc = tempo gasto pela arara para descascar o coco, 1ª Ferr. = tempo gasto pela arara até usar a primeira ferramenta, Abrir = tempo de quebra do coco, Comer = tempo para consumir o endocarpo do coco, N. Rel. = tempo gasto pela arara em “comportamentos não relacionados” à quebra da cápsula, M. Total = tempo de manipulação total do coco, SF = tratamento sem ferramentas disponíveis, CF = tratamento com ferramentas disponíveis. Tempo medido em segundos.....117

Tabela 29 – Estimativa dos parâmetros do modelo (1).....120

Tabela 30 – Efeitos aleatórios individuais de cada arara obtidos a partir do modelo (1).....121

Tabela 31 – Estimativa dos parâmetros do modelo (2).....122

Tabela 32 – Efeitos aleatórios individuais de cada arara obtidos a partir do modelo (2).....122

Tabela 33 – Tempo médio de abertura dos cocos por etapa experimental.....122

Tabela 34 – Estimativa dos parâmetros do modelo (3).....123

Tabela 35 – Efeitos aleatórios individuais de cada arara obtidos a partir do modelo (3).....123

Tabela 36 – Tempo médio de abertura dos cocos por sexo.....	124
Tabela 37 – Tempo médio de abertura dos cocos por idade.....	124
Tabela 38 – Tempo de manipulação total dos cocos de acordo com o resultado obtido pelas araras (C = comeu, NC = não comeu), segundo o uso ou não de ferramentas no tratamento CF (com ferramentas disponíveis).....	126
Tabela 39 – Tempo de manipulação total de cocos comido (C), largados (L) e perdidos (P), segundo o uso ou não de ferramentas no tratamento CF (com ferramentas disponíveis).....	127
Tabela 40 – Frequência absoluta e relativa dos tipos de materiais usados como ferramentas, por indivíduo.....	128
Tabela 41 – Medidas de posição e dispersão do número de ferramentas usadas por coco (Ferr./coco) e do tempo de uso das ferramentas (T. uso, em segundos), por sujeito.....	129
Tabela 42 – Frequências e proporções dos diversos materiais usados como ferramentas de acordo com a ordem em que foram.....	129
Tabela 43 – Medidas de posição e dispersão para o tempo de uso das ferramentas “lasca” e “folha”.....	130
Tabela 44 – Medidas de posição e dispersão para o tempo de uso das ferramentas de acordo com a ordem em que foram usadas.....	132

Tabela 45 – Espécies e sujeitos testados nas tarefas do teste do <i>string pulling</i> e seus respectivos habitat, hábitos, viveiros, nomes, sexo e origem. M =macho, F = fêmea, C = nascido em cativeiro e N = nascido na natureza.....	144
Tabela 46 – Descrição dos comportamentos registrados em cativeiro durante o teste do <i>string pulling</i>	153
Tabela 47 – Resumo dos principais resultados encontrados por espécie e viveiro.....	170
Tabela 48 – Medidas de desempenho no Teste 2 (o primeiro teste em que o amendoim era amarrado ao cordão): A. tempo para completar tarefa, B. medida de quão mais freqüente comportamentos eficientes foram desempenhados em relação a comportamentos ineficientes – ver “Análise dos Dados”, e C. tempo total de interação com o cordão.....	171
Tabela 49 – Freqüências com as quais os sujeitos puxaram e recuperaram os cordões nos testes experimentais.....	172

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	24
1. Introdução.....	25
1.1 Uso de ferramentas: definições e tipos	25
1.2 Uso de ferramentas: exemplos e distribuição no Reino Animal	28
1.3 Uso de ferramentas e resolução de problemas: implicações na cognição...	35
1.4 Estrutura da Tese.....	37
 CAPÍTULO I.....	 39
2 Observações preliminares de uso de ferramentas por araras azuis (<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i>) em cativeiro.....	41
2.1 Introdução.....	41
2.2 Métodos.....	43
2.2.1 Local de estudo e sujeitos experimentais.....	43
2.2.2 Procedimento.....	44
2.3 Resultados.....	45
2.3.1 Descrição do uso de ferramentas por araras azuis.....	47
2.3.2 Diferenças entre jovens e adultos.....	48
2.4 Discussão e conclusão.....	50
 CAPÍTULO II.....	 57
3 Estudo descritivo e experimental do uso de ferramentas por araras azuis (<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i>).....	58
3.1 Introdução.....	58
3.2 Estudo descritivo.....	61
3.2.1 Métodos.....	62
3.2.1.1 Local de estudo.....	62
3.2.1.2 Observação do comportamento.....	63
3.2.1.3 Parâmetros avaliados.....	67
3.2.1.4 Limitações.....	67
3.2.1.5 Estimativa da faixa etária das aves.....	68
3.2.1.6 Análise dos dados.....	69
3.2.2 Resultados.....	69

3.2.2.1 Descrição do uso de ferramentas por araras azuis selvagens no Pantanal durante a quebra da bocaiúva.....	69
3.2.3 Discussão.....	84
3.3 Estudo Experimental.....	89
3.3.1 Métodos.....	91
3.3.1.1 Local de estudo e limitações.....	91
3.3.1.2 Sujeitos experimentais.....	92
3.3.1.3 Hipóteses.....	93
3.3.1.4 Delineamento experimental.....	94
3.3.1.5 Cocos oferecidos.....	96
3.3.1.6 Parâmetros avaliados.....	97
3.3.1.7 Análise dos dados.....	97
3.3.1.7.1 Distribuição dos cocos segundo suas características.....	98
3.3.1.7.2 Proficiência de acordo com as características dos cocos.....	98
3.3.1.7.3 Efeito dos tratamentos (SF e CF): teste das hipóteses.....	99
3.3.1.7.4 Ordem da ferramenta e tempo de uso...	102
3.3.1.7.5 Ordem da ferramenta e tipo de material usado.....	102
3.3.1.7.6 Tipo de ferramenta e tempo de uso.....	102
3.3.2 Resultados.....	103
3.3.2.1 Distribuição dos cocos segundos suas características.....	104
3.3.2.1.1 Entre palmeiras.....	104
3.3.2.1.2 Entre indivíduos.....	105
3.3.2.1.3 Entre etapas.....	106
3.3.2.1.4 Entre tratamentos.....	108
3.3.2.2 Proficiência de acordo com as características dos cocos.....	110
3.3.2.3 Efeito dos tratamentos (SF e CF).....	114
3.3.2.4 Resultados no tratamento com ferramentas disponíveis (CF).....	126

3.3.3 Discussão e Conclusão.....	132
CAPÍTULO III.....	138
4 Identificação de causa-e-efeito por alguns psitacídeos neotropicais.....	139
4.1 Introdução.....	139
4.2 Métodos.....	143
4.2.1 Sujeitos experimentais.....	143
4.2.2 Desenho experimental.....	145
4.2.2.1 Fase I.....	145
4.2.2.1.1 Teste 1 (T1).....	145
4.2.2.1.2 Teste 2 (T2).....	146
4.2.2.1.3 Teste 3 (T3).....	146
4.2.2.1.4 Teste 4 (T4)..	147
4.2.2.2 Fase II.....	147
4.2.2.2.1 Teste 5 (T5).....	148
4.2.2.2.2 Teste 6 (T6).....	149
4.2.2.3 Procedimento.....	151
4.2.2.4 Análise dos dados.....	154
4.3 Resultados e discussão.....	157
4.3.1 Araras azuis de Lear (<i>Anodorhynchus leari</i> , Viveiros 1 e 2).....	159
4.3.1.1 Desempenho entre tentativas.....	159
4.3.1.2 Respostas entre testes: comportamento direcionado a uma meta.....	160
4.3.1.3 Discriminação de continuidade física.....	161
4.3.1.4 Paradigma dos cordões cruzados.....	162
4.3.2 Araras azuis (<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i> , Viveiros 3 e 4).....	162
4.3.2.1 Desempenho entre tentativas.....	163
4.3.2.2 Respostas entre testes: comportamento direcionado a uma meta.....	164
4.3.2.3 Discriminação de continuidade física.....	165
4.3.2.4 Paradigma dos cordões cruzados.....	166
4.3.3 Papagaio verdadeiro (<i>Amazona aestiva</i> , Viveiro 5).....	166
4.3.3.1 Desempenho entre tentativas.....	166
4.3.3.2 Respostas entre testes: comportamento direcionado a uma meta.....	168

4.3.3.3 Discriminação de continuidade física.....	168
4.3.3.4 Paradigma dos cordões cruzados.....	169
4.4 Conclusão.....	173
5. RESUMO DOS RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	179
REFERÊNCIAS.....	182

Introdução

1. Introdução

1.1. *Uso de ferramentas: definições e tipos*

A definição de “ferramenta” é controversa (Shettleworth, 2009), frequentemente arbitrária ou subjetiva e algumas vezes antropocêntrica, já que remete à nossa própria evolução cognitiva e era considerada há até pouco tempo, uma característica que diferenciava os seres humanos de outros animais. Ao longo dos anos, os pesquisadores do comportamento animal fizeram uso de alguma versão das definições existentes e recentemente algumas revisões têm sido sugeridas (para uma revisão mais completa sobre as definições de uso de ferramentas, ver Bentley-Condit & Smith, 2010).

Em 1972, Alcock definiu o uso de ferramentas como sendo a manipulação de um objeto inanimado, não manufaturado internamente, com o efeito de melhorar a eficiência do animal em alterar a posição ou a forma de algum objeto avulso. Simultaneamente, em uma série de trabalhos, Boswall (1977a-d, 1978, 1982, 1983) fez distinção entre uso de ferramentas “verdadeiro” e “limítrofe”: *ferramentas verdadeiras* seriam objetos manipulados pelos animais e não apenas partes do substrato, enquanto *ferramentas limítrofes* continuavam fazendo parte do substrato. Por exemplo, um galho de árvore quebrado e usado por um indivíduo seria considerado uma ferramenta verdadeira enquanto um galho que permanecesse conectado à árvore seria uma ferramenta limítrofe.

Pouco tempo depois, Beck (1980) refinou e ampliou as definições existentes, descrevendo o uso de ferramentas como o emprego de um objeto presente no ambiente para alterar mais eficientemente a forma, a posição ou a condição de outro objeto, outro organismo ou do próprio usuário quando este segura ou carrega a ferramenta durante seu uso, ou imediatamente antes de usá-la e é responsável pela sua orientação apropriada e eficaz. Seu trabalho não apenas ofereceu uma definição mais precisa de uso e manufatura de ferramentas, como também apresentou um dos primeiros catálogos de espécies desempenhando usos “verdadeiros e limítrofes” de ferramentas.

Enquanto muitos pesquisadores se utilizaram da definição de Beck (1980), outros a modificaram. Pierce (1986) excluiu o uso social de ferramentas, ou seja, a manipulação de outro(s) indivíduo(s) vivo(s) enquanto ferramenta. Uma formiga que atravessasse uma poça d'água sobre uma "balsa" (a ferramenta) formada por várias outras formigas agarradas entre si seria um exemplo de uso social (Beck, 1980). Pierce (1986) incluiu o termo "objetos inanimados do ambiente modificados estruturalmente", o que permitiu a inclusão de ninhos e escavações feitas por insetos. Mais recentemente, St. Amant e Horton (2008) propuseram uma definição mais explicativa, com duas subcategorias de comportamentos: aqueles direcionados à alteração de um objeto-alvo através de meios mecânicos dinâmicos e aqueles mediando informação entre o animal que usa a ferramenta e o meio ambiente ou outros organismos neste meio ambiente. Assim, o uso de ferramentas foi definido por esses autores como sendo o controle sobre um objeto externo livremente manipulável (a ferramenta) com o objetivo de (1) alterar as propriedades físicas de outro objeto, substância, superfície ou meio (o alvo, o qual poderia ser o próprio animal usando a ferramenta ou ainda outro organismo) via interação mecânica dinâmica, ou (2) mediar o fluxo de informação entre o animal usando a ferramenta e o ambiente ou outro organismo. A primeira parte desta definição inclui a maioria dos comportamentos já anteriormente considerados por outros autores como uso de ferramentas. Entretanto, a segunda parte inclui comportamentos durante os quais a ferramenta atua como mediador da relação entre o animal e o ambiente – uma mudança na perspectiva de Beck (1980). A segunda parte da definição de St. Amant e Horton (2008) também inclui o uso de ferramentas para influenciar ou alterar a percepção que um organismo tem a respeito do ambiente. Assim, em adição à alteração de aspectos físicos do ambiente, os autores explicitamente incluem o uso de ferramentas relacionado aos sentidos e à comunicação. Em resumo, os autores mantiveram os princípios fundamentais da definição de Beck (1980), mas adicionaram componentes acerca do "fluxo dinâmico de informação".

Na tentativa de mesclar estas definições, Bentley-Condit e Smith (2010) partiram da definição de Beck (1980), mas assim como Pierce (1986), excluíram o uso social de ferramentas. Porém, diferentemente deste autor, excluíram ninhos e escavações. Portanto, usam basicamente a definição de St. Amant e Horton (2008), na qual a construção de ninhos por aves (ou outros animais) não é considerada uso de ferramentas já que o ninho não é dinâmico. Contudo, Bentley-Condit e Smith

(2010) discordam de St. Amant e Horton (2008) no que deve ser considerado dinâmico. Pela definição de St. Amant e Horton (2008), a pilha de caixotes armada por um chimpanzé (*Pan troglodytes*) no exemplo clássico de Köhler (1925), a qual era escalada pelo animal na tentativa de alcançar uma recompensa alimentar colocada ao alto, poderia ser decomposta em dois comportamentos *estáticos* separados – empilhar os caixotes e escalá-los – sendo que nenhum dos dois isoladamente poderia ser concebido como uso de ferramentas, já que durante essas ações os caixotes permanecem imóveis. Se, em contrapartida, o chimpanzé tivesse usado o caixote para nocautear o alimento ao chão, estaria desempenhando um comportamento dinâmico e, portanto, usando o caixote como uma ferramenta de acordo a definição proposta por St. Amant e Horton (2008). De modo semelhante, ao encaixar dois pedaços de cano criando um longo bastão para alcançar o alimento (outro experimento clássico de Köhler, 1925), o chimpanzé desempenhava um comportamento dinâmico, e assim, estaria usando uma ferramenta, comportamento este que, para St. Amant e Horton (2008) seria essencialmente diferente do ato de empilhar caixotes. Esse exemplo expõe a subjetividade em se fazer distinções sobre os tipos de uso de ferramentas. Para Bentley-Condit e Smith (2010), tanto o encaixe de dois pedaços de cano, resultando em um bastão, quanto o empilhamento de caixotes, resultando em uma torre, devem ser considerados exemplos de manufatura e uso de ferramentas. Se a montagem de um bastão pode ser vista como um “braço artificial”, o qual amplia o alcance do chimpanzé, a torre criada pelo empilhamento dos caixotes pode ser vista como uma “perna artificial”, a qual produz o mesmo efeito. Assim, a distinção na classificação do que deve e não deve ser considerado uso de ferramentas é ainda um tanto quanto confusa e até mesmo definições mais modernas têm suas limitações. A definição de Bentley-Condit e Smith (2010) é muito semelhante à de St. Amant e Horton (2008), porém com alguma flexibilidade no que deve ser considerado comportamento “dinâmico”.

No presente trabalho, que tratou principalmente do uso de ferramentas por araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) durante a quebra de castanhas, optamos por adotar a definição mais moderna de St. Amant e Horton (2008), pois consideramos relevante a adição feita por esses autores no que se refere ao uso de ferramentas para influenciar ou alterar a percepção que um organismo tem a respeito do ambiente, contudo acatamos as ressalvas de Bentley-Condit e Smith (2010), já explicadas.

Além de revisarem a definição de uso de ferramentas, Bentley-Condit e Smith (2010) apresentam um catálogo atualizado sobre a distribuição deste comportamento no Reino Animal, o que não havia sido feito desde a publicação do trabalho de Beck (1980). Para tanto, classificaram dados obtidos de uma extensa revisão bibliográfica, excluindo relatos anedóticos e exemplos que incluíssem uso social de ferramentas, de acordo com Filo e Classe. O uso de ferramentas foi então rotulado em dez categorias: *Preparo do Alimento* (uso de ferramenta para preparar, mas não para extrair, o alimento), *Extração do alimento* (ferramenta usada para acessar alimento encapsulado e não imediatamente disponível), *Transporte de Alimento e/ou Água*, *Captura de Alimento* (capturar, sem extração), *Manutenção do Corpo* (uso de ferramentas afetando o corpo ou a aparência física), *Seleção de Parceiros* (apenas os casos em que a ferramenta é indubitavelmente usada para afetar o comportamento do parceiro em potencial), *Construção de abrigo* (uso de ferramentas na construção de um abrigo), *Defesa contra predadores*, *Agonismo* (atirar ou deixar cair objetos em outro indivíduo) e *Outro* (ferramentas que não se encaixam facilmente nas outras definições). Um ponto interessante que emergiu da confecção deste catálogo é que o uso de ferramentas ocorre em uma variedade enorme de espécies em uma diversidade de contextos.

1.2. Uso de ferramentas: exemplos e distribuição no Reino Animal

Citando apenas alguns exemplos temos: a aranha do gênero *Ariadna* ao dispor pequenos cristais de quartzo em sua teia, os quais parecem amplificar a vibração produzida pela presa e facilitar a sua localização (Henschel, 1995); o abutre egípcio, *Neophron percnopterus*, ao golpear pedras contra os imensos e duros ovos de avestruz, *Struthio camelus* (Boswall, 1977a); a lontra, *Enrhydra lutris*, ao usar pedras para quebrar conchas de moluscos (Hall & Schaller, 1964); o tentilhão pica-pau (*Cactospiza pallida*) ao inserir gravetos em troncos podres para capturar larvas de insetos (Teblich, Taborsky, Fessl & Blomqvist, 2001); o corvo da Nova Caledônia (*Corvus moneduloides*) ao fabricar ganchos de madeira e uma ferramenta denteada de folha de pandanus (*Pandanus* sp) também para capturar larvas de insetos (Hunt, 1996); o elefante asiático, *Elephas maximus* (Hart, Hart, McCoy & Sarath,

2001), ao abanar galhos para espantar moscas e o golfinho, *Tursiops* sp, ao dispor pedaços de esponja-do-mar ao redor do focinho para protegê-lo enquanto fuça o substrato por alimento (Smolker, Richards, Connor, Mann & Berggren, 1997) e Krützen et al., 2005).

No catálogo de Bentley-Condit e Smith (2010) estão representados três Filos do Reino Animal: *Arthropoda*, *Mollusca* e *Chordata*, e oito Classes: *Arachnida* (aranhas), *Insecta* (insetos), *Malacostraca* (a maioria dos crustáceos), *Gastropoda* (moluscos que podem ou não ter concha externa), *Cephalopoda* (moluscos de concha interna), *Actinopterygii* (peixes com nadadeiras sustentadas por “raias”), *Aves* (aves) e *Mammalia* (mamíferos). Numericamente estão representadas mais aves (277 espécies), seguidas por mamíferos (65) e estas são também as únicas duas Classes que usam ferramentas nas dez categorias citadas anteriormente. Apesar de aves e mamíferos apresentarem os dez tipos de uso de ferramentas, as suas proporções variam: as aves o fazem principalmente na manutenção do corpo (46,2%), extração de alimento (23,8%) e preparação do alimento (20,9%), enquanto os mamíferos; principalmente para capturar alimento (41,5%), extrair alimento (40%), na manutenção do corpo (36,9%) e em situações agonísticas (24,6%).

O uso de ferramentas ocorre dentro de um contínuo que vai do largamente estereotipado e inato (na maioria dos casos) até o largamente flexível e aprendido. As espécies que são capazes de executar comportamentos que se encaixam na extremidade “flexível” do contínuo, com diversos tipos de usos de ferramentas em contextos diferentes, são aquelas às quais geralmente se atribui maior inteligência, relacionada à maior capacidade de aprender (Resende, 2004). Considerando todas as Classes, Bentley-Condit e Smith (2010) verificaram que a maioria dos animais (84,7%) desempenha apenas um tipo de uso (principalmente na manutenção do corpo ou na preparação/aquisição de alimento). Se levarmos em consideração as espécies que usam um ou dois tipos de ferramentas, a proporção sobe para 97,1% a 100% dos casos, com exceção de *Mammalia* para a qual apenas 76,9% das entradas apresentaram um ou dois tipos de uso. Na verdade, a Ordem *Primata*, na qual encontramos espécies com muitos tipos de uso, é responsável por essa diferença entre *Mammalia* e os outros grupos. Excluindo-se os primatas do catálogo, todas as entradas para *Mammalia* incluem apenas um ou dois tipos de uso de ferramentas por espécie. Para a Ordem *Primata*, um ou dois tipos de uso de ferramentas constituíram apenas 65,1% e a proporção de três ou mais tipos de uso

de ferramentas é muito maior para *Primata* (34,8%) do que para todos os outros mamíferos (0%) e aves (2,4%, excluindo-se os Passeriformes, e 3,1% para *Passeriformes*).

Dentre os primatas não-humanos, existem relatos de uso de ferramentas para todos os grandes pongídeos (chimpanzés, *Pan troglodytes*; bonobos, *Pan paniscus*; gorilas, *Gorilla gorilla* e orangotagos, *Pongo pygmeus*) em cativeiro (Whitten et al., 1999; Savage-Rumbaugh & Lewin, 1994; Tomasello & Call, 1997). Na natureza, os chimpanzés (nossos parentes mais próximos), são os que mais produzem e usam ferramentas. Entre outras atividades, inserem folhas de lianas ou cabos de gramíneas em cupinzeiros ou formigueiros para “pescar” os insetos que são então devorados (Goodall, 1971). Usam um tipo diferente de bastão para penetrar colméias em busca de mel, ou para extrair o tutano de ossos (Byrne, 1995). Mastigam maços de folhas até que sejam reduzidos a uma massa que possa ser usada como esponja para absorver água da chuva de lugares que não conseguem acessar com os lábios (Goodall, 1971). Abrigam-se da chuva usando folhas de bananeiras e usam outros tipos de folhas para higiene pessoal (Goodall, 1971; McGrew, 1992). Muitos desses objetos são encontrados e muitos outros são manufaturados pelos chimpanzés. Um dos mais elaborados exemplos de uso de ferramentas por chimpanzés selvagens é a quebra de castanhas duras com o auxílio de “martelos” e “bigornas” (Boesch & Boesch, 1983; Mc Grew, 1992). Grandes pedras dispostas no chão da floresta são usadas como bigornas durante a quebra de castanhas de *Panda* ou *Coula*, as quais são cuidadosamente posicionadas em sua superfície para então serem golpeadas pelo chimpanzé, que usa um seixo arredondado ou um pedaço de madeira como martelo para quebrá-la. Nem todas as populações de chimpanzés desempenham essas atividades da mesma maneira. A quebra de castanhas com martelo e bigorna, por exemplo, foi observada em todas as regiões estudadas em uma grande área do Oeste da África, mas é totalmente desconhecida no Leste e ao Centro, apesar de castanhas e pedras estarem igualmente disponíveis em todas as localidades. A pesca de formigas e cupins com gravetos é comum em Gombe, não é encontrada a 130 km de distância, em Mahale, mas aparece no Monte Assirik, há milhares de quilômetros, no Senegal. Essa distribuição errática sugere ao menos duas possibilidades: a de que todas as populações de chimpanzés exibam esse comportamento, mas algumas delas o desempenhem tão esporadicamente que ainda não foram feitos relatos sobre isso,

ou a de que os diferentes usos de ferramentas surgiram várias vezes nas diferentes populações – o que também significa que haja uma forte tendência inata a esse tipo de coisa. Mas em nenhum desses casos seria possível que cada indivíduo de chimpanzé inventasse a técnica por si só: algum tipo de transmissão social do comportamento a partir de um ponto de origem é certa, assim como na transmissão cultural humana, e por esse motivo, foi chamada de “cultura material” em chimpanzés (McGrew, 1992 e Whiten et al, 1999, mas ver van Shaik, 2003 e Frigaszy & Perry, 2003 para um debate a respeito da validade de se aplicar o termo “cultura” ao comportamento visto nos animais).

Curiosamente, pesquisas têm evidenciando que um macaco do Novo Mundo, o macaco-prego (*Cebus appela*) e um macaco da Tailândia, o macaco-comedor-de-caranguejo (*Macaca fascicularis*), distantes filogeneticamente do chimpanzé e entre si, também exibem tipos variados de uso de ferramentas na natureza.

Apesar da habilidade de macacos-prego para a manipulação complexa de objetos ser há muito conhecida, ela era comumente atribuída a condições artificiais de laboratório. Já se sabia, por exemplo, que o uso de martelos e bigornas para abrir castanhas podia ser induzido experimentalmente, mas não se esperava encontrá-lo na natureza porque se acreditava que macacos do Novo Mundo fossem completamente arbóreos (Ottoni & Izar, 2008). Entretanto, macacos-prego também são terrestres, capazes de se deslocar em postura bípede enquanto carregam objetos em suas mãos, e o uso de ferramentas nesta espécie tem sido relatado tanto em semi-liberdade (Ottoni & Mannu, 2001) como na natureza (Fragaszy, Izar, Visalberghi, & Ottoni, 2004). Apesar de não haver relatos de uso de ferramentas por macacos-prego em ambientes de floresta, nos últimos anos, o uso regular de martelos e bigornas na quebra de castanhas, assim como outras formas de uso de ferramentas, tem sido estudado em populações selvagens habitando ambientes de savana, na região nordeste e central do Brasil (Fragaszy et al., 2004, Mannu & Ottoni, 2009, Falótico & Ottoni, 2008, 2009). Populações de macaco-prego no Parque Nacional da Serra da Capivara (no Piauí), por exemplo, exibem um kit de ferramentas que inclui, além do martelo e da bigorna, o uso de pedras para escavar em busca de raízes, tubérculos e artrópodes e a confecção de varetas para cutucar e extrair alimento de orifícios de rochas e troncos de árvores (Mannu & Ottoni, 2009), além do arremesso de pedras por fêmeas no estro em direção aos machos, aparentemente para chamar sua atenção (Falótico & Ottoni, 2008). Visalberghi et al.

(2009) testaram oito macacos-prego selvagens no Piauí quanto à seletividade de materiais usados como martelos durante a quebra de cocos. Para isso, todas as pedras usadas habitualmente pelos macacos foram retiradas do sítio e em seu lugar os experimentadores colocaram pedras que variavam em peso, tamanho e friabilidade. Em cada tentativa estavam disponíveis um ou dois martelos não funcionais e apenas um funcional, ou seja, pesado e firme o suficiente para superar a resistência da cápsula da castanha. Os resultados demonstraram que, independentemente da condição imposta, os macacos escolhiam imediatamente e de modo consistente as ferramentas funcionais, ou seja, estavam decidindo qual martelo usar baseando-se nas suas propriedades físicas e adequação ao contexto.

Também recentemente, Malaivijitnond et al. (2007) confirmaram o uso de ferramentas por outra espécie de primata, os macacos-comedores-de-caranguejo (*Macaca fascicularis*), na Tailândia. Segundo os autores, comportamentos parecidos haviam sido relatados anedoticamente há mais de 100 anos no Arquipélago de Mergui, sul de Myanmar, mas eram negligenciados até então. Os macacos foram vistos usando pedras em formato de martelo de diferentes tamanhos na quebra das conchas de bivalves e gastrópodes e das carapaças de caranguejos. Seguravam a pedra com a mão esquerda ou direita (alguns indivíduos o faziam com ambas as mãos) enquanto a golpeavam contra a concha ou carapaça, pegando a carne obtida com a mão livre. Assim como os chimpanzés e macacos-prego, eles também foram observados carregando suas ferramentas enquanto se deslocavam durante o forrageamento. Gumert, Kluck & Malaivijitnond (2009) notaram que estes macacos selecionavam ferramentas de qualidades distintas para tipos diferentes de alimentos. Pedras maiores, em que as marcas de uso (ou cicatrizes) apresentavam-se principalmente nas superfícies mais largas foram chamadas de martelos (em inglês, *pounding hammers*) e eram usados para quebrar bivalves e também castanhas sobre bigornas. Pedras menores, cujas cicatrizes apareciam freqüentemente nas extremidades pontiagudas, foram denominadas machados (do inglês, *axe hammers*) e eram usadas na remoção de ostras grudadas às rochas e sua abertura. O modo como essas ferramentas eram manuseadas pelos macacos também diferia: os machados eram batidos mais rapidamente e com uma maior variedade de movimentos que os martelos. As evidências suportam a idéia de que os machados precisam ser manuseados com mais precisão e controle do que os martelos. Além

das pedras, eles também usaram como machados uma espécie de gastrópode de concha pontiaguda (*Turritella attenuate*) para abrir e cutucar as ostras.

De volta ao catálogo de Bentley-Condit e Smith (2010), notamos que a Classe Aves tem algumas espécies com três tipos de uso de ferramentas, mas apenas a Ordem Passeriformes tem espécies que exibem quatro ou cinco tipos de uso verdadeiro (todas pertencentes à família dos corvídeos). Em um levantamento bibliográfico anterior, os dados compilados por Lefebvre, Nicolakakis e Boire revelaram 125 casos de uso de ferramentas em 104 espécies de aves (sendo 39 deles considerados uso verdadeiro e 86, uso limítrofe de ferramentas). Os autores demonstram que as espécies que desempenham uso verdadeiro de ferramentas têm tamanhos relativos de cérebro maior que espécies que apresentam uso limítrofe e que estes diferentes tipos de uso seriam indicativos de diferentes níveis de capacidade cognitiva. Dentre as aves com maiores cérebros e em particular, a região do neocórtex - associada a capacidades cognitivas mais elaboradas, assim como o neocórtex em mamíferos (Stettner & Matyniak, 1968) - estão os psitacídeos e os corvídeos (Lefebvre et al., 2002).

Talvez o corvídeo mais estudado quanto ao comportamento de uso de ferramentas seja o corvo da Nova Caledônia (*Corvus moneduloides*), para o qual uma quantidade crescente de informação vem sendo obtida nos últimos anos. Kenward, Weir, Rutz e Kacelnik (2005) encontraram uma tendência inata nessas aves para a fabricação e uso de ganchos na captura de larvas, já que isso se manifestou em juvenis criados por seres humanos, sem contato com co-específicos. Dois de seus sujeitos jamais observaram qualquer tipo de demonstração da técnica e outros dois puderam observar seres humanos usando gravetos pra retirar larvas escondidas na madeira. Apesar dos indivíduos que tiveram a oportunidade de observar um “tutor” humano terem de fato prestado atenção às demonstrações (evidenciado pela sua orientação corporal e direção do olhar), as quatro aves desempenharam o comportamento de modo muito semelhante. Apesar desta tendência inata, uma série de experimentos tem revelado aspectos plásticos interessantes no comportamento. Estes corvos produzem tipos diferentes de ferramenta: ganchos, em forma de agulhas de crochê, produzidos a partir da quebra de galhos de *Cunomia Vieillardii* e ferramentas planas e denteadas, produzidas a partir de bordas de folhas de *Pandanus* sp. Ambas são usadas como auxiliares na captura de presas (insetos) escondidas em orifícios de árvores (Hunt, 2000a). O

formato da ferramenta denteada de *Pandanus* não é simples e os corvos empregam uma complexa série de recortes com seus bicos, a qual requer bastante precisão e controle de mais de uma variável por vez (largura e comprimento da folha). Assim, o formato é determinado principalmente pela ação dos corvos e não por características da folha. Existe grande padronização deste formato (consistência da técnica) e os corvos não modificam a ferramenta depois de terem começado a usá-la (Hunt, 2000b). Hunt e Gray (2003) descreveram a seqüência de ações, ou rotinas complexas, durante a confecção do outro tipo de ferramenta, os ganchos, usada pelos corvos: 1) selecionam uma bifurcação, 2) quebram um pedaço logo acima do nó entre galhos, descartando um deles, 3) quebram o galho remanescente abaixo do local onde existia a bifurcação e 4) com o bico, removem as folhas do galho, produzindo uma série de “aparas”. Os autores surpreendem-se com o alto grau de padronização, a lateralidade no uso de ferramentas e as modificações acumuladas no *design* da ferramenta (Hunt, 1996, 2000b, Hunt & Gray 2002, 2003). Em um trabalho sobre a seletividade de materiais a serem usados como ferramentas, Chappell e Kacelnik (2002) conduziram um experimento em que um pouco de carne era colocada no interior de um tubo transparente. Para pegar o alimento, os corvos podiam escolher entre as ferramentas disponíveis (pedaços de arame de diferentes comprimentos as quais podiam ser transformadas pelas aves em ganchos). Os resultados mostraram que eles são capazes de selecionar ferramentas de tamanho apropriado para obter alimento em uma situação nova, logo na primeira tentativa, ou seja, sem aprendizagem por tentativa-e-erro. Esta também é outra característica que até então só havia sido reportada para primatas, e que sugere que os corvos estejam identificando a relação entre a causa (o comprimento característico da ferramenta) e a consequência (a obtenção da carne).

Lefebvre et al. (2002) comentam o fato de terem encontrado poucos trabalhos publicados sobre o uso de ferramentas em psitacídeos, outro grupo reconhecido pelo grande tamanho relativo de cérebro e neocórtex. Entretanto, estas aves têm sido pouco estudadas quanto ao uso de ferramentas e cognição, quando comparadas aos corvídeos. No catálogo mais recente de Bentley-Condit e Smith (2010), encontramos oito espécies de psitacídeos, sendo que apenas uma delas, a cacatua negra da Nova Guiné, *Probosciger aterrimus*, é citada com três tipos diferentes de uso.

1.3. Uso de ferramentas e resolução de problemas: implicações na cognição

Uma análise detalhada do desenvolvimento cerebral, filogenia, complexidade e tipos de uso de ferramentas das diferentes espécies está além das pretensões de nosso trabalho, mas vale comentar que os pesquisadores divergem sobre a relação entre o uso de ferramentas e habilidades cognitivas complexas.

Dentre todos os comportamentos dos animais, o uso de ferramentas poderia representar a oportunidade perfeita de estudo quanto à sua cognição sobre o mundo físico, uma vez que implicaria na atenção a relações de causa-e-efeito envolvidas e no reconhecimento de propriedades funcionais dos objetos. O grande interesse dos pesquisadores reflete essa expectativa. Contudo, de acordo com Byrne (1995), para as espécies de animais que usam ferramentas, geralmente três características são verdadeiras: 1) o hábito não é compartilhado por espécies intimamente aparentadas; 2) os indivíduos de uma mesma espécie usam apenas um tipo de ferramenta e para apenas um propósito em particular e 3) todos os indivíduos usam ferramentas de forma semelhante, desde que tenham as mesmas oportunidades. Esses fatos põem em dúvida se o uso de ferramentas realmente refletiria habilidades cognitivas complexas. Aparentemente, na maioria dos casos esse comportamento deve ser visto como uma estereotipia ou adaptação a um conjunto de aspectos ambientais. Em alguns poucos casos, entretanto, em que apenas algumas populações exibem o comportamento (como em chimpanzés) e em que existe um repertório maior de itens usados como ferramentas em diferentes contextos (como no caso de alguns primatas e algumas aves), poderíamos considerar a ocorrência de capacidades cognitivas complexas relacionadas à aprendizagem através de mediação social.

Para Shettleworth (2009) presumir que os animais entendam como suas ferramentas funcionam, que processos de aprendizagem complexa estejam envolvidos e que algumas espécies tenham indivíduos que consigam ensinar esta habilidade uns aos outros, é uma perspectiva antropomórfica e desnecessária. Afinal, os animais podem usar ferramentas sem que nenhuma destas premissas esteja correta.

Estudando macacos-prego em cativeiro, Visalberghi e Trinca (1989) e Visalbergui e Limongelli (1994), empregaram uma série de experimentos a fim de examinar quais relações de causa-e-efeito os animais eram capazes de identificar durante a resolução de um problema. Quatro macacos previamente testados e proficientes em uma tarefa na qual deviam empurrar com uma vareta uma recompensa alimentar para fora de um tubo foram testados em um problema semelhante, mas desta vez o tubo tinha uma “armadilha” ao centro (um tipo de degrau ou “poço” onde a recompensa poderia cair e ficar fora do alcance da ferramenta). Caso entendessem as relações de causa-e-efeito da tarefa, provavelmente evitariam a armadilha, empurrando a recompensa na direção oposta. Além disso, quando o tubo estivesse invertido (com o “poço” voltado para cima e não mais funcionando como armadilha), os macacos deveriam perceber esta nova condição e empurrar em qualquer uma das direções. Todavia, apenas um dos sujeitos obteve sucesso na primeira parte do experimento e em seguida, os autores fizeram os testes para saber qual estratégia este animal estava usando. Os resultados mostraram que ele não entendia causa-e-efeito, pois continuou a evitar o “poço” mesmo quando virado para cima: a resolução da tarefa parece ter acontecido pela adoção de uma regra associativa simples, baseada em distância (mas ver discussões desses resultados em Tomasello & Call, 1997 e os experimentos recentes sobre a escolha de ferramentas por macacos-prego na natureza em Visalberghi et al, 2009, já comentados).

