

BÁRBARA LINS CALDAS DE MORAES

**USO DE PEDRAS COMO FERRAMENTAS PARA OBTENÇÃO DE ALIMENTOS
POR MACACOS - PREGO SELVAGENS (*SAPAJUS LIBIDINOSUS*)**

RECIFE, 2013

BÁRBARA LINS CALDAS DE MORAES

**USO DE PEDRAS COMO FERRAMENTAS PARA OBTENÇÃO DE ALIMENTOS
POR MACACOS - PREGO SELVAGENS (*SAPAJUS LIBIDINOSUS*)**

Dissertação apresentada ao Programa Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como exigência para obtenção do título de mestre em Ecologia.

Orientador: Dr.^a Nicola Schiel

Co-orientador: Dr. Antônio da Silva Souto

RECIFE, 2013

BÁRBARA LINS CALDAS DE MORAES

**USO DE PEDRAS COMO FERRAMENTAS PARA OBTENÇÃO DE ALIMENTOS
POR MACACOS-PREGO SELVAGENS (*SAPAJUS LIBIDINOSUS*)**

Dissertação apresentada ao Programa Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como exigência para obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

Defesa em 26 de fevereiro de 2013

Prof^a. Dra. Nicola Schiel – Orientadora
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^o. Dr. Antônio da Silva Souto – Co-orientador
Universidade Federal de Pernambuco

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque (Membro interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dra. Elcida de Lima Araújo (Membro interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dra. Maria Adélia Bostelmann de Oliveira (Membro externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

RECIFE, 2013

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Nicola Schiel e Antônio Souto por me receberem no Laboratório de Etologia Teórica e Aplicada - LETA e pelo apoio e contribuições valiosas ao longo do estudo.

Agradeço também aos Coordenadores Ana Carla e Geraldo Jorge e a todos os professores que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Ecologia - PPGE pelo desempenho, ensinamentos e dedicação aos alunos do curso.

À FACEPE que me forneceu a bolsa e o apoio para a execução do projeto.

Aos meus pais e minha irmã por tornarem minha vida tão especial, pelo amor incondicional, por acreditar no meu trabalho e me apoiar em todas as circunstâncias.

Aos meus companheiros de profissão e de coração Gleymerson Vieira e Dr^a. Ednilza Maranhão que me apresentaram e me receberam em Serra Talhada de braços abertos, que me apoiaram e me acompanharam nessa longa e difícil jornada que é o trabalho de campo, contribuindo não só com a logística, mas também com trocas de ideias, discussões e uma linda amizade.

Aos meus amigos Adriano Silva, aluno da UFRPE-UAST, que me apresentou aos macacos-prego de Serra Talhada e me acompanhou nas primeiras idas a campo, desbravando a caatinga do sertão do Pajeú e a Maria Teles que também ajudou nas atividades de campo.

Em especial ao meu assistente de campo “Seu José” por toda a ajuda na coleta de dados, pelo trabalho bem executado, pela companhia agradável ao longo de MUITAS horas de trabalho de campo, por me ensinar muito sobre os animais, as plantas e a vida no semi-árido.

À professora Maria Adélia Oliveira pelos ensinamentos transmitidos em todos esses anos de amizade, por me incentivar a trabalhar com primatas, pelo seu trabalho sério e criterioso, com responsabilidade e dedicação.

Ao professor e amigo Dr. André Lima pelo grande apoio em campo, esclarecimentos e troca de ideias relacionadas à metodologia na área de botânica.

Ao professor Dr. André Laurênio pela identificação do material botânico.

Ao professor Dr. André Santos pela sua valiosa ajuda na análise estatística dos dados.

Agradeço também pelo companheirismo dos colegas que cursaram juntamente comigo várias disciplinas do PPGE, dividindo momentos alegres e de muito trabalho.

As minhas eternas amigas Mariana Araújo, Isabelle Oliveira, Liliane Amorim e Layse Queiroz por me acompanharem nessa jornada fazendo meus momentos de agonia e preocupação serem irrelevantes quando comparados aos momentos de alegria e descontração ao lado delas.