Resultados parecidos foram encontrados para uma ave, o tentilhão pica-pau (*Cactospiza pallida*). Tebbich, et al. (2001) descobriram que os tentilhões pica-pau têm uma tendência inata ao uso de varetas para cutucar galhos podres na captura de larvas, a qual se manifesta mesmo que não exista possibilidade de aprendizagem social, contanto que o alimento (larvas escondidas) e as ferramentas (varetas) estejam presentes durante um período crítico da ontogênese dessas aves. A partir daí, o comportamento é aprimorado exclusivamente por tentativa-e-erro. Algumas evidências empíricas têm sugerido que o sucesso no uso de ferramentas não implica no seu entendimento causal, (Visalberghi & Limongelli, 1994 e Visalberghi & Trinca, 1989, mas ver também Santos, Miller, & Hauser, 2003 e Seed, Tebbich, Emery & Clayton, 2006), sugerindo que a representação mental de forças físicas não-observáveis seria pouco provável em animais não-humanos (Povinelli, 2000; Tomasello & Call, 1997). Ao invés disso, os animais estariam abstraindo regras

simples baseadas nas características observáveis do problema em questão. De fato, na maioria das vezes, as ferramentas produzidas por animais não-humanos parecem depender muito mais das características do material bruto do que da ação do indivíduo sobre ele.

Outro paradigma usado para abordar capacidades cognitivas complexas em animais relativas à identificação de relações de causa-e-efeito no mundo físico é o Teste do *String-Pulling*, o qual tem sido aplicado a muitas espécies de aves e mamíferos (Dücker & Rensch 1977; Funk 2002; Halsey, Bezerra, & Souto, 2005; Heinrich & Bugnyar 2005; Osthaus, Lea, & Slater, 2005; Pepperberg 2004; Seibt & Wickler 2006; Werdenich & Huber 2006). No caso das aves, a tarefa normalmente envolve um cordão com uma das extremidades amarrada ao poleiro e com uma recompensa alimentar amarrada à outra extremidade. Para que a ave tenha sucesso em obter o alimento, uma série de etapas deve ser cumprida: alcançar o cordão, segurá-lo com o bico, içá-lo, segurar a alça resultante com um dos pés, liberar o cordão do bico e repetir a seqüência. O sucesso neste problema é considerado cognitivamente exigente, pois envolve o uso de uma seqüência de ações nunca antes empregada pelo indivíduo a fim de atingir um objetivo específico, assim como a habilidade de monitorar continuamente o cordão e a recompensa, ajustando seu próprio comportamento se necessário. Chegar espontaneamente a uma solução na ausência de aprendizagem por tentativa e erro, indicaria algum grau de antecipação e a habilidade de relacionar causalmente o cordão, o alimento e certas partes do corpo.

1.4. Estrutura da Tese

Nosso principal objeto de estudo nesta tese foi o comportamento de uso de ferramentas pelas araras azuis (*A. hyacinthinus*) durante a quebra de cocos, porém, dadas as similaridades de paradigma descritas acima entre o uso de ferramentas e certas formas de resolução de problemas, submetemos indivíduos cativos de arara azul, assim como de duas outras espécies de psitacídeos, ao Teste do *String-Pulling*, introduzindo variantes inéditas do problema. A inclusão deste teste

contribuiu para a avaliação da capacidade dos indivíduos em identificar aspectos do mundo físico e suas relações de causa-e-efeito, em um dado contexto.

No capítulo inicial, apresentamos um estudo preliminar em cativeiro, ponto de partida para esse trabalho, o qual nos permitiu conhecer um pouco o comportamento de uso de ferramentas nessa espécie. No segundo capítulo, apresentamos os resultados de nossa pesquisa descritiva e experimental. Durante a etapa descritiva, fizemos observações de araras azuis selvagens alimentando-se do coco da bocaiúva (*Acrocomia totai*) no Pantanal sul-mato-grossense, que permitiram descrever o uso de ferramentas por essa espécie na natureza, assim como formular algumas hipóteses acerca de sua função. Procuramos testar essas hipóteses na etapa experimental, realizada em cativeiro. No terceiro capítulo, apresentamos os resultados do teste *String Pulling*, discutindo quais variações do problema (e suas implicações no mundo físico) os indivíduos testados são capazes de solucionar. Por fim, discutimos criticamente o conjunto dos resultados, sugerindo novos tópicos de pesquisa na área.

Capítulo I

Observações preliminares de uso de ferramentas por araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) em cativeiro

2. Observações preliminares de uso de ferramentas por araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) em cativeiro

2.1. Introdução

Dentre os psitacídeos, existem poucos relatos de uso espontâneo de ferramentas. Lefebvre et al. (2002) não encontraram mais de quatro exemplos desse comportamento em sua extensiva revisão bibliográfica, todos relativos a animais cativos. Foram eles: *Amazona ochrocephala*, ao coletar sementes usando um sino como pá, *Cacatua galerita*, ao represar água em uma tampa de garrafa, *Psittacus erithacus*, ao fazer o mesmo em um caximbo e *Anodorhynchus hyacinthinus*, usando folhas durante a quebra de castanhas. Na revisão mais atualizada de Bentley-condit e Smith (2010), encontramos além dessas espécies: *Cacatua moluccensis*, *Cacatua sanguinea* e *Cacatua sulphurea* usando ferramentas na manutenção do corpo e *Nestor notabilis*, represando água em um copo, sendo todos os relatos referentes a aves cativas também nesses casos.

O primeiro relato de uso de ferramentas por um psitacídeo na natureza foi feito em 1869, por Wallace (1869/2000), e também consta no trabalho de Bentley-Condit e Smith (2010). Ele descreveu uma cacatua negra (*Probosciger aterrimus*) na Nova Guiné usando um pedaço de folha enquanto quebrava castanhas de uma determinada palmeira (*Canarium commune*). Após começar a sulcar a castanha com sua mandíbula inferior, a ave a segurava com um dos pés e arrancava um pedaço de folha da palmeira, o qual era retido no fundo da mandíbula superior enquanto a ave voltava a sulcar a castanha. O autor sugere que a folha estaria impedindo que a castanha escorregasse do bico do animal, servindo como “calço” (Wallace, 1869/2000).

De modo muito semelhante ao descrito por Wallace para cacatuas negras, também as araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) utilizam-se de ferramentas durante a quebra de castanhas.

As araras azuis são grandes psitacídeos, pesando até 1,3 kg e algumas vezes excedendo 1m em comprimento. Esta espécie ameaçada de extinção ocupa

três regiões distintas com populações aparentemente isoladas (Fig. 1). A primeira delas está localizada no sudeste do estado do Pará, a segunda, na fronteira entre os estados de Tocantins, Piauí, Maranhão e Bahia. A terceira população encontra-se no Pantanal, englobando o sul do Mato Grosso, o noroeste do Mato Grosso do Sul, o norte do Paraguai e o leste da Bolívia, sendo considerada a maior população remanescente (Munn, Thomsen, & Yamashita, 1990), com aproximadamente 5000 indivíduos (Guedes, 2004).

Figura 1. Distribuição geográfica das três populações de araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) no Brasil: 1. Sudeste do Pará; 2. Fronteira entre os estados de Tocantins, Piauí, Maranhão e Bahia; 3. Pantanal englobando sul do Mato Grosso e noroeste do Mato Grosso do Sul.

Possuidoras da mandíbula com maior poder de “formão”¹ dentre todos os psitacídeos sul-americanos, as araras azuis que ocorrem na região sul-Amazônico alimentam-se de cocos de inajá (*Maximiliana maripa*) e *Astrocaryum sp.*, enquanto a população que ocorre na Bahia, Tocantins, Maranhão e Piauí preda o coco de piaçava (*Orbygnia eichleri*) e de catolé (*Syagrus oleracea*). No Pantanal as araras azuis especializaram-se em se alimentar de castanhas de acuri (*Attalea phalerata*) e bocaiúva (*Acrocomia totai*) (Yamashita e de Paula Valle, 1993; Guedes, 1995) e raras vezes comem o fruto do carandá (*Copernicia australis*) (Guedes, 1996), sendo capazes de abrir todos esses cocos usando apenas seus bicos (Yamashita e de Paula Valle, 1993). São capazes de segurar vários frutos ao mesmo tempo e, ao contrário das outras araras, descem freqüentemente ao chão.

As araras azuis já foram observadas, tanto em cativeiro (Hebel, 2002; Lefebvre et al., 2002) como em liberdade (Schneider Serbena e Guedes, 2002), usando pedaços de folhas e de madeira durante a quebra de castanhas. Todavia, relatos desse tipo são raros e breves e muitos aspectos do comportamento ainda não foram esclarecidos.

Schneider et al. (2002), observando dois casais de araras azuis no Pantanal, reportaram como uma das aves, após retirar do cacho uma fruta de acuri, rasgava um pedaço da folha da própria palmeira e a enrolava ao redor do fruto. Depois de posicioná-lo sob sua mandíbula superior, a ave removia o exocarpo do fruto através de repetidos movimentos de vai-e-vem de sua mandíbula inferior. Estes autores acreditavam que a folha enrolada ao redor do fruto durante a remoção do mesocarpo evitaria que ele escorregasse dos bicos das aves. Também chamam atenção para o fato de não terem observado araras usando ferramentas enquanto se alimentavam de frutos regurgitados pelo gado, ou encontrados em suas fezes e sugerem que, nesses casos, o uso de ferramentas não seria necessário uma vez que os frutos processados pelo sistema digestório do gado estariam livres de exocarpo e mesocarpo.

Neste trabalho, observamos seis indivíduos cativos de arara azul enquanto se alimentavam. Nosso objetivo era a observação preliminar do uso de ferramentas durante a quebra de castanhas, a fim de descrevê-lo melhor, registrando objetos usados como ferramentas e o tempo gasto pelas aves para abrir castanhas de indaiá

¹ Formão: ferramenta de corte usada para entalhar madeira.

(*Attalea dubia*), além de investigar possíveis diferenças entre adultos e juvenis na manipulação e na proficiência.

2.2. Métodos

2.2.1. Local de estudo e sujeitos experimentais

No período entre fevereiro e junho de 2003, conduzimos um estudo no criadouro conservacionista Fundação Lymington, no estado de São Paulo e que tem sido nossa parceira em pesquisas com psitacídeos desde 2000. Nos últimos anos, seus responsáveis conseguiram reproduzir 13 filhotes de arara azul, a partir de um único casal. Tal êxito na reprodução destes animais ameaçados de extinção levou o IBAMA a conceder a tutela de mais dois casais, além de nomear a Fundação Lymington um dos cinco centros oficiais de reprodução da arara azul de Lear², a espécie mais aparentada à arara azul grande e em risco de extinção iminente (CITES, Apêndice I), o que representou uma oportunidade única de estudo.

Observamos um casal de adultos (denominados grupo adulto, GA), chamados Barney e Safira, provenientes de apreensão do IBAMA, com idade estimada de oito anos; e quatro juvenis (denominados grupo juvenil, GJ), sendo um macho, Simon, de 14 meses e três fêmeas: Bella de 12 meses, Hillary de 10 meses e Luiza de 15 meses de idade. Todos os juvenis eram filhotes do casal adulto, mas foram incubados artificialmente e alimentados à mão pela criadora, sem nunca terem tido contado com os pais.

O casal de aves adultas era mantido em um aviário externo e suspenso (com 3m de altura, 2m de largura e 4m de comprimento), distante do aviário dos filhotes (também externo, de formato hexagonal e medindo 30m² de área de piso e 3m de altura), de modo que o contato visual entre adultos e filhotes não era possível.

² Os outros centros de reprodução de araras-azuis-de-Lear são: Fundação RIOZOO, Fundação Parque Zoológico de São Paulo, Fundação Bioversitas e Fundación Loro Parque, este último no Tenerife, Espanha.

2.2.2. Procedimento

Água e alimento (castanhas, frutas, legumes e ração) estiveram sempre disponíveis aos animais. O mesmo tipo de alimento era oferecido a adultos e jovens.

A experimentadora permaneceu a aproximadamente um metro de distância da grade do viveiro enquanto observava o grupo de aves adultas (GA) e dentro do recinto enquanto observava o grupo de aves jovens (GJ). Tal procedimento foi adotado, pois o viveiro dos jovens era maior, com alguns pontos cegos que a experimentadora não conseguia enxergar do lado de fora. Esta medida não pareceu estressar os juvenis, os quais foram criados artificialmente e estavam completamente habituados à presença de seres-humanos. O viveiro dos adultos era menor e suspenso, o que não permitiu a entrada da experimentadora.

De fevereiro a abril de 2003, o grupo dos juvenis (GJ) foi observado três vezes por semana entre 8:00h e 11:00h, alimentando-se *ad libitum*. Estas observações revelaram que as araras jovens posicionavam alimento e objetos simultaneamente em seus bicos, de modo sistemático (vide descrição detalhada adiante). O alimento poderia ser encapsulado (castanhas do Pará, amêndoas, amendoins, avelãs e, as mais duras de todas, castanhas de indaiá, *Attalea dubia*; todas intactas) ou não-encapsulado (frutas, legumes, ração e castanhas abertas); os objetos usados como ferramentas foram categorizados da seguinte forma: (1) pedaço de madeira, (2) folha, (3) alimento (castanhas, cascas de castanhas já abertas, frutas, legumes ou ração), 4 (anilhas de aço), (5) composto (quando dois ou mais objetos eram usados simultaneamente) e (6) outros (por exemplo: areia, fezes, plástico, tecido e objetos de metal).

As palmeiras de indaiá (*Attalea dubia*) produzem frutos fibrosos e pegajosos com cocos extremamente duros, do mesmo gênero de um dos cocos consumidos por araras azuis selvagens no Pantanal (o acuri, *Attalea phalerata*), e também muito difíceis de serem abertos (no criadouro onde conduzimos os experimentos, outra espécie de arara, *Ara ararauna*, é regularmente alimentada com esses cocos, consumindo apenas o exocarpo, sem conseguir quebrá-los e acessar o endocarpo).

De maio a junho de 2003, dados sobre a manipulação dos cocos de indaiá foram coletados três vezes por semana, entre 8:00h e 11:00h, através do método de “todas as ocorrências” (Martin & Bateson, 1986), totalizando sete horas de

observação para o grupo das aves jovens (GJ) e duas horas de observação para o grupo das adultas (GA). Foram registrados o tempo gasto e a proficiência na quebra da castanha tanto para os jovens como para os adultos.

Uma castanha de indaiá, livre de exocarpo e mesocarpo, era oferecida manualmente pela experimentadora a cada ave. No total, foram oferecidos nove cocos para cada ave adulta (Barney e Safira), 19 para Simon, 26 para Bella, 21 para Hillary e 30 para Luiza. Durante a manipulação dos cocos a experimentadora registrava se o animal usava ferramentas durante a quebra, quais objetos eram usados como ferramentas, se o coco era eficientemente aberto e consumido e quanto tempo a ave levava para fazê-lo. Caso a ave largasse um coco ainda não aberto ou conseguisse abri-lo e consumisse o seu endocarpo, outro coco lhe era oferecido pela experimentadora.

2.3. Resultados

Os resultados desse trabalho foram publicados em 2005, em colaboração com o pesquisador Eduardo Ottoni (Borsari & Ottoni, 2005) e são apresentados a seguir.

Com exceção das castanhas de indaiá, todas as outras variedades de coco foram imediatamente abertas e consumidas por todas as aves, sem uso de ferramentas. Os cocos de indaiá foram abertos e consumidos pelas aves adultas e por apenas duas das jovens (Bella e Luiza não foram vistas abrindo indaiá. Apesar disso, Bella foi observada por períodos de 42 minutos e Luiza por períodos de até 35 minutos trabalhando na mesma castanha, sem sucesso). Todas as aves usaram ferramentas durante a manipulação da castanha de indaiá, conforme descrito abaixo. Os resultados estão resumidos na Tabela 1.

Tabela 1 - Número de episódios (períodos durante os quais a ave manipulou o mesmo item alimentar), tipo de alimento manipulado (encapsulado ou não encapsulado), número de cocos de indaiá abertos com sucesso, tempo médio gasto em tentativas para abrir o coco de indaiá, em minutos (medidos do momento em que a ave pegava o coco da mão da experimentadora até a abertura ou descarte do coco) e ocorrência ou não ocorrência de uso de ferramentas durante a manipulação do alimento (respectivamente: F ou SF), por sujeito.

		Alimentos encapsulados						Alimentos não encapsulados							
		Indaiá				Outras castanhas		Castanhas abertas		Cápsulas Quebradas		Frutas		Outros	
		Tempo Médio		(Desvio											
Sujeitos	Episódios	Abriu	Padrão)	F	SF	F	SF	F	SF	F	SF	F	SF	F	SF
Barney	9	8	7,87 (4,39)	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Safira	9	8	9,87 (5,37)	8	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Simon	19	4	20 (7,03)	8	3	2	-	-	2	1	-	1	2	-	-
Bella	26	0	11 (12,44)	12	5	-	-	2	5	-	-	-	-	1	1
Hillary	21	7	27,28 (11,94)	12	1	-	1	-	1	1	-	-	3	2	-
Luiza	30	0	10,25 (7,01)	9	4	2	10	-	-	-	-	2	1	1	1

2.3.1. Descrição do uso de ferramentas por araras azuis

Após pegar a castanha, a arara a posicionava sob a sua mandíbula superior, sempre segurando a castanha com um dos pés, e começava a sulcá-la, forçando sua mandíbula inferior contra a cápsula. Em alguns momentos, ainda segurando a castanha em seu bico ou pé, a arara retirava uma lasca de madeira do poleiro (Fig. 2), a qual era posicionada, com o auxílio da língua, imediatamente sob a mandíbula superior. O animal então segurava a castanha com seu pé em contato com o pedaço de madeira, já fixo no bico. Com a mandíbula inferior, empurrava a castanha contra o pedaço de madeira, novamente fazendo sulcos nela (Fig. 3a).

A ave reposicionava a ferramenta e o coco diversas vezes usando a língua, o bico e/ou o pé. De modo geral, mais de um pedaço de madeira era usado na quebra de uma mesma castanha, mas a ave também intercalava tentativas de quebra sem nenhuma ferramenta. Outros itens foram usados como ferramentas e posicionados da mesma forma descrita aqui para o pedaço de madeira, por exemplo, folhas, galhos, arame, penas.

Ao se deslocar pelo piso do viveiro, segurando a castanha em seu bico ou pé, a ave de vez em quando encontrava pedaços de madeira ou outros objetos que já haviam sido usados como ferramentas e voltava a usá-los como tal. Todos os outros itens usados como ferramentas foram posicionados pelas aves conforme descrito acima para os pedaços de madeira.

Apesar de todos os episódios que culminaram na abertura da castanha terem envolvido o uso de ferramentas, as aves podiam ou não estar usando ferramentas no momento exato da quebra. Para o macho adulto, isso aconteceu em cinco dos oito episódios em que teve sucesso; para a fêmea adulta, em apenas um dos oito episódios; para o macho jovem, em apenas um dos quatro episódios e para a fêmea jovem, em cinco dos sete episódios em que teve sucesso em abrir o coco.

2.3.2 Diferenças entre jovens e adultos

Enquanto os adultos usavam ferramentas apenas durante a quebra de castanhas intactas, os filhotes usaram-nas em uma diversidade de situações, chegando a empregá-las com alimentos não-encapsulados (frutas, legumes e ração) e na quebra de pedaços de casca de castanhas previamente abertas, de forma muito parecida com aquela de quando estavam abrindo castanhas intactas.

Os jovens usaram muitos objetos distintos como ferramentas: pedaços de madeira, folhas, galhos e outros materiais: arame, penas, elásticos de borracha, areia, o comedouro, e até combinaram mais de um tipo enquanto manipulavam a mesma castanha (por exemplo: galho + pedaço de madeira), o que não foi observado nos adultos (os quais usaram apenas folhas e lascas de madeira). Uma das fêmeas mais jovens foi vista tentando usar fezes da mesma forma com que usava as outras ferramentas, e outra usou a anilha de aço presa em sua perna (Fig. 4) como auxílio na quebra de pedaços de casca de castanha. O padrão de quebra diferiu entre adultos e filhotes: os primeiros abriam a castanha em dois pedaços assimétricos (Fig. 3b), geralmente a partir de um único sulco inicial que era aumentado aos poucos; depois de abrirem o coco, inseriam a ponta de suas mandíbulas superiores no orifício, retiravam porções do endocarpo que comiam, para então descartar as cascas vazias. Os filhotes, por sua vez, fizeram mais de um sulco, girando a castanha em seus bicos. Quando finalmente a quebravam, o faziam em muitos pedaços, desperdiçando uma parte do endocarpo (Fig. 3c). Após comerem o que restava, muitas vezes continuavam a quebrar as cascas vazias. Algumas vezes uma larva de Coleoptera foi encontrada dentro do coquinho (Fig. 3d), mas apenas a fêmea adulta (Safira) foi vista comendo essa larva.

O tempo de quebra foi significativamente maior para os juvenis do que para os adultos (Kolmogorov-Smirnov, $z=2,00$, $p<0,001$), evidenciando uma maior proficiência de quebra destes últimos.

Figura 2. Indivíduo cativo de arara azul (*A. hyacinthinus*) retirando uma lasca do poleiro a ser usada como ferramenta durante a quebra do coco de indaiá (*Attalea dubia*). Foto: Andressa Borsari.

Figura 3.- Uso de ferramenta por arara azul (*A. hyacinthinus*) durante a quebra do coco de indaiá (*A. dubia*) em cativeiro: a) ave usa lasca de madeira como ferramenta (seta), b) coco de indaiá abertos por araras adultas, c) tentativas de quebra por araras jovens e d) larva de besouro encontrada dentro do coco. Foto: Andressa Borsari.

Figura 4. Indivíduo jovem de arara azul (*A. hyacinthinus*) usando a anilha de aço em sua perna durante a quebra de um pedaço de casca da castanha de indaiá (*Attalea dubia*). Foto: Andressa Borsari.

2.4. Discussão e Conclusão

Nossos resultados sugerem que as araras-azuis têm uma tendência inata para juntar objetos (ferramentas e alimento) em seus bicos. Quatro das seis aves observadas eram nascidas em cativeiro, separadas dos pais desde o nascimento e alimentadas à mão pela criadora, de modo que não tiveram a oportunidade de observar um adulto mais experiente desempenhando este comportamento - resultados muito parecidos aos obtidos para corvos da Nova Caledônia (*Corvus moneduloides*, Kenward et al., 2005 e Kenward, Rutz, Weir & Kacelnick, 2005). Por outro lado, não podemos descartar a possibilidade de que os juvenis mais novos tenham aprendido a usar ferramentas a partir da observação dos juvenis mais velhos (ou de que em situações naturalísticas, a aprendizagem socialmente enviesada tenha um papel mais importante). Nós não sabemos qual dos juvenis foi o primeiro a desempenhar este comportamento, mas a partir dos registros da criadora, sabemos que as aves apenas são capazes de se alimentarem sozinhas a partir dos oito meses de idade e que levam ainda mais algum tempo até que consigam abrir castanhas duras (como as de indaiá). Aprender a processar alimentos encapsulados parece ser um processo lento para os filhotes de arara azul.

A alta variabilidade na escolha das ferramentas pelos mais jovens, as suas tentativas de abrir castanhas já quebradas (assim como as cascas vazias) e uma maioria de tentativas mal-sucedidas, podem indicar um comportamento exploratório (ou de brincadeira) e aprendizagem por tentativa e erro.

Diferentemente de Schneider et. al (2002), que estudaram araras azuis na natureza alimentando-se de castanhas de acuri (*Attalea phalerata*), nós não observamos as aves enrolando folhas ao redor das castanhas de indaiá (*Attalea dúbia*). Todas as ferramentas usadas pelas seis aves cativas neste trabalho foram posicionadas conforme previamente descrito aqui. Nossas observações de uso de ferramentas durante a quebra de castanhas livres de exocarpo e mesocarpo indicam que este comportamento é desempenhado, pelo menos em cativeiro, não apenas durante a remoção do mesocarpo do fruto, conforme havia sido sugerido por aqueles autores.

A maior taxa de sucesso dos adultos em abrir castanhas e o tempo mais curto gasto por eles em tal atividade podem estar relacionados ao fato de aves mais velhas serem mais fortes e também mais experientes.

Os bicos das araras-azuis (ou pelo menos os dos adultos) são fortes o suficiente para a tarefa de quebrar castanhas duras (Yamashita & de Paula Valle, 1993). A ferramenta parece evitar que a castanha gire dentro do bico da ave, servindo como um calço, facilitando o sulcar da castanha e a sua abertura. Funções alternativas ou complementares poderiam ser: reduzir o impacto da quebra, impedir que a castanha escorregue do bico e/ou fornecer auxílio mecânico no seu posicionamento e uso da força.

Talvez o arranjo ideal para elucidar a função das ferramentas tivesse sido a intercalação de períodos de observação em que as ferramentas estivessem e não estivessem disponíveis às araras. Tal procedimento foi empregado por Tebich et al. (2001), que revelaram que tentilhões pica-pau (*Cactospiza pallida*) conseguem usar ferramentas sem aprendizagem social, desde que ferramentas e alimento sejam apresentados a eles em um período crítico de aprendizagem durante seu desenvolvimento. Os tentilhões então refinam o seu comportamento exclusivamente por tentativa-e-erro. Pensando nisto, elaboramos um experimento em que este arranjo foi empregado. Os resultados são apresentados no Capítulo II deste trabalho, em conjunto com os resultados de nossa pesquisa descritiva.

A maneira como as araras azuis empregam as ferramentas durante a quebra de castanhas é muito semelhante àquela descrita por Wallace (1869/2000) para cacatuas negras da Polinésia (*Probosciger aterrimus*). Esta semelhança é provavelmente um caso de convergência evolutiva, já que a análise de DNA mitocondrial indica que os psitacídeos australo-asiáticos e neotropicais se separaram há aproximadamente 76 milhões de anos, durante a deriva dos continentes paleogeográficos (Myiaki, Matioli, Burke, & Wantjal, 1998). Yamashita (1987) descreveu os hábitos alimentares na natureza da única outra espécie do gênero *Anodorhynchus*, a arara azul de Lear (*A. leari*). Esta ave, que ocorre no estado da Bahia, também é especialista em alimentar-se de castanhas de palmeiras (o licuri, *Syagrus coronata*), mas não há menção sobre uso de ferramentas. Estando em grande risco de extinção e endêmica de uma única região da caatinga, não é facilmente observada na natureza e grupos cativos também não são fáceis de encontrar, o que dificulta a investigação a respeito da distribuição taxonômica do uso de ferramentas nestas espécies.

Todavia, e oportunamente, a pesquisadora pôde acompanhar como voluntária a equipe do Projeto Arara Azul de Lear (Centro de Pesquisa para Conservação de Aves Silvestres [CEMAVE], órgão especializado do Instituto Chico Mendes, IBAMA), durante seis semanas (março e abril de 2006) na Fazenda Serra Branca, em Jeremoabo (BA). As principais atividades nesse período foram o monitoramento à distância dos ninhos localizados em grandes paredões de arenito (Fig. 5) e a contagem dos indivíduos para o sensoriamento da população.

Figura 5. Casal de arara azul de Lear (*Anodorhynchus leari*) próximo ao seu ninho em paredão de arenito na Estação Ecológica do Raso da Catarina (BA). Foto: Andressa Borsari.

Apesar de não tê-las observado nos sítios de alimentação, em uma ocasião foi possível avistar um casal de araras azuis de Lear retornando ao paredão de arenito com um pedaço do cacho de licuri, repleto de frutos. As aves pousaram em uma árvore seca, próxima ao seu ninho. A arara que trouxera o cacho o manteve apoiado sob um dos pés. Um por um, ambas as araras quebraram e alimentaram-se dos cocos, sem antes descascá-los (o que mais tarde foi confirmado por restos de cocos quebrados encontrados sob a árvore). O processo de retirar o fruto do cacho, abri-lo, ingerir seu endocarpo e descartá-lo não levava mais do que alguns segundos. Nesta ocasião, não usaram ferramentas. Após consumirem todos os cocos, as araras voaram para outro local.

As araras azuis de Lear são notoriamente mais neofóbicas que suas parentes mais próximas, as araras azuis do Pantanal. Além disso, é raro vê-las alimentando-se no chão, ao contrário de *A. hyacinthinus*, que freqüentemente vai ao solo. Por conta disso, não foi possível aproximar-se delas e as observações foram feitas com binóculos, sem possibilidade de filmagem.

Apesar de não ter presenciado o uso de ferramentas por *A. leari* na natureza, a pesquisadora observou um macho o fazendo em cativeiro, enquanto manipulava

castanhas de indaiá (na própria Fundação Lymington, mesmo local onde se realizou o experimento com araras azuis, Fig. 6). A ave não foi bem sucedida em abri-las, mas é importante ressaltar que as castanhas de indaiá são muito grandes e duras, bem diferentes do seu alimento na natureza, o licuri (*Syagrus coronata*). Com isso em vista, passamos a oferecer a este indivíduo (e a outros da mesma espécie mantidos na Fundação Lymington na época), cocos de jerivá, *Syagrus romanzoffiana*, menores e mais parecidos com o licuri. Desta vez as aves não tiveram dificuldade em abri-los, inclusive o fazendo de forma bem parecida ao comportamento de quebra de licuri observado pela experimentadora na natureza, ou seja, sem antes descascá-los (sem a remoção de exo e mesocarpo) e sem uso de ferramentas, levando apenas alguns segundos para quebrá-los e ingerir seu endocarpo.

Não se tem certeza se o indivíduo cativo de *A. leari* observado usando ferramentas durante a manipulação do coco de indaiá teve oportunidade prévia de ver coespecíficos, ou até indivíduos de outra espécie (possivelmente *A. hyacinthinus*), usando ferramentas e se isso poderia influenciar seu comportamento. Sabe-se que apesar de confinado, tinha contato visual com aves de viveiros vizinhos. Entretanto, outros pesquisadores relataram terem observado *A. leari* usando ferramentas na natureza (M. Camandaroba, na época bióloga da PROAVES e M. Stafford, da norte-americana Parrots International, ambas organizações envolvidas com o projeto Arara Azul de Lear na época, em parceria com o IBAMA-CEMAVE, comunicações pessoais), o que justifica o aprofundamento das investigações e a realização de experimentos mais controlados sobre o comportamento de uso de ferramentas também nessa espécie.

Figura 6. Uso de ferramenta por um macho cativo de arara azul de Lear (*A. leari*) durante a manipulação de um coco de indaiá (*A. dubia*): 1) a ave escolhe uma lasca de madeira, 2) posiciona a lasca de madeira e o coco em seu bico, 3) desloca-se em direção ao poleiro e 4) dá início à tentativa (mal-sucedida) de quebra do coco, usando a lasca de madeira como ferramenta. Fotos: Andressa Borsari.

Na natureza, as araras azuis do Pantanal (*A. hyacinthinus*) são muito sociais, vivendo em casais, famílias ou grupos, em populações relativamente sedentárias que podem fazer pequenas migrações diárias para forragear e/ou reproduzir. Os filhotes permanecem no ninho em média até os 107 dias de vida e após esta fase, são ainda alimentados pelos pais por aproximadamente seis meses, quando começam a se alimentar sozinhos. A maioria dos filhotes permanece na companhia dos pais até os 18 meses de idade, quando se juntam a outros grupos de araras jovens (Guedes, 2002). Portanto, apesar de a espécie exibir uma tendência inata ao uso de ferramentas, em seu ambiente natural existem muitas oportunidades para que processos de transmissão social de informação influenciem as escolhas das ferramentas e/ou reduzam o tempo necessário para a aquisição das habilidades necessárias.

Além de contribuir com algumas idéias sobre enriquecimento ambiental para aves em cativeiro, estas observações preliminares abriram novas possibilidades de estudo para *A. hyacinthinus* (e também para *A. leari*), no que se refere a habilidades

cognitivas individuais, transmissão social de informação e eventuais diferenças regionais das preferências de itens a serem usados como ferramentas e/ou modos em manipular frutos de palmeiras, o que poderia revelar tradições sociais distintas, como as observadas no caso de uso de ferramentas de grandes pongídeos (Whiten et al., 1999; van Schaik, 2003).

A etapa seguinte a este trabalho preliminar foi a observação de araras azuis selvagens usando ferramentas no ambiente em que evoluíram, neste caso, o Pantanal. Esperávamos com isso reunir maiores informações que nos permitissem elaborar melhores hipóteses sobre sua função. Os resultados dessas observações e experimentação estão descritos a seguir, no Capítulo II.

Capítulo II

Estudo descritivo e experimental do uso de ferramentas por araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*)

3. Estudo descritivo e experimental do uso de ferramentas por araras azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*)

3.1. Introdução

Niko Tinbergen (1963), etólogo pioneiro, chamou atenção para o fato de que a pergunta “Por que o animal se comporta dessa maneira?” poderia ter quatro diferentes interpretações. “Por que” poderia significar “Quais mecanismos (endógenos e exógenos ao animal) o levam a fazer aquilo naquele momento?”. Nesse caso, estaríamos nos referindo às causas proximais do comportamento (ou apenas *causa*). Percepções, decisões, e os processos neurais e motores que as acompanham, são exemplos de causas proximais do comportamento. Outra possibilidade de interpretação seria acerca do desenvolvimento do comportamento no indivíduo (ou *ontogênese*) – ou seja, “Quais experiências e fatores genéticos levam o animal a se comportar da maneira que o faz?”. Uma terceira interpretação trataria da *função ou valor adaptativo* e levantaria questões do tipo: “Para que serve o comportamento, qual é o seu valor para a sobrevivência do indivíduo?”. Finalmente, poderíamos perguntar como foi a *evolução* do comportamento, levando em consideração sua história filogenética, indagando: “Como era o comportamento de espécies ancestrais e como ele se modificou ao longo das gerações?”. Essas quatro interpretações diferentes – *causalidade, ontogênese, função e evolução* - ficaram conhecidas como “os quatro por quês de Tinbergen” e são aceitos como níveis diferentes de explicação para o comportamento. Isso não significa que um seja mais importante que outro. São complementares e podem ser aplicados a qualquer comportamento.

Alcock (1989) agrupou os “quatro por quês de Tinbergen” em dois blocos, denominados perguntas do tipo “Como?” e do tipo “Por quê?”, de acordo com suas causas proximais (imediatas) ou finais (evolutivas), respectivamente. As questões do tipo “Como?” investigam como um indivíduo consegue desempenhar uma atividade; questionam como o mecanismo interno do animal opera, capacitando-o a se comportar de determinada maneira. Isto inclui mecanismos genéticos, ontogenéticos

e sensório-motores (causas proximais). As questões do tipo “Por quê?” investigam por que o animal evoluiu os mecanismos proximais que o levam a desempenhar tal atividade. Isto inclui o estudo da origem filogenética do comportamento e das mudanças ao longo do tempo evolutivo, dos efeitos da seleção natural sobre o que resultou no comportamento atual, das vantagens do comportamento em termos reprodutivos no passado e no presente (causas finais, ou evolutivas). Aqui também, os dois tipos de pergunta são complementares, não antagônicos, porque lidam fundamentalmente com diferentes níveis de análise.

Essas questões da etologia devem ser investigadas através de pesquisa descritiva e experimental. Vale dizer que esses dois tipos de abordagem ocorrem num contínuo que liga o ambiente natural ao laboratório, e que a dicotomia entre elas é um tanto quanto artificial. Estudos descritivos envolvem observações do comportamento animal sob condições o mais próximo possível da natural e geralmente levantam hipóteses que levam à pesquisa experimental. Esta, por sua vez, é comumente precedida por descrições e definições completas sobre o que o animal faz, procurando testar as hipóteses levantadas na etapa descritiva através de experimentos.

O método descritivo foi a abordagem usada por Tinbergen (1973) em sua pesquisa sobre gaivotas (*Larus argentatus*), construída a partir de observações informais feitas quando ainda jovem. Somente muito mais tarde, seus estudos envolveram experimentos e comparações conduzidos por ele próprio e seus alunos (Lehner, 1996).

Também os estudos sobre uso de ferramentas por Corvos da Nova Caledônia (*Corvus moneduloides*) reúnem informações provenientes de experimentos e descrições obtidas a partir da observação do comportamento das aves em campo.

Recentemente, Bluff, Troscianko, Weir, Kacelnik, e Rutz (2010) observaram o uso de ferramentas por corvos selvagens na natureza, a fim de complementar a informação já conhecida através de pesquisa experimental (Hunt, 1996; Hunt, Corballis, & Gray., 2001; Weir, Chappell & Kacelnik, 2002, Chappell & Kacelnik, 2002, Hunt & Gray, 2004, Kewward et al., 2005, entre outros). Na verdade, estudos naturalísticos já haviam sido realizados, porém sempre em locais controlados nos quais ferramentas e alimento eram deixados à disposição das aves pelos experimentadores, o que levava à perda de dados importantes acerca do contexto e

do significado ecológico do comportamento (Hunt 2000a; Hunt, Rutledge. & Gray, 2006).

Como vimos, os corvos dessa espécie usam uma variedade de objetos para diferentes finalidades (Hunt, 2000a-b, Hunt et al., 2006) e realizam rotinas complexas durante sua manufatura (Hunt & Gray, 2003). O estudo de Bluff et al. (2010) focou-se apenas no uso de varetas³ feitos a partir da raque da folha de *A. moluccana* para a captura de larvas de *A. fairmairei* em troncos podres. Esse tipo de vareta é inserido nos orifícios de troncos apodrecidos e usado para cutucar e irritar larvas de besouro até que estas o mordam e possam ser então extraídas do tronco (Hunt, 2000a). Câmeras automáticas foram instaladas para registrar o comportamento em sítios de alimentação conhecidos, evidenciados pela presença de varetas usadas pelas aves e por uma substância excretada pelas larvas. Nos filmes, os corvos puderam ser individualmente reconhecidos graças a pulseiras coloridas e codificadas que vinham sendo colocadas nos animais desde 2005, como parte de outros estudos da equipe. Durante 111 dias, as câmeras registraram quase 1800 horas de filme, nas quais foram verificadas apenas 317 visitas aos sítios (1% do tempo total de filmagem) por ao menos 14 indivíduos. O uso de ferramentas aconteceu em apenas 150 dessas visitas (quase 50%), o que demonstra que o comportamento é pouco freqüente. Além disso, as aves não foram muito proficientes em obter larvas (com ou sem ferramentas): a taxa de sucesso foi de apenas uma larva a cada 25min em média; 93% das visitas não resultou na extração de larvas. Indivíduos bem sucedidos em extrair as larvas o fizeram na maioria das vezes com o uso de ferramentas. Os autores inferem que a taxa de extração é limitada pela acessibilidade dos corvos às larvas e não à sua disponibilidade no ambiente. Houve grande variabilidade na proficiência entre os corvos. Um juvenil forrageou sem obter sucesso por mais de 3h, enquanto outro jovem obteve apenas uma larva em cinco horas de trabalho. Em muitos casos, jovens foram vistos forrageando em companhia de aves mais velhas em que apenas essas últimas foram bem sucedidas, mas não foi possível descobrir se a inabilidade dos juvenis estava em localizar as larvas ou extraí-las. Ambos os juvenis tinham idade suficiente para desempenhar a mecânica básica da manufatura das ferramentas e ambos usaram, em média, a mesma

³ As varetas usadas como ferramentas por corvos da Nova Caledônia, *Corvus moneduloides*, no estudo de Bluff et al. (2010) não tinham o formato de agulha de crochê, como os gravetos descritos por Hunt (2000a), também usados por esses corvos na captura de larvas.

quantidade de ferramentas por tentativa que os adultos. A coleta de 193 ferramentas usadas pelos corvos, assim como de outros materiais vegetais presentes nos sítios de alimentação, e a comparação do comprimento das ferramentas com o dos buracos onde eram inseridos nos troncos, confirmou a seletividade do tipo e do tamanho dos materiais a serem usados pelos corvos na natureza, fato que já havia sido demonstrado experimentalmente para a espécie em laboratório (Chappell & Kacelnik, 2002).

O exemplo dos corvos da Nova Caledônia evidencia o quanto o equilíbrio entre a abordagem descritiva e experimental é importante para uma boa pesquisa etológica, já que a observação e a quantificação são importantes para um entendimento mais completo de qualquer comportamento.

Com isso em vista, elaboramos um planejamento que incluísse tanto uma etapa descritiva quanto uma etapa experimental, a fim de dar prosseguimento ao nosso estudo preliminar de uso de ferramentas por araras azuis, *Anodorhynchus hyacinthinus* (Borsari & Ottoni, 2005). A etapa descritiva foi feita em uma das regiões naturais de ocorrência da espécie, o Pantanal sul-matogrossense, com o apoio do Projeto Arara Azul. O objetivo principal dessa fase era a realização de observações do uso de ferramentas por araras azuis selvagens em situação natural, a fim de melhor descrevê-lo e levantar hipóteses que pudessem ser testadas em situação mais controlada. A etapa experimental foi feita em cativeiro, com o apoio da Fundação Lymington, mesmo criadouro onde realizamos o estudo preliminar (Borsari & Ottoni, 2005). O objetivo dessa fase era testar hipóteses levantadas no decorrer da fase descritiva. Ambas as etapas, descritiva e experimental, são apresentadas a seguir.

3.2. Estudo Descritivo

Sob a coordenação da bióloga Neiva Maria Robaldo Guedes desde 1990, as atividades do Projeto Arara Azul vêm contribuindo para a conservação desta espécie na natureza, com pesquisas sobre aspectos básicos da sua biologia e das ameaças que estavam reduzindo a população selvagem. Seus resultados de campo possibilitaram a idealização de um projeto de manejo (de ovos e filhotes) e de

instalação de ninhos artificiais, que tem viabilizado o aumento da população reprodutiva e do número de filhotes que sobrevivem e voam a cada ano, levando sua população que no início era de apenas 1500 aves a atingir os 4000 indivíduos atuais. Além das araras azuis, outras 19 espécies de aves têm sido beneficiadas com as ações do Projeto, o qual além das atividades de campo aborda a educação ambiental e conscientização do público em geral, outro aspecto importante da conservação (Guedes, 2004).

Graças ao apoio do Projeto Arara Azul, o qual nos acolheu e nos proporcionou estadia, transporte e auxílio, a realização da etapa descritiva deste trabalho foi viável.

3.2.1. Métodos

3.2.1.1. Local de Estudo

As observações do comportamento de uso de ferramentas por araras azuis (*A. hyacinthinus*) na natureza foram feitas durante cinco semanas (em maio e junho de 2007) nas áreas próximas à base do Projeto Arara Azul, no Refúgio Ecológico Caiman, no Pantanal de Miranda (Fig. 7).

Figura 7. Mapa da região do Pantanal. A seta indica a cidade de Miranda, local da base do Projeto Arara Azul, onde se realizou a etapa descritiva da pesquisa.

3.2.1.2. Observação do Comportamento

No Pantanal, as araras azuis se alimentam principalmente do fruto de duas

palmeiras: a bocaiúva (*Acrocomia totai*) e o acuri (*Attalea phalerata*). Na tentativa de observá-las alimentando-se das duas espécies de coco, a pesquisadora se deslocava (a pé ou, quando possível, de caminhonete com a equipe do Projeto Arara Azul) nas imediações da base do Projeto na Fazenda Caiman, em busca de indivíduos que estivessem forrageando. Caso os encontrasse, acionava a filmadora (Sony DCR-HC90) sobre um tripé para registrar seu comportamento. Com o passar dos dias, ficou claro que as aves se deixavam filmar com mais facilidade quando se alimentavam nas palmeiras de bocaiúva (Fig. 8), mais altas que as de acuri. Com o intuito de melhor registrar seu comportamento também em relação ao acuri, optamos por cevar uma área próxima a um coxo de sal para gado, onde a presença de araras consumindo o mineral já havia sido notada. Neste local, a filmadora era montada sobre o tripé e deixada ligada, enquanto a pesquisadora observava à distância. Em pouco tempo as aves se habituaram à filmadora e muitas passaram a visitar a ceva de acuri (Fig. 9). No entanto, estes registros foram de difícil análise, pois muitos indivíduos iniciavam o processo em frente à câmera, mas deslocavam-se e saíam do campo de filmagem. Por isso, priorizamos os dados obtidos para a quebra da bocaiúva, cujos registros foram obtidos com a experimentadora no controle da filmadora, narrando os acontecimentos.

Figura 8. Arara azul selvagem (*A. hyacinthinus*) alimentando-se na palmeira de bocaiúva (*Acrocomia totai*), no Pantanal Matogrossense. Foto: Andressa Borsari.

Figura 9. Bando de araras azuis selvagens (*A. hyacinthinus*) alimentando-se de acuri (*Attalea phalerata*) em ceva montada para a filmagem de seu comportamento, no Pantanal Matogrossense. Foto: Andressa Borsari.

Os filmes foram transcritos, levando à elaboração do Etograma I, com as

descrições das categorias comportamentais obtidas durante o registro de *A. anodorhynchus* alimentando-se nas palmeiras de bocaiúva, *A. totai* (Tabela 2). Os dados acerca do comportamento das araras foram obtidos através do método de Animal Focal (Martin & Bateson, 1986).

Tabela 2 - Etograma I: Descrição das categorias comportamentais obtidas durante o registro de *A. anodorhynchus* alimentando-se nas palmeiras de bocaiúva (*Acrocomia totai*), no Pantanal.

Comportamento	Descrição
Ir ao cacho	Deslocar-se em direção ao cacho de frutos.
Selecionar o coco	Selecionar um fruto do cacho.
Subir à copa	Deslocar-se em direção à copa da palmeira, após selecionar o fruto.
Descascar	Remover com o bico parte do exocarpo do coco.
Sulcar	Posicionar o coco sob a mandíbula superior, imprimindo sobre ele força com a mandíbula inferior.
Largar	Soltar o coco (já consumido ou não).
Usar Ferramenta	Posicionar objeto entre a mandíbula superior e o coco, imprimindo força com a mandíbula inferior sobre o coco.
Abrir	Romper a cápsula do coco após Sulcar ou Usar Ferramenta.
Comer	Ingerir o endocarpo após romper a cápsula do coco.
Interação Social	Interagir fisicamente com co-específico.
Fora de Visão	Estar fora do campo visual da experimentadora/câmera
Deixar o local	Voar para outro local.
Outros	Qualquer comportamento não descrito acima.

Desta forma, as sessões de observação ocorreram oportunisticamente, conforme as araras eram encontradas alimentando-se, e tiveram duração variável (entre 03min30seg e 58min32seg), dependendo do tempo que permanecessem no local. No total, tivemos 16 sessões de observação (totalizando 06h13min16seg de

filmagem) obtidas em pontos próximos à base do Projeto, denominados: Alojamento, Hotel Sede, Braquiária Queimada e Mina.

3.2.1.3. Parâmetros Avaliados

As seguintes medidas foram registradas: tempo gasto pela ave para descer ao cacho, selecionar o coco, retornar à copa da palmeira, descascar o fruto, sulcá-lo, abri-lo e comê-lo. Registrou-se também o uso ou não de ferramentas ao longo desse processo, o tempo gasto até usar a primeira ferramenta, o número de ferramentas empregadas (assim como os tipos de materiais usados), além da duração do uso de cada uma. Além disso, também avaliamos o resultado obtido pelas aves, isto é, se os cocos foram comidos ou não (largados ou perdidos antes de serem abertos pelas araras).

3.2.1.4. Limitações

Algumas dificuldades surgiram ao longo das observações no Pantanal. Por exemplo, muitas vezes as araras já estavam quebrando cocos quando a experimentadora as encontrava, ou interrompiam a quebra e levantavam vôo para outro local em meio a um registro, fazendo com que estes eventos de manipulação do fruto não fossem filmados do início ao fim, ou seja, algumas categorias comportamentais envolvidas no processo de tentativa de quebra do coco não foram filmadas. Por isso, os eventos de manipulação da bocaiúva foram classificados em três tipos: “completos” (quando registrados do início ao fim, com todas as categorias comportamentais), “interrompidos” (quando as aves levantavam vôo em meio a um evento, perdendo-se assim o registro das categorias comportamentais envolvidas no final da quebra do coco) ou “em andamento” (quando o evento de quebra já estava em andamento quando começou a ser filmado, perdendo-se assim o registro das categorias comportamentais envolvidas no início da quebra do coco).

De forma semelhante, as próprias categorias comportamentais poderiam ter

sido registradas depois de já iniciadas (“em andamento”) ou terem o seu registro interrompido, quando as aves deixavam o local (“interrompidas”). As categorias comportamentais que não foram registradas ao longo do processo de quebra dos cocos (porque a filmagem foi iniciada depois do início do processo ou porque as aves deixaram o local) foram classificadas como “não observadas”.

Outro problema enfrentado durante a coleta de dados foi a impossibilidade de identificar individualmente as araras entre sessões de observação. Caso a experimentadora encontrasse, por exemplo, um bando de quatro indivíduos alimentando-se em uma palmeira de bocaiúva, conseguia diferenciar os indivíduos durante o tempo em que se alimentavam ali (em uma mesma sessão). Mas, se voltasse a encontrar araras alimentando-se nesta mesma palmeira no dia seguinte ou em outro momento qualquer, já não era possível saber se estes eram os mesmos indivíduos do dia anterior. Como a área percorrida foi pequena, estimamos que os mesmos indivíduos tenham sido filmados diversas vezes e por esse motivo, as análises estatísticas feitas para o grupo de araras não puderam ser feitas com testes que tivessem como pressuposto a independência dos dados.

Tampouco foi possível identificar o sexo das aves: não existe dimorfismo sexual para a espécie e as observações realizadas não se referiam ao seu comportamento reprodutivo, o que poderia ajudar na identificação sexual.

3.2.1.5. Estimativa da Faixa Etária das Aves

Apesar de não termos conseguido diferenciar as aves individualmente e sexualmente, foi possível estimar sua faixa etária e categoriza-los em jovens e adultos, graças à ajuda do pessoal do Projeto Arara Azul. Os juvenis dessa espécie, apesar de já terem o tamanho de um adulto, por vezes têm a plumagem ainda incompleta, revelando um pouco das plumas acinzentadas sob as penas. Além disso, movem-se mais vagarosamente que os adultos e aparentemente equilibram-se com um pouco de dificuldade, ajustando-se frequentemente nos poleiros, dando pequenos saltos.

Cabe lembrar que aqui também não foi possível estimar o número exato de araras em cada faixa etária, pois há uma grande chance de os mesmos indivíduos terem sido filmados em diferentes sessões de observação.

3.2.1.6. Análise dos dados

Esta etapa da pesquisa teve caráter mais descritivo do que inferencial. Tabelas com medidas-resumo (tamanho amostral, valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão,) são apresentadas para os parâmetros avaliados. Em alguns casos conduzimos um teste não-paramétrico para verificar possíveis correlações entre eles (Tau_b de Kendall, com nível de significância $p < 0,05$).

3.2.2. Resultados

3.2.2.1. Descrição do uso de ferramentas das araras azuis selvagens no Pantanal durante a quebra da bocaiúva

Pousadas na copa de palmeiras de bocaiúva, as aves desciam até o cacho, do qual selecionavam um fruto para depois retornarem à copa. Já empoleiradas, segurando o coco com um dos pés (em geral o esquerdo) e posicionando-o dentro do bico, as aves retiravam partes do seu exocarpo (sem ingeri-lo) e sulcavam a dura cápsula (mesocarpo) com a mandíbula inferior. A partir daí, as araras poderiam ou não usar uma ou mais ferramentas (lascas retiradas da base da folha da palmeira, pedaços de folíolos arrancados da folha ou um maço de folíolos, usados sem que fossem arrancados da folha) até o momento em que conseguiam romper a cápsula da castanha, para então inserirem a ponta afilada de sua mandíbula superior no seu interior, retirando porções do endocarpo que era ingerido, para só então descartarem a cápsula já vazia (Fig. 10). O uso de ferramentas ocorreu em geral

quase no fim do processo de quebra e, em todas as vezes, os itens usados como ferramentas eram posicionados com auxílio da língua entre o coco e a mandíbula superior das araras. Ao longo do processo de quebra do fruto as araras às vezes intercalavam comportamentos não relacionados à obtenção de alimento (por exemplo, interagir socialmente).

Figura 10. Frutos de bocaiúva (*A. totai*) já comidos e descartados por arara azul (*A. hyacinthinus*), com a ferramenta usada ainda grudada. *A* e *C*: vistas frontal e posterior de um coco em que a ferramenta usada foi uma lasca da base da folha. *B* e *D*: vistas frontal e posterior de um coco em que ferramenta usada foi um pedaço de folíolo. Foto: Andressa Borsari.

No total, fizemos 157 registros de araras azuis manipulando frutos de bocaiúva (*A. totai*) no Pantanal, em 16 sessões de observação, que ocorreram em quatro locais diferentes (vide Tabela 3 em Material e Métodos, acima), dos quais 93 registros (aproximadamente 59%) foram do tipo “completos”, 33 (21%) foram “interrompidos” e 31 (19%), “em andamento” (Fig. 11).

Figura 11. Proporção dos tipos de eventos registrados para as tentativas de quebra de bocaiúva (*A. totai*) por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal.

O número de indivíduos encontrados em uma mesma sessão variou de apenas uma ave para até sete aves. A Tabela 3 mostra o número de indivíduos (assim como suas faixas etárias estimadas) e o local onde foram encontrados, em todas as sessões de observação.

Tabela 3 - Sessões de observação, número de indivíduos (os números entre parênteses representam, respectivamente, a quantidade de adultos e jovens) e localidade (*HS*, Hotel Sede; *BQ*, Braquiária Queimada; *A*, Alojamento e *M*, Mina).

Sessão	Indivíduos	Local
1	7 (4,3)	HS
2	3 (3,0)	BQ
3	3 (1,2)	HS
4	1 (1,0)	A
5	1 (1,0)	M
6	3 (2,1)	BQ
7	1 (1,0)	A
8	6 (4,2)	HS
9	1 (0,1)	BQ
10	1 (1,0)	A
11	2 (2,0)	A
12	2 (2,0)	A
13	1 (1,0)	A
14	2 (2,0)	A
15	1 (1,0)	A
16	1 (1,0)	A

Dos 157 episódios registrados de manipulação da bocaiúva, 135 (ou 86%) foram desempenhados por indivíduos adultos e 22 (14%) por jovens (Fig. 12).

Figura 12. Proporção dos registros de manipulação da bocaiúva (*A. totali*) atribuídos a indivíduos jovens e adultos de arara azul (*A. hyacinthinus*), no Pantanal.

Levando-se em conta apenas as categorias comportamentais com o registro completo, as araras levaram em média: 11,58 segundos para descer ao cacho, 10,98 segundos para selecionar o fruto e 9,91 segundos para voltar à copa da palmeira. Demoraram 18,28 segundos para remover partes do seu exocarpo (descascá-lo) e 19,17 segundos para fazer o primeiro sulco na cápsula do coco. O ato de sulcar durou em média 24,43 segundos. As aves demoraram em média 38,48 segundos para usar a primeira ferramenta, sendo que nem sempre o fizeram. Levaram em média aproximadamente um minuto (57,16 segundos) para romper a cápsula do fruto da bocaiúva e 33,45 segundos para remover e comer seu endocarpo. O tempo médio de manipulação total foi de 107,9 segundos (Tabela 4).

TABELA 4 - Atividades desempenhadas por araras azuis (*A. hyacinthinus*) durante a manipulação do fruto da bocaiúva (*A. totai*), no Pantanal. *N* = número de registros completos, *Min.* = tempo mínimo gasto na atividade, *Máx.* = tempo máximo gasto na atividade, *Méd.* = tempo médio gasto na atividade e *dp* = desvio padrão. O tempo foi medido em segundos.

Atividade	N	Min.	Máx.	Méd.	Dp
Descer até o cacho	86	3	68	11,58	9,80
Selecionar o coco	113	1	183	10,98	18,67
Subir de volta à copa	97	1	30	9,91	6,38
Descascar o coco	128	3	101	18,28	11,07
Tempo até o primeiro sulco	129	3	127	19,17	12,17
Sulcar	130	2	274	24,43	26,43
Tempo até a primeira ferramenta	92	5	111	38,48	18,33
Tempo até abrir	119	16	167	57,16	27,98
Comer	123	2	137	33,45	17,73
Tempo total de manipulação	104	1	401	107,90	56,34

Encontramos correlação positiva entre o tempo até abrir e o tempo descascando o coco, o tempo gasto até que a arara começasse a sulcá-lo e o tempo até o primeiro uso de ferramentas, ou seja, quanto mais tempo a arara gastou para remover pedaços do exocarpo, para começar a sulcar o coco e também para usar a primeira ferramenta, mais tempo demorou para abri-lo e acessar seu endocarpo (para todas, Tau_b de Kendall, $p < 0,001$). É curioso observar que, em média, o uso de ferramentas aconteceu pela primeira vez apenas momentos antes das araras quebrarem a cápsula do coco. Na verdade, a primeira ferramenta era empregada em média quando 2/3 do tempo efetivamente gasto para abri-lo já haviam passado (ver Discussão).

Encontramos correlação negativa entre a faixa etária estimada para os indivíduos e o tempo gasto para descer ao cacho, o tempo até abrir o fruto, o tempo total de manipulação e o tempo gasto para subir de volta à copa da palmeira (em todos os casos, Tau_b de Kendall, $p < 0,01$), ou seja, quanto mais velhos os indivíduos, menos tempo levavam para desempenhar essas atividades. Para os demais parâmetros, não encontramos correlações significativas.

O coco foi consumido em 128 casos (81,5%) e largado sem abrir em apenas sete casos (4,5%). Nos restantes 22 casos (14%), não foi possível observar qual o resultado obtido pelas araras (Fig. 13).

Figura 13. Proporção dos resultados obtidos por araras azuis (*A. hyacinthinus*) durante a manipulação da bocaiúva (*A. total*), no Pantanal.

Levando em consideração apenas os registros de categorias completas, encontramos tempo médio de manipulação de 105,5 segundos para os cocos comidos e de 136,6 segundos para os cocos largados (informação disponível para 97 dos 128 cocos comidos e seis dos sete cocos largados, vide Tabela 5).

TABELA 5 - Tempo de manipulação total de cocos de bocaiúva (*A. total*) comidos e largados por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal. *N* = número de registros completos, *Min.* = tempo mínimo de manipulação total, *Máx.* = tempo máximo de manipulação total, *Méd.* = tempo médio de manipulação total e *dp* = desvio padrão. O tempo foi medido em segundos. Apenas eventos completos foram considerados.

Resultado	N	Min.	Máx.	Méd.	Dp
Comeu	97	54	293	105,45	40,44
Largou/Perdeu	6	1	401	134,67	178,37
TOTAL	103	1	401	107,16	56,09

Apesar de não termos encontrado correlação significativa entre o tempo de manipulação total e o resultado obtido pelas aves, é importante notar que o tempo mínimo de manipulação para cocos largados foi de apenas um segundo, ou seja, o

fruto foi descartado logo depois de selecionado, o que não aconteceu com os cocos que foram comidos, cujo tempo de manipulação mínimo foi de quase um minuto (54 segundos). Na verdade, metade desses cocos foram largados por aves adultas com poucos segundos de manipulação (com um, dois e seis segundos de manipulação). A Figura 14 mostra um desses frutos descartados, em que é possível ver a marca do bico da ave que chegou a morder o coco antes de largá-lo. Essa observação indica que talvez as aves adultas percebam alguma característica (indesejada) no fruto durante essa primeira mordida, o que as fazem descartar o coco logo em seguida. Os demais cocos largados, o foram com 81, 317 e 401 segundos, todos por aves jovens. Nesses casos, os cocos foram descartados após um tempo relativamente longo de manipulação (inclusive maior que o tempo médio gasto para abrir o coco). A análise da transcrição dos vídeos revelou que nesses três casos, as jovens araras não interagiram socialmente ou desempenharam comportamentos que não estivessem relacionados à quebra da castanha e que pudessem ser responsáveis pelo alongamento do tempo total de manipulação. Esse resultado aponta para duas possibilidades: as araras mais jovens perderam acidentalmente os cocos após um longo período tentando abri-los, ou então estavam apenas explorando o coco, sem tentar de fato abri-lo, e largaram-no após este período de investigação ou até “brincadeira”. O fato é que tal comportamento não foi observado em araras adultas, as quais descartaram cocos logo após retirá-los do cacho.

Figura 14. Fruto de bocaiúva largado por arara azul logo depois de ter sido selecionado do cacho. É possível notar a marca do bico da ave no exocarpo do fruto. Foto: Andressa Borsari.

As araras usaram ferramentas na maioria dos eventos de manipulação da bocaiúva (100 vezes em 157 registros, ou 63,06% do total). Em 38 eventos não o fizeram (25,47%) e em 19 eventos (11,47%), não foi possível verificar o uso de ferramentas (Fig. 15). Se considerarmos apenas os registros completos para essa informação (138), a porcentagem de uso de ferramentas sobe para 72%.

Figura 15. Proporção do uso de ferramentas durante o registro da manipulação da bocaiúva (*A. totai*) por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal.

Se considerarmos apenas os eventos com registros completos tanto para os resultados obtidos pelas aves quanto para a ocorrência de uso de ferramentas, veremos que as aves usaram ferramentas na maioria dos cocos consumidos (em 93 de 125 casos, ou 74,4%) e em apenas um dos seis cocos não comidos (16,67%), conforme representado na Figura 16. Esse coco em particular foi um dos cocos largados por uma ave jovem (após 317 segundos de manipulação). Como encontramos apenas um registro em que a ave usou ferramenta em um coco largado, a correlação foi positiva entre o resultado e o uso de ferramentas (Tau_b de Kendall, $p < 0,01$), ou seja, as aves usaram ferramentas com mais frequência em cocos que foram comidos do que com cocos que foram largados.

Figura 16. Proporção dos resultados (comeu ou largou) em relação ao uso de ferramentas durante a manipulação da bocaiúva (*A. totai*) por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal.

Três tipos de material foram usados como ferramentas pelas araras azuis durante as tentativas de quebra de bocaiúva no Pantanal: lascas que retiravam da base da folha da palmeira (chamadas de “base da folha”), pedaços dos folíolos que arrancavam da folha (“folíolo”) ou um agrupamento de folíolos que não eram arrancados da folha (“maço de folíolos”). De modo geral, as araras tiveram uma preferência pelos folíolos (73 vezes do total de 182 itens empregados como ferramentas, ou 40%), seguidos da “base da folha” (60 casos, ou 33%) e do “maço de folíolos” (apenas oito casos, ou 4%). Em 41 casos (23%) não foi possível observar qual o tipo de material usado, conforme representado na Figura 17.

Figura 17. Proporção dos tipos de materiais usados como ferramentas por araras azuis (*A. hyacinthinus*) durante a manipulação da bocaiúva (*A. totai*), no Pantanal.

Quando as araras usaram ferramentas, a quantidade variou de uma a quatro ferramentas por coco. Em 69 ocasiões usaram apenas uma ferramenta, em 17 usaram duas ferramentas, em nove, usaram três ferramentas e em três casos, usaram quatro ferramentas (Fig.18). Em 21 casos não foi possível saber o número de ferramentas usadas

Figura 18. Frequência do número máximo de ferramentas usadas durante a manipulação de cocos de bocaiúva (*A. totai*) por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal.

Excluindo-se os eventos “não observados” para o número máximo de ferramentas usadas e para o resultado obtido pelas araras, obtivemos 139 eventos de manipulação da bocaiúva. Em 131 desses casos o coco foi comido, sendo que em 32 vezes (24,47%) isso aconteceu sem o uso de ferramentas e em 65 vezes (49,62%) com o uso de no máximo uma ferramenta. Em 17 episódios (12,98%) as araras usaram no máximo duas ferramentas, em oito episódios (6,11%) usaram três ferramentas, e em apenas três (2,29%), os cocos foram abertos com o uso de no máximo quatro ferramentas. Em seis eventos o coco foi descartado, sendo que em cinco casos (83,34%) não houve uso de ferramentas e em uma única vez (16,66%) foram usadas três ferramentas, conforme representado na Tabela 6.

Encontramos correlação positiva entre o número de ferramentas usadas e o tempo até abrir o coco, ou seja, quanto mais ferramentas a ave empregou durante a manipulação do coco, mais tempo levou para abri-lo (Taub_b de Kendall, $p < 0,05$).

TABELA 6 - Distribuição dos cocos de acuri (*A. totai*) largados e comidos de acordo com o número máximo de ferramentas empregadas durante a sua manipulação por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal. Apenas eventos completos foram considerados.

Resultado	Número máximo de ferramentas usadas					TOTAL
	0	1	2	3	4	
Comeu	32	65	17	8	3	125
Largou	5	0	0	1	0	6
TOTAL	37	65	17	9	3	131

O material mais usado como primeira ferramenta pelas aves foi o folíolo (53 casos), seguido de base da folha (42 casos) e maço de folíolos (quatro casos). Como segunda ferramenta, as araras usaram com maior frequência a base da folha (em 14 casos), seguida de folíolo (12 casos) e maço de folíolos (em três casos). Como terceira ferramenta os materiais mais usados foram, respectivamente, folíolo (seis casos), base da folha (três casos) e maço de folíolos (um caso). Como quarta ferramenta as aves usaram folíolo em duas ocasiões e a base da folha, em uma ocasião. Em 41 eventos não foi possível observar a ordem e/ou o material das ferramentas usadas (Fig. 19).

Figura 19. Frequência de uso dos materiais de acordo com a ordem em que foram empregados como ferramentas durante a manipulação da bocaiúva (*A. totai*) por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal.

Excluindo-se os registros em que não se pôde observar o tempo de uso da ferramenta, observamos que, em média, o tempo de uso da primeira foi 13,27 segundos, o da segunda ferramenta; 14,11 segundos, o da terceira; 14,60 segundos e o tempo de uso da quarta ferramenta foi de 14,33 segundos (Tabela 7).

TABELA 7 - Ordem e tempo de uso das ferramentas durante a manipulação do coco de bocaiúva (*A. totai*) por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal. *N* = número de registros completos, *Min.* = tempo de uso mínimo, *Máx.* = tempo de uso máximo, *Méd.* = tempo de uso médio e *dp* = desvio padrão. O tempo foi medido em segundos. Apenas eventos completos foram considerados.

Ordem	N	Min.	Máx.	Méd.	Dp
1	95	1	66	13,27	11,91
2	28	2	66	14,11	14,38
3	10	3	50	14,60	15,54
4	3	7	27	14,33	11,02

Usando apenas os dados de registros completos, verificamos que em média, as aves gastaram mais tempo com a base da folha (20 segundos), seguida do maço de folíolos (17 segundos) e por fim do folíolo (12 segundos). Esse resultado está

representado na Figura 20.

Figura 20. Tempo médio de uso das ferramentas de acordo com seu material durante a manipulação da bocaiúva (*A. totai*) por araras azuis (*A. hyacinthinus*), no Pantanal.

Não encontramos correlação entre o tempo de uso das ferramentas e a ordem em que foram usadas, entre o material e a ordem em que foi usado, ou entre o material e o seu tempo de uso.

3.2.3. Discussão

Os pequenos grupos de araras encontrados provavelmente eram constituídos de famílias: casais com seus filhotes já independentes nutricionalmente e possivelmente juvenis do ano anterior (conforme descrito por Guedes, 2002).

A descrição obtida do uso de ferramentas por araras azuis selvagens durante a manipulação da bocaiúva (*A. totai*) teve semelhanças com a que fizemos em nosso estudo preliminar com aves cativas (Borsari & Ottoni, 2005), ainda que o fruto oferecido a estas últimas fosse de espécie diferente (indaiá, *Attalea dubia*). O

posicionamento dos itens empregados como ferramentas pelas araras selvagens foi idêntico ao observado para as aves cativas: as ferramentas são colocadas entre o coco e a mandíbula superior enquanto sulcam a cápsula com sua mandíbula inferior. Todavia, diferentemente das aves cativas que usaram muitas ferramentas ao longo manipulação de um mesmo coco, as araras do Pantanal foram mais rápidas em abrir os cocos e limitaram seu uso a no máximo quatro itens e geralmente o fizeram apenas momentos antes da ruptura da cápsula do fruto. Essa última evidência fortalece a idéia de que as ferramentas tenham como uma de suas possíveis funções o amortecimento do impacto no momento da quebra, protegendo o bico da ave e talvez até evitando que estilhaços do mesocarpo (duro) sejam engolidos. Não se pode descartar, contudo, a possibilidade de as diferentes espécies de cocos demandarem tempos de investimento e número de ferramentas diferentes para serem abertos. Para testar essa possibilidade seria necessário observar aves cativas durante a manipulação da bocaiúva. Outra possível explicação para a melhor eficiência das aves selvagens é a sua maior experiência em abrir cocos, uma vez que na natureza as araras têm a dieta basicamente restrita aos frutos de palmeiras e no criadouro, pelo contrário, a dieta é muito variada e os cocos são itens esporádicos, cuja disponibilidade é restrita (principalmente por motivos nutricionais).

Aproximadamente 74% dos cocos consumidos pelas aves foi aberto com uso de ferramentas, o que sugere que este comportamento seja muito importante para a espécie. Além disso, trata-se de um comportamento bastante freqüente: houve uso de ferramentas em 100 de 157 eventos registrados. Nossas observações revelaram que as etapas de deslocamento até o cacho, seleção do coco e deslocamento de volta até a copa da palmeira são relativamente rápidas, durando em torno de dez segundos cada uma. Todavia, encontramos evidências de que araras mais jovens gastam um tempo maior que as adultas nessas atividades, o que indica que os atos de deslocar-se e selecionar um coco apropriado exigem prática. O deslocamento ao cacho parece ser especialmente mais difícil, já que descer com a cabeça orientada ao solo é condição totalmente inversa à usual, e faz com que as araras precisem ser mais cautelosas, agarrando-se à palmeira com os pés enquanto usam os bicos para avançar.

Os cocos não abertos por aves adultas foram largados logo depois de terem sido retirados do cacho, antes de retornarem à copa. As marcas de mordida encontradas nestes cocos indicam que as araras os estiveram inspecionando antes

de largá-los. Os cocos não comidos e descartados pelos filhotes foram manipulados por mais tempo, o que é compatível com nossas observações de cativeiro (Borsari & Ottoni, 2005), indicando que os juvenis podem ter explorado o coco por certo tempo, perdido acidentalmente o coco antes de abri-lo ou simplesmente desistido de abri-lo depois de um longo tempo tentando.

Aparentemente, quanto mais tempo as araras azuis levam para descascar e começar a sulcar o fruto, mais tempo demorarão a abri-lo. Talvez cocos com bastante mesocarpo precisem de um investimento maior de tempo e esta seja uma característica indesejada, usada pelas aves adultas como critério para o descarte durante a seleção do coco. Sabe-se que cocos mais maduros são mais viscosos e pegajosos, e podem por isso demandar tempos maiores de manipulação durante a fase em que as aves removem seu exo- e mesocarpo. Relatos do pessoal do Projeto Arara Azul confirmam que as araras preferem se alimentar de cocos de bocaiúva ainda não totalmente maduros, o que corroboraria a hipótese de que estejam escolhendo cocos com exo- e mesocarpos menos encorpados.

As araras levam em média um minuto para quebrar o fruto e acessar seu endocarpo e encontramos evidências de que aves jovens levam mais tempo que adultas para fazê-lo, confirmando nossos resultados preliminares (Borsari & Ottoni, 2005) de que esta é uma atividade que requer aprimoramento através de aprendizagem. Na verdade, indivíduos jovens de muitas outras espécies forrageiam com menos proficiência que adultos (Wunderle, 1992), e estudos de campo de outras espécies que usam ferramentas sugerem que a maturação das habilidades envolvidas no domínio das técnicas de uso pode demorar tempo considerável. Por exemplo, o domínio do uso de varetas por corvos da Nova Caledônia pode demorar mais de um ano (Bluff, 2010) e o controle do emprego do martelo e da bigorna pode levar em torno de dois a três anos por macacos-prego (Resende, 2004; Ottoni, Resende & Izar, 2005) e de três a cinco anos por chimpanzés (Inoue-Nakamura & Matsusawa, 1997). Ainda que não possamos apontar quais processos de aprendizagem são responsáveis pelo aprimoramento da técnica de forrageamento por araras azuis jovens, existem muitos aspectos a serem aprendidos, como, por exemplo, a seleção de cocos apropriados e de materiais a serem usados como ferramentas, além do posicionamento mais eficaz desses materiais. Nossas observações em campo revelaram que existe bastante oportunidade para filhotes observarem o comportamento de quebra e uso de ferramentas de aves adultas

durante a manipulação da bocaiúva, já que forrageiam muito próximas, geralmente na mesma palmeira. Todavia, essa oportunidade não necessariamente implica em influência social e assim, mais trabalhos são necessários para investigar a possível ocorrência de aprendizagem socialmente mediada nessa espécie.

O tempo total de manipulação também foi maior para filhotes do que para aves adultas. Isso pode ter acontecido porque os filhotes levam mais tempo para quebrar o coco, mas também porque passam mais tempo manipulando cocos cujo endocarpo já foi comido, ou seja, demoram mais para largar cápsulas vazias (tal qual observado por nós em nosso estudo com aves cativas, Borsari & Ottoni, 2005). O tempo levado para consumir o endocarpo foi de aproximadamente 30 segundos e não diferiu entre as faixas etárias.

As araras azuis selvagens foram observadas usando apenas três tipos de materiais como ferramentas durante a manipulação do coco da bocaiúva, mas vale lembrar que no alto da copa da palmeira, onde as araras manipulam e comem os cocos, as opções de materiais são bastante limitadas e não observamos nenhum indivíduo transportando ferramentas de outros locais para serem usadas. Os materiais foram: “folíolo”, “maço de folíolos” e “base da folha”, todos empregados de forma idêntica. Identificamos tanto uso verdadeiro (no caso de “folíolo” e “base da folha” que são ferramentas destacadas) quanto limítrofe (no caso de “maço de folíolos”, o qual ainda está conectado ao substrato, neste caso, a própria palmeira), conforme definição de Boswall (1977a). O material usado com mais frequência como ferramenta foi o “folíolo”, seguido de “base da folha” e “maço de folíolos”. Os tempos de uso foram menores para os “folíolos” e “base da folha”, mas isso provavelmente se deve às próprias características destes materiais, os quais se desgastavam mais rapidamente e precisavam ser substituídos com mais frequência que o “maço de folhas”, mais espesso e talvez mais resistente. Entretanto, a baixa frequência com que observamos o uso de “maço de folhas” (apenas oito casos) pode indicar que talvez não haja diferença entre este tipo de ferramenta e o “folíolo”. É possível que as araras tenham bicado um punhado de folíolos que acidentalmente não foram arrancados da folha. Nesse caso, poderíamos considerar apenas o uso verdadeiro de ferramentas com “base da folha” e “folíolo”, e a proporção de uso desses dois tipos seria praticamente a mesma: 53 casos para base da folha e 46 para folíolos. Em todo caso, ainda não é prudente descartar o uso de “maço de folíolos” como uma terceira opção de ferramenta das araras azuis selvagens. Mais estudos são

necessários a fim de elucidar essa questão.

Seja qual for o material usado, as ferramentas são descartáveis, ou seja, as araras não usam a mesma ferramenta na manipulação de mais de um coco: estas, em geral, ficam grudadas à cápsula da castanha (o material viscoso da polpa atua como uma cola) e são descartadas junto com ela. Em praticamente metade dos casos em que houve uso de ferramentas, as araras azuis empregaram apenas um item. O uso de duas ferramentas foi bem menos freqüente e o de três ou quatro ferramentas, muito raro. Encontramos uma correlação entre o tempo de quebra e o número de ferramentas usadas, o que indica que quanto maior o tempo de quebra da cápsula, mais ferramentas foram usadas. Esse achado, em conjunto com a maior freqüência de apenas uma ferramenta usada durante a manipulação de um mesmo coco, sugere que animais mais eficientes usam um número menor de ferramentas para acessar o endocarpo do fruto.