Ao meu companheiro Anderson Botelho pela sua amizade, paciência, compreensão, apoio e dedicação em me fazer mais feliz, pelas ajudas com o inglês e por me incentivar a sempre seguir em frente independente dos obstáculos.

Aos meus amigos do LETA: Monique, Sawana, Fernanda de Oliveira, Robson, Olga e Fernanda de La Fuente pela troca de experiências e conversas descontraídas.

Agradeço a essa natureza maravilhosa que nos proporciona momentos inesquecíveis, inestimáveis, fascinantes e de grandes ensinamentos.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| RESUMO | vi |
| ABSTRACT | vii |
| 1. INTRODUÇÃO | 8 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 10 |
| 2.2. O gênero <i>Sapajus</i> | 10 |
| 2.3. Comportamento alimentar | 12 |
| 2.4. Uso de ferramentas por primatas | 14 |
| 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 18 |
| CAPÍTULO I – Versatilidade no uso de pedras como ferramentas por macacos-prego (<i>Sapajus libidinosus</i>) selvagens | 29 |
| RESUMO | 30 |
| INTRODUÇÃO | 32 |
| MÉTODOS | 34 |
| RESULTADOS | 38 |
| DISCUSSÃO | 47 |
| AGRADECIMENTOS | 56 |
| REFERÊNCIAS | 56 |
| NORMAS DA REVISTA AMERICAN JOURNAL PRIMATOLOGY | 62 |

Moraes, Bárbara Lins Caldas. Mc Ecologia. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Fevereiro de 2013. Uso de pedras como ferramentas para obtenção de alimentos por macacos pregos selvagens (*Sapajus libidinosus*). Nicola Schiel e Antônio da Silva Souto.

RESUMO

Macacos-prego selvagens utilizam ferramentas de pedra para acessar itens alimentares que de outra forma estariam indisponíveis, como frutos encapsulados e sementes. O sucesso na realização desta atividade requer não só a seleção da ferramenta adequada, mas também a correta aplicação da técnica. A fim de analisar se as ferramentas de pedras utilizadas por macacos-prego são ajustadas de acordo com o tipo de item alimentar consumido e se esse ajuste acarreta variações ou adequações comportamentais para a realização da tarefa, ferramentas de pedras e técnicas aplicadas pelos animais, para o processamento de cinco itens alimentares distintos, foram comparadas. O estudo foi realizado em uma área de Caatinga no semiárido Pernambucano, localizada no município de Serra Talhada. Ao longo de 15 meses, 257 sítios de quebra foram identificados, caracterizados e monitorados. Comportamentos de uso de pedras como ferramentas foram documentados através de armadilhas fotográficas. Contabilizamos um total de 395 pedras utilizadas como martelos para a quebra de cinco itens alimentares: *Syagrus oleracea*, *Manihot esculenta*, *Pilosocereus pachycladus*, *Tacinga inamoena* e *Commiphora leptophloeos*, estes três últimos ainda não descritos como itens acessados com o auxílio de ferramentas por outras populações de macacos-prego. O uso de pedras como ferramentas para o processamento das cactáceas revelou-se especialmente interessante, pois tal estratégia está relacionada à presença de espinhos destes itens. Fatores como a distribuição e o tamanho do item alimentar parecem influenciar nas escolhas feitas pelos animais no uso das bigornas. Constatou-se, também, que características dos itens alimentares como rigidez, tamanho e presença de espinhos influenciam na seleção das pedras utilizadas como martelos. As posturas adotadas pelos animais para a atividade de quebra são semelhantes às já descritas em outros estudos, mas adequações comportamentais na manipulação da ferramenta são realizadas para aumentar a sua funcionalidade.

Moraes, Bárbara Lins Caldas. Mc Ecologia. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Fevereiro de 2013. Uso de pedras como ferramentas para obtenção de alimentos por macacos pregos selvagens (*Sapajus libidinosus*). Nicola Schiel e Antônio da Silva Souto.