O tempo de uso das ferramentas não se correlacionou significativamente com a ordem em que foram usadas. Também não encontramos correlação entre a ordem de uso das ferramentas e o tipo de material. Isso aponta para uma falta de padronização do uso de ferramentas e pode sugerir que, apesar de terem usado diferentes tipos de materiais, as araras não estão considerando suas propriedades ao selecioná-los, ou seja, suas escolhas parecem ser apenas um produto da disponibilidade de materiais. Outra possibilidade é a de que diferenças individuais afetem as escolhas, mas para elucidar essas questões são necessários estudos em que seja possível reconhecer as araras individualmente.

Os resultados apresentados acima, em conjunto com os de nosso estudo preliminar (Borsari & Ottoni, 2005), exposto no capítulo anterior, permitiram-nos fazer algumas inferências iniciais interessantes sobre o uso de ferramentas por araras azuis em pelo menos três dos quatro níveis de interpretação propostas por Tinbergen (1963): o da causalidade, o ontogenético e o evolutivo.

Por exemplo, quanto à causalidade pudemos verificar que as araras usam ferramentas para quebrar cocos dos quais se alimentam e descrever como o fazem (quais materiais e padrões motores são empregados por elas nesse momento). Quanto à ontogênese, descobrimos que os indivíduos têm uma tendência inata ao comportamento, mas que aves adultas são mais eficazes, o que indica que aprendizado e experiência têm papel importante no desempenho. Quanto à evolução do comportamento, conhecemos um caso de convergência evolutiva

(cacatuas negras da Nova Guiné, *P. aterrimus*) e sabemos que a única outra espécie do gênero *Anodorhynchus*, a arara azul de Lear, também é capaz de usar ferramentas, pelo menos em cativeiro.

Está claro que este é apenas o início de uma nova linha de pesquisa e que muitas perguntas ainda permanecem sem resposta, sobretudo quanto às funções proximais e evolutivas do uso de ferramentas por araras azuis. Encontramos evidências a favor da diminuição do impacto no momento da quebra, mas não sabemos como, exatamente, as ferramentas atuam (funções proximais): estariam servindo como um calço, melhorando o posicionamento do coco no bico das araras? Descobrimos que o uso de ferramentas por araras azuis é bastante freqüente, mas qual seria o seu valor adaptativo (função evolutiva)? Estariam diminuindo o tempo necessário para quebrar o coco, aumentando a eficiência do indivíduo? Todas essas questões precisam ser melhor investigadas através de pesquisa experimental.

Com isso em vista, voltamos ao criadouro com a intenção de realizar experimentos que pudessem começar a responder algumas dessas perguntas quanto às funções proximais e finais das ferramentas, tais quais propostas por Alcock (1989). Esta etapa experimental será descrita a seguir.

3.3. Estudo Experimental

O Brasil é o país mais rico do mundo em aves da Família Psittacidae, mas muitas espécies encontram-se ameaçadas de extinção (Sick, 1997). Apesar da população de *Anodorhynchus hyacinthinus* no Pantanal vir crescendo com as atividades do Projeto Arara Azul, a espécie consta como ameaçada de extinção em nível global (IUCN, 2010) e vulnerável de extinção em território nacional (Nunes et al., 2006). As principais ameaças às araras azuis são o desmatamento e práticas de manejo inadequadas que escasseiam o manduvi (*Sterculia apetala*), árvore da qual dependem para nidificar, e a captura para o tráfico ilegal que abastece o mercado de animais de estimação ao redor do mundo (Guedes, 2002).

O tráfico de animais silvestres é a terceira maior atividade ilícita no mundo, ficando atrás apenas do tráfico de armas e de drogas, e é apontado como o fator que mais ameaça a sobrevivência de muitas espécies ameaçadas de extinção (Rede

Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres [RENCTAS], 2001). Acredita-se que o comércio ilegal de vida silvestre, o qual inclui a fauna e seus produtos, movimenta de 10 a 20 bilhões de dólares por ano (Webb, 2001). Uma estimativa do início da década avaliou que o Brasil tenha participação de cerca de 5% a 15% do total mundial (Lopes, 2000), sendo que as aves são os animais mais comercializados. Mundialmente o comércio de aves é uma indústria muito variada, movimentando a cada ano cerca de 44 milhões de dólares (Fitzgerald, 1989). Os psitacídeos, devido a habilidade de imitar a voz humana, combinada com a inteligência, beleza e docilidade, são as aves mais populares e procuradas como animal de estimação no mundo, ficando atrás apenas dos cachorros e gatos (RENCTAS, 2001). Isso as leva a serem também as mais comercializadas ilegalmente (Fitzgerald, 1989; Abramson, Speer & Thompen, 1995; Sick, 1997). Os psitacídeos são o grupo com maior número de espécies ameaçadas de extinção (Sick, 1997) e apenas 5% dos psitacídeos no comércio são provenientes de criação em cativeiro - o restante é retirado da natureza, pois a reprodução desses animais é difícil e cara (Abramson *et al.*, 1995; Fitzgerald, 1989; Sick, 1997). O tráfico pode ser devastador, principalmente para as espécies grandes, que se reproduzem devagar, como a arara-azul, *Anodorhynchus hyacinthinus*. A estimativa é de que mais de 10.000 (dez mil) araras-azuis tenham sido capturadas, na década de 80, para o tráfico (Guedes, 2001).

Muitas apreensões de tráfico feitas pelo IBAMA são noticiadas nos jornais e televisão, mas nosso conhecimento sobre a real dimensão do tráfico no Brasil é cheio de lacunas devido à dificuldade de fiscalização e a necessidade de se padronizar uma metodologia de registro das apreensões realizadas em território nacional. Segundo relatório da RENCTAS (2001), a maioria das aves apreendidas do tráfico no Brasil é solta (cerca de 74%). A soltura é prevista pela Lei nº. 9.605/98 e ratificada pelo Decreto nº. 3.179/99, e deve ser vinculada a programas específicos de manejo das espécies, a serem aprovados pelo IBAMA, pois solturas realizadas de forma irregular acarretam um grande risco ecológico.

Os animais oriundos do tráfico também são encaminhados a outras instituições como zoológicos, instituições de pesquisa, criadouro científico, criadouro conservacionista, criadouro comercial, ou com termo de guarda voluntário gratuito (ex-fiel depositário). Esse contingente de aves cativas representa uma opção interessante para estudos experimentais sobre o comportamento, dadas as

limitações em se experimentar em campo (entre outras: a raridade dos animais, a dificuldade em controlar variáveis e o alto investimento necessário em equipamento e logística). Contudo, a prioridade das instituições mantenedoras é geralmente a formação de casais para reprodução, o que nem sempre resulta em condições de manejo apropriadas ao estudo de outros tipos de comportamento. Além disso, muitas vezes não há interesse dos criadores. Por isso, apesar de sabermos da existência de muitas aves em cativeiro, poucas estão realmente disponíveis a estudos como o nosso.

3.3.1. Métodos

3.3.1.1. Local do Estudo e Limitações

Uma instituição séria e responsável disposta a colaborar com pesquisa experimental é a Fundação Lymington, a qual tem nos apoiado desde 2000, proporcionando-nos estadia, alimentação e auxílio, inclusive modificando algumas rotinas de manejo para que se adequem às nossas necessidades experimentais. A Lymington tem sido bem sucedida na criação de araras azuis, êxito pouco comum em cativeiro, já que os casais formados nem sempre conseguem criar seus filhotes sem interferência humana e esta por sua vez é difícil e trabalhosa, uma vez que os filhotes levam muitos meses para se tornarem independentes (Fundação Lymington, com.pessoal).

À época de nosso trabalho, a Fundação tinha disponível três casais mantidos em viveiros distintos, totalizando seis aves. Infelizmente, durante a execução dos experimentos, a fêmea de um dos casais foi picada por uma cobra (possivelmente *Bothrops* sp) e veio a óbito. Uma nova fêmea foi pareada com o macho, mas para evitar que se estressassem nessa fase de adaptação, optamos por excluí-los de nossa investigação experimental, o que reduziu o número de sujeitos para apenas quatro, ou seja, tivemos uma redução de aproximadamente 33% da amostra.

Além do baixo número de sujeitos, enfrentamos outras dificuldades ao longo da etapa experimental. Por exemplo, a fim de fazer comparações com as

observações da etapa descritiva, pretendíamos oferecer às aves cativas cocos de bocaiúva (*A. tottai*) trazidos do Pantanal. Surpreendentemente, nenhuma das araras da Fundação Lynington aceitou o coco, recusando-se consecutivamente a tentar quebrá-los. Por isso, oferecemos frutos de indaiá (*Atallea dubia*), espécie usada previamente e que despertavam grande motivação em nossos sujeitos (Borsari & Ottoni, 2005).

Não foi possível o isolamento dos indivíduos, dado que a sua reprodução era o interesse primordial do criadouro e a separação do casal, ainda que temporária, poderia interferir negativamente nesse objetivo. Todavia, foi possível identificá-los através das características físicas particulares.

O baixo número de sujeitos experimentais (tanto na natureza como em cativeiro) e o teste de animais mantidos em casais ou grupos são relativamente comuns em estudos sobre o comportamento. Por exemplo, Hunt e Gray (2003), observaram apenas sete aves em seu estudo sobre manufatura e uso de ferramentas por corvos da Nova Caledônia e Chappell e Kacelnick (2002) tiveram apenas um e dois indivíduos como sujeitos em dois experimentos sobre a seletividade das ferramentas, sendo que no último caso, ambos os corvos eram mantidos no mesmo recinto. A principal limitação desse tipo de abordagem é que os resultados têm mais valor para o grupo particular de aves estudadas do que para a espécie. Todavia, a descoberta de comportamentos e capacidades cognitivas em aves cativas indica que estão presentes na espécie, ao menos nesses indivíduos. Por outro lado, resultados negativos não necessariamente implicam na ausência de tais comportamentos e habilidades para a espécie. Por isso, mesmo com o baixo número de indivíduos disponíveis à experimentação, por vezes mantidos em pares ou grupos, esse tipo de pesquisa é relevante. Ao nosso estudo em especial, soma-se o fato de que essa é a primeira vez que se tem notícia da realização de experimentos sobre o uso de ferramentas por araras azuis.

3.3.1.2. Sujeitos Experimentais

Quatro araras serviram como sujeitos experimentais nesta etapa do trabalho. Todas participaram do nosso estudo preliminar descrito no Capítulo I (Borsari &

Otoni, 2005). Os quatro sujeitos eram mantidos aos pares em viveiros separados, formando dois casais. Ambos os viveiros eram suspensos e mediam 2m de altura, 2m de largura e 6m de comprimento, estando a uma distância de aproximadamente 2m um do outro. Portanto, o contato físico entre as aves de casais diferentes não era possível, mas algum contato visual e vocal podia ocorrer.

As aves do primeiro casal, Barney e Safira, eram provenientes de apreensões antigas feitas pelo IBAMA e tinham por volta de 13 anos de idade na época do experimento. As araras do segundo casal, Simon e Hillary, eram filhos de Barney e Safira, nascidos no próprio criadouro Lymington, porém incubados artificialmente e alimentados à mão por sua proprietária. Tinha por volta de sete e seis anos de idade, respectivamente. A Tabela 8 apresenta os sujeitos, incluindo sua idade, sexo, proveniência e viveiro.

Tabela 8 – Informação sobre os sujeitos experimentais.

Nome	Sexo	Idade	Proveniência	Viveiro
Barney	M	~14 anos	Apreensão	1
Safira	F	~14 anos	Apreensão	1
Simon	M	7 anos	Cativeiro	2
Hillary	F	6 anos	Cativeiro	2

3.3.1.3. Hipóteses

Como sugerido pelo resultado de nosso trabalho preliminar (Borsari e Otoni, 2005) e pelas observações de aves selvagens no Pantanal, o uso de ferramentas durante a quebra de castanhas parece conferir alguma vantagem aos indivíduos. As hipóteses levantadas foram:

- 1) o uso de ferramentas reduz o tempo que o indivíduo gasta para abrir o coco.
- 2) o uso de ferramentas diminui a quantidade de cocos descartados (manipulados mas não comidos) pelas araras.

Vale dizer que essas hipóteses não são mutuamente exclusivas. Outras questões investigadas foram:

- 1) Características físicas dos cocos (como peso, tamanho e formato) são relevantes durante a quebra e uso de ferramentas?
- 2) Quais materiais e em que proporção são usados como ferramentas?
- 3) Existe uma ordem (ou seqüência) para o emprego dos diferentes materiais?
- 4) Existe diferença no tempo de uso das ferramentas, segundo o material e/ou a seqüência em que são empregados?

Os testes propostos para as hipóteses descritas acima são encontrados em “Análise dos Dados”, adiante.

3.3.1.4. Delineamento experimental

Elaboramos um delineamento experimental em que os quatro sujeitos eram observados durante a manipulação de cocos de indaiá em duas situações: com e sem disponibilidade de ferramentas (CF e SF, respectivamente).

No tratamento com ferramentas (CF), os poleiros de madeira eram deixados em suas posições habituais nos recintos (pois as lascas retiradas pelas araras poderiam servir como ferramentas) e além deles, os animais poderiam usar como ferramentas: pedaços de folhas da palmeira indaiá, fragmentos de fibra de casca de coco da Bahia (*Cocos nucifera*) e *pellets* da ração para psitacídeos que não haviam sido consumidos previamente, presentes em seus comedouros. Optamos por não privá-los de alimento, pois o coco de indaiá não é oferecido regularmente na dieta e trata-se de um dos seus itens preferidos, sempre despertando grande motivação nas aves, as quais interrompem qualquer atividade para tentar abri-los e comê-los. Entretanto, mantivemos o número de cocos oferecidos baixo (no máximo cinco por dia), pois são muito gordurosos e em excesso poderiam gerar problemas de saúde em animais mantidos em confinamento. No tratamento sem ferramentas disponíveis (SF), os poleiros, e todos os demais elementos descritos acima eram removidos.

Cada ave recebeu 50 cocos por tratamento (portanto 100 cocos), os quais foram distribuídos em sessões ao longo de quatro etapas da seguinte maneira: na

primeira e terceira etapas ocorreram 10 sessões de tratamento CF e 10 sessões de tratamento SF; enquanto na segunda e quarta etapas, aconteceram 15 sessões CF e 15 sessões SF⁴. Cada sessão durava o tempo que a ave levava para quebrar, largar ou perder um coco. Optamos por intercalar os tratamentos com e sem ferramentas a fim de evitar que diferenças no desempenho fossem atribuídas a prática, ou treinamento, e não ao uso de ferramentas. A Tabela 9 apresenta nosso delineamento experimental.

Tabela 9 – Delineamento experimental: número de sessões por etapa, segundo o tipo de tratamento (CF: com ferramentas, SF: sem ferramentas), por indivíduo. Em cada sessão foi oferecido um coco de indaiá (*A. dubia*).

Etapa	Tratamento CF	Tratamento SF	Total
1	10	10	20
2	15	15	30
3	10	10	20
4	15	15	30
Total	50	50	100

A experimentadora oferecia manualmente um coco por vez a cada indivíduo. As sessões ocorriam entre duas e três vezes por semana, no período da manhã. Todas as sessões foram filmadas e transcritas pela observadora, resultando na elaboração do Etograma II (Tabela 10).

⁴ No delineamento original 10 cocos por tratamento em cada etapa eram oferecidos a cada indivíduo, totalizando cinco etapas. Entretanto, devido a circunstâncias de manejo do criadouro tivemos que estender o número de sessões na primeira parte da segunda etapa e manter a mesma conduta ao longo do experimento. Essa modificação foi feita de forma idêntica para todos os indivíduos, sem prejuízo para as análises estatísticas.

Tabela 10 – Etograma II: Descrição das categorias comportamentais de *A. hyacinthinus* em cativeiro durante a manipulação do coco de indaiá (*A. dubia*).

Comportamento	Descrição
Pegar	Pegar o coco oferecido manualmente pela experimentadora.
Descascar	Remover partes do exo e mesocarpo do coco.
Raspar o bico	Raspar a mandíbula inferior no coco, em movimentos de vai-e-vem, após descascá-lo.
Usar ferramentas	Posicionar objeto entre a mandíbula superior e o coco, imprimindo força sobre o coco com a mandíbula inferior.
Sulcar	Posicionar o coco sob a mandíbula superior, imprimindo força sobre ele com a mandíbula inferior.
Abrir	Romper a cápsula do coco após Sulcar ou Usar Ferramenta (vide descrições acima)
Comer	Inserir a ponta da mandíbula superior na cápsula rompida do coco, removendo e ingerindo seu endocarpo.
Largar	Soltar o coco e iniciar outra atividade.
Perder	Soltar o coco, permanecer imóvel olhando para o coco por ao menos três segundos e/ou emitir vocalização.
Outro	Qualquer outro comportamento não descrito acima.

3.3.1.5. Cocos oferecidos

Os cocos de indaiá (*Attalea dubia*) utilizados nesse experimento foram coletados oportunisticamente de cinco palmeiras encontradas na propriedade da Fundação Lymington, ao longo do experimento. Talvez, o procedimento ideal fosse coletar todos os cocos de uma única vez, pesá-los, medi-los e selecioná-los dentro de uma faixa de peso e diâmetros, antes de oferecê-los aos animais, para que não houvesse tanta variabilidade nessas medidas. Entretanto, caso tivéssemos optado por esta prática, precisaríamos congelar os cocos de modo a conservá-los, uma vez que estragam e apodrecem muito rápido quando já desprendido das palmeiras. O congelamento não era uma opção viável, pois conforme verificado previamente, cocos descongelados perdem muito líquido, tornam-se escuros e amolecidos, ou seja, apresentam características muito diferentes dos cocos *in natura* e não sabíamos como isso afetaria o processo de quebra pelas aves. Por isso, optamos por procurar cocos frescos, em estado semelhante de maturação, ao longo do experimento, mas tomamos o cuidado para que todos os animais recebessem o mesmo número de cocos de cada palmeira.

Cada coco foi pesado (balança Acculab pocketpro 150-B, capacidade 150g, leitura 0,1g) e teve seus diâmetros (maior e menor) medidos (com um paquímetro

metálico Vonder, 150mm) antes de ser oferecido às araras. Também calculamos a razão entre os diâmetros menor e maior, a fim de estimarmos o formato do coco: quanto mais próximo o valor obtido estivesse de “um”, mais arredondado seria o coco e, ao contrário, quanto menor o valor obtido, mais elíptico seria o coco.

3.3.1.6. Parâmetros avaliados

Em SF, as seguintes medidas foram tomadas: o tempo gasto pelas aves para descascar o coco, romper a cápsula e consumir o endocarpo. Em CF, além das medidas mencionadas para SF, verificamos se as aves usaram ou não ferramentas, medimos o tempo gasto pelas araras até o uso da primeira ferramenta, o número de ferramentas empregado, os tipos de materiais e a ordem em que foram usados como ferramentas.

Caso o uso de ferramentas estivesse diminuindo o tempo de quebra dos cocos, encontraríamos um valor significativamente menor para esse parâmetro no tratamento com ferramentas disponíveis. Caso o uso de ferramentas estivesse diminuindo o descarte do alimento, encontraríamos um número significativamente menor de cocos não consumidos também no tratamento com ferramentas disponíveis.

3.3.1.7. Análise dos dados

São apresentados gráficos e tabelas com medidas resumo (média, valores mínimo e máximo e desvio padrão) para diversas variáveis contínuas, como por exemplo, tempo gasto para descascar o coco, usar a primeira ferramenta e romper a cápsula e consumir o endocarpo, tanto para o grupo de araras quanto para os indivíduos.

Para CF, averiguamos se as araras usaram ferramentas, o número de ferramentas empregadas, os tipos de materiais e a ordem em que foram usadas.

3.3.1.7.1. Distribuição dos cocos segundo suas características

Inicialmente, a fim de verificar se a distribuição dos cocos quanto às suas características era homogênea entre as palmeiras das quais eram provenientes (cinco no total), entre os sujeitos experimentais (Barney, Safira, Simon e Hillary), entre as etapas (1, 2, 3 e 4) e os tipos de tratamento (SF e CF), avaliamos a variância dos dados para cada uma das medidas (peso, Diâmetro Menor, Diâmetro Maior e razão entre os Diâmetros Menor e Maior), através de teste de igualdade de variância (Teste de Levene), com nível de significância $p < 0,05$. Quando os resultados não evidenciaram igualdade entre variâncias, consideramos variâncias diferentes para todas as palmeiras, indivíduos, etapas e tratamentos (modelo heterocedástico), ajustamos um modelo de regressão e testamos se havia diferença entre os valores médios das medidas os cocos entre árvores, indivíduos, etapas e tratamento, por meio de uma estatística de distribuição F aproximado (Teste F). Nos casos em que os resultados sugeriram igualdade de variâncias, conduzimos um teste de análise de variância com um único fator (cacho, indivíduo, sessão ou tratamento) para médias de peso, diâmetros ou formato (ANOVA).

3.3.1.7.2. Proficiência de acordo com as características do coco

A fim de averiguar se as características dos cocos teriam alguma influência em aspectos do comportamento das aves, independentemente do tipo de tratamento (disponibilidade das ferramentas), realizamos análises da mesma maneira descrita no parágrafo anterior.

Investigamos se o número de cocos comidos era afetado significativamente pelas características dos cocos. Para isso realizamos o teste de igualdade de variâncias (Teste de Levene) e procedemos da seguinte maneira: nos casos em

que os resultados não revelaram diferenças significativas entre as variâncias, empregamos um teste para médias com estatística de distribuição T (teste t). Nos casos em que as evidências sugeriram variâncias diferentes e distribuição assimétrica, empregamos um teste para medianas (Teste de Mood). Fizemos o mesmo tipo de análise para cocos comidos, largados e perdidos.

3.3.1.7.3. Efeito dos tratamentos (SF e CF): teste das hipóteses

Como já comentado, as seguintes perguntas foram levantadas:

- 1 - O uso de ferramentas diminui o número de cocos não comidos?
- 2 - O uso de ferramentas reduz o tempo que o indivíduo gasta para abrir o coco?

Passando a hipótese 1 para linguagem estatística, teremos:

Estudo A.

H_0 : O uso de ferramentas diminui o número de cocos não consumidos pelas araras.

H_A : O uso de ferramentas não diminui o número de cocos não consumidos pelas araras.

A fim de testar essa hipótese, realizamos um teste de homogeneidade para verificar se a proporção de cocos comidos e não comidos seria igual quando havia e não havia disponibilidades de ferramentas (tratamentos CF e SF, respectivamente). Usamos um teste de distribuição X^2 , considerando nível de significância $p < 0,05$.

Passando a hipótese 2 para a linguagem estatística, teremos:

Estudo B.

H_0 : O uso de ferramentas reduz o tempo que as araras levam para quebrar cocos.

H_A : O uso de ferramentas não reduz o tempo que as araras levam para quebrar cocos.

Inicialmente, realizamos uma inspeção visual dos dados, a partir da construção de *boxplots*. A partir deles, foram criados três modelos lineares mistos ajustados, a fim de testar diferenças significativas:

Modelo 1 – Teve por objetivo avaliar o tempo de abertura dos cocos em função de um efeito aleatório intrínseco de cada indivíduo e um efeito fixo representando a utilização de ferramentas.

$$y_{ij} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Neste modelo μ representa uma média global constante, ρ_i representa o efeito aleatório da i – *ésima* arara (assume-se uma distribuição $N(0, \sigma_\rho^2)$), α_i representa o efeito fixo de “Ferramenta” (sob a restrição $\sum \alpha_i = 0$) e ε_{ij} são os erros independentes (assume-se distribuição $N(0, \sigma^2)$).

O interesse principal está na investigação da hipótese a seguir,

$$H_0: \alpha_0 = \alpha_1$$

$$H_A: \alpha_0 \neq \alpha_1.$$

Modelo 2 – Teve por objetivo contemplar os efeitos individuais e os efeitos de interação.

$$y_{ij} = \mu + \rho_i + \alpha_i + (\rho\alpha)_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

Neste modelo μ representa uma média global constante, ρ_i representa o efeito da i – *ésima* arara seguindo uma distribuição $N(0, \sigma_\rho^2)$, α_i representa o efeito

fixo “utilização de ferramenta” sob a restrição $\sum \alpha_i = 0$ e ε_{ij} erros independentes seguindo uma distribuição $N(0, \sigma^2)$, $(\rho\alpha)_{ij}$ é o efeito de interação entre arara e uso de ferramenta, seguindo uma distribuição $N\left(0, \frac{t}{t-1} \sigma_{\rho\alpha}^2\right)$ restrito à $\sum_j (\rho\alpha)_{ij} = \sum_i (\rho\alpha)_{ij} = 0$, $i = 1, \dots, 4$ e $j = 1, \dots, t$.

Modelo 3 – Teve por objetivo contemplar os efeitos individuais e as interações, isolando o efeito de etapa (repetição dos experimentos em dias distintos).

$$y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \gamma_k + (\alpha\rho)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Neste modelo μ representa uma média global constante, ρ_i representa o efeito da i – *ésima* arara seguindo uma distribuição $N(0, \sigma_\rho^2)$, α_i representa o efeito fixo “utilização de ferramenta” sob a restrição $\sum \alpha_i = 0$, $(\rho\alpha)_{ij}$ é o efeito de interação entre arara e uso de ferramenta, seguindo uma distribuição $N\left(0, \frac{t}{t-1} \sigma_{\rho\alpha}^2\right)$ restrito à $\sum_j (\rho\alpha)_{ij} = \sum_i (\rho\alpha)_{ij} = 0$, γ_k o efeito fixo “Sessão” (sob a restrição $\sum \gamma_k = 0$) e ε_{ij} erros independentes seguindo uma distribuição $N(0, \sigma^2)$, $i = 1, \dots, 4$, $j = 1, \dots, t$ e $k = 1, \dots, 4$.

3.3.1.7.4. Ordem da ferramenta e tempo de uso

Usamos o teste de Pearson com nível de significância $p < 0,05$ a fim de verificar se havia correlação entre a ordem e o tempo de uso das ferramentas. Apenas as 13 primeiras ferramentas foram usadas nessa análise devido ao maior número de observações.

3.3.1.7.5. Ordem da ferramenta e tipo de material usado

Nesta análise queríamos saber, por exemplo, se a proporção de lascas usadas como primeira ferramenta pelas araras seria a mesma de usarem a folha como primeira ferramenta e assim por diante até a 5ª ferramenta usada. Optamos por fazer a análise até a quinta ferramenta devido ao maior número de observações com frequência mínima que viabilizasse a condução do teste de X^2 , considerando nível de significância $p < 0,05$.

3.3.1.7.6. Tipo de ferramenta e tempo de uso

Nesta análise queríamos saber se os tempos de uso das ferramentas seriam diferentes entre os materiais. Consideramos apenas os materiais lasca e folha para essa análise, devido ao maior número de observações. A análise visual do histograma evidenciou que as distribuições dos tempos de uso, tanto para lasca como para folha, foram muito assimétricas, o que justificou o uso de um teste que considerasse a mediana ao invés da média (Teste de Mood, com nível de significância $p < 0,05$).

3.3.2. Resultados

Primeiramente apresentaremos os resultados dos testes feitos para avaliar se a distribuição dos cocos, de acordo com suas características foi homogênea entre as palmeiras de origem, indivíduos, etapas e tratamentos experimentais.

Na sequência, apresentamos os resultados de proficiência das araras (taxa e tempo de quebra) de acordo com as características dos cocos.

Em seguida, avaliaremos o efeito dos tratamentos (CF e SF) na proficiência de quebra do coco. Aqui são apresentados os resultados dos testes das hipóteses apresentados na metodologia.

Por fim, trataremos em detalhe os dados obtidos no tratamento em que as ferramentas estavam disponíveis (CF), atentando para a escolha feita pelas araras (usar ou não usar ferramentas), o tipo de material usado, a quantidade de ferramentas usadas, o ordem em que foram empregadas e a sua duração (ou tempo de uso).

3.3.2.1. Distribuição dos cocos segundo suas características

3.3.2.1.1. Entre palmeiras

Os valores médios de peso, diâmetros e formato dos cocos, de acordo com a palmeira de onde foram obtidos, são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Medidas de posição e dispersão das características dos cocos de palmeiras diferentes. P = peso dos cocos (g), d.menor = Diâmetro Menor dos cocos (cm), d.maior = Diâmetro Maior dos cocos (cm), Formato = d.menor/d.maior (cm).

Palmeira	Medida	N	Min	Max	Médio	Mediana	dp
1	P	80	18,90	31,20	25,56	25,44	2,27
	d.menor		2,68	3,25	2,92	2,92	0,13
	d.maior		4,66	5,93	5,10	5,06	0,20
	Formato		0,50	0,62	0,57	0,58	0,03
2	P	40	26,50	40,20	32,50	32,75	2,38
	d.menor		3,02	3,50	3,28	3,28	0,11
	d.maior		4,57	5,39	5,00	4,98	0,17
	Formato		0,60	0,71	0,66	0,66	0,03
3	P	80	17,90	42,30	28,57	28,65	4,79
	d.menor		2,36	3,56	3,00	3,03	0,23
	d.maior		4,27	6,19	5,28	5,30	0,31
	Formato		0,46	0,75	0,57	0,57	0,05
4	P	80	21,80	43,50	32,26	32,00	5,21
	d.menor		2,26	5,53	3,24	3,25	0,38
	d.maior		4,03	5,94	5,06	5,12	0,38
	Formato		0,43	0,93	0,64	0,63	0,07
5	P	120	20,50	39,50	29,91	30,50	4,56
	d.menor		2,63	3,85	3,26	3,26	0,19
	d.maior		3,97	5,84	4,67	4,69	0,29
	Formato		0,58	0,82	0,70	0,70	0,04

As medidas do peso dos cocos diferiram quanto à variância entre as palmeiras (Teste de Levene, $p < 0,05$) e encontramos evidências de que seu peso médio também diferisse ($F = 24,85$, gl 4; 395, $p < 0,0001$).

As medidas do Diâmetro Menor diferiram quanto à variância (Teste de Levene, $p < 0,05$) e também encontramos diferenças significativas quanto ao valor médio obtido entre palmeiras ($F = 95,54$, gl 4; 395, $p < 0,0001$).

As medidas do Diâmetro Maior dos cocos diferiram quanto à variância entre as árvores (Teste de Levene, $p < 0,05$). Também nesse caso, encontramos diferenças significativas quanto ao valor médio ($F = 95,54$, gl 4; 395, $p < 0,0001$).

As medidas do formato do coco (razão entre o Diâmetro Menor e o Maior dos cocos) diferiram quanto à sua variância entre as palmeiras (Teste de Levene, $p < 0,05$) e encontramos diferenças significativas quanto ao valor médio ($F = 95,54$, gl 4; 395, $p < 0,0001$).

Estes resultados sugerem que cocos de diferentes árvores diferem quanto ao peso, Diâmetro Menor, Diâmetro Maior e formato, podendo haver certa sobreposição dos valores encontrados para esses parâmetros entre árvores diferentes. Cabe lembrar que os cocos aqui medidos representam apenas uma pequena amostra do cacho e não a população inteira de cocos de cada árvore.

3.3.2.1.2. Entre indivíduos

A Tabela 12 apresenta os valores obtidos de peso, diâmetros e formato dos cocos distribuídos aos indivíduos.

Tabela 12 - Medidas de posição e dispersão das características dos cocos oferecidos aos indivíduos. P = peso dos cocos (g), d.menor = Diâmetro Menor dos cocos (cm), d.maior = Diâmetro Maior dos cocos (cm), formato = d.menor/d.maior (cm).

Sujeito	Medida	N	Min	Max	Médio	Mediana	Dp
Barney	P	100	20,70	43,40	30,08	30,15	4,44
	d.menor		2,36	3,90	3,17	3,20	0,25
	d.maior		4,04	5,78	5,01	5,03	0,35
	Formato		0,51	0,81	0,64	0,63	0,07
Safira	P	100	17,90	43,00	29,65	30,25	4,33
	d.menor		2,45	3,85	3,13	3,17	0,23
	d.maior		4,03	5,84	5,01	5,04	0,35
	Formato		0,48	0,81	0,63	0,62	0,06
Simon	P	100	20,50	43,50	29,56	29,25	5,18
	d.menor		2,26	5,53	3,14	3,15	0,36
	d.maior		3,97	6,19	5,00	4,94	0,41
	Formato		0,43	0,93	0,63	0,62	0,09
Hillary	P	100	18,90	43,10	28,71	28,00	5,30
	d.menor		2,59	3,66	3,11	3,14	0,25
	d.maior		4,23	5,69	4,94	5,00	0,35
	Formato		0,49	0,75	0,63	0,63	0,07

Encontramos diferenças nas variâncias das medidas de peso dos cocos entre indivíduos (Levenne = 3,52, $p = 0,015$), mas não encontramos diferenças significativas para os valores médios de peso ($F = 1,32$, gl 3;396, $p = 0,2691$).

Quanto ao Diâmetro Menor, não encontramos diferenças nas variâncias dos cocos entre indivíduos (Levenne = 1,38, $p = 0,245$) e a análise de variância com um único fator (nesse caso, o indivíduo), não revelou diferenças entre os valores médios de Diâmetro Menor entre os cocos dados aos indivíduos ($F=0,79$, gl 3;396, $p=0,501$).

Não encontramos diferenças nas variâncias do Diâmetro Maior dos cocos entre indivíduos (Levenne = 1,38, $p = 0,245$) e também não encontramos diferenças significativas entre os valores médios de Diâmetro Maior entre os cocos oferecidos aos indivíduos ($F=0,78$, gl 3;396, $p= 0,506$).

As medidas da razão entre o Diâmetro Menor e maior dos cocos diferiram quanto à sua variância entre os indivíduos (Teste de Levenne = 3,61, $p = 0,013$), mas não encontramos diferenças significativas quanto ao valor médio da razão entre diâmetros entre os indivíduos ($F = 0,25$, gl 3; 396, $p = 0,8611$).

Esses resultados sugerem que apesar de termos encontrado diferenças nos parâmetros analisados entre cocos de árvores diferentes, os cocos distribuídos aos sujeitos experimentais não diferiram quanto ao peso, diâmetros e formato, o que provavelmente foi consequência de termos cuidadosamente oferecido na mesma proporção cocos de palmeiras diferentes para todos os indivíduos.

3.3.2.1.3. Entre etapas

A tabela 13 apresenta os valores obtidos para as características dos cocos distribuídos ao longo das etapas experimentais.

Tabela 13 - Medidas de posição e dispersão das características dos cocos nas diferentes etapas experimentais. P = peso dos cocos (g), d.menor = Diâmetro Menor dos cocos (cm), d.maior = Diâmetro Maior dos cocos (cm), formato = d.menor/d.maior (cm).

Etapas	Medida	N	Min	Max	Médio	Mediana	Dp
1	P	80	18,90	31,20	25,56	25,44	2,27
	d.menor		2,68	3,25	2,92	2,92	0,13
	d.maior		4,66	5,93	5,10	5,06	0,20
	Formato		0,50	0,62	0,57	0,58	0,03
2	P	120	17,90	42,30	29,88	30,50	4,53
	d.menor		2,36	3,56	3,09	3,14	0,24
	d.maior		4,27	6,19	5,19	5,21	0,31
	Formato		0,46	0,75	0,60	0,60	0,06
3	P	80	21,80	43,50	32,26	32,00	5,21
	d.menor		2,26	5,53	3,24	3,25	0,38
	d.maior		4,03	5,94	5,06	5,12	0,38
	Formato		0,43	0,93	0,64	0,63	0,07
4	P	120	20,50	39,50	29,91	30,50	4,56
	d.menor		2,63	3,85	3,26	3,26	0,19
	d.maior		3,97	5,84	4,67	4,69	0,29
	Formato		0,58	0,82	0,70	0,70	0,04

O teste de Levene revelou diferenças significativas de variâncias quanto ao peso dos cocos entre etapas (Levene = 11,89, $p < 0,0001$), e encontramos diferenças significativas entre os valores médios de peso entre etapas ($F = 62,34$, gl 3; 396, $p < 0,0001$). Porém, ao olharmos para a Tabela 14 notamos sobreposição nos valores dos intervalos de confiança entre as etapas 2 e 4.

Tabela 14 – Estimativa dos pesos dos cocos distribuídos entre etapas. LI = limite inferior e LS = limite superior.

Etapas	Estimativa	Erro	LI	LS
1	25,57	0,25	25,07	26,06
2	29,88	0,41	29,06	30,69
3	32,26	0,58	31,12	33,41
4	29,91	0,42	29,10	30,73

Comparamos as etapas 2 e 4 e constatamos que não há diferença significativa nos valores médios de peso (aproximadamente 29,90g) entre essas duas etapas (Teste $t = -0,006$, gl 396, $p = 0,9525$). Contudo, encontramos diferenças

significativas ao compararmos a média obtida para as etapas 2 e 4 com as das etapas 1 e 3 ($F = 93,51$, gl 2; 396, $p < 0,0001$).

Não encontramos evidências de que as variâncias das medidas de Diâmetro Menor fossem iguais entre etapas (Levene = 7,34, $p < 0,0001$), e tampouco que as médias para essas medidas fossem iguais entre etapas ($F = 79,57$, gl 3;396, $p < 0,0001$).

O teste para igualdade de variâncias encontrou diferenças significativas para as medidas de Diâmetro Maior entre as etapas (Levene = 10,17, $p < 0,0001$), e também encontramos evidências de que as médias para essas medidas são iguais entre etapas ($F = 79,57$, gl 3; 396, $p < 0,0001$).

Encontramos diferenças significativas para as variâncias das medidas da razão entre diâmetros entre as diferentes etapas (Levene = 15,78, $p < 0,0001$) e também entre as médias dos valores obtidos para esse parâmetro entre etapas ($F = 219,74$, gl 3;396, $p < 0,0001$).

Esses resultados indicam que ao longo das diferentes etapas, os indivíduos receberam cocos diferentes quanto ao peso, diâmetros e formato. Isto provavelmente aconteceu, pois cocos de árvores diferentes foram oferecidos em etapas diferentes, mas é importante lembrar que esta diferença ocorreu de forma semelhante para todos os indivíduos, já que não encontramos diferenças quanto às características dos cocos distribuídos entre eles. Cabe ressaltar que as diferenças encontradas entre cocos nas diferentes etapas foram consideradas, sem prejuízo para outras análises.

3.3.2.1.4. Entre tratamentos

A Tabela 15 apresenta os valores obtidos para as características dos cocos distribuídos nos tratamentos experimentais (com e sem ferramentas disponíveis).

Tabela 15 - Medidas de posição e dispersão das características dos cocos nos diferentes tratamentos experimentais. SF = tratamento sem ferramentas disponíveis, CF = tratamento com ferramentas disponíveis, P = peso dos cocos (g), d.menor = Diâmetro Menor dos cocos (cm), d.maior = Diâmetro Maior dos cocos (cm), Formato = d.menor/d.maior (cm).

Tratamento	Medida	N	Min	Max	Médio	Mediana	dp
SF	P	200	19,20	43,50	29,72	29,65	4,97
	d.menor		2,26	5,53	3,13	3,15	0,32
	d.maior		4,03	5,94	5,03	5,04	0,35
	Formato		0,43	0,93	0,63	0,61	0,07
CF	P	200	17,90	42,30	29,28	29,55	4,71
	d.menor		2,56	3,85	3,14	3,15	0,23
	d.maior		3,97	6,19	4,95	4,95	0,38
	Formato		0,46	0,82	0,64	0,63	0,07

Não encontramos diferenças significativas entre as variâncias das medidas de peso dos cocos entre os tratamentos com e sem ferramentas (Levenne = 1,15, $p = 0,285$), ou entre as médias dos pesos obtidas entre os tratamentos ($T = 0,9$, gl 396, $p = 0,369$).

Encontramos diferenças significativas entre as variâncias das medidas de Diâmetro Menor dos cocos entre os tratamentos com e sem ferramentas (Levenne = 7,81, $p = 0,005$), mas não encontramos diferenças significativas para as médias dos valores de Diâmetro Menor obtidos para os dois tratamentos ($T = -0,19$, gl 358, $p = 0,846$).

Não encontramos diferenças significativas entre as variâncias das medidas de peso dos cocos entre os tratamentos com e sem ferramentas (Levenne = 0,71, $p = 0,401$), ou entre as médias dos valores de Diâmetro Maior obtidas entre os tratamentos ($T = 1,94$, gl 398, $p = 0,053$).

Não encontramos diferenças significativas entre as variâncias da razão entre diâmetros dos cocos entre os tratamentos com e sem ferramentas (Levenne = 0,43, $p = 0,513$), ou entre as médias dos valores de Diâmetro Maior obtidas entre os tratamentos ($T = -1,45$, gl 398, $p = 0,147$).

Esses resultados indicam que os cocos foram distribuídos de forma homogênea entre os tratamentos, isto é, as aves receberam cocos com peso, diâmetros e formatos semelhantes quando tinham e não tinham a oportunidade de usar ferramentas (tratamento CF e SF, respectivamente).

3.3.2.2. Proficiência de acordo com as características dos cocos

Do total de 400 cocos oferecidos ao grupo de araras, 313 (78,3%) foram comidos.

Não encontramos diferenças significativas entre as variâncias das medidas de peso entre os cocos comidos e não comidos pelas araras (Levenne = 0,32, $p = 0,571$), mas encontramos diferenças entre as médias dos valores de peso ($T = -1,45$, $gl\ 398$, $p = 0,147$), ou seja, a média de peso dos cocos comidos é significativamente menor que a de cocos que não foram comidos (Tabela 16), independentemente do uso de ferramentas.

Tabela 16 – Peso médio (em g) e desvio padrão (dp) de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, NC = cocos não comidos.

Resultado	N	Peso Médio	dp
C	313	28,68	4,42
NC	87	32,44	5,17

Encontramos diferenças significativas entre as variâncias das medidas de Diâmetro Menor entre os cocos comidos e não comidos pelas araras ($F=0,47$, $p < 0,0001$) e encontramos diferenças entre as médias dos valores de Diâmetro Menor (Teste $t = -4,76$, $gl\ 109$, $p < 0,0001$), ou seja, o Diâmetro Menor dos cocos comidos é significativamente mais baixo que o de cocos que não foram comidos (Tabela 17).

Tabela 17 – Diâmetro Menor médio (d.menor, em cm) e desvio padrão (dp) de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, NC = cocos não comidos.

Resultado	N	d.menor	Dp
C	313	3,10	0,24
NC	87	3,29	0,35

Não encontramos diferenças significativas entre as variâncias das medidas de Diâmetro Maior entre os cocos comidos e não comidos pelas araras ($F = 1,17$, $p =$

0,394). Também não encontramos diferenças entre as médias (Teste $t = -1,31$, gl 398, $p = 0,191$), ou seja, a média dos valores de Diâmetro Maior dos cocos comidos não é significativamente diferente da média dos Diâmetros Maiores de cocos que não foram comidos (Tabela 18).

Tabela 18 - Diâmetro Maior médio (d. maior, em cm) e desvio padrão (dp) de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, NC = cocos não comidos.

Resultado	N	d. maior	Dp
C	313	4,98	0,02
NC	87	5,04	0,04

Não encontramos diferenças significativas entre as variâncias das medidas de formato entre os cocos comidos e não comidos pelas araras ($F = 1,15$, $p = 0,440$). Porém, encontramos diferenças entre as suas médias (Teste $t = -3,19$, gl 398, $p = 0,002$). Notamos que cocos com valores maiores para a razão entre os Diâmetros Menor e Maior, ou seja, cocos com formato mais arredondado (valores da razão obtida mais próximos de “um”, vide Tabela 19) foram significativamente menos comidos pelas aves.

Tabela 19 - Formato médio (razão entre Diâmetros Menor e Maior, em cm) e desvio padrão (dp) de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos e NC = cocos não comidos.

Resultado	N	Formato	Dp
C	313	0,63	0,07
NC	87	0,65	0,07

Esses resultados indicam que, independentemente de terem ou não usado ferramentas, as araras foram mais proficientes em abrir cocos significativamente mais leves, com Diâmetros Menores de valores significativamente mais baixos e de formato significativamente menos arredondado (e mais elíptico).

Investigando melhor o comportamento das araras em relação aos cocos não comidos, pudemos classificá-los em duas categorias distintas: “cocos largados” e “cocos perdidos” (vide Etograma II, Tabela 10, para a descrição das categorias

“largar” e “perder”), ficando assim com 313 cocos comidos (78,3%), 80 cocos largados (20%) e apenas sete cocos perdidos (1,70%).

Ao compararmos cocos comidos, largados e perdidos (Tabela 20), não encontramos diferenças significativas entre as variâncias das medidas de peso entre os cocos (Levenne = 0,32, $p = 0,571$), o que possibilitou aplicar um teste ANOVA que investigasse possíveis diferenças de peso entre os cocos comidos, largados e perdidos, mesmo com o baixíssimo número de observações encontrados para cocos perdidos (apenas sete). Esse teste revelou diferenças significativas entre as médias de peso entre cocos comidos, largados e perdidos ($F = 22,77$, gl 2; 397, $p < 0,0001$).

Tabela 20 – Medidas de posição e dispersão do peso dos cocos de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, L = cocos largados, P = cocos perdidos.

Resultado	N	Médio	Erro	Mediana	Q3	Máximo
C	313	28,69	0,25	28,60	31,90	41,60
L	80	32,45	0,57	32,80	34,53	43,40
P	7	32,19	2,49	30,80	36,80	43,50

A fim de investigar um pouco mais em detalhe esse resultado, comparamos os valores médios de peso entre cocos largados e perdidos e não encontramos diferença significativa (Teste de hipótese linear geral $T = 0,15$, gl 397, $p = 0,8770$). Ao compararmos a estimativa da média de peso dos cocos largados e perdidos com a de cocos comidos (Tabela 21), encontramos diferenças significativas ($T = -3,86$, gl 397, $p < 0,0001$).

Tabela 21 – Comparação entre as estimativas de peso dos cocos de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, L = cocos largados, P = cocos perdidos.

Comportamento	Estimativa	Erro	LI	LS
Largados vs Perdidos	0,28	1,81	-3,28	3,84
Largados + Perdidos	32,33	0,91	30,54	34,11
Comidos	28,68	0,26	28,17	29,20
Comidos vs Largados + Pedidos	-3,64	0,94	-5,49	-1,79

Esses resultados indicam que os cocos largados e perdidos pelas araras não diferiam significativamente quanto ao peso, mas que os cocos comidos tinham peso significativamente menores em comparação aos largados e perdidos.

Não foi possível fazer testes semelhantes quanto aos diâmetros e formatos, pois a amostra para cocos perdidos era muito pequena e as variâncias foram significativamente muito diferentes, mas descritivamente é possível dizer que cocos perdidos tiveram valores mais altos para Diâmetro Menor, Diâmetro Maior e razão entre diâmetros (formato mais arredondado) quando comparados aos valores obtidos para os cocos largados e estes por sua vez, tiveram valores maiores quando comparados aos cocos comidos (Tabelas 22, 23 e 24).

Tabela 22 - Medidas de posição e dispersão do Diâmetro Menor dos cocos de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, L = cocos largados e P = cocos perdidos.

Resultado	N	Médio	Erro	Mediana	Q3	Máximo
C	313	3,10	0,01	3,11	3,26	3,85
L	80	3,27	0,03	3,28	3,41	3,90
P	7	3,50	0,36	3,33	3,54	5,53

Tabela 23 - Medidas de posição e dispersão do Diâmetro Maior dos cocos de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, L = cocos largados e P = cocos perdidos.

Resultado	N	Médio	Erro	Mediana	Q3	Máximo
C	313	4,98	0,02	5,01	5,21	6,19
L	80	5,02	0,04	4,98	5,27	5,73
P	7	5,23	0,19	5,22	5,57	5,94

Tabela 24 - Medidas de posição e dispersão do Formato dos cocos de acordo com o resultado obtido pelas araras. C = cocos comidos, L = cocos largados e P = cocos perdidos.

Comportamento	N	Médio	Erro	Mediana	Q3	Máximo
C	313	0,63	0,00	0,61	0,69	0,82
L	80	0,65	0,01	0,66	0,69	0,78
P	7	0,67	0,05	0,64	0,77	0,93

Considerando apenas os cocos comidos pelas aves, encontramos peso médio de 28,68g, Diâmetro Menor médio de 3,10cm, Diâmetro Maior de 4,98cm e razão entre diâmetros de 0,63 cm. O tempo médio para abrir os cocos foi de 870,67 segundos, mas os valores variaram muito, indo de 44 a 4692 segundos (Tabela 25).

Tabela 25 - Medidas de posição e dispersão das características dos cocos e tempo de quebra dos cocos comidos pelas araras. Abrir = tempo gasto pelas aves para abrir o coco em segundos, P = peso dos cocos (g), d.menor = Diâmetro Menor dos cocos (cm), d.maior = Diâmetro Maior dos cocos (cm), Formato = d.menor/d.maior (cm).

Variáveis contínuas	Cocos Comidos				
	N	Min	Max	Média	Dp
Abrir	313	44	4692	870,67	669,86
P	313	17,90	41,60	28,68	4,42
d. menor	313	2,26	3,85	3,10	0,24
d. maior	313	3,97	6,19	4,98	0,37
Formato	313	0,43	0,82	0,63	0,07

Encontramos correlação positiva entre o tempo de quebra e o peso do coco (Pearson = 0,27, $p < 0,01$), o Diâmetro Menor (Pearson = 0,28, $p < 0,01$), e a razão entre diâmetros, ou formato (Pearson = 0,29, $p < 0,01$) e correlação negativa entre o tempo de quebra e o Diâmetro Maior do coco (Pearson = -0,16, $p < 0,01$). Isto indica que as araras foram mais rápidas em abrir cocos mais leves, de Diâmetro Menor com valores mais baixos e de formato mais elípticos, levando tempos maiores para quebrar cocos de Diâmetros Maiores com valores mais baixos.

3.3.2.3. Efeito dos tratamentos (SF e CF)

Como vimos, do total de 400 cocos oferecidos ao grupo de araras, 313 foram comidos, 80 foram largados e apenas sete foram perdidos. Dentre os 313 cocos comidos, 137 (43,77%) o foram em SF e 232 (74,13%) em CF. Dentre os 80 cocos largados, 58 (72,5%) o foram em SF e 10 (27,5%) em CF. Dos sete cocos perdidos, cinco (71,43%) o foram em SF e dois (28,57%) em CF. A Tabela 26 apresenta esses resultados, assim como o tempo total de manipulação de cocos comidos, largados e perdidos, pelas araras, em ambos os tratamentos.

Tabela 26 - Medidas de posição e dispersão do tempo de manipulação total dos cocos em segundos, de acordo com os resultados obtidos pelos sujeitos, por tratamento. C = cocos comidos, L = cocos largados, P = cocos perdidos, SF = tratamento sem ferramentas disponíveis, CF = tratamento com ferramentas disponíveis.

Sujeito	Resultado	SF					CF				
		N	Min	Max	Médio	dp	N	Min	Max	Médio	dp
Barney	C	35	353	2656	1027,97	556,80	46	238	2535	816,50	508,35
	L	14	3	1313	239,64	455,17	4	11	600	172,50	285,34
	P	1	145	145	145,00		0				
Safira	C	39	369	5199	1200,41	949,87	47	232	2052	821,91	442,00
	L	8	26	902	210,38	292,94	3	71	177	117,67	54,12
	P	3	1444	3216	2481,33	923,96	0				
Simon	C	35	115	3980	1219,74	927,10	41	367	3275	1218,44	757,00
	L	14	15	1383	391,50	461,45	8	10	1427	587,38	540,14
	P	1	103	103	103,00		1	1161	1161	1161,00	
Hillary	C	28	426	2883	1113,57	519,21	42	301	4969	1610,33	1049,59
	L	22	16	4249	550,41	999,90	7	11	2706	1016,43	986,76
	P	0					1	720	720	720,00	.
Grupo	C	137	115	5199	1143,55	777,21	176	232	4969	1101,02	783,95
	L	58	3	4249	390,14	703,36	22	10	2706	584,41	716,25
	P	5	103	3216	1538,40	1447,13	2	720	1161	940,50	311,83

Verificamos que as proporções de cocos comidos, largados e perdidos são significativamente diferentes entre os tratamentos (teste exato de Fisher, $p < 0,001$), sendo que mais cocos são comidos em CF e mais cocos são largados e perdidos em SF. Além disso, encontramos diferenças significativas nas quantidades de cocos comidos, largados e perdidos entre os indivíduos (Teste exato de Fisher, $p = 0,039$). Barney comeu 35 cocos em SF e 46 cocos em CF, largou 14 em SF e 4 em CF e perdeu um coco em SF. Safira comeu 39 cocos em SF e 47 em CF, largou 8 em SF e 3 em CF e perdeu 3 cocos em SF. Simon comeu 35 cocos em SF e 41 em CF, largou 14 em SF e 8 em CF e perdeu um coco em SF e um coco em CF. Hillary comeu 28 cocos em SF e 42 em CF, largou 22 em SF e 7 em CF e perdeu um coco em CF.

Reagrupando cocos largados e perdidos na categoria “cocos não comidos”, voltamos a ter 313 cocos comidos e 87 não comidos. Dos 313 cocos comidos, 137 o foram em SF 232 em CF. Dos 87 cocos não comidos, 63 ocorreram em SF e 24 em CF. A Tabela 27 apresenta esses resultados, assim como o tempo total de manipulação de cocos comidos e não comidos pelas araras, em ambos os tratamentos (Tabela 27).

Tabela 27 – Medidas de posição e dispersão do tempo de manipulação total (em segundos) dos cocos, de acordo com os resultados obtidos pelos sujeitos, por tratamento. C = cocos comidos, NC = cocos não comidos, SF = tratamento sem ferramentas disponíveis e CF = tratamento com ferramentas disponíveis.

Sujeito	Resultado	SF					CF				
		N	Min	Max	Médio	DP	N	Min	Max	Médio	DP
Barney	C	35	353	2656	1027,97	556,80	46	238	2535	816,50	508,35
	NC	15	3	1313	233,33	439,29	4	11	600	172,50	285,34
Safira	C	39	369	5199	1200,41	949,87	47	232	2052	821,91	442,00
	NC	11	26	3216	829,73	1164,49	3	71	177	117,67	54,12
Simon	C	35	115	3980	1219,74	927,10	41	367	3275	1218,44	757,00
	NC	15	15	1383	372,27	450,86	9	10	1427	651,11	540,22
Hillary	C	28	426	2883	1113,57	519,21	42	301	4969	1610,33	1049,59
	NC	22	16	4249	550,41	999,90	8	11	2706	979,38	919,56
Grupo	C	137	115	5199	1143,55	777,21	176	232	4969	1101,02	783,95
	NC	63	3	4249	481,27	829,35	24	10	2706	614,08	694,79

Verificamos que a proporção de cocos comidos no tratamento SF é significativamente menor que a proporção de cocos comidos no tratamento CF (X^2 de Pearson = 22,342; g.l. = 1; $P < 0,0001$), o que corrobora uma das hipóteses levantadas nesse trabalho – a de que as ferramentas diminuam o número de cocos não comidos. Também verificamos que a proporção de cocos comidos difere significativamente entre os indivíduos (X^2 de Pearson = 8.270; GL = 3; $p = 0,041$): Barney comeu 35 cocos em SF e 46 em CF, Safira comeu 39 cocos em SF e 47 em CF, Simon comeu 35 cocos em SF e 41 em CF e Hillary; 28 cocos em SF e 42 em CF.

A Tabela 28 apresenta medidas de posição e dispersão do tempo gasto pelas aves nas diversas atividades envolvidas na manipulação do coco de indaiá, por tratamento.

Tabela 28 – Medidas de posição e dispersão obtidas, por indivíduo e para o grupo de araras, nas várias atividades envolvidas na manipulação do coco de indaiá, por tratamento. Desc. = tempo gasto pela arara para descascar o coco, 1ª Ferr. = tempo gasto pela arara até usar a primeira ferramenta, Abrir = tempo de quebra do coco, Comer = tempo para consumir o endocarpo do coco, N. Rel. = tempo gasto pela arara em “comportamentos não relacionados” à quebra da cápsula, M. Total = tempo de manipulação total do coco, SF = tratamento sem ferramentas disponíveis, CF = tratamento com ferramentas disponíveis. Tempo medido em segundos.

Atividade	Indivíduo	SF					CF				
		N	Mínimo	Máximo	Média	Dp	N	Mínimo	Máximo	Média	dp
Desc.	Barney	46	2	191	66,26	43,99	50	9	188	62,18	43,72
	Safira	50	15	221	83,64	45,6	50	5	200	85,82	48,75
	Simon	49	7	237	88,51	65,84	50	3	260	94,56	68,4
	Hillary	49	11	204	84,9	52,59	50	5	326	104,22	69,41
	Grupo	194	2	237	81,07	53,07	200	3	326	86,70	60,32
1ª Ferr.	Barney						41	55	492	206,93	104,05
	Safira						30	52	956	376,07	226,61
	Simon						47	31	621	203,68	124,68
	Hillary						47	70	852	242,98	154,56
	Grupo						165	31	956	247,02	163,62
Abrir	Barney	35	142	2392	798,23	505,05	46	113	2218	615,65	423,39
	Safira	39	237	4692	972,62	870,02	47	74	1895	613,66	370,79
	Simon	35	44	3196	943,4	777,44	41	213	2963	888,71	614,84
	Hillary	28	293	2721	917,86	535,92	42	153	4156	1293,6	859,43
	Grupo	137	44	4692	909,41	698,59	176	74	4156	840,52	647,01
Comer	Barney	35	45	1116	172,63	174,26	46	57	215	119,76	37,51
	Safira	39	5	343	139,26	61,17	47	37	284	134,62	45,76
	Simon	35	62	238	139,69	42,15	41	83	508	166,12	78,3
	Hillary	28	84	265	167,14	42,72	42	23	283	154,45	54,79
	Grupo	137	5	1116	153,59	98,40	176	23	508	142,81	57,75
N. Rel	Barney	35	78	542	229,74	111,87	46	88	651	200,85	124,49
	Safira	39	83	507	337,79	122,05	47	80	656	208,26	137,76
	Simon	35	10	816	276,34	211,76	41	114	1786	329,73	305,67
	Hillary	28	85	336	195,71	56,67	42	24	1561	316,69	314,36
	Grupo	137	10	816	234,14	141,13	176	24	1786	260,49	238,81
M. total	Barney	50	3	2656	789,58	636,84	50	11	2535	764,98	522,93
	Safira	50	26	5199	1118,86	1000,26	50	71	2052	779,66	460,51
	Simon	50	15	3980	965,5	899,1	50	10	3275	1116,3	750,95
	Hillary	50	16	4249	865,78	810,42	50	11	4969	1509,4	1047,5
	Grupo	200	3	5199	934,93	849,84	200	10	4969	1042,59	788,30

Podemos dizer que em SF, o grupo de araras levou em média 81,07 segundos para descascar o coco, 909,41 segundos para abri-lo, 153,59 segundos para comê-lo, 234,14 segundos em comportamentos irrelevantes, com um tempo de manipulação total de 935 segundos. Em CF, o grupo de araras levou em média 86 segundos para descascar o coco, 247 segundos para usarem a primeira ferramenta, 840 segundos para abrir o coco, 143 segundos para comer o endocarpo. O tempo gasto com comportamentos irrelevantes à quebra, ficou em torno dos 260,5 segundos e o tempo de manipulação total, em torno de 1042,59 segundos. Cabe dizer que o tempo gasto para abrir o coco não inclui o tempo gasto em comportamentos irrelevantes, apenas o tempo que os animais passaram efetivamente investindo na abertura da cápsula.

A fim de investigar um pouco melhor os dados acima, construímos inicialmente alguns *boxplots* (Figuras 21, 22, 23, 24 e 25). Essa investigação levou à elaboração dos modelos estatísticos ajustados para o teste da nossa segunda hipótese – a de que o uso de ferramentas levaria a uma redução no tempo de quebra dos cocos, conforme descrito na metodologia.

Figura 21. Boxplot do tempo de abertura dos cocos por tratamento (0 = SF, sem ferramentas disponíveis e 1= CF, com ferramentas disponíveis).

Figura 22. Boxplot do tempo de abertura dos cocos por indivíduo (1 = Barney, 2 = Safira, 3 = Simon e 4 = Hillary).

Observando o tempo de abertura dos cocos em relação ao tratamento (disponibilidade ou não de ferramentas) encontramos indícios de não haver significância estatística. Contudo, parece haver uma pequena diferença no tempo de abertura de coco quando considerados os indivíduos: Simon e Hillary parecem levar em média mais tempo para abrir os cocos do que Barney e Safira.

De modo a investigar os indícios iniciais apresentados nos gráficos acima, medimos o efeito da disponibilidade de ferramentas no tempo de abertura de coco a partir do ajuste de modelos lineares mistos. Introduzindo algumas especificações para compreensão dos resultados temos a seguinte codificação: araras – Barney ($i = 1$), Safira ($i = 2$), Simon ($i = 3$) e Hillary ($i = 4$); ferramenta – indisponível ($j = 0$) e disponível ($j = 1$). Assim, por exemplo, o parâmetro ρ_1 representará o efeito individual da arara Barney e o parâmetro α_0 o efeito da indisponibilidade de ferramenta, sendo as demais interpretações feitas de modo análogo.

Após ajustar o modelo (1) obtivemos as estimativas, apresentadas na Tabela 29.

Tabela 29 - Estimativa dos parâmetros do modelo (1).

	$\hat{\sigma}_\rho$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\mu}$	$\hat{\alpha}_1$
Valor	152,74	650,92	922,73	-76,18
DP			(94,86)	(74,46)
<i>p-valor</i>			(<0,000)	(0,307)

Como inferido na análise descritiva, de fato não há diferenças significativas no tempo de abertura de cocos quando a arara tem ou não disponibilidade de usar ferramentas ($p - \text{valor} = 0,307$), ou seja, não se rejeita a hipótese H_A : de que o uso de ferramentas não diminua o tempo de abertura do coco.

Os efeitos aleatórios individuais obtidos a partir do modelo (1), apresentados na Tabela 30, reforçam a avaliação descritiva feita a partir da Figura 22 de que Barney e Safira utilizam menos tempo para a abertura de cocos.

Tabela 30 - Efeitos aleatórios individuais de cada arara obtidos a partir do modelo (1).

Barney	Safira	Simon	Hillary
ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4
-151,06	-86,41	26,03	211,44

Frente às colocações anteriores e em conjunto com a análise visual da Figura 23, optamos por ajustar um segundo modelo contemplando o efeito de interação entre fator aleatório indivíduo e fator fixo, o tratamento.

Figura 23. Boxplot do tempo de abertura dos cocos por indivíduo em cada tratamento (1.0 = Barney em SF, 2.0 = Safira em SF, 3.0 = Simon em SF, 4.0 = Hillary em SF, 1.1 = Barney em CF, 2.1 = Safira em CF, 3.1 = Simon em CF, 4.1 = Hillary em CF).

Após ajustar o modelo (2), conforme descrito na metodologia, obtivemos as estimativas apresentadas na Tabela 31. Os efeitos aleatórios individuais de cada arara são apresentados na Tabela 32.

Tabela 31 - Estimativa dos parâmetros do modelo (2).

	$\hat{\sigma}_\rho$	$\hat{\sigma}_{\rho\alpha}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\mu}$	$\hat{\alpha}_1$
Valor	66,00	167,62	641,33	909,23	-59,08
DP				(105,91)	(139,81)
<i>p-valor</i>				(0,000)	(0,701)

Mais uma vez percebe-se que, contemplando um efeito de interação, não há efeito significativo no tempo de abertura de coco quando existe ou não possibilidade de usar ferramentas (*p – valor* = 0,701).

Tabela 32. Efeitos aleatórios individuais de cada arara obtidos a partir do modelo (2).

	Barney	Safira	Simon	Hillary
Arara	-32,37	-16,91	6,65	42,62
Tratamento SF	-55,45	58,38	19,40	-22,33
Tratamento CF	-153,33	-167,43	23,51	297,25

Assim como no modelo (1), os efeitos individuais aleatórios extraídos do modelo (2) de cada arara indicam que Barney e Safira têm tempo menor de abertura de coco. Este efeito é maior quando podem usar ferramentas.

A informação descritiva contida na Tabela 33 e Figura 24 (abaixo) motivou a construção do modelo (3), já especificado na metodologia.

Tabela 33 – Tempo médio de abertura dos cocos por etapa experimental.

Etapa	Média	DP
1	408,97	382,34
2	860,75	685,74
3	1172,93	754,37
4	1052,51	599,07
Total	870,67	669,86

Figura 24. Boxplot do tempo de abertura dos cocos por etapa experimental.

Como vemos, parece haver diferenças entre o tempo de abertura do coco nas diferentes etapas, o que levou à construção de um modelo com parâmetro que contabilizasse tal efeito. Trata-se do modelo **(3)** descrito na metodologia, cujas estimativas estão apresentadas na Tabela 34. Os efeitos aleatórios individuais de cada arara são apresentados na Tabela 35.

Tabela 34 - Estimativa dos parâmetros do modelo **(3)**.

	$\hat{\sigma}_p$	$\hat{\sigma}_{p\alpha}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\mu}$	$\hat{\alpha}_1$	$\hat{\rho}_2$	$\hat{\rho}_3$	$\hat{\rho}_4$
Valor	101,52	155,91	574,84	461,16	-96,80	470,45	786,23	643,85
DP				(120,69)	(129,52)	(92,80)	(103,90)	(88,77)
<i>p</i> -valor				(0,002)	(0,509)	(<0,000)	(<0,000)	(<0,000)

Tabela 35. Efeitos aleatórios individuais de cada arara obtidos a partir do modelo **(3)**.

	Barney	Safira	Simon	Hillary
Arara	-69,48	-37,49	9,22	97,75
Tratamento SF	-33,57	61,00	7,17	-34,61
Tratamento CF	-130,32	-149,43	14,58	265,18

Observando os resultados da Tabela 33, verificamos que apesar de existir o efeito significativo de etapa ($p - \text{valor} < 0,000$) no que diz respeito ao tempo de abertura de cocos, o efeito de utilização de ferramentas não é significativo ($p - \text{valor} < 0,509$). Observamos também que o tempo médio de abertura do coco é menor na etapa 1, seguido pelas etapas 2,4 e 3 (Figura 24). Tal efeito pode estar relacionado às limitações já comentadas na metodologia ao que se refere à coleta e distribuição dos cocos, os quais foram relativamente maiores nas etapas 2,3 e 4 que na etapa 1 (vide “Distribuição dos cocos de acordo com suas características”, acima).

De modo descritivo, podemos dizer que a média de tempo de abertura do coco para o sexo masculino mostrou-se menor do que para o sexo feminino (Tabela 36 e Figura 25) e que araras mais velhas (os pais, Barney e Safira) apresentam tempo de abertura do coco menor do que araras mais jovens (os filhos, Simon e Hillary), além de apresentarem menor variabilidade (Tabela 37 e Figura 25).

Tabela 36 – Tempo médio de abertura dos cocos por sexo.

Sexo	Média	DP
Feminino	941,07	733,7
Masculino	800,73	593,86
Total geral	870,67	669,86

Tabela 37 – Tempo médio da abertura dos cocos por idade.

Idade	Média	DP
Filhos	1023,9	733,7
Pais	736,72	578,3
Total geral	870,67	669,86

Figura 25. Boxplot do tempo de abertura dos cocos por sexo (à esquerda) e por idade.

3.3.2.4 Resultados no tratamento com ferramentas disponíveis (CF)

Dos 200 cocos oferecidos ao grupo de araras em CF, 176 foram comidos (88%) sendo que as araras usaram ferramentas na quebra da grande maioria (153 cocos ou 86,93%, e consequentemente não usaram ferramentas em 23 cocos, ou 13,07%). Estes valores, assim como aqueles obtidos por indivíduo são encontrados na Tabela 38.

Tabela 38 - Tempo de manipulação total dos cocos de acordo com o resultado obtido pelas araras (C = comeu, NC = não comeu), segundo o uso ou não de ferramentas no tratamento CF (com ferramentas disponíveis).

Sujeitos	Resultado	CF									
		Não usou ferramentas					Usou ferramentas				
		N	MIN	Max	Médio	DP	N	Min	Max	Médio	DP
Barney	NC	4	11	600	172,5	285,34	0	105	105	105	.
	C	5	238	960	513,6	273,09	41	241	2535	853,44	520
Safira	NC	2	71	177	124	74,95	1				
	C	18	232	1404	636,28	321,22	29	270	2052	937,14	471,6
Simon	NC	3	10	307	172	150,33	6	268	1427	890,67	501,31
	C	0	.	.	.	.	41	367	3275	1218,44	757
Hillary	NC	3	11	720	284,67	381,15	5	344	2706	1396,2	909,94
	C	0	.	.	.	.	42	301	4969	1610,33	1049,59
Grupo	NC	12	10	720	192,33	238,05	12	105	2706	1035,83	751,41
	C	23	232	1404	609,61	309,79	153	241	4969	1174,89	807,24

A quantidade de cocos comidos não diferiu entre os indivíduos (teste exato de Fisher, $p = 0,1935$).

Verificamos que a proporção de vezes em que as aves usaram ferramentas foi significativamente maior do que a proporção de vezes em que escolheram não usar (teste exato de Fisher, $p < 0,0001$). Porém, também encontramos evidência de que as araras gastam em média o mesmo tempo para abrir os cocos quando usam e não usam ferramentas ($p = 0,029$).

Não encontramos efeito significativo de indivíduo ou uso de ferramentas sobre o tempo de quebra.

Ao considerarmos cocos comidos, largados e perdidos, verificamos que a sua proporção é significativamente diferente quando as aves usaram e não usaram ferramentas em CF (teste exato de Fisher = , $p < 0,001$). Essa diferença está justamente no fato de terem usado ferramentas em 153 e não terem usado em apenas 23 dos cocos comidos. A quantidade de cocos largados e perdidos em que as aves usaram e não usaram ferramentas foi idêntica (usaram ferramentas em 11 e não usaram ferramentas em 11 cocos largados e, usaram ferramentas em apenas um coco perdido, sendo que não usaram também em um coco perdido). Não há evidência de que as proporções de cocos comidos, largados e perdidos sejam diferentes entre os indivíduos (teste exato de Fisher, $p = 0,2685$). Os valores são apresentados na Tabela 39.

Tabela 39 – Tempo de manipulação total de cocos comidos (C), largados (L) e perdidos (P), segundo o uso ou não de ferramentas no tratamento CF (com ferramentas disponíveis).

Sujeitos	Resultado	CF									
		Não usou ferramentas					Usou ferramentas				
		N	Min	Max	Médio	DP	N	Min	Max	Médio	DP
Barney	C	5	238	960	513,6	273,09	41	241	2535	853,44	520
	L	4	11	600	172,5	285,34					
	P	0									
Safira	C	18	232	1404	636,28	321,22	29	270	2052	937,14	471,6
	L	2	71	177	124	74,95	1	105	105	105	
	P	0									
Simon	C	0	.	.	.	.	41	367	3275	1218,44	757
	L	3	10	307	172	150,33	5	268	1427	836,6	540,57
	P	0					1	1161	1161	1161	.
Hillary	C	0	.	.	.	.	42	301	4969	1610,33	1049,59
	L	2	11	123	67	79,2	5	344	2706	1396,2	909,94
	P	1	720	720	720						
Grupo	C	23	232	1404	609,61	309,79	153	241	4969	1174,89	807,24
	L	11	10	600	144,36	178,77	11	105	2706	1024,45	787
	P	1	720	720	720		1	1161	1161	1161	

Encontramos correlação positiva entre o tempo até o uso da primeira ferramenta e o tempo gasto até abrir o coco (Pearson = 0,25, $p \leq 0,01$), ou seja, quanto mais tempo a ave demorou para usar ferramentas, mais demorou para quebrar o coco.

O casal mais velho, Barney e Safira, manipulou alguns cocos sem usar ferramentas mesmo quando estas estavam disponíveis em CF. O macho não usou ferramentas em apenas nove dos 50 cocos oferecidos a ele, o que indica uma preferência por usar as ferramentas (Prova binomial, $p \leq 0,05$). Safira usou ferramentas em 30 dos 50 cocos de indaiá oferecidos a ela, o que indica uma falta de preferência em usar ferramentas (Prova binomial, $p \geq 0,05$). Simon e Hillary não usaram ferramentas durante a manipulação de apenas 3 cocos, revelando também uma preferência por usar ferramentas (Prova binomial, $p \leq 0,05$) (Figura 26).

Figura 26. Frequência do uso de ferramentas em CF, por indivíduo.

No total, 1143 ferramentas foram usadas pelo grupo de araras durante a abertura de 200 cocos no tratamento CF. O material mais usado foi a lasca de madeira (828 casos, ou 72,44%), seguido de folha (216, ou 18,44%). A ração e a fibra de coco foram usadas como ferramentas em frequências bem mais baixas, representando 50 e 49 eventos, respectivamente (ou aproximadamente 4,37% e 4,29%). Esses valores e os valores obtidos para cada indivíduo estão representados na Tabela 40.

Tabela 40 – Frequência absoluta e relativa dos tipos de materiais usados como ferramentas, por indivíduo.

Sujeitos	Lasca		Folha		Ração		Fibra de coco		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Barney	272	85,27	32	10,03	4	1,25	11	3,45	319	100
Safira	73	68,87	31	29,25	0	0,00	2	1,89	106	100
Simon	188	54,02	105	30,17	32	9,20	23	6,61	348	100
Hillary	295	79,73	48	12,97	14	3,78	13	3,51	370	100
Grupo	828	72,44	216	18,90	50	4,37	49	4,29	1143	100

Em média, as araras usaram aproximadamente seis ferramentas por coco e o seu tempo de uso ficou em torno de 57 segundos, mas é importante dizer que a variabilidade no número de ferramentas foi muito grande. Em uma ocasião, por exemplo, Barney chegou a empregar 46 ferramentas durante a manipulação de um único coco. A taxa de uso (ferramentas/coco) e duração do uso de ferramentas

estão representadas na Tabela 41.

Tabela 41 – Medidas de posição e dispersão do número de ferramentas usadas por coco (Ferr./coco) e do tempo de uso das ferramentas (T. uso, em segundos), por sujeito.

Sujeitos	Variável	N	Min	Max	Médio	Dp
Barney	Ferr/coco	50	0	46	6,38	8,38
	T. uso	46	3	118	31,48	21,35
Safira	Ferr/coco	50	0	19	2,12	3,45
	T. uso	19	8	163	63,32	39,25
Simon	Ferr/coco	50	0	23	6,96	5,20
	T. uso	23	19	151	63,22	31,10
Hillary	Ferr/coco	50	0	23	7,40	6,23
	T. uso	23	22	240	97,31	48,31
Grupo	Ferr/coco	200	0	46	5,72	6,40
	T. uso	111	3	240	57,15	41,54

O número de ferramentas usadas correlacionou-se positivamente com o tempo gasto para quebrar o coco, ou seja, quanto mais ferramentas as araras usaram, mais demoraram para abrir o coco (Pearson=0,645, $p<0,001$).