ABSTRACT

Wild capuchin monkeys use stones tools to access food items that otherwise would be unavailable, as encapsulated fruits and seeds. The successful completion of this activity not only requires the selection of the suitable tool, but also the correct technique. In order to analyze if the stone tools used by the capuchin monkeys are adjusted to the type of food item consumed and if this adjustment entails variations or behavioral adaptations to accomplish the task, stone tools and techniques used by animals to process five distinct food items, were compared. The study was conducted in an area of Pernambuco's semiarid Caatinga, located in Serra Talhada. Along 15 months, 257 sites were identified, characterized and monitored. Behaviors of using stones as tools were documented by camera traps. Accounted a 'total of 395 stones, used as hammers to break of five food items: *Syagrus oleracea*, *Manihot epruinosa*, *Pilosocereus pachycladus*, *Tacinga inamoena* and *Commiphora leptophloeos*, these last three were not yet described as accessed auxiliary items by other populations of capuchin monkeys. The use of stones as tools to process the cactaceae revealed especially interested, such strategy is related to the presence of these item's thorns. It was found also that the characteristics of food items such as hardness, size and the presence of spines influences the stone's selection to be used as hammers. The postures adopted by the animals for activity breaks are similar to those already described in other studies, however behavioral adaptations in handling the tool are performed to increase its functionality.

1. INTRODUÇÃO

Registros de uso e fabricação de ferramentas vêm sendo documentados para diversos grupos animais (BENTLEY-CONDIT e SMITH, 2009; SEED e BYNE, 2010). Este comportamento geralmente está associado à preparação (eg.: *Mungos mungo* MC AULIFFE e THORNTON, 2012; *Choerodon anchorago* JONES et al., 2011), extração (eg.: *Cebus apella* FERNANDES, 1991; *Pan troglodytes* BOESCH et al., 2009; *Cebus libidinosus* MANNU e OTTONI, 2009), captura (eg.: *Pan troglodytes* MC GREW, 1974; *Cactospiza pallida* TEBBICH e BSHARY, 2004; *Cebus flavius* SOUTO et al., 2011; *Corvus moneduloides* RUTZ e CLAIR, 2012) e transporte de alimentos (eg.: *Solenopsis invicta* BABER et al., 1989), sendo observado também na defesa contra predadores (eg.: *Amphioctopus marginatus* FINN et al., 2009), eventos agonísticos (eg.: *Pongo pygmaeus* GALDIKAS, 1982; *Cebus capucinus* BOINSKI, 1988) e manutenção física (eg.: *Mandrillus sphinx* PANSINI e RUITER, 2011). O uso de ferramentas para obtenção de alimento é o comportamento mais descrito dentre as categorias de uso, principalmente entre aves e mamíferos, com destaque aos passeriformes e primatas, respectivamente (LEFEBVRE et al., 2004; BENTLEY-CONDIT e SMITH, 2009; SEED e BYRNE, 2010).

Fatores que levam à exibição de comportamentos complexos por primatas, como o uso de ferramentas, são de grande importância para o entendimento da sua capacidade cognitiva, evolução biológica e cultural (AMBROSE, 2001; WHITEN, 2000; BROSNAN, 2008). Principalmente, quando se fala do surgimento e manutenção dessa tecnologia, assim como da sua influência na evolução dos hominídeos (AMBROSE, 2001; MEULMAN et al., 2012). Estudos apontam o aumento da terrestrialidade como circunstância crucial para a aquisição e manutenção desta atividade em primatas (VISALBERGHI et al., 2005; MEULMAN et al., 2012). Outros fatores como capacidade cognitiva (inovação e transmissão), tolerância social (SCHAIK et al., 1999), forrageio extrativo e dieta onívora também podem favorecer tal habilidade (PARKER e GIBSON, 1977).