A Tabela 42 apresenta a frequência e a proporção dos materiais usados como ferramentas, de acordo com a ordem em que empregados, até a quinta ferramenta.

Tabela 42 – Frequências e proporções dos diversos materiais usados como ferramentas de acordo com a ordem em que foram empregados.

Ordem	lasca		folha		Pellets		fibra de coco		TOTAL	
	N	Prop.	N	Prop.	N	Prop.	N	Prop.	N	Prop.
1	102	0,618	39	0,236	15	0,091	9	0,055	165	1
2	103	0,701	21	0,143	14	0,095	9	0,061	147	1
3	82	0,683	18	0,150	10	0,083	10	0,083	120	1
4	75	0,708	20	0,189	4	0,038	7	0,066	106	1
5	57	0,648	22	0,250	5	0,057	4	0,045	88	1
Total	419	0,669	120	0,192	48	0,077	39	0,062	626	1

Não encontramos diferenças significativas entre os tipos de materiais

usados e a ordem em que foram empregados ($X^2 = 12,5423$, $df = 4$, $p\text{-value} = 0,4032$).

A Tabela 43 apresenta as medidas resumo de tempo de uso para as ferramentas lasca e folha e as Figuras 27 e 28 representam a distribuição dos valores médios de tempo de uso para folha e lasca respectivamente.

Tabela 43 – Medidas de posição e dispersão para o tempo de uso das ferramentas “lasca” e “folha”.

Folha		Lasca	
Média	84,29	Média	57,72
Desvio padrão	143,21	Desvio padrão	58,66
Mediana	43	Mediana	44
Assimetria	4,51	Assimetria	4,90
Mínimo	4	Mínimo	3
Máximo	1017	Máximo	642,25
Contagem	107	Contagem	270

Figura 27. Histograma da frequência dos valores médios de tempo de uso da folha.

Figura 28. Histograma da frequência dos valores médios de tempo de uso da lasca.

A análise visual do histograma evidencia que as distribuições dos tempos de uso, tanto para lasca como para folha, foram muito assimétricas concentrando-se abaixo dos 150 segundos, o que nos levou a conduzir um teste para medianas a fim de testar se os tempos de uso desses dois tipos de material seriam diferentes. Não encontramos diferença significativa (Teste de Mood = 0,10, gl = 1, $p = 0,756$).

A Tabela 44 apresenta medidas de dispersão e posição para o tempo de uso das ferramentas de acordo com a ordem em que foram usadas, até a 13ª ferramenta, sem considerar o tipo de material usado.

Tabela 44 – Medidas de posição e dispersão para o tempo de uso das ferramentas de acordo com a ordem em que foram usadas.

Ordem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Média	71,36	83,19	81,87	81,87	84,78	77,82	85,32	88,69	54,72	75,91	65,26	58,65	62,37
Mediana	59,91	70,08	71,57	71,57	60,88	71,90	43,60	40,75	51,23	70,96	47,55	46,00	38,39
DP	58,90	61,17	55,17	55,17	90,47	61,57	105,18	115,76	33,29	59,92	53,12	38,50	52,21
Mínimo	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	8,00
Máximo	199,50	234,00	204,40	204,40	370,00	238,20	414,25	459,86	130,00	187,33	202,00	144,00	156,50
Contagem	17	17	16	16	16	14	14	14	14	14	14	13	12

Não encontramos correlação entre a ordem das 13 primeiras ferramentas e o tempo de uso de ferramentas (Pearson = - 0,385, $p = 0,194$), o que pode ser inferido pela distribuição dos pontos na Figura 29.

Figura 29. Dispersão das medidas de tempo de uso das ferramentas de acordo com a ordem em que foram usadas.

3.3.3. Discussão e Conclusão

Enfrentamos muitas dificuldades ao longo desta pesquisa. A primeira delas foi estudar um animal ameaçado de extinção, cuja observação em campo é difícil e a manutenção em cativeiro, cara e trabalhosa. A experimentação em ambiente mais controlado só foi possível graças ao apoio de uma instituição séria, a qual tem nos apoiado há quase uma década em pesquisas com psitacídeos. O baixo número de sujeitos experimentais, entretanto, limita extrapolações dos resultados obtidos para a espécie, *Anodorhynchus hyacinthinus*. Outra circunstância que restringe possíveis comparações com os dados obtidos em campo foi o fato de as araras cativas não terem aceitado os cocos de bocaiúva, o que nos levou a oferecer cocos de indaiá (*Attalea dubia*), coletados oportunisticamente – o que contribuiu para a grande variabilidade de pesos, diâmetros e formatos e, conseqüentemente, do comportamento das araras.

Todavia, o estudo de espécies ameaçadas não deve ser desestimulado pelas dificuldades encontradas. Vale lembrar que trabalhos com poucos sujeitos experimentais não são raros em etologia e que apesar de termos oferecido às aves a castanha de indaiá, esta pertence ao mesmo gênero do outro coco comido pela

arara azul no Pantanal, o acuri (*Attalea phalerata*). O efeito da variabilidade dos cocos foi em parte homogeneizada por nosso cuidado em distribuir proporções iguais entre os indivíduos e entre tratamentos, mas apesar disso, cocos de árvores diferentes diferiram quanto às suas características, o que se refletiu ao longo das etapas.

Verificamos que as araras foram mais rápidas e comeram quantidades maiores de cocos significativamente mais leves, com Diâmetros Menores de valores mais baixos e de formato mais elíptico. Cocos mais leves devem ter cápsula menos resistente e o Diâmetro Menor deve estar relacionado ao posicionamento no bico da ave, já que este encaixa-se perpendicularmente ao Diâmetro Menor do coco durante a quebra. Aparentemente o Diâmetro Maior do coco não se correlaciona com a capacidade da arara abrir ou não o coco, mas encontramos indícios de que Diâmetros Maiores de valores baixos aumentam o tempo de quebra. Isto deve ocorrer porque cocos com valores mais baixos para Diâmetros Maiores são em geral mais arredondados, o que deve fazer com que seja mais difícil para a arara segurá-lo com o pé, enquanto sulca a cápsula com o bico, mas mais estudos são necessários para avaliar a veracidade dessas inferências. Seria interessante, por exemplo, conduzir um experimento em que pudéssemos analisar quais cocos, de um lote previamente pesado, medido e marcado, as araras *escolheriam* abrir.

Na tentativa de investigar melhor porque certos cocos não foram comidos, os classificamos em duas categorias distintas: cocos largados e perdidos, de acordo com aspectos comportamentais das araras. Apesar da baixíssima frequência de cocos perdidos, pudemos verificar que estes não diferem em peso dos cocos largados, mas que ambos diferem dos cocos comidos. Portanto, não foi possível averiguar se há diferença entre cocos perdidos e largados, mas sabemos que não se trata do peso.

Em média, as araras levaram cerca de 17 minutos para abrir um coco. Este valor é relativamente alto quando comparados com os resultados obtidos por aves selvagens alimentando-se de acuri no Pantanal, as quais levam poucos minutos (Shneider et al., 2002). Vale lembrar que nossos sujeitos são aves cativas, e cocos de palmeiras são itens esporádicos em sua dieta, ainda que muito apreciados. Desta forma, não têm muita oportunidade para praticar e, por outro lado, como neste experimento não tiveram possibilidade de escolher entre vários cocos, talvez tenham investido demasiado tempo no único que lhes era oferecido por vez.

Neste estudo, levantamos duas hipóteses acerca da função proximal do uso de ferramentas: 1) ele poderia diminuir o número de cocos não comidos (largados e/ou perdidos) e 2) ele poderia reduzir o tempo necessário para quebrar o coco. Nossos resultados corroboraram a primeira hipótese, ou seja, as aves consomem mais cocos quando têm ferramentas disponíveis. Não encontramos evidências de que o tempo de quebra fosse diferente de acordo com a disponibilidade ou não de ferramentas. Apesar de nossa interpretação dos dados ser limitada ao pequeno grupo de indivíduos testados, quando consideramos nossas observações de campo, a idéia de que as ferramentas não influenciam o tempo de quebra torna-se mais robusta. Vale lembrar que na natureza as aves usam poucas ferramentas e apenas momentos antes da quebra. Todos esses dados em conjunto: o maior número de cocos comidos quando há disponibilidade de ferramentas, o fato de usarem na maioria das vezes uma única ferramenta, segundos antes da quebra e de não termos encontrado diferenças significativas no tempo referentes à disponibilidade de ferramentas, favorecem a idéia de que a ferramenta atue como um calço, amenizando o impacto, evitando desgastes físicos e/ou aumentando o conforto durante o posicionamento do coco no bico das araras.

Assim como em nosso trabalho preliminar (Borsari & Ottoni, 2005), as aves mais velhas foram mais rápidas em abrir os cocos. Mas é curioso notar que neste trabalho, as aves mais jovens tinham a mesma idade que as mais velhas na época do outro experimento e mesmo assim não se tornaram tão proficientes quanto àquelas. Vale comentar que Barney e Safira são aves oriundas de apreensões do tráfico e não sabemos como e onde aprenderam a usar ferramentas. Simon e Hillary continuam menos rápidas que seus pais na abertura de cocos mesmo depois de sete anos.

Encontramos diferenças no tempo de quebra dos cocos entre as etapas experimentais. Os tempos foram menores na etapas 1, 2, 4 e 3, respectivamente, sendo que não houve diferenças entre os tempos de quebra obtidos para as etapas 2 e 4. Como comentado anteriormente, este resultado coincide com os valores de peso dos cocos, os quais foram menores respectivamente na etapa 1, 2 e 4, e 3, mas também nesses casos não houve efeito significativo da disponibilidade de ferramentas sobre o tempo de quebra ao longo das sessões. Nosso principal foco não foi o estudo longitudinal da proficiência das araras e por isso as diferenças nos tempos de quebra ao longo das sessões são secundárias. De toda forma, tomamos

o cuidado de intercalar sessões do tipo SF e CF em cada etapa, a fim de evitar o efeito de melhora da performance devido à prática.

No tratamento CF, no qual as araras tinham a opção entre usar ou não as ferramentas disponíveis, encontramos uma preferência significativa das aves por usá-las. Também aqui a proporção de cocos comidos foi significativamente maior quando as aves usaram ferramentas do que quando não usaram. Apesar de termos visto que aves mais velhas são mais rápidas em quebrar os cocos, não houve diferença na proporção de cocos comidos entre os indivíduos. Mais uma vez não encontramos diferenças significativas entre o tempo de quebra e o uso de ferramentas.

Quanto mais tempo a ave levou para usar a primeira ferramenta, mais tempo levou para quebrar o coco. Assim como em nossas observações das aves na natureza, esse resultado indica que as tarefas anteriores ao uso da ferramenta em si (como descascar e sulcar) são essenciais e quanto mais dispendiosas e trabalhosas, mais irão interferir no tempo total de manipulação e quebra do coco.

Apesar de termos disponibilizado quatro materiais diferentes para serem usados como ferramentas, as araras preferiram usar lascas de madeira e folhas: mesmos materiais usados por araras azuis selvagens no Pantanal. Em média usaram seis ferramentas por coco e o uso de cada ferramenta durou cerca de 1 minuto em média. Encontramos evidências de que quanto mais ferramentas são usadas, mais tempo as aves levam para quebrar o coco, o que reforça nossa inferência de que animais mais proficientes usam menos ferramentas durante a quebra de cocos.

Não encontramos evidências de que as araras estivessem usando os materiais seguindo uma ordem, tampouco que houvesse diferença de tempo de uso de ferramentas conforme o tipo de material usado ou a ordem em que eram usadas. Isso fortalece a idéia de que as araras não estejam seguindo um padrão na manufatura e uso das ferramentas, diferentemente dos corvos da Caledônia que produzem ferramentas complexas, com padronização da técnica.

Contudo, estes resultados não necessariamente significam que as araras não sejam capazes de relacionar causa-e-efeito entre objetos (nesse caso, cocos e ferramentas). A fim de testar tal capacidade nesta e em outras espécies de psitacídeos lançamos mão de um experimento envolvendo a resolução de um

problema no mundo físico, chamado Teste do *String-Pulling*, o qual será apresentado no capítulo seguinte.

Capítulo III

Identificação de causa-e-efeito por alguns psitacídeos neotropicais

4. Identificação de causa-e-efeito por alguns psitacídeos neotropicais

4.1. Introdução

A busca para desvendar se certas capacidades cognitivas são exclusivas de nossa espécie ou compartilhadas com outros animais há muito percorre a investigação científica. Talvez uma das questões mais antigas nessa área seja: com que extensão os animais são capazes de reconhecer relações funcionais do mundo físico e de representar suas forças causais? A sua habilidade para resolver problemas seria o reflexo de respostas estereotipadas ou, ao contrário, implicaria no uso de princípios mais amplos, que envolvessem a capacidade de antecipar os resultados de uma determinada seqüência de ações? Seriam os animais não-humanos capazes de conceber forças físicas não observáveis, mediadoras das relações entre objetos?

As respostas a estas questões ainda não estão totalmente esclarecidas. A habilidade para usar ferramentas, por exemplo, é há muito tempo considerada central à compreensão de nossa própria evolução cognitiva. A plasticidade na manufatura e no uso de ferramentas é tida como um ponto de referência na investigação da cognição física, pois suscitou a possibilidade de que os outros animais, assim como nós humanos, prestem atenção a relações de causa-e-efeito e reconheçam propriedades funcionais dos objetos. De fato, a pesquisa nas últimas décadas tem mostrado que certo número de espécies, tão distantes filogeneticamente quanto mamíferos e aves, apresentam habilidades complexas e plásticas no uso de ferramentas, acumulando evidências de seletividade dos materiais usados e inovação do comportamento (Chappel & Kacelnick, 2002; Ottoni & Izar, 2008; van Schaik, Fox, & Sitompul, 1996; Weir et al., 2002; Whitten et al. 1999). Por outro lado, evidências empíricas de algumas espécies de primatas não-humanos e aves também demonstraram que o sucesso no uso de ferramentas não necessariamente implica em entendimento causal (Visalbergui & Limongelli, 1994; Visalberghi & Trinca, 1989; Santos et al., 2003; Seed et al., 2006), levando alguns

autores a sugerirem que seria pouco provável que animais não-humanos conseguissem representar mentalmente forças físicas não-observáveis (Povinelli, 2000; Tomasello & Call, 1997), abstraindo ao invés disso, regras simples baseadas em características observáveis da tarefa em questão.

Outro paradigma usado para investigar as questões anteriormente levantadas é o teste do *string pulling*, o qual tem sido aplicado a uma variedade de espécies de aves e mamíferos (Dücker & Rensch, 1977; Halsey et al., 2005; Heinrich & Bugnyar, 2005; Osthaus et al., 2005; Pepperberg, 2004; Seibt & Wickler, 2006; Werdenich & Huber, 2006). Este teste é considerado um problema complexo, pois envolve uma seqüência de ações nunca antes desempenhada pelos sujeitos em relação a um objetivo específico, assim como a habilidade de continuamente monitorar um cordão e uma recompensa, ajustando seu próprio comportamento. No caso das aves, a tarefa normalmente envolve a obtenção de alimento amarrado à extremidade livre de um longo cordão, fixo pela outra extremidade a um poleiro, e requer que uma seqüência de aproximadamente cinco etapas seja cumprida e repetida algumas vezes até que a recompensa (o alimento) fique ao alcance da ave. As cinco etapas a serem repetidas são: alcançar o cordão, segurá-lo com o bico, puxá-lo para cima, segurar a alça resultante com um dos pés, liberar o cordão do bico e voltar a segurar uma nova seção do cordão, mais abaixo. A solução espontânea do problema na ausência de aprendizagem por tentativa-e-erro tem sido apontada como indicativa de algum nível de antecipação e da habilidade de relacionar o cordão, a recompensa e certas partes do corpo. Por exemplo, em um estudo no qual corvos de um ano de idade (*Corvus corax*) foram testados no teste do *string pulling*, a fim de obter um pedaço de carne amarrado a um cordão (Heinrich & Bugnyar, 2005), cinco de seis aves ingênuas à tarefa foram capazes de desempenhar espontaneamente a seqüência de ações necessária para obter o alimento. As aves também conseguiram resolver o problema quando, ao invés de içar o cordão, deveriam puxá-lo para baixo, levando os autores a sugerir que o comportamento não era apenas o produto de aprendizagem rápida, mas que também envolvia algum nível de entendimento do funcionamento do cordão no que se refere às forças físicas envolvidas, evidenciado pela capacidade dos corvos em reverter suas ações de forma coordenada e, desse modo, também o resultado das propriedades físicas do aparato experimental, a fim de atingir, contudo, exatamente a mesma meta (Heinrich, 1995; Heinrich & Bugnyar, 2005).

Resultados similares aos demonstrados para corvos foram obtidos com psitacídeos da Nova Zelândia (o kea, *Nestor notabilis*, Werdenich & Huber, 2006, e o kakariki-de-testa-amarela, *Cyanoramphus auriceps*, Funk, 2002) e da África (papagaio-cinzento-africano, *Psittacus erithacus*, Pepperberg, 2004). De fato, psitacídeos compartilham com corvídeos muitas das características associadas ao processamento cognitivo complexo, tais como grandes tamanhos relativos de cérebro e estriado cerebral, altos níveis de sociabilidade e ciclos de vida marcados por grande longevidade, desenvolvimento lento e longos períodos de investimento parental (Iwanuk, Dean & Nelson, 2005; Schuck-Paim et al., 2009). Ainda assim, o conhecimento acerca da cognição de psitacídeos é restrito a poucas espécies, sendo a falta de informação sobre espécies neotropicais ainda mais notável. Apesar de terem sido identificadas mais de 150 espécies de psitacídeos neotropicais, muitas das quais altamente ameaçadas de extinção, muito pouco é conhecido sobre suas capacidades cognitivas, ou até mesmo do seu comportamento. Conhecer a distribuição e os processos responsáveis por sua atribuída inteligência torna-se, portanto, crucial se quisermos entender as bases neurofisiológicas e as forças seletivas que sustentam a aparente convergência de traços cognitivos complexos entre psitacídeos, corvídeos e outros grupos evolutivamente distantes, tais quais o dos primatas.

Aqui, examinamos as respostas de três espécies de psitacídeos neotropicais (a arara-azul, *A. hyacinthinus*, a arara-azul-de-Lear, *A. leari* e o papagaio verdadeiro, *Amazona aestiva*) em uma série de tarefas do *string pulling*, as quais apresentavam diferentes requisitos funcionais.

Faz-se importante frisar que devido às habilidades sensório-motoras muito desenvolvidas dos psitacídeos (especialmente a coordenação entre pé e bico), puxar espontaneamente o cordão poderia ser apenas o resultado de uma interação entre habilidades inatas e comportamento exploratório, e não refletir uma capacidade de identificar relações causais. Por isso, nosso objetivo principal não foi o de verificar se os sujeitos testados seriam capazes de coordenar o bico e um dos pés simultaneamente na sua primeira tentativa de resolver o problema, mas responder perguntas tais como: As aves conseguem identificar o cordão como meio para obter um fim? As aves são capazes de identificar visualmente a continuidade entre o cordão e a recompensa e, além disso, reconhecer que essa continuidade é necessária para que o cordão funcione como meio para obter a recompensa? Para

tanto, apresentamos aos nossos sujeitos tarefas nas quais variamos a relação espacial entre cordões, a presença (ou ausência) de alimento, o contato físico entre o cordão e o alimento e a presença (ou ausência) de dicas proximais (como peso e movimento) que pudessem indicar às aves quais escolhas levariam à aquisição do alimento, facilitando o êxito na tarefa. Dada a natureza curiosa e brincalhona dos psitacídeos, os experimentos foram adicionalmente planejados para examinar se puxar o cordão poderia ser uma atividade recompensadora por si só, independente da presença de uma recompensa alimentar.

Diferentemente de outros trabalhos - nos quais os cordões eram amarrados a poleiros - aqui, os cordões foram amarrados ao alambrado do piso do viveiro suspenso (ver figura 30, adiante), ficando pendurados abaixo dele. Por ficar do lado de fora do viveiro, a recompensa estava, portanto, situada em uma área não apenas temporariamente fora do alcance das aves mas também em uma região associada à invariável impossibilidade de reavê-lo, dada a longa história de aprendizagem dos sujeitos nestas condições de cativeiro. Puxar o cordão seletivamente ou mais eficientemente naquelas situações em que ele de fato estivesse conectado a uma recompensa, seria uma forte sugestão da habilidade das aves em perceber o cordão como mediador de uma conexão física com a recompensa e de usá-lo para guiar ações direcionadas a um objetivo (reaver o alimento). Mais ainda, o alambrado do piso do viveiro atuou como uma barreira, impedindo que as aves fossem até o chão e, portanto, fazendo com que fosse ainda mais difícil alcançarem o cordão através das aberturas do alambrado (estas aberturas eram largas o suficiente para que seus bicos pudessem atravessá-las, mas não suas cabeças). Em primeiro lugar, os sujeitos precisariam reconhecer a possibilidade de alcançar o cordão através do alambrado para obter a recompensa.

Assim como em estudos anteriores com corvos (Heinrich, 1995) e sagüis (Halsey et al., 2005), testamos os psitacídeos na presença de co-específicos ingênuos, devido às condições de manejo do criadouro em que eram mantidos. Em alguns casos, como por exemplo, no das araras-azuis-de-Lear, apenas um dos sujeitos aproximou-se e interagiu com o aparato e, por isso essa foi uma situação equivalente a testes com indivíduos isolados. Nos outros casos, demos atenção especial a influências sociais em potencial durante a análise dos dados (conforme comentado nos Análise dos Dados, adiante).

4.2. Métodos

4.2.1. Sujeitos Experimentais

Três espécies de psitacídeos foram testadas na Fundação Lymington, mesmo criadouro onde experimentos anteriores, já descritos nesta tese, foram realizados: a arara-azul (*A. hyacinthinus*), a arara-azul-de-Lear (*A. lear*) e o papagaio verdadeiro (*Amazona aestiva*), totalizando dez sujeitos: dois casais de arara-azul, dois casais de arara-azul-de-Lear e um par de fêmeas de papagaio-verdadeiro, sendo que cada díade era mantida em um viveiro distinto. Na Tabela 45 estão descritos habitat, preferências alimentares e origem de cada espécie. Na Fase I deste estudo também testamos um casal de ararajuba (*Guaruba guarouba*), mas porque os indivíduos jamais responderam ao aparato experimental, optamos por excluí-los das análises (como não existem diferenças relevantes de habitat, hábitos e ecologia que possam justificar a falta de resposta das ararajubas, é possível que isto tenha acontecido devido à história relativamente recente do casal em cativeiro; um ano para a fêmea e três anos para o macho).

Os sujeitos eram mantidos em grandes viveiros externos, equipados com pedaços de troncos de árvore, poleiros, abrigos contra vento e chuva e caixas para reprodução. Os viveiros eram suspensos (em média 1,4m do chão) e água fresca esteve sempre disponível aos animais. Brinquedos como garrafas plásticas vazias e pedaços de madeira eram fornecidos frequentemente pelos criadores, mas nenhum sujeito havia tido contato com cordões ou treinado em tarefas que envolvessem puxar um cordão previamente ao experimento. Todos os indivíduos eram adultos e estavam habituados a presença de seres-humanos. Seus respectivos viveiros, origem, nomes e sexo são apresentados na Tabela 45. Sujeitos de viveiros distintos podiam escutar uns aos outros, mas estavam isolados visualmente. Todas as aves puderam ser identificadas pelos experimentadores, em todas as etapas do estudo. As Fases I e II foram realizadas em Junho e Julho de 2006, respectivamente.

Tabela 45 – Espécies e sujeitos testados nas tarefas do teste do *string pulling* e seus respectivos habitat, hábitos, viveiros, nomes, sexo e origem. M = macho, F = fêmea, C = nascido em cativeiro, N = nascido na natureza.

Espécie	Habitat e hábitos	Viveiro	Sujeito	Sexo	Origem
<i>Anodorhynchus leari</i>	Alimenta-se de castanhas de palmeiras, restrita a uma pequena área da caatinga baiana	1	Ringer	M	C
		1	Teresa	F	N
		2	Diamond	M	N
		2	Lucy	F	N
<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i>	Alimenta-se de castanhas de palmeiras, ocupa áreas pantanosas e de savana principalmente no centro-oeste brasileiro.	3	Simone	M	C
		3	Hillary	F	C
		4	Charlie	M	N
		4	Mafalda	F	N
<i>Amazona aestiva</i>	Alimenta-se principalmente de frutas e sementes, ocupa vários tipos de ambiente que se estendem desde o nordeste brasileiro até Bolívia, Paraguai e Argentina.	5	Phoebe	F	C
		5	Daphne	F	C

Os Viveiros 1, 2, 3 e 4 tinham 2m de altura, 2m de profundidade e 6m de comprimento. O Viveiro 5, tinha 1,5m de altura, 0,95m de profundidade e 2,15m de comprimento

4.2.2. Desenho Experimental

4.2.2.1. Fase I

Na primeira etapa do experimento, quatro testes foram realizados (T1, T2, T3 e T4, vide Figura 30). Como cada viveiro abrigava dois indivíduos, as tarefas descritas abaixo poderiam ser resolvidas por apenas um deles ou ambos.

4.2.2.1.1. Teste 1 (T1)

A fim de determinar se o ato de puxar o cordão era direcionado a obtenção da recompensa ou também auto-recompensador (estas possibilidades não eram mutuamente exclusivas), apresentamos aos sujeitos um teste controle no qual um cordão sem nenhum alimento amarrado à sua extremidade livre era oferecido (daqui por diante chamado de cordão “vazio”, Fig 30a). Caso puxar e interagir com o cordão fossem atitudes recompensadoras por si só, observaríamos tais atividades em T1, mas não teríamos porque esperar que estas respostas fossem rápidas ou eficientes, já que nenhum alimento era oferecido neste teste. A apresentação de cordões “vazios” foi planejada como a primeira da Fase I, pois se tivéssemos apresentado o cordão contendo a recompensa no início não poderíamos excluir a possibilidade de que os sujeitos estivessem inicialmente puxando o cordão devido a ação auto-recompensadora do ato em si, que só então levaria à obtenção do alimento (inesperado até então). Apresentar cordões vazios posteriormente ao longo da sequência de testes também não teria sido apropriado, pois não nos permitiria distinguir se os sujeitos estavam puxando o cordão porque esta era uma atividade auto-recompensadora ou por terem tido a experiência de serem recompensados com alimento ao puxarem cordões. O Teste 1 foi repetido antes da Fase II (T1₂), ver adiante.

4.2.2.1.2. Teste 2 (T2)

Este teste era idêntico a T1, exceto pelo fato de o cordão conter uma recompensa alimentar (um amendoim com casca) amarrada à sua extremidade livre (Fig. 30b). Caso os sujeitos estivessem prestando atenção à ponta do cordão e fossem capazes de reconhecê-lo como um meio para obter o amendoim, suas ações e comportamentos deveriam ser diferentes daqueles desempenhados em T1; esperaríamos, principalmente, uma latência menor em se aproximar do cordão em T2, sugerindo uma maior motivação em puxar o cordão, agora com a recompensa amarrada.

4.2.2.1.3. Teste 3 (T3)

Este teste foi planejado para verificar se os sujeitos eram capazes de determinar visualmente se os objetos estavam ou não conectados fisicamente e reconhecer que o cordão deveria estar necessariamente ligado ao alimento para que funcionasse corretamente, o que resultaria na recuperação do alimento. Novamente um cordão foi amarrado ao piso do viveiro, mas o amendoim ao invés de ser amarrado à sua extremidade livre, era posicionado a aproximadamente 15cm de distância dela (Fig. 30c). Desta forma, a recompensa alimentar estava visível, como em T2, mas desconectada do cordão. Nosso foco, mais uma vez, não era averiguar se as aves puxariam ou não o cordão (pois puxar poderia ser resultado da natureza auto-recompensadora da ação), mas se a motivação e a eficiência de suas ações seriam maiores naqueles testes em que o alimento poderia de fato ser obtido. Esse teste também permite excluir a possibilidade de que uma maior eficiência em T2 (quando comparada a T1) teria sido causada pelo efeito que a simples visualização do alimento poderia ter na motivação do animal. Se a mera imagem do amendoim (em T2) pudesse levar a uma maior eficiência em puxar o cordão graças ao seu efeito sobre a motivação, não deveríamos observar nenhuma diferença entre T2 e T3 (em ambos os casos, as aves estariam igualmente motivadas graças à presença de alimento). Se, pelo contrário, os sujeitos reconhecessem a necessidade de

continuidade física entre o alimento e o cordão, não deveríamos esperar encontrar diferenças entre T1 e T3 (em ambos os casos poderia haver atividade de puxar o cordão), mas os sujeitos deveriam ser mais rápidos e mais eficientes em T2 que em T3.

4.2.2.1.4. Teste 4 (T4)

A fim de investigar como a presença do alimento amarrado à extremidade do cordão influenciaria o comportamento dos sujeitos, planejamos um teste em que havia opção de escolha. Dois cordões, dispostos paralelamente e a 25cm de distância um do outro, eram disponibilizados: um deles estava conectado ao amendoim e o outro não (Fig. 30d). Puxar o cordão com o amendoim amarrado mais frequentemente que o cordão “vazio” indicaria que, mesmo que o ato de puxar fosse auto-recompensador, os indivíduos estariam identificando o cordão como meio para obter um fim (o alimento). O lado conectado ao amendoim foi contrabalançado entre as sessões. As aves não podiam ver qual dos cordões estava ligado ao amendoim até o início da sessão.

4.2.2.2. Fase II

A Fase II foi planejada como uma etapa complementar à Fase I, com a intenção de determinar se existiam causas proximais (tais como peso e movimento) que permitissem que os sujeitos tivessem sucesso nos testes apresentados na Fase I. Todos os indivíduos testados na Fase I (exceto pelas ararajubas) foram testados na Fase II. Antes de serem expostas aos Testes 5 e 6, as aves passaram por uma nova rodada do Teste 1 (denominado T1₂), a fim de averiguarmos se sua resposta em relação ao cordão vazio diferia da resposta apresentada durante esse teste na Fase I.

4.2.2.2.1. Teste 5 (T5)

Nos testes anteriores, os sujeitos poderiam ter usado dicas visuais ou a respeito do peso do cordão para determinar se este estava ou não conectado ao alimento. O mesmo resultado poderia ter sido obtido caso os sujeitos estivessem tomando suas decisões baseando-se no movimento: a continuidade física poderia ser percebida se, ao tocar o cordão, o alimento se movimentasse.

Assim, além de analisarmos se as ações dos sujeitos na Fase I foram influenciadas por comportamentos como tocar e chacoalhar o cordão antes de iniciar a seqüência de atos para içá-lo, projetamos um novo teste no qual a possibilidade de usarem o peso do cordão e o movimento do amendoim como dicas proximais foi excluída. Para tanto, cordões de cores diferentes foram usados (azul e amarelo). Ambos os cordões, amarrados da mesma forma já descrita para os testes anteriores no alambrado do piso, repousavam sobre uma mesa alocada abaixo do viveiro (Fig. 30e). A superfície dessa mesa era preta para realçar o contraste entre os cordões e o aparato. As seções paralelas e penduradas dos cordões tinham o mesmo comprimento que nos testes anteriores, enquanto as porções que repousavam sobre a mesa eram ligeiramente maiores que 1/3 de seu comprimento (ex. para as araras, os cordões tinham aproximadamente 120cm neste teste, com os últimos 35cm repousando apoiados sobre a mesa, Fig. 30e). Assim, o amendoim não se movia até que a ave tivesse completado pelos menos duas seqüências completas de movimentos para içá-lo. As porções do cordão sobre a mesa foram posicionadas em direções opostas. A única diferença entre cordões, além da cor, era que um deles tinha o alimento amarrado a ele enquanto o outro estava desconectado do amendoim, a aproximadamente 10cm de distância deste, criando uma lacuna (ou um espaço vazio) entre o amendoim e o cordão. Caso as aves estivessem usando apenas o peso do cordão e/ou o movimento do alimento como dicas para decidir qual cordão puxar, elas não seriam bem sucedidas: ambos os cordões eram igualmente leves e ambos os amendoins não se mexiam até que duas seqüências completas de ações tivessem sido repetidas. Içar o cordão conectado ao amendoim em T5 espontaneamente indicaria, portanto, que as aves estariam prestando atenção à extremidade do cordão e que teriam a capacidade de reconhecer, sem o uso de dicas proximais, que o alimento deveria estar conectado fisicamente ao

cordão para que pudesse ser recuperado. O uso da mesa para apoiar os cordões também serviu como controle quanto à possibilidade de que, por aproximar cada vez mais o alimento de si ao puxá-lo, o sujeito tivesse seu comportamento reforçado a cada etapa da seqüência de ações. Portanto, neste teste os psitacídeos testados foram impedidos de monitorar continuamente as conseqüências imediatas de suas ações e de ajustar o seu comportamento. Ao contrário, para obter o alimento, eles deveriam persistir empregando a correta seqüências de ações apesar de estas ações não produzirem nenhuma conseqüência imediatamente positiva.

4.2.2.2.2. Teste 6 (T6)

Neste teste era oferecida aos sujeitos uma escolha entre dois cordões cruzados abaixo do viveiro (Fig. 30f). Um deles tinha o amendoim amarrado à sua extremidade e o outro estava “vazio”. Supondo que as aves fossem capazes de discriminar as cores dos cordões, deveríamos verificar preferências significativamente maiores pelo cordão com o amendoim, o que refletiria sua atenção a características funcionais do aparato experimental. Poderíamos inferir, por exemplo, sua capacidade tanto para reconhecer visualmente a conexão entre o cordão e o alimento (“rastreando” o “caminho” sinalizado pelo cordão que levava ao amendoim) e escolher de acordo com esse reconhecimento, como para reconhecer a conexão do alimento a uma cor em particular, puxando apenas o cordão de coloração apropriada.

Figura 30. Representação das tarefas do teste do *string pulling* apresentadas aos indivíduos de três espécies de psitacídeos neotropicais (*A. leari*, *A. hyacinthinus* e *A. aestiva*) durante as Fases I e II. Os cordões foram amarrados ao piso do alambrado dos viveiros suspensos, conforme ilustrado. As dimensões dos cordões e da recompensa alimentar (um amendoim com casca) foram exageradas em relação ao tamanho dos viveiros por questões didáticas. Em **d**, **e**, e **f** os cordões foram amarrados ao alambrado a aproximadamente 15cm de distância um do outro. Em **f** o detalhe representa a visão do sujeito (olhando por cima) do apoio usado para cruzar os cordões. A fim de tornar o caminho formado por cada cordão mais evidente, em **e** e **f** cada cordão foi tingido com uma cor diferente. Ilustração reproduzida de Schuck-Paim et al., 2009).

4.2.2.3. Procedimento

Todos os cordões foram amarrados ao piso do viveiro, como na Figura 30. Os cordões eram feitos em nylon e tinham aproximadamente 70cm de comprimento para *A. aestiva* e 100cm de comprimento para *A. hyacinthinus* e *A. leari*, (além de serem mais grossos para estas). A fim de reduzir a frequência de comportamentos neofóbicos em relação aos cordões, pequenos pedaços de cordão (menores do que 10 cm) foram amarrados nas paredes dos viveiros por uma semana, anteriormente ao início dos experimentos. As aves tinham acesso a estes pedaços, mas não podiam puxá-los ou retirá-los do alambrado. Foram realizadas duas sessões por dia, uma às 08h00min e outra às 13h00min. Porque a recompensa alimentar (um amendoim com casca) era um item muito apreciado pelas aves, que não fazia parte de sua dieta habitual, optamos por não privá-los de alimento durante este estudo. Em cada um dos testes as aves tiveram sete tentativas. O intervalo entre tentativas foi de 26 minutos em média para as araras-azuis, 25 minutos para as araras-azuis-de-Lear e de 23 minutos para os papagaios-verdadeiros. Como nosso objetivo era determinar se os sujeitos conseguiriam rapidamente responder aos requisitos funcionais do aparato, sem que houvesse treino para isso, mantivemos o número de tentativas baixo a fim de evitar que os sujeitos perdessem motivação em relação à tarefa ou aprendessem a responder por associação. Como tínhamos disponíveis apenas um e dois aviários por espécie (Tabela 45), a ordem em que os testes foram apresentados não pôde ser contrabalançada entre os viveiros de uma mesma espécie, mas a fim de evitar que qualquer tendência em aumentar (ou diminuir) a seqüência de ações para içar o cordão interferisse nos resultados, alternamos a apresentação de testes nos quais as aves deveriam puxar e não puxar o cordão (T1/T3 e T2/T4, respectivamente). Adicionalmente, para determinarmos se as mudanças comportamentais entre os testes eram consequência direta dos requerimentos específicos da tarefa, duas das sete tentativas de um dado teste eram apresentadas na mesma sessão experimental do teste subsequente (ex. as duas últimas tentativas de T1 eram apresentadas juntamente com as tentativas de T2; as duas últimas tentativas de T2 eram apresentadas juntamente com as tentativas de T3 e assim por diante). Caso os sujeitos estivessem condicionados a usar o comportamento empregado na tentativa imediatamente anterior, continuariam a

empregá-lo se não conseguissem detectar os requisitos técnicos específicos do problema envolvido no novo teste. Os testes foram conduzidos na mesma ordem para todas as espécies.

Antes do início de cada tentativa o chão abaixo do viveiro era limpo a fim de remover qualquer resto de alimento. Como o chão abaixo do viveiro de *A. aestiva* tinha coloração clara, uma placa verde-escura foi colocada sob este aviário para criar o contraste necessário para uma melhor visualização do cordão e do amendoim. Em nenhum dos testes as aves podiam ver a qual cordão o amendoim era amarrado até que a tentativa tivesse início. A tentativa era finalizada quando os sujeitos alcançavam a extremidade livre do cordão (independentemente de haver um amendoim conectado a ela), ou após um período máximo de 10 minutos, o que acontecesse primeiro. Porque os testes T4, T5 e T6 não requeriam uma decisão a respeito de puxar ou não o cordão, mas sim sobre qual cordão puxar, caso os sujeitos não tocassem um dos cordões nos 10 minutos de uma dada tentativa, esta tentativa era reapresentada ao fim da sessão experimental.

Na Fase I os cordões foram sempre brancos. Como os testes que envolviam escolhas na Fase II (T5 e T6) requeriam uma distinção clara entre cordões, estes foram tingidos com gelatina colorida (de azul-claro e amarelo) um dia antes do início dos experimentos. Pequenos pedaços de cordão tingidos foram dados aos sujeitos um dia antes do início dos experimentos a fim de detectar se haveria reações neofóbicas em relação aos cordões, mas nenhuma reação adversa foi detectada (todos os sujeitos se aproximaram dos pedaços de cordão independentemente da cor e perderam interesse alguns minutos depois). As cores e lados associados à presença do amendoim foram contrabalançados entre tentativas, as quais foram filmadas. A apreciação dos vídeos permitiu a análise do comportamento dos sujeitos. A Tabela 46 apresenta a descrição das categorias comportamentais observadas.

TABELA 46 - Descrição dos comportamentos registrados em cativeiro durante o teste do *String Pulling*.

Comportamento	Descrição	Classificação
Aproximar-se	Mover-se em direção cordão (estando a pelo menos 10 cm dele)	Exploratório
Afastar-se	Mover-se em direção oposta ao cordão (pelo menos 10 cm de distância)	Não relacionado
Círculo	Andar em círculos ao redor do cordão, olhando para ele	Exploratório
Morder o Nó*	Morder o nó que fixava o cordão ao piso do viveiro	Exploratório
Morder o cordão	Morder o cordão	Eficiente
Bicar o nó*	Bicar o nó que fixava o cordão ao piso do viveiro	Exploratório
Mastigar o cordão	Mastigar o cordão	Não relacionado
Puxar o cordão	Puxar o cordão para cima usando o bico	Eficiente
Segurar o cordão	Segurar o cordão com o pé	Eficiente
Liberar	Liberar o pedaço do cordão que estava mordendo, sem soltar o pedaço que estava segurando com o pé	Eficiente
Soltar o cordão	Soltar o cordão e não ter mais contato físico com ele	Ineficiente
Encarar	Olhar diretamente para o cordão por mais de 3 segundos	Exploratório
Perder o cordão	O cordão cai de seu bico ou pé	Ineficiente
Cordão e Objeto	Morder ou segurar o cordão e outro objeto simultaneamente	Não relacionado
Recuperar	A extremidade livre do cordão atravessa o piso do viveiro	Eficiente
Conflito	Comportamento agonístico relacionado à posse do cordão ou ao direito de interagir com ele	Conflito
Andar com o cordão	Puxar o cordão por andar com ele em seu bico	Eficiente
Outro	Desempenhar qualquer outro comportamento	Não relacionado

* “bicar o nó” é um movimento brusco, rápido e aplicado com força, enquanto “morder o nó” implica em um tempo de contato mais longo com o cordão.

4.2.2.4. Análise dos dados

As categorias comportamentais foram divididas em cinco grupos (Tabela 46): “Eficientes” (aquelas que contribuísem à obtenção do cordão/alimento), “Ineficientes” (aquelas que retardassem a recuperação do cordão/alimento), “Exploratórias” (envolvendo a aproximação e a observação do cordão) “Não-Relacionadas” (aquelas que não estivessem relacionadas à atividade de içar o cordão) e “Conflito” (atos agonísticos em relação ao co-específico). A frequência de ações não-relacionadas foi também uma medida da interrupção da seqüência de ações necessária para completar a tarefa. Para cada tentativa, também obtivemos uma medida (denominada “Eficiência Relativa”) que expressa o quanto comportamentos eficientes foram mais (ou menos) comuns que ações ineficientes, sendo $\text{Eficiência Relativa} = (\text{Frequência de atos eficientes} - \text{Frequência de atos ineficientes}) / \text{Número total de atos}$.

Como os sujeitos estavam abrigados aos pares, o problema poderia ser resolvido: (1) por uma das aves exclusivamente em todas as tentativas (o que aconteceu no caso das araras-azuis-de-Lear), (2) por ambas as aves, cada uma resolvendo a tarefa em tentativas diferentes (caso principalmente dos papagaios-verdadeiros) e (3) por ambas as aves trabalhando simultaneamente na tarefa durante a mesma tentativa (caso das araras-azuis). No caso (2) analisamos o comportamento dos sujeitos considerando tanto o resultado geral do teste (todas as sete tentativas consideradas para cada teste, independente do sujeito envolvido na finalização da tarefa), como também o comportamento de cada indivíduo separadamente. No caso (3) nossa habilidade em inferir processos cognitivos responsáveis pelo emprego (e repetição) da seqüência correta de ações, pode ter sido prejudicada pela impossibilidade de atribuir ações que tenham levado à recuperação do cordão/alimento a apenas um indivíduo. Todavia, e já que nosso foco não era identificar a habilidade das aves em produzir ações motoras que levassem à recuperação do cordão, consideramos que uma vez que a seqüência de ações tenha sido dominada (independente do processo cognitivo responsável pela organização de padrões motores coerentes), respostas apropriadas e escolhas corretas nos testes apresentados de T1 a T6 requeriam que ao menos um dos sujeitos identificasse os requisitos das tarefas e se comportasse apropriadamente.

Apesar de não ser o nosso foco principal de análise, também examinamos (através de sinais de melhora em seu desempenho) os quão proficientes os sujeitos foram ao resolver as tarefas, ou alternativamente, quão rápido teriam aprendido a monitorar e ajustar seu comportamento em içar o cordão. Para isso, examinamos o comportamento dos sujeitos na sua primeira tentativa, e se houve melhora na performance ao longo do tempo. Inspecionamos os dados visualmente para determinar se havia qualquer tendência e empregamos o modelo linear geral (MLG), tomando a eficiência relativa, tempo para completar a tarefa, tempo manipulando o cordão e a proporção de comportamentos exploratórios, não-relacionados e ineficientes como variáveis dependentes e número de tentativas como fatores contínuos (dentro de cada teste). Consideramos a latência entre o primeiro toque no cordão e a sua completa recuperação como o tempo necessário para completar a tarefa. É importante ressaltar que nosso foco não era analisar se os sujeitos eram ou não extremamente eficientes no primeiro teste apresentado (T1), pois nesse caso não havia recompensa alimentar e, por isso, não esperávamos que estes psitacídeos fossem extremamente rápidos ou eficientes na ausência de um incentivo explícito. De modo semelhante, não usamos o tempo ou a eficiência em completar a tarefa nas primeiras tentativas como parâmetros de medida da habilidade cognitiva dos sujeitos, mas como previamente explicado, focamos nossa análise em testar (1) se seu comportamento seria direcionado a uma meta, (2) se seriam capazes de reconhecer o cordão como meio para obter a recompensa e (3) se conseguiriam identificar a presença de conexão física e optar por puxar o cordão conectado à recompensa.

Para determinar se o comportamento dos sujeitos era direcionado à aquisição da recompensa alimentar, analisamos suas escolhas nos testes de discriminação, sua prontidão em içar o cordão quando este levava - ou não - à obtenção do amendoim e as diferenças nas suas respostas ao longo dos diferentes testes. Porque puxar o cordão por si só já poderia ser recompensador, fazê-lo em T1 e T3 não indicaria que os sujeitos não estivessem reconhecendo os requisitos envolvidos no problema (ou, da mesma forma, que o seu comportamento não fosse direcionado a uma meta). Portanto, nos concentramos em comparar o seu comportamento entre os diferentes testes e suas condições. Para analisar se o seu desempenho era melhor quando o cordão de fato levava ao alimento, comparado a quando o fazia, consideramos apenas as ocasiões em que os sujeitos puxaram completamente o

cordão, tendo as medidas de performance previamente listadas como variáveis dependentes e a presença de alimento no cordão como fator fixo. A prontidão dos sujeitos em içar o cordão foi analisada através das medidas das latências em se aproximar do cordão, tocá-lo pela primeira vez e tentar içá-lo pela primeira vez, e das comparações entre as situações em que a recompensa podia ou não ser reavida (testes T2, T4, T5, T6 e T1, T3, T1₂, respectivamente).

O comportamento direcionado a uma meta (indicado pelo uso do cordão como meio para obter o alimento), a habilidade para visualmente detectar continuidade entre o cordão e a recompensa e a sua importância para o funcionamento correto do cordão como meio para reaver o alimento também foram analisados através das escolhas das aves nos testes de discriminação (T4, T5 e T6). Usamos três medidas para aferir suas escolhas: (1) o primeiro cordão a ser tocado (a fim de verificar se os sujeitos poderiam escolher sem antes mexer no cordão), (2) o primeiro cordão que a ave tentou içar e (3) o cordão içado pela ave.

As proporções foram transformadas (arco seno da raiz quadrada) antes das análises, e as latências foram transformadas (log.) quando os pressupostos para normalidade e homogeneidade das variâncias não foram atingidos. Nos casos em que as transformações não corrigiram a falta de normalidade, testes não-paramétricos foram usados. A significância foi estabelecida em $\alpha = 0,05$. Os testes descritos foram bi-caudais, a não ser quando explicitamente descrito. Porque não foi nosso objetivo comparar os resultados entre espécies (nosso tamanho amostral era reduzido e, portanto, seria mais provável que diferenças comportamentais fossem provenientes da história individual das aves do que de diferenças em sua ecologia, cognição ou composição neurológica), os resultados são apresentados por espécie em seções distintas.

4.3. Resultados e Discussão

Os resultados dessa etapa da pesquisa foram publicados em colaboração com os pesquisadores Cynthia Schuck-Paim e Eduardo Ottoni (Schuck-Paim, C.; Borsari, A. & Ottoni, E. B., 2009) e são apresentados a seguir.

Em todos os viveiros pelo menos uma ave prontamente aproximou-se do cordão e em quatro dos cinco viveiros pelo menos uma ave teve sucesso em recuperar o amendoim na primeira vez em que tentou puxar o cordão. No Viveiro 1 (*A. leari*) isto aconteceu na primeira tentativa de T2 (os sujeitos não tentaram puxar o cordão em T1), resultando na recuperação do alimento. Nos Viveiros 3 e 4 (*A. hyacinthinus*) e 5 (*A. aestiva*) a primeira tentativa em puxar aconteceu em T1, resultando na obtenção do cordão vazio. Apenas no Viveiro 2 (*A. leari*) os sujeitos içaram o cordão vazio na segunda tentativa de T1. Observamos idiosincrasias individuais durante o teste do *string pulling*: Ringer, o macho do Viveiro 1, frequentemente andava para trás esticando o cordão enquanto o segurava com o bico para então estendê-lo sobre o piso do viveiro e pegar o amendoim. As fêmeas de papagaio seguiram a rotina mais comum de bicar, segurar, puxar, liberar e voltar a bicar o cordão. As araras-azuis tenderam a trabalhar simultaneamente, sendo que uma ave bicava, puxava e liberava o cordão após a outra ave ter previamente bicado e puxado o cordão (Figura 31). A seguir são dadas explicações mais detalhadas, separadamente por espécie, as quais estão resumidas na Tabela 47.

Figura 31. Exemplo da seqüência típica de ações desempenhada por araras azuis (*A. hyacinthinus*) dos Viveiros 3 e 4 durante o teste do *string pulling* (ilustração de Wladimir J. Alonso, reproduzida de Schuck-Paim et.al., 2009).

4.3.1. Araras-azuis-de-Lear (*Anodorhynchus leari*, Viveiros 1 e 2)

No Viveiro 1 apenas o macho, Ringer, reagiu ao experimento (a fêmea, Teresa, nunca se aproximou ou tocou o aparato experimental). Aparentemente Ringer e Teresa tinham um ranking hierárquico bem estabelecido, o que permitiu que Ringer interagisse com o aparato sem que fosse perturbado e por isso, seus resultados equivalem aos de uma situação em que tivesse sido testado individualmente. Ringer completou a seqüência de ações em apenas 12 segundos na primeira vez em que tentou içar o cordão (em T2: um único cordão conectado ao amendoim) e conseguiu reavê-lo em todas as situações em que o amendoim esteve disponível. No Viveiro 2, o macho Diamond foi o responsável por içar o cordão em todas as tentativas em que este foi puxado. Apesar de a fêmea ter ocasionalmente interagido com o aparato (aproximando-se e olhando para ele), apenas Diamond chegou a puxar o cordão. Diferentemente de todos os outros viveiros, situações agonísticas foram comuns no Viveiro 2, tendo ocorrido em 67% das tentativas. Elas se caracterizaram principalmente pela fêmea se aproximando e tentando interagir com o cordão enquanto Diamond o estava manipulando (o que por sua vez levava Diamond a perseguir a fêmea para então retornar ao aparato ou abandoná-lo), ou ao invés disso, por um movimento agonístico de uma das aves toda vez que a outra tentava se aproximar do cordão. Como resultado deste conflito, o tempo para içar o cordão foi mais longo do que teria sido no caso de os sujeitos estarem isolados, e em muitas das tentativas o cordão não foi puxado dentro do tempo pré-estabelecido de 10 minutos.

4.3.1.1. Desempenho entre tentativas

Tanto Ringer (Viveiro 1) quanto Diamond (Viveiro 2) não apresentaram melhora aparente em seu desempenho ao longo do tempo. No Viveiro 1, Ringer começou a interagir com o cordão na primeira tentativa de T2, tendo ignorado o cordão “vazio” em T1. A Tabela 48 mostra as três principais medidas de performance de Ringer em T2. Conforme demonstrado nesta tabela, a melhor

performance de Ringer foi aquela exibida já em sua primeira tentativa. Diamond tentou puxar o cordão pela primeira vez na quinta tentativa de T1, levando 152 segundos para completar a seqüência de ações exigidas para recuperar a extremidade livre do cordão (entretanto, a ave foi interrompida pela fêmea uma vez, o que tornou o tempo para completar a tarefa mais longo). Sua performance não melhorou ao longo das tentativas, conforme evidenciado pela medida de tempo para completar a tarefa, ou pela freqüência e duração de comportamentos ineficientes. A tabela 48 mostra que nenhuma das tentativas de T2 foi completada com sucesso, e que não houve mudança no seu desempenho.

4.3.1.2. Respostas entre testes: comportamento direcionado a uma meta

No Viveiro 1, o desempenho de Ringer enquanto puxava o cordão com o amendoim conectado (T2, T4, T5 e T6) não foi significativamente diferente do que quando puxava o cordão vazio (T1₂), já que o tempo que levava para completar a seqüência e a freqüência relativa de comportamentos eficientes e a proporção de comportamentos exploratórios e ineficientes não diferiram nestas duas situações (MLG; tempo para completar a seqüência: $F_{1,33} = 0.01$, $P = 0.93$; proporção de comportamentos eficientes: $F_{1,33} = 0.00$, $P = 0.98$; proporção de comportamentos exploratórios: $F_{1,33} = 0.05$, $P = 0.83$ e proporção de comportamentos não-relacionados: $F_{1,33} = 0.20$, $P = 0.66$). Ainda assim, a freqüência com a qual a ave puxou o cordão foi significativamente maior quando este levava ao amendoim (T2, T4, T5, T6) do que quando os cordões estavam “vazios” ($X^2: _2 = 26.1$, $P < 0.001$). De forma semelhante, a latência com que Ringer se aproximou do cordão, o tocou e fez a primeira tentativa em puxá-lo foi significativamente menor nas sessões em que era possível obter o amendoim (Kruskal–Wallis, $H = 13.2$, $P < 0.001$, $H = 11.3$, $P < 0.001$ e $H = 17.9$, $P < 0.001$, respectivamente). De fato, diferentemente de T1, na primeira tentativa em que o alimento estava conectado ao cordão (primeira tentativa de T2) Ringer rapidamente se aproximou do cordão e começou a puxá-lo. Em conjunto, tais resultados sugerem que o indivíduo reconheceu o cordão como meio para obter o alimento, e que seus comportamentos estavam direcionados a este objetivo. Isto é corroborado pelo fato de ter escolhido a corda com o amendoim em 6

das 7 tentativas em T4 ($P = 0.054$, Teste Binomial) (Tabela 49).

Não encontramos evidências de que o comportamento da arara-azul-de-Lear no Viveiro 2 fosse direcionado a um objetivo, ou de que estivesse usando o cordão como meio para atingir o amendoim. O desempenho de Diamond não foi melhor quando o alimento estava amarrado ao cordão (testes para a frequência relativa de comportamentos eficientes, proporção de comportamentos exploratórios e não-relacionados e tempo para completar a tarefa, respectivamente: $F_{1,37} = 1.66$, $P = 0.20$; $F_{1,37} = 0.00$, $P = 0.98$; $F_{1,37} = 0.00$, $P = 0.96$; $F_{1,37} = 0.18$, $P = 0.67$), nem a frequência de tentativas para içar o cordão foi maior quando o alimento podia ser potencialmente recuperado este ($X^2: \chi^2 = 0.24$, $P = 0.62$). Além disso, as latências para se aproximar, tocar e tentar puxar o cordão não foram menores nas tentativas que potencialmente pudessem levar ao amendoim (Kruskal–Wallis, $H = 0.01$, $P = 0.92$; $H = 0.07$, $P = 0.79$; $H = 0.22$, $P = 0.64$, respectivamente), e as proporções de escolhas pelo cordão amarrado ao amendoim em T4 não foram significativamente mais altas que pelo cordão “vazio” (cinco das seis tentativas em que puxou o cordão; $P = 0.10$, teste binomial).

4.3.1.3. Discriminação de continuidade física

Nossos resultados sugerem que Ringer pôde identificar a ausência de continuidade física entre o cordão e a recompensa em T3. Ele puxou a corda apenas uma vez durante esse teste ($P = 0.054$, Teste binomial), uma frequência significativamente menor que em T2 ($P = 0.002$, Teste exato de Fisher). Em T5, o macho escolheu a corda com o amendoim amarrado em 6 das 7 tentativas ($P = 0.054$, Teste Binomial), o que sugere que este indivíduo estivesse discriminando a ausência de continuidade física entre o cordão e o amendoim mais provavelmente através de pistas visuais do que através do uso do peso ou movimento (possibilidades estas eliminadas pelo desenho experimental).

Não encontramos evidências de que as aves do Viveiro 2 tenham reconhecido a ausência de conexão entre o cordão e o amendoim: Diamond recuperou o cordão por cinco vezes em T3 (nenhuma em T2), e içou o cordão correto apenas uma vez em T5 (Tabela 47).

4.3.1.4. Paradigma dos cordões cruzados

No teste com as cordas cruzadas (T6), Ringer tocou e tentou puxar o cordão “vazio” antes do cordão com o amendoim em todas as tentativas ($P = 0.0078$, Teste binomial). Em duas oportunidades ele abandonou a corda “vazia” após tentar puxá-la por uma e três vezes (tentativas quatro e cinco, respectivamente) e completou a tarefa puxando a outra corda e recuperando o amendoim. Estes dados sugerem que para resolver este teste, o indivíduo usou uma regra simples, a qual o levava a puxar a corda mais próxima ao amendoim repetidamente, resultando na escolha incorreta. A frequência com que Diamond escolheu o cordão com o amendoim em T6 não foi significativamente maior do que quando escolheu o cordão vazio (quatro de sete tentativas, $P = 0,72$, Teste Binomial).

4.3.2. Arara azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*, viveiros 3 e 4)

Nos Viveiros 3 e 4 todos os sujeitos foram bem-sucedidos no emprego da seqüência completa de ações necessária para içar o cordão (considerando-se todos os testes). No Viveiro 3, o macho Simon foi responsável por 57% (e portanto, a fêmea Hillary por 43%) das tentativas bem sucedidas (a total recuperação da corda ocorreu em 96% dos casos). No Viveiro 4, a fêmea Mafalda foi responsável por 62% (e o macho Charlie por 38%) das tentativas bem sucedidas (a total recuperação da corda ocorreu em 92% dos casos). Puxar o cordão mesmo quando “vazio” pareceu ser uma atividade estimulante para os indivíduos desta espécie. No Viveiro 3, os sujeitos o fizeram em 47 das 49 tentativas apresentadas (deixando de puxá-lo apenas uma vez em T1₂ e uma vez em T3), enquanto no Viveiro 4 o cordão “vazio” foi puxado em 45 das 49 oportunidades (não foi puxado duas vezes em T1 e duas vezes em T1₂). Todas as araras-azuis rapidamente se aproximaram do aparato experimental na maior parte das tentativas, com latência média de aproximação de 2s e 4s nos Viveiros 3 e 4, respectivamente. Diferentemente de *A. leari* e *A. aestiva*, a seqüência de ações desempenhada por *A. hyacinthinus* envolvia os dois sujeitos interagindo simultaneamente com o cordão. A Figura 31 ilustra a seqüência típica de

comportamentos. Isto acabou refletido na proporção com a qual os sujeitos responsáveis pela primeira tentativa de puxar a corda não foi o responsável por recuperar sua extremidade livre (com ou sem o amendoim). Houve 31% de inversões de papel no aviário 3 e 27% no aviário 4. Adicionalmente, nos 19% e 13% de tentativas bem sucedidas (Viveiros 3 e 4, respectivamente), o último ato de puxar o cordão foi feito por ambas as aves ao mesmo tempo (mas, de modo geral, apenas uma consumia o amendoim).

4.3.2.1. Desempenho entre tentativas

Ambos os sujeitos do Viveiro 3 prontamente responderam à presença do cordão em T1, imediatamente aproximando-se dele e tentando içá-lo, o que resultou na sua completa recuperação. O cordão foi puxado com sucesso em todas as sete tentativas de T1, com Simon sendo responsável pela recuperação final do cordão em duas tentativas e Hillary nas demais cinco tentativas. Apesar de não termos encontrado mudanças nas frequências relativas entre comportamentos eficientes e ineficientes, assim como de comportamentos exploratórios ao longo das tentativas, verificamos que o tempo que os sujeitos levaram para completar a seqüência de ações requerida para recuperar o cordão, bem como o tempo total de interação com o cordão, tornaram-se sucessivamente menores ($F_{1,5} = 16.6$, $P = 0.01$ e $F_{1,5} = 27.3$, $P = 0.003$, respectivamente) em T1 (quando todas as tentativas foram consideradas). Isto também ocorreu quando analisamos o comportamento de cada indivíduo separadamente (houve uma queda contínua no tempo gasto para completar a tarefa em cinco tentativas nas quais Hillary recuperou o alimento – de 165 segundos na primeira tentativa para 19 segundos na sétima tentativa; a primeira e a segunda tentativa de Simon levaram 174 segundos e 24 segundos respectivamente), sugerindo que essas araras aprenderam a melhorar seu desempenho ou se tornaram gradualmente mais motivadas a resolverem a tarefa. Não houve nenhuma mudança no desempenho nos outros testes tanto quando consideramos todas as tentativas em conjunto, como quando olhamos apenas para as tentativas correspondentes a cada ave separadamente. No Viveiro 4, Mafalda foi a primeira ave a tentar puxar o cordão, tendo sido bem sucedida em içá-lo já nessa ocasião (levando 55 segundos para

fazê-lo). Neste viveiro não encontramos diferenças significativas da eficiência relativa ao longo das sessões, nem houve diferenças nas proporções de comportamentos exploratórios e ineficientes ou no tempo para completar a tarefa e de interação com o cordão.

4.3.2.2. Respostas ao longo dos testes: comportamento direcionado a uma meta

Um padrão típico de comportamento observado para todas as araras-azuis foi a sua prontidão em puxar o cordão. No Viveiro 3, a frequência com que os sujeitos puxaram o cordão até o final não foi diferente entre os testes em que era possível obter a recompensa (T2, T4, T5, T6) e aqueles em que não era (T1, T3, T1₂). Da mesma forma, as latências em se aproximar do cordão, tocá-lo e fazer a primeira tentativa em puxá-lo não foram mais curtas nos testes em que um dos cordões levava à recuperação do amendoim quando comparadas com as dos testes em que os cordões estavam “vazios”, sugerindo que puxar o cordão por si só já era uma atividade recompensadora para essas araras. No Viveiro 4, a frequência com a qual as aves puxaram cordões sem o amendoim foi significativamente menor ($P = 0.02$, teste exato de Fisher), mas as latências em se aproximar do cordão, tocá-lo e fazer a primeira tentativa em puxá-lo não foram diferentes entre as sessões em que as araras podiam ou não recuperar o amendoim. Apesar de esses resultados sugerirem que o ato de puxar a corda, independentemente da presença do amendoim, é recompensador para *A. hyacinthinus*; devemos notar que o comportamento das aves tornou-se direcionado ao objetivo de obter o alimento quando lhes foi dada essa oportunidade. Quando houve a possibilidade de escolher entre uma corda “vazia” e outra conectada ao amendoim (em T4), os sujeitos de ambos os viveiros preferiram a corda com o alimento: no Viveiro 3, esta foi escolhida em 6 das 7 tentativas de T4 (Teste binomial, $P = 0.054$). O cordão com o amendoim foi também o primeiro a ser tocado e o primeiro que as araras tentaram puxar em seis das sete tentativas em que tiveram oportunidade de escolher em T4 (Teste binomial, $P = 0.054$ em ambos os casos), indicando que os sujeitos estavam prestando atenção à extremidade da corda e conseguiam determinar visualmente qual delas levava à recompensa sem ter

que mexer nela antes. Freqüências idênticas de escolha foram obtidas para as aves do Viveiro 4.

Corroborando a possibilidade de que as araras azuis estivessem usando o cordão como um meio para chegar ao fim (o alimento), encontramos diferenças significativas em seu comportamento quando a corda escolhida tinha o amendoim amarrado à sua extremidade livre em comparação com quando sua extremidade livre estava “vazia”. No viveiro 3, apesar de não haver diferença no tempo necessário para completar a tarefa, a proporção de comportamentos ineficientes e não-relacionados foi significativamente maior quando a corda manipulada não tinha o amendoim ($F_{1,47} = 6.5$, $P = 0.014$ e $F_{1,47} = 6.28$, $P = 0.016$, respectivamente). Somando-se a isto, a diferença relativa entre comportamentos eficientes e ineficientes foi significativamente menor nestas circunstâncias ($F_{1,47} = 14.1$, $P < 0.001$). Padrões semelhantes de comportamentos foram encontrados para as aves do Viveiro 4: apesar de não haver diferenças no tempo gasto para completar a tarefa, tanto a eficiência relativa como a proporção de comportamentos não relacionados foram significativamente menores nas tentativas em que manipularam a corda com o amendoim ($F_{1,47} = 5.6$, $P = 0.02$ e $F_{1,47} = 6.4$, $P = 0.015$, respectivamente).

4.3.2.3. Discriminação de continuidade física

Como puxar o cordão mesmo na ausência do amendoim pode ser recompensador para essas araras-azuis, era de se esperar que elas o fizessem em T3, mesmo que estivessem reconhecendo a ausência de conexão física entre o cordão e o amendoim. De fato, nos Viveiros 3 e 4, as araras puxaram a corda em seis de sete e sete de sete tentativas de T3, respectivamente. Assim, seria mais relevante analisar suas escolhas em T5 a fim de determinar se poderiam identificar a presença de continuidade física. No Viveiro 3, as araras preferiram o cordão conectado ao amendoim em seis das sete oportunidades de escolha ($P = 0.054$, Teste binomial). Este também foi o primeiro cordão tocado e o primeiro que as aves tentaram puxar em seis tentativas ($P = 0.054$, Teste binomial), indicando que as aves são capazes de reconhecer a continuidade física e de reagirem de forma

consistente a esta observação a fim de obter o amendoim. No Viveiro 4, entretanto, o cordão conectado ao amendoim foi escolhido em apenas 4 das 7 tentativas ($P = 0.70$, Teste binomial). Além disso, neste viveiro o cordão conectado foi puxado em apenas três das sete tentativas ($P = 0.70$, Teste binomial).

4.3.2.4. Paradigma dos cordões cruzados

A frequência com que as aves do Viveiro 3 escolheram o cordão que levava ao amendoim em T6 não foi significativamente maior do que quando escolheram o cordão “vazio” (cinco de sete escolhas, $P = 0.25$, Teste binomial). No Viveiro 4 esta frequência foi ainda menor, com as aves escolhendo o cordão com o amendoim em apenas três das sete tentativas ($P = 0.70$, Teste binomial).

4.3.3. Papagaio verdadeiro (*Amazona aestiva*, viveiro 5)

Ambas as fêmeas foram bem sucedidas em empregar a seqüência completa de comportamentos para recuperar a extremidade livre do cordão, mas Daphne o fez com uma frequência um pouco maior (65% dos casos) que Phoebe. Na maioria das vezes uma das fêmeas foi a responsável pela seqüência completa de comportamentos, enquanto a outra permanecia próxima ao cordão, olhando para ele ou movendo-se em círculos ao seu redor, ocasionalmente bicando rapidamente o cordão ou o nó feito para prendê-lo ao piso do viveiro.

4.3.3.1. Desempenho ao longo das tentativas

A primeira tentativa em puxar o cordão feita por uma das aves (Daphne) aconteceu em T1, com o cordão sendo recuperado em 124 segundos. Esta foi a

única tentativa de T1 na qual o cordão foi içado. Em T2 (quando o cordão estava conectado ao amendoim), as fêmeas de papagaio puxaram o cordão em todas as tentativas. Quando consideramos os desempenhos de Daphne e Phoebe em conjunto, não observamos melhora ao longo das tentativas, o que diminui a possibilidade de que tenham aprendido a resolver a tarefa por condicionamento. A proporção de tempo gasto em comportamentos ineficientes, assim como a sua frequência, não mudou significativamente ao longo do tempo, tanto em T2 como nos testes em que havia possibilidade de escolha, T4, T5 e T6 (o número de tentativas em que as aves puxaram o cordão em T1, T3 e T1₂ foi baixo demais para permitir qualquer análise). De modo semelhante, não houve aumento significativo da eficiência ao longo das tentativas em qualquer um dos testes, nem diferenças na proporção de comportamentos exploratórios. Além disso, não houve mudança no tempo que os sujeitos levaram para recuperar o amendoim e no tempo total de interação com o cordão ao longo das tentativas de T2, ou dos testes em que escolher entre duas cordas era possível (Tabela 49). Os mesmos resultados foram obtidos quando o comportamento de cada indivíduo foi analisado separadamente: não foi detectada melhora no desempenho para nenhuma das medidas citadas ao longo das tentativas, tanto para Daphne como para Phoebe.

4.3.3.2. Respostas entre testes: comportamento direcionado a uma meta

O tempo total gasto para completar a tarefa foi significativamente mais baixo nos testes em que o amendoim estava amarrado ao cordão ($F_{1,27} = 5.9$, $P = 0.022$). O mesmo padrão foi encontrado para as aves separadamente, com tempos maiores para a finalização da tarefa com cordões “vazios”. A proporção de comportamentos não-relacionados também foi significativamente maior quando os sujeitos puxavam cordões “vazios” ($F_{1,27} = 8.7$, $P = 0.006$), e também aqui, padrões semelhantes foram encontrados na análise do comportamento de cada fêmea, separadamente. Além disso, a frequência com que os sujeitos começaram (e tiveram sucesso) a puxar o cordão foi significativamente maior naqueles testes em que era potencialmente possível recuperar o amendoim (23 de 28 — T2, T4, T5, T6) do que nos testes com cordões “vazios” (seis de 21; X^2 : $\chi^2_2 = 14.2$, $P < 0.001$ —T1, T12, T3).

Latências para se aproximar do cordão, tocá-lo e puxá-lo também foram significativamente menores nos testes em que pelo menos um cordão estava conectado à recompensa (Kruskal–Wallis: $H1 = 9.8$, $P = 0.002$, $H1 = 16.9$, $P < 0.001$ e $H1 = 20.3$, $P < 0.001$, respectivamente). Na verdade, a latência em se aproximar e tocar o cordão foi extremamente baixa (2s) desde a primeira tentativa de T2, sendo esta a primeira vez em que a recompensa estava presa ao cordão. Latências assim tão pequenas foram observadas novamente em T4, quando o amendoim estava disponível novamente após uma série de apresentações de cordões “vazios” em T3. Por fim, em T4 a corda conectada ao alimento foi escolhida em seis das sete tentativas ($P = 0.054$, teste binomial; três vezes por Daphne e três por Phoebe). O cordão com o amendoim também foi o primeiro a ser tocado em todas as tentativas, indicando que tanto Daphne quanto Phoebe podiam visualmente detectar qual corda levava ao amendoim antes de tocá-la. Ao todo, estes resultados sugerem que o comportamento de ambas as fêmeas de *Amazona aestiva* estava direcionado à aquisição do alimento.

4.3.3.3. Discriminação de continuidade física

As fêmeas de *Amazona* puxaram o cordão em todas as tentativas de T2, mas nenhuma das duas o fez nas duas primeiras tentativas de T3. Daphne puxou o cordão nas tentativas de número três, quatro e cinco em T3, mas o tempo médio que levou para completar a tarefa nestas três tentativas (249 segundos) foi significativamente maior do que o tempo que gastou nas tentativas bem-sucedidas de T2 (52 segundos) (Mann–Whitney: $W = 23.0$, $P = 0.05$). Uma proporção maior de comportamentos exploratórios e não-relacionados também foi encontrada em T3 em comparação à T2 (Mann–Whitney: $W = 21.0$, $P = 0.02$; $W = 39.0$, $P = 0.02$, respectivamente). Phoebe não tentou puxar o cordão em T3. Apesar de este resultado sugerir que a prontidão e a eficiência das fêmeas em puxar o cordão tenha sido maior em T2 do que em T3, não devemos considerá-la evidência conclusiva acerca da sua habilidade de perceber visualmente a ausência de conexão entre o cordão e o amendoim em T3, pois a frequência com que as aves escolheram o cordão conectado ao alimento (N=4: três escolhas corretas feitas por Daphne e uma

por Phoebe) em T5 não foi significativamente maior do que a frequência com que escolheram a corda “vazia” ($P = 0.70$, Teste binomial).

4.3.3.4. O paradigma dos cordões cruzados

Em T6, o tempo médio gasto para completar a tarefa quando o cordão escolhido estava conectado ao alimento (66 segundos) foi mais curto do que quando o cordão estava vazio (176 segundos), porém a frequência com que Phoebe e Daphne escolheram o cordão conectado ao amendoim não foi significativamente maior do que quando escolhiam o cordão “vazio” (quatro de seis escolhas, $P = 0.41$, Teste binomial).

Tabela 47 – Resumo dos principais resultados encontrados por espécie e viveiro.

Análise	Arara azul de Lear		Arara azul		Papagaio-Verdadeiro
	Viveiro 1	Viveiro 2	Viveiro 3	Viveiro 4	Viveiro 5
Cordão içado	1ª tentativa	2ª tentativa	1ª tentativa	1ª tentativa	1ª tentativa
Melhora no desempenho	N	N	Redução do tempo	N	N
Comportamento direcionado a uma meta	P ^a	Sem diferença	Maior para CA	Maior para CA	Maior para CA
	FP	Maior para CA	Sem diferença	Maior para CA	Maior para CA
	La	Menor para CA	Sem diferença	Sem diferença	Menor para CA
	T4	Maior para CA	Maior para CA	Maior para CA	Maior para CA
Continuidade física	T5: CA>CV ^a	N	T5: CA>CV ^a	N	N
Cordões cruzados	N	N	N	N	N
Resumo dos principais achados positivos por espécie**	Habilidade para içar o cordão na primeira tentativa		Habilidade para içar o cordão na primeira tentativa		Habilidade para içar o cordão na primeira tentativa
	Uso do cordão como meio para obter o amendoim (comportamento direcionado a uma meta)		Içar o cordão é uma atividade recompensadora por si só		Uso do cordão como meio para obter o amendoim
	Reconhecimento visual de continuidade física e suas implicações para o funcionamento correto do cordão		Uso do cordão como meio para obter o amendoim (comportamento direcionado a uma meta)		(comportamento direcionado a uma meta)
	Emprego correto da sequência de ações na ausência de pistas proximais.		Reconhecimento visual de continuidade física e suas implicações para o funcionamento correto do cordão		Reconhecimento visual de continuidade física e suas implicações para o funcionamento correto do cordão.
			Emprego correto da sequência de ações na ausência de pistas.		

A análise estatística e detalhes dos resultados estão descritas nas seções correspondentes do texto. *N*: ausência de evidência estatisticamente significativa, *CA*: cordão com o amendoim, *CV*: cordão vazio. O comportamento direcionado a uma meta foi inferido através da comparação do comportamento do sujeito quando puxava o cordão com o amendoim (T2, T4, T5 e T6) e o cordão vazio (em T1, T1₂ e T3), medidos por (1) “*P*” sua performance (tempo gasto para completar a tarefa e a frequência de comportamentos eficientes, exploratórios e não relacionados), (2) “*FP*” sua frequência em puxar (frequência com a qual os sujeitos decidiram puxar o cordão), (3) “*La*” sua latência em se aproximar do cordão, tocá-lo e fazer a primeira tentativa em puxá-lo e (4) “*T4*” a frequência com a qual cada cordão recompensado foi puxado em T4. ^a Frequência de escolha maior para o cordão com o amendoim do que para o cordão vazio em T5. ** Resultados significativos encontrados para pelo menos um indivíduo da espécie.

Tabela 48 – Medidas de desempenho no Teste 2 (o primeiro teste em que o amendoim era amarrado ao cordão): A. tempo para completar a tarefa, B. medida de quão mais freqüente comportamentos eficientes foram desempenhados em relação a comportamentos ineficientes – ver “Análise dos Dados”, e C. Tempo total de interação com o cordão.

Viveiro	Medidas de Desempenho	Tentativas						
		1	2	3	4	5	6	7
1	A. Tempo para completar a tarefa	12	69	15	38	52	20	0
	B. (Eficientes-Ineficientes/Total)	0.75	0.53	0.73	0.32	0.29	0.6	0.44
	C. Tempo de interação com o aparato	10	53	8	12	39	14	15
2	A. Tempo para completar a tarefa	-	-	-	-	-	-	-
	B. (Eficientes-Ineficientes/Total)	0	0.04	0.15	0	0	-0.13	0
	C. Tempo de interação com o aparato	1	2	75	0	0	97	0
3	A. Tempo para completar a tarefa	17	49	16	4	9	17	9
	B. (Eficientes-Ineficientes/Total)	0.61	0.60	0.79	0.83	0.84	0.75	0.81
	C. Tempo de interação com o aparato	23	76	18	4	14	6	6
4	A. Tempo para completar a tarefa	37	63	14	14	3	23	30
	B. (Eficientes-Ineficientes/Total)	0.61	0.48	0.89	0.87	0.83	0.82	0.53
	C. Tempo de interação com o aparato	60	60	18	21	3	16	46
5	A. Tempo para completar a tarefa	0.14	0.68	0.57	0.80	0.61	0.58	0.55
	B. (Eficientes-Ineficientes/Total)	-	38	42	28	132	51	25
	C. Tempo de interação com o aparato	11	43	49	33	204	76	25

Para a medida B valores nulos correspondem às ocasiões em que os sujeitos não empregaram comportamentos eficientes ou ineficientes, e valores negativos correspondem às tentativas nas quais o número de comportamentos ineficientes foi maior que o de comportamentos eficientes. Os casos em que o tempo para completar a tarefa foi sinalizado com um traço (-) correspondem às tentativas em que o sujeito levou mais 10 minutos para completar a tarefa. Do mesmo modo, o tempo de interação foi igual a zero quando os sujeitos não tocaram o aparato experimental.

Tabela 49 – Freqüências com as quais os sujeitos puxaram e recuperaram os cordões nos testes experimentais.

Viveiro 1		Viveiro 2		Viveiro 3		Viveiro 4		Viveiro 5	
Puxar	Recuperar	Puxar	Recuperar	Puxar	Recuperar	Puxar	Recuperar	Puxar	Recuperar
T1	0.0 (N)		0.14 (N)		1.0 (S)		0.71 (N)		0.14 (N)
T2	1.0 (S)		0.0 (N)		1.0 (S)		1.0 (S)		0.86 (N)
T3	0.14 (S)		0.71 (S)		0.86 (S)		1.0 (S)		0.28 (N)
T4	0.71 (R)	0.86 (R)	0.71 (R)	0.71 (R)	0.86 (R)	0.86 (R)	0.86 (R)	1.0 (R)	0.86 (R)
T1 ₂	0.86 (S)		0.86 (N)		0.86 (S)		0.71 (S)		0.28 (S)
T5	0.71 (CV)	0.86 (CA)	0.66 (CV)	0.14 (CV)	0.86 (CA)	0.86 (CA)	0.43 (CV)	0.57 (CV)	0.28 (CV)
T6	0.0 (CV)	0.28 (CV)	0.57 (CA)	0.57 (CV)	0.71 (CV)	0.71 (CV)	0.43 (CV)	0.43 (CA)	0.57 (CA)

Para os testes T1, T2, T3 e T1₂, os valores representam a proporção das tentativas nas quais os sujeitos recuperaram o cordão completamente (R), com as letras entre parênteses representando se conseguiram ou não (S ou N) puxar o cordão em sua primeira tentativa no teste. Para os testes T4, T5 e T6, os valores correspondem à proporção de tentativas (de um total de sete tentativas) na qual os sujeitos, 1. puxaram pela primeira vez ou 2. recuperaram completamente o cordão (R) com o amendoim. As letras em parênteses representam as escolhas dos sujeitos na primeira tentativa do teste (CA e CV: cordões com o amendoim e vazio).

4.4. Conclusão

Nossos resultados mostraram que alguns indivíduos de todas as espécies testadas foram capazes de coordenar suas ações a fim de puxar o cordão, tendo completado toda a seqüência e alcançado a extremidade livre do cordão desde sua primeira tentativa. A comparação entre testes e condições experimentais revelou que também são capazes de usar o cordão como um meio para obter o alimento, determinar visualmente a presença de continuidade física entre o cordão e o alimento e fazer escolhas de maneira consistente com o reconhecimento de que tal continuidade é necessária para que o cordão “funcione” de modo apropriado.

Com exceção dos sujeitos de um dos viveiros de araras-azuis, todas as aves que completaram a tarefa o fizeram sem nenhuma evidência de melhora no desempenho ao longo do tempo. Uma das araras-azuis-de-Lear, por exemplo, tentou puxar o cordão apenas quando este estava de fato conectado ao alimento, exibindo sua melhor e mais rápida resposta já na primeira ocasião. Até onde sabemos, keas e papagaios-cinzentos-africanos foram as únicas outras espécies de psitacídeos para as quais se demonstrou experimentalmente a mesma capacidade para resolver o teste do *string pulling*, sob diferentes níveis de treinamento (Pepperberg, 2004; Werdenich & Huber, 2006). Entretanto, conforme previamente mencionado, nestes casos não é possível inferir se a habilidade para organizar diferentes ações motoras em uma seqüência coerente que levou à obtenção do alimento resultou de uma habilidade em relacionar causalmente o cordão, o amendoim e certas partes do corpo, se foi resultado de aprendizagem ou, ainda, de interação entre a refinada coordenação entre pé e bico, inerente aos psitacídeos, e comportamentos exploratórios e o uso de ações pré-programadas. Apesar de nosso tamanho amostral reduzido e de diferenças individuais poderem ter encoberto qualquer tendência, o fato de indivíduos selvagens capturados não terem sido especialmente competentes nas tarefas pode sugerir que qualquer experiência anterior com situações em que deveriam puxar algo na natureza (aves criadas à mão não tiveram contato com objetos parecidos com cordões antes do experimento) não facilitou a resolução das tarefas. Ainda assim, as escolhas feitas pelos sujeitos de todas as espécies nos testes que envolviam uma escolha sugerem que elas foram capazes de reconhecer o cordão como meio para obter a recompensa alimentar e a necessidade da existência de continuidade física entre eles para que o

cordão funcionasse corretamente. Seria pouco provável que respostas tão apropriadas fossem apenas o resultado de aprendizagem por tentativa-e-erro durante o experimento, pois na maioria das vezes suas escolhas foram corretas, e feitas sem que os sujeitos tocassem o cordão antes. Além disso, indivíduos de ambas as espécies de arara foram bem sucedidos nos testes de discriminação apresentados em T5, quando impossibilitamos o uso de pistas proximais de peso e movimento para concluir a tarefa. Ainda que não seja possível excluir a possibilidade de que alguma apreciação de continuidade física possa ter sido adquirida por aprendizagem através do contato com problemas físicos diferentes ao longo de suas vidas, nossos resultados demonstraram que, se esse foi realmente o caso, as araras foram capazes de generalizar esse conhecimento para uma situação completamente nova.

Diferentemente de estudos anteriores, aqui os cordões ficavam pendurados para fora do recinto das aves e, portanto, em uma área associada a uma vida inteira de aprendizagem de que alimento caído nessa área (através do piso do viveiro) estaria completamente e permanentemente fora do seu alcance. Vale a pena notar que a presença da barreira física representada pelo alambrado do piso do viveiro impôs exigências biomecânicas mais fortes do que quando comparadas a aparatos nos quais o cordão era amarrado a um poleiro, pois no caso aqui descrito os indivíduos precisavam alcançar o cordão através das aberturas relativamente pequenas do alambrado para poderem agarrá-lo com o bico. Ainda assim, alguns indivíduos de todas as espécies testadas foram bem-sucedidos, não apenas por terem sido capazes de puxar o cordão rapidamente, mas também por terem escolhido mais frequentemente o cordão conectado ao amendoim nos testes em que havia escolha. Adicionalmente, sujeitos de todas as espécies tiveram um desempenho significativamente melhor quando o cordão içado estava conectado ao amendoim, indicando atenção à extremidade do cordão, habilidade de distinguir entre cordões com a recompensa e cordões “vazios” e de perceber o cordão como meio para se chegar a um objetivo. Além disso, a prontidão com a qual as fêmeas de papagaio-verdadeiro e as araras-azuis-de-Lear puxaram o cordão foi significativamente maior naqueles testes em que podiam recuperar o alimento, evidenciando comportamento direcionado a uma meta. Logicamente, se por um lado encontramos evidência disso, por outro, nossos resultados indicam que esta habilidade pode ser meramente possível (e não generalizada) para essas espécies,

já que este comportamento não foi desempenhado por todos os indivíduos testados. É interessante notar que, porque incluímos um teste controle (no qual um único cordão “vazio” era oferecido) em nosso desenho experimental, pudemos verificar que puxar o cordão pode ser uma atividade auto-recompensadora para aves cativas. Isso foi verdade especialmente para as araras-azuis, as quais ergueram o cordão “vazio” completamente na maioria das tentativas. O interesse que esta atividade despertou nessas aves é consistente com a sua natureza altamente inquisitiva e exploratória. *Anodorhynchus hyacinthinus* são reconhecidas por seu temperamento brincalhão, característica esta corroborada pela observação de que nossos sujeitos passavam várias horas por dia em seus recintos brincando com seus parceiros e com objetos disponíveis em seus viveiros. Saber que o teste do *string-pulling* é recompensador por si só evidencia a necessidade de controle a esse respeito em experimentos futuros. Contudo, apesar da natureza auto-recompensadora deste comportamento, nossos resultados demonstraram que os sujeitos de todas as espécies, incluindo *A. hyacinthinus*, tiveram um desempenho significativamente melhor quando puxavam cordões conectados a um amendoim e que preferiam puxar este cordão nos testes em que havia escolha, sugerindo que são capazes de discriminar e usar o cordão como meio para a aquisição do alimento.

Uma descoberta importante que surgiu de nossos resultados foi a habilidade de araras-azuis e araras-azuis-de-Lear em detectar a presença de um espaço visual entre o cordão e o amendoim, selecionando cordões que não tinham essa lacuna com o alimento. Isto é ainda mais surpreendente quando levamos em consideração que alguns indivíduos conseguiram determinar se o cordão estava conectado ao alimento sem ter que tocar o cordão antes, ou seja, não usaram pistas como peso e movimento, o que enfraquece a hipótese de que tenham aprendido previamente qual dos cordões deveriam puxar. Alternativamente, eles podem ter aprendido em situações prévias ao experimento a identificar espaços vazios (ou a falta de continuidade física) como obstáculos à manipulação de objetos em outros contextos, mas foram capazes de generalizar essa associação ao paradigma do *string-pulling*. É interessante notar que as duas espécies (*A. hyacinthinus* e *A. leari*) em que alguns indivíduos foram bem-sucedidos no teste que envolvia o reconhecimento de continuidade física, são as mesmas em que se conhece o uso de ferramentas durante a quebra de cocos (observações de *A. hyacinthinus* e *A. leari*, respectivamente, por Borsari & Ottoni, 2005 e A. Borsari, observações pessoais).

Isso sugere que - apesar de não ser essencial à observação de inteligência técnica em aves (Huber & Gadjon, 2006) - para esses psitacídeos, o fato de serem animais que naturalmente usam ferramentas pode ter facilitado o reconhecimento (ou a generalização) das propriedades físicas de objetos em uma situação nova (Cummins-Sebree & Frigaszy, 2005).

Nenhuma das aves investigadas, entretanto, pôde recuperar o cordão conectado ao alimento no paradigma dos cordões cruzados. Isso sugere que os sujeitos não conseguiram determinar visualmente o caminho sinalizado pelo cordão nem usaram uma regra pela qual o cordão correto pudesse ter sido escolhido (ex. puxando-se o cordão com a mesma cor que envolvia o amendoim). Alternativamente, os sujeitos podem ter ignorado as cores e seguido visualmente os caminhos formados pelos cordões, mas não foram capazes de distingui-los após o ponto em que estavam cruzados (de fato, Werdenich & Huber, 2006, encontraram evidências de que cordões cruzados podem ter sido responsáveis pelo mau desempenho de keas em um teste de discriminação parecido).

Nossos resultados são consistentes com a expectativa geral de que, por compartilharem com alguns primatas algumas das características que se acredita estarem associadas ao processamento cognitivo complexo (tais como cérebros grandes, desenvolvimento lento, alta longevidade e longos períodos de investimento parental), algumas espécies de psitacídeos – assim como de corvídeos – seriam capazes de solucionar tarefas cognitivamente complexas. O comportamento de alguns de nossos sujeitos pareceu ser, de fato, direcionado a uma meta e atendeu a características físicas relevantes das tarefas apresentadas. Todavia, ainda não é possível inferir a habilidade para relacionar causalmente o cordão e a recompensa como requisito para se chegar à solução dessas tarefas, ou o conhecimento, ou entendimento, do funcionamento do cordão como mediador das forças físicas envolvidas. A fim de demonstrar algum grau de entendimento seria necessário que os sujeitos soubessem por que e como suas ações causam certos efeitos (Visalberghi & Tomasello, 1998), o que não pode ser feito sem excluir a possibilidade de que a solução da tarefa aconteceu graças ao uso de pistas tangíveis fornecidas pelo aparato.

Apesar de existirem mais 350 espécies de psitacídeos (sendo aproximadamente 150 delas neotropicais), as habilidades cognitivas de apenas algumas têm sido estudadas. Neste estudo, analisamos o comportamento de

indivíduos pertencentes a três espécies neotropicais, duas das quais estão severamente ameaçadas de extinção (*A. leari* e *A. hyacinthinus*) e nunca haviam sido testadas antes em relação a habilidades cognitivas. Nossas descobertas evidenciam o potencial deste grupo taxonômico para o entendimento dos processos cognitivos em grupos evolutivamente distintos como aves e primatas.

Resumo dos resultados, discussão e conclusão

5. Resumo dos Resultados, Discussão e Conclusão

Abaixo, listamos as principais informações reunidas nessa pesquisa:

Capítulo I – Observações Preliminares

- Araras azuis (*A. hyacinthinus*) e Araras azuis de Lear (*Anodorhynchus leari*) usam ferramentas durante a quebra de cocos de indaiá (*Attalea dubia*) em cativeiro.
- Existe uma tendência inata para o uso de ferramentas por as araras azuis.
- Aves mais velhas foram mais rápidas e proficientes.

Capítulo II – Estudo Descritivo e Experimental

Estudo descritivo

- Araras azuis selvagens selecionam os cocos de bocaiúva (*Acrocomia totai*) antes de iniciar o processo de quebra.
- O uso de ferramentas durante a quebra de bocaiúva é um comportamento freqüente.
- Aves adultas são mais rápidas em abrir os cocos.
- As ferramentas usadas foram lascas da base da folha, pedaços de folíolos e maço de folíolos.
- As araras usam poucas ferramentas e apenas momentos antes da quebra do coco.

No Cativeiro

- As araras foram mais rápidas em abrir e abriram em maior quantidade cocos significativamente mais leves, com o Diâmetro Menor de valores mais baixos e de formatos mais elípticos.

- Não encontramos evidências de que as ferramentas diminuam o tempo de quebra dos cocos de indaiá.
- A quantidade de cocos comidos foi significativamente maior do que a de cocos não comidos quando existia a disponibilidade de ferramentas.
- Encontramos uma forte preferência das araras em usar ferramentas quando tinham a oportunidade de fazê-lo.
- Aves mais velhas são mais rápidas, mas a quantidade de cocos comidos não diferiu daquela consumida por aves mais jovens.
- Dentre os materiais disponíveis para serem usados como ferramentas, as araras preferiram usar lascas e folhas.
- O tempo de uso de lascas e folhas não diferiu significativamente.
- Não encontramos evidências de que as aves estivessem usando os diferentes materiais de acordo com uma ordem e tampouco que o tempo de uso das ferramentas diferisse de acordo com a ordem em que foram usadas.

Capítulo III – Identificação de Causa-e-Efeito

- Alguns indivíduos de todas as espécies de psitacídeos testados no teste do String Pulling foram capazes de identificar o cordão como meio para alcançar o alimento.
- Sujeitos de *A. hyacinthinus* e *A. leari* conseguiram determinar visualmente a presença de continuidade física entre o cordão e a recompensa.

Os resultados obtidos para arara azul (*A. hyacinthinus*), em campo e cativeiro, indicam que apesar de usarem materiais diferentes como ferramentas, a plasticidade no seu comportamento é limitada. Diferentemente do que ocorre com os corvos da Nova Caledônia (Hunt, 1996; Weir et al. 2002; Chappel & Kacelnick, 2002; Gray, 2003, Hunt & Gray, 2004), chimpanzés (Goodall, 1971; Boesch & Boesch, 1983; Mc Grew, 1992, Whiten et al, 1999), macacos-prego (Ottoni & Mannu, 2001; Frigaszy et al., 2004; Mannu & Ottoni, 2009; Visalberghi et al., 2009) e macacos comedores-de-caranguejo (Malaivijitnond et al., 2007; Gumert et al. 2009), os quais usam muitos tipos de ferramentas para diversos fins, as ferramentas usadas pelas araras azuis

parecem depender muito mais do material bruto do que da ação das aves sobre ele. As ferramentas das araras azuis são sempre usadas durante a quebra do coco e sempre da mesma maneira: entre o coco e a mandíbula superior, o que não parece refletir habilidades cognitivas complexas, mas uma adaptação a um conjunto de aspectos ambientais, conforme proposto por Byrne (1995). Apesar disso, encontramos evidências de que aprendizagem é necessária para o aprimoramento do uso de ferramentas, assim como descrito por Tebich e colaboradores (2001) para tentilhões pica-paus e por Kenward et al. (2005a-b) para corvos da Nova Caledônia, os quais relatam existir uma tendência inata ao uso de ferramentas nestas espécies, que é aperfeiçoado através da prática.

Nossos resultados experimentais favorecem a confirmação da hipótese de que o uso de ferramentas diminua o número de cocos não comidos pelas araras, mas enfraquecem a idéia de que o uso de ferramentas reduza o tempo gasto pelas araras para quebrar o coco. Em conjunto com nossas observações de araras selvagens no Pantanal, as quais usam poucas ferramentas e apenas momentos antes da quebra, esses dados nos levam a sugerir que as ferramentas atuem na redução do impacto da quebra, ou na melhoria do posicionamento do coco dentro do bico das aves, proporcionando maior conforto e/ou estabilidade, como um “calço”, mas novos estudos são necessários a fim de esclarecer esta e outras questões, como por exemplo a ontogênese do comportamento nessa espécie.

Apesar de o uso de ferramentas por araras azuis aparentemente não refletir capacidades cognitivas complexas, pudemos demonstrar que alguns indivíduos dessa e de outras espécies de psitacídeos neotropicais, são capazes de identificar relações de causa-e-efeito e suas implicações na resolução de problemas durante o teste de *String Pulling*.

Até onde temos notícia, nosso trabalho foi o primeiro a estudar a fundo o comportamento de uso de ferramentas em araras azuis e um dos poucos a investigar habilidades cognitivas complexas em psitacídeos, apesar de serem conhecidas mais de 350 espécies nessa família. Nossos resultados enfatizam o potencial desse grupo taxonômico para estudos sobre o comportamento e a cognição animal.

REFERÊNCIAS⁵

- Abramson, J., Speer, B. L., & Thompen, J. B. (1995). The large macaws: their care, breeding and conservation. In: *The Large Macaws* (pp. 79-93). Fort Bragg, California: Raintree Publications.
- Alcock, J. (1972). The evolution of tool use by feeding animals. *Evolution* , 26, 464-473.
- Alcock, J. (1989). *Animal behavior: An evolutionary approach*. Southerland, Mass: Sinauer Associates, Inc.
- Beck, B. (1980). *Animal tool behaviour: the use and manufacture of tools by animals*. New York, New York: Garland SPTM Publishing.
- Bentley-Condit, V., & Smith, E. O. (2010). Animal tool use: current definitions and an updated comprehensive catalog. *Behaviour* , 147, 188-221.
- Bluff, L. A., Troscianko, J., Weir, A. A., Kacelnik, A., & Rutz, C. (2010). Tool use by wild New Caledonian crows (*Corvus moneduloides*) at natural foraging sites. *Proc. R. Soc. B* , 277, 1377–1385.
- Boesch, C., & Boesch, H. (1983). Optimization of nut-cracking with natural hammers by wild chimpanzees. *Behaviour* , 83, 265-285.
- Borsari, A., & Ottoni, B. E. (2005). Preliminary observations of tool use in captive hyacinth macaws (*Anodorhynchus hyacinthinus*). *Animal Cognition* , 8, pp. 48-52.

⁵ De acordo com o estilo APA: American Psychological Association.

- Boswall, J. (1977a). Notes on tool-using by Egyptian vultures (*Neophron percnopterus*). *Bulletin of the British Ornithological Club* , 97, 77-79.
- Boswall, J. (1977b). Tool-using by birds and related behaviour I. *Avicultural Magazine*, 83, 88-97.
- Boswall, J. (1977c). Tool-using by birds and related behaviour II. *Avicultural Magazine* , 83, 146-159.
- Boswall, J. (1977d). Tool-using by birds and related behaviour III. *Avicultural Magazine* , 83, 220-228.
- Boswall, J. (1978). Further notes on toll-using by birds and related behaviour. *Avicultural Magazine* , 84, 162-166.
- Boswall, J. (1982). Toll-using and related behaviour in birds: more notes. *Avicultural Magazine* , 89, 94-108.
- Boswall, J. (1983). Toll-using and related behaviour in birds: yet more notes. *Avicultural Magazine* , 89, 170-181.
- Byrne, R. (1995). *The Thinking Ape*. Oxford: Oxford University Press.
- Chappell, J., & Kacelnik, A. (2002). Tool selectivity in a non-primate, the New Caledonian crow (*Corvus moneduloides*). *Animal Cognition* , 5, 71-78.
- Cummins-Sebree, S. E., & Fragaszy, D. M. (2005). Choosing and using tools: Capuchins (*Cebus apella*) use a different metric than tamarins (*Saguinus oedipus*). *Journal of Comparative Psychology* , 119, 210-219.

- Ducker, G., & Rensch, B. (1977). The solution of patterned string problems by birds. *Behaviour*, 62, 164-173.
- Falótico, T., & Ottoni, E. B. (2008). Aimed stone-throwing by females during courtship in wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*). *Primate Eye - XXII Congress of the International Primatological Society*. 96, pp. 284-284. Edinburgh: Primate Society of Great Britain.
- Falótico, T., & Ottoni, E. B. (2009). Capuchin monkeys of Caatinga: Many tools for many things. *46th Annual Meeting of the Animal Behavior Society - Pirenópolis - GO* (pp. 72-72). Brasília-DF: ABS.
- Fitzgerald, S. (1989). International Wildlife Trade: Whose business is it? *World Wildlife Fund*, 459.
- Fragaszy, D. M., & Perry, S. (2003). Towards a biology of traditions. In: D. M. Fragaszy, & S. Perry, *The Biology of Traditions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fragaszy, D., Izar, P., Visalberghi, E., & Ottoni, E. B. (2004). Wild capuchin monkeys use anvils and stone pounding tools. *American Journal of Primatology*, 64, 359-366.
- Funk, M. S. (2002). Problem solving skills in young yellow-crowned parakeets (*Cyanoramphus auriceps*). *Animal Cognition*, 5, 167-176.
- Goodall, J. (1971). *In the Shadow of Man*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Guedes, N. M. (1995). Alguns aspectos sobre o comportamento reprodutivo da arara azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) e a necessidade de manejo para a conservação da espécie. *Anais de Etologia*, (pp. 274-292). Pirassununga.

- Guedes, N. M. (1996). Biologia e conservação da Arara-azul *Anodorhynchus hyacinthinus* no Pantanal. *Anais do V Congresso Brasileiro de Ornitologia*, 5, pp. 97-102. Campinas.
- Guedes, N. M. (2001). Projeto Arara Azul dez anos de pesquisa e conservação. In *1ª Conferência Sul Americana Sobre o Comércio Ilegal de Fauna Silvestre*. Brasília.
- Guedes, N. M. (2002). The hyacinth macaw project in the South Pantanal, Brazil. *Annals of the Vth International Parrots Convention*, 5 pp. 163-174. Tenerife, Spain.
- Guedes, N. M. (2004). Araras azuis: 15 anos de pesquisa no Pantanal. In *IV Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos no Pantanal*, 12pp. Corumbá, Mato Grosso do Sul.
- Gumert, M. D., Kluck, M., & Malaivijitnond, S. (2009). The physical characteristics and usage paterhns of stone axe and pounding hammers used by long-tailed macaques in the Andaman Sea region of Thailand. *American Journal of Primatology* , 71, 594-608.
- Hall, K. R., & Schaller, G. B. (1964). Tool-using behaviour of the California sea otter. *J. Mammal.*, 45, 287-299.
- Halsey, L. G., Bezerra, B. M., & Souto, A. S. (2005). Can wild common marmosets (*Callithrix jacchus*) solve the parallel strings task? *Animal Cognition* , 9, 229-233.
- Hart, B. L., Hart, L. A., McCoy, M., & Sarath, C. R. (2001). Cognitive Behaviour in Asian elephants: use and modification of branches for fly switching. *Animal Behaviour* , 62, 839-847.

- Hebel, N. (2002). The keeping and breeding of hyacinth macaws. *Annals of the Vth International Parrots Convention*, (pp. 94-100). Tenerife, Spain.
- Heinrich, B. (1995). An experimental investigation of insight in Common Ravens (*Corvus corax*). *Auk* , 112, 994-1003.
- Heinrich, B., & Bugnyar, T. (2005). Testing problem solving in ravens:string-pulling to reach food. *Ethology* , 111, 962-976.
- Henschel, J. R. (1995). Tool use by spiders: stone selection and placement by corolla spiders (*Ariadna segestriidae*) of the Namib desert. *Ethology* , 101, 187-199.
- Huber, L., & Gadjon, G. K. (2006). Technical intelligence in animals: the kea model. *Animal Cognition* , 9, 295-305.
- Hunt, G. R. (1996). Manufacture and use of hook-tools by New Caledonian crows. *Nature* , 379, 249-251.
- Hunt, G. R. (2000a). Tool use by the New Caledonian crow (*Corvus moneduloides*) to obtain *Cerambycidae* larvae from dead wood. *Emu* , 100, 109-114.
- Hunt, G. R. (2000b). Human-like, population-level specialization in the manufacture of pandanus tools by new Caledonian crows, *Corvus moneduloides*. *Proceedings of the Royal Society of London* , 267, 403-413.
- Hunt, G. R., & Gray, R. D. (2002). Species-wide manufacture of sticktype tools by New Caledonian crows. *Emu* , 102, 349-353.

- Hunt, G. R., & Gray, R. D. (2003). Diversification and cumulative evolution in New Caledonian crow tool manufacture. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B (Supplement)* , 270, 867-874.
- Hunt, G. R., & Gray, R. D. (2004). Direct observations of pandanus-tool manufacture and use by a New Caledonian crow (*Corvus moneduloides*). *Animal Cognition* , 7, 114-120.
- Hunt, G. R., & Gray, R. D. (2004). The crafting of hook tools by wild New Caledonian crows. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B (Supplement)* , 271, S88-S90.
- Hunt, G. R., Corballis, M. C., & Gray, R. D. (2001). Laterality in tool manufacture by crows. *Nature* , 414, 707.
- Hunt, G. R., Rutledge, R. B. & Gray, R. D. (2006). The right tool for the job: what strategies do wild New Caledonian crows use? *Animal Cognition*, 9, 307–316.
- Inoue-Nakamura, N., & Matsusawa, T. (1997). Development of stone tool use by wild chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Comparative Psychology* , 111 (2), 159-173.
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (2004). Red List. Recuperado em quatro de abril de 2006, de<<http://www.redlist.org>>.
- Iwaniuk, A. N., Dean, K. M., & Nelson, D. A. (2005). Interspecific allometry of the brain and brain regions in parrots (Psittaciformes): comparisons with other birds and primates. *Brain Behavior and Evolution* , 65, 40-59.
- Kenward, B., Weir, A. A., Rutz, C., & Kacelnik, A. (2005). Tool manufacture by naive juvenile crows. *Nature* , 433, 121.

- Kenward, B., Rutz, C., Weir, A. S., & Kacelnick, A. (2005). Development of tool use in New Caledonian crow (*Corvus moneduloides*): stereotyped action patterns and social influence. *Animal Behaviour*, 72, 1329-1343.
- Köhler, W. (1925). *The mentality of apes*. London: K. Paul, Trench, Trubner & Co.
- Krützen, M., Mann, J., Heithaus, M. R., Connor, R. C., Bejder, L., & Sherwin, W. B. (2005). Cultural transmission of tool use in bottlenose dolphins. *Proceedings of the National Academy of Science*, 102, 8939-8943.
- Lefebvre, L., Nicolakakis, N., & Boire, D. (2002). Tools and brains in birds. *Behaviour*, 139, 939-973.
- Lehner, P. N. (1996). *Handbook of ethological methods* (2^a ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lopes, J.C. (2000). O Tráfico Ilegal de Animais Silvestres no Brasil. Recuperado em 21 de julho de 2010 de [http://www.IBAMA.gov.br/on line/artigos/artigo18.html](http://www.IBAMA.gov.br/on_line/artigos/artigo18.html).
- Malaivijitnond, S., Lekprayoon, C., Tandavanittj, N., Panha, S., Cheewatham, C., & Hamada, Y. (2007). Stone-tool usage by Thai long-tailed macaques (*Macaca fascicularis*). *American Journal of Primatology*, 69, 227-233.
- Mannu, M., & Ottoni, E. B. (2009). The enhanced tool-kit of two groups of wild bearded capuchin monkeys in the Caatinga: tool making, associative use, and secondary tools. *American Journal of Primatology*, 71, 242-251.
- Martin, P., & Bateson, P. (1986). *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. New York: Cambridge University Press.

- McGrew, W. C. (1992). Tool-use by free-ranging chimpanzees - the extent of diversity. *Journal of Zoology*, 228, 689-694.
- Miyaki, C. Y., Mantioli, S. R., Burke, T., & Wantjal, A. (1998). Parrots evolution and paliogeographical events: mitochondrial DNA evidence. *Mol Biol Evol* , 15, 544-555.
- Munn, C. A., Thomsen, J. B., & Yamashita, C. (1990). The hyacinth macaw. In: W. J. Chandler, *Audubon Wildlife Report 1989/1990* (pp. 404-419). New York: Academic Press.
- Nunes, A. P, Tizianel, F. A. T. & Tomas, W. M. (2006). Aves ameaçadas ocorrentes no Pantanal. *Documentos Embrapa Pantanal 2006*, (pp. 1517-1981). Corumbá, MS.
- Osthaus, B., Lea, S. E., & Slater, A. M. (2005). Dogs (*Canis familiaris*) fail to show understanding of means-end connection in a string-pulling task. *Animal Cognition*, 8, 37-47.
- Otoni, B. E., & Mannu, M. (2001). Semi-free ranging tufted capuchin monkeys (*Cebus appela*) spontaneously use tools to crack open nuts. *International Journal of Primatology* , 22, pp. 347-358.
- Otoni, E. B., & Izar, P. (2008). Capuchin monkey tool use: an overview and implications. *Evolutionary Anthropology* , 17, 171-178.
- Otoni, E. B., & Mannu, M. (2001). Semifree-ranging tufted capuchin (*Cebus apella*) spontaneously use tools to crack open nuts. *International Journal of Primatology* , 22, 347-358.

- Otoni, E. B., Resende, B. D., & Izar, P. (2005). Watching the best nutcracking: what capuchin monkeys (*Cebus appella*) know about other's tool using skills. *Animal Cognition* , 8, pp. 215-219.
- Pepperberg, I. M. (2004). "Insightful" string-pulling in Grey parrots (*Psittacus erithacus*) is affected by vocal competence. *Animal Cognition* , 7, 263-266.
- Pierce, J. D. (1986). A review of tool use in insects. *Fla. Entomol.* , 69, 95-104.
- Povinelli, D. J. (2000). *Folk physics for apes: Chimpanzees, tool-use and causal understanding*. Oxford: Oxford University Press.
- Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres (2001). Primeiro Relatório Nacional sobre o Tráfico de Fauna Silvestre. Recuperado em 21 de julho de 2010, de http://www.renctas.org.br/files/REL_RENCTAS_pt_final.pdf.
- Resende, B. D. (2004). *Ontogenia de Comportamentos Manipulativos em um grupo de macacos-prego (Cebus apella) em situação de semiliberdade*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Psicologia, São Paulo.
- Santos, L. R., Miller, C. T., & Hauser, M. D. (2003). Representing tools: how two non-human primate species distinguish between the functionally relevant and irrelevant features of a tool. *Animal Cognition* , 6, 269-281.
- Savage-Rumbaugh, S., & Lewin, R. (1994). *Kanzi, the ape at the brink of human mind*. New York: John Wiley & Sons.
- Schneider, L., Serbena, A. L., & Guedes, N. M. (2002). Manipulação de frutos de acuri e bocaiúva por araras-azuis no Pantanal Sul. *Anais do XX Encontro Anual de Etologia*, (p. 378). Natal, Brasil.

- Schuck-Paim, C., Borsari, A., & Ottoni, E. B. (2009). Means to an end: Neotropical parrots manage to pull strings to meet their goals. *Animal Cognition* , 12, 287-301.
- Seed, A. M., Tebbich, S., Emery, N. J., & Clayton, N. S. (2006). Investigating physical cognition in rooks, *Corvus frugilegus*. *Current Biology* , 16, 697-701.
- Seibt, U., & Wickler, W. (2006). Individuality in problem solving: string pulling in two carduelis species (Aves: Passeriformes). *Ethology* , 112, 493-502.
- Shettleworth, S. J. (2009). *Cognition, Evolution, and Behavior* (2^o ed.). New York: Oxford University Press.
- Sick, H. (1997). *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Smolker, R., Richards, A., Connor, R., Mann, J., & Berggren, P. (1997). Sponge carrying by dolphins (Delphinidae, *Tursiops* sp.): a foraging specialization involving tool use? *Ethology* , 103, 454-465.
- St. Amant, R., & Horton, T. (2008). Revisiting the definition of animal tool use. *Animal Behavior*, 75, 1199-1208.
- Stettner, L. J., & Matyniak, K. A. (1968). The brain of birds. *Scientific American* , 218, 64-76.
- Tebich, S., Taborsky, M., Fessl, B., & Blomqvist, D. (2001). Do woodpecker finches acquire tool-use by social learning? *Proceedings of the Royal Society of London* , 268, 2189-2193.
- Tebich, S. & Bshry, R. (2004). Cognitive abilities related to tool use in the woodpecker finch, *Cactospiza pallida*. *Animal Behaviour*, 67, 689-697.

- Tinbergen, N. (1963). On aims and methods of ethology. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 20, 410-433.
- Tomasello, M., & Call, J. (1997). *Primate Cognition*. Oxford: Oxford University Press.
- van Schaick, C. P., Fox, E. A., & Sitompul, A. F. (1996). Manufacture and use of tool in wild Sumatran orangutans: implications for human-evolution. *Naturwissenschaften*, 83, 186-188.
- van Shaik, C. P. (2003). Local traditions in orangutans and chimpanzees: social learning and social tolerance. In D. M. Fragaszy, & S. Perry, *The Biology of Traditions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Visalberghi, E., & Trinca, L. (1989). Tool use in capuchin monkeys: distinguishing between performing and understanding. *Primates*, 30, 511-521.
- Visalberghi, E., Addessi, E., Truppa, V., Spagnoletti, N., Ottoni, E., Izar, P., et al. (2009). Selection of Effective Stone Tools by Wild Bearded Capuchin Monkeys. *Current Biology*, 19, 213–217.
- Visalbergui, E., & Limongelli, L. (1994). Lack of comprehension of cause-and-effect relations in tool-using capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, 1, 15-22.
- Visalbergui, E., & Tomasello, M. (1998). Primate causal understanding in the physical and psychological domains. *Behavioral Proceedings*, 42, 189-203.
- Wallace, A. R. (2000). *The Malay Archipelago*. Oey: Singapore. (Trabalho original publicado em 1868).

- Webb, J. (2001). Prosecuting Wildlife Traffickers: Important Cases, a Many Tools, Good Results. *1ª Conferência Sul Americana Sobre o Comércio Ilegal de Fauna Silvestre*. Brasília.
- Weir, A., Chappell, J., & Kacelnick, A. (2002). Shaping of hooks in New Caledonian crows. *Science* , 297-981.
- Werdenich, D., & Huber, L. (2006). A case of quick problem solving in birds: string pulling in keas, *Nestor notabilis*. *Animal Behaviour* , 71, 855-863.
- Whiten, A., Goodall, J., McGrew, W. C., Nishida, T., Reynolds, V., Sugiyama, Y., et al. (1999). Cultures in chimpanzees. *Nature* , 399, 682-685.
- Wunderle, J. M. (1992). Age-specific foraging proficiency in birds. *Current Ornithology* , 8, 273–324.
- Yamashita, C. (1987). Field observations and comments on the indigo macaw (*Anodorhynchus leari*), a highly and dangered species from northeastern Brazil. *Wilson Bulletin* , 99, 280-282.
- Yamashita, C., & de Paula Valle, M. (1993). On the linkage between *Anodorhynchus* macaws and palm nuts and the extinction of the glaucous macaw. *Bulletin of British Ornithological Club*, 113, 53-60.