Os macacos pregos, mais especificamente, a espécie *Sapajus libidinosus* é um dos poucos primatas neotropicais que se destaca pela habilidade de usar ferramentas (FRAGASZY et al., 2004a; b; MOURA e LEE, 2004; OTTONI e IZAR, 2008; MANNU e OTTONI, 2009). São animais dotados de grande destreza manual e apresentam um forrageio extrativo, engajando-se por muito tempo na manipulação de alimentos e objetos (PARKER e GIBSON, 1977; FRAGASZY et al., 2004a). O uso de ferramentas é adotado principalmente para consumir itens alimentares de difícil acesso como frutos encapsulados, sementes e

tubérculos, além de invertebrados em ocos de árvores. (FRAGASZY et al., 2004b, OTTONI e IZAR, 2008; MANNU e OTTONI, 2009). Os materiais mais comumente utilizados por esses animais como ferramentas são as pedras para bater e cavar (FERNANDES, 1991; OTTONI e MANNU, 2001; FRAGASZY et al., 2004b; FALÓTICO, 2011) e ramos de plantas para capturar invertebrados (MANNU e OTTONI, 2009). Estas estratégias permitem que os animais consigam acessar recursos alimentares que de outra forma estariam indisponíveis (VISALBERGHIR et al., 2008; MANNU e OTTONI, 2009).

Segundo Ottoni e Izar (2008) 28 populações de macacos-prego apresentam algum tipo de registro de uso de ferramentas. Destas, 21 apresentam apenas relatos anedóticos ou registros através de evidências. Entre as demais populações que apresentam estudos comportamentais, a longo prazo, quatro são de semi-cativeiro, encontradas em parques estaduais, e três são de vida-livre. Estas últimas, localizadas no Parque Nacional de Brasília (DF), Fazenda Boa Vista (PI) e Parque Nacional da Serra da Capivara (PI), todas as localidades se caracterizam por um ambiente semiárido, com marcada estacionalidade e alternância na disponibilidade de alimento ao longo do ano (WAGA et al., 2006; SPAGNOLETTI et al., 2012; FALÓTICO, 2011). Estudos comparativos entre estas populações demonstraram que há diferenças comportamentais tanto no uso como no kit de ferramentas utilizado, acredita-se que estas diferenças podem ser influenciadas pelas características ambientais de cada área, como disponibilidade de pedras e frutos encapsulados (OTTONI e IZAR, 2008; OTTONI e MANNU, 2011; SPAGNOLETTI et al., 2012).

Poucas populações de macacos-prego selvagens vêm sendo sistematicamente estudadas quanto ao uso de ferramentas (OTTONI e IZAR, 2008) e os fatores que levam a expressão deste comportamento ainda são pouco compreendidos e muito discutidos (FERREIRA et al., 2010; EMÍDEO E FERREIRA, 2012; FRAGASZY et al., 2010; MEULMAN et al., 2012). Pesquisas sobre o tema em populações ainda não estudadas e em áreas de estacionalidades marcantes, que apresentam períodos de chuvas curtos e secas prolongadas, são fundamentais para a compreensão da organização social, ecologia, dinâmica e capacidade adaptativa dessas populações (FRAGASZY et al., 2004a; VERDERANE, 2010; SPAGNOLETTI et al., 2012).

Dessa forma, este estudo teve como finalidade descrever o uso de pedras como ferramentas para obtenção de alimento por uma população de *Sapajus libidinosus* no semiárido Pernambucano. Especificamente, objetivou-se (i) caracterizar e monitorar o uso de pedras como ferramentas; (ii) identificar os itens alimentares processados com o auxílio de ferramentas de pedra; (iii) analisar a relação entre as características da ferramenta e o item

alimentar processado; (iv) descrever os comportamentos do uso da ferramenta para cada item alimentar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O GÊNERO *SAPAJUS*

Os primatas do Novo Mundo compreendem as espécies que vivem nas florestas tropicais das Américas do Sul e Central (AURICHIO, 1995). São primatas de tamanho pequeno, arborícolas, que possuem uma locomoção predominantemente quadrúpede, com algumas espécies apresentando uma cauda preênsil, compartilhando algumas características comuns como, a presença de três dentes pré-molares, anel timpânico fusionado à bula auditiva sem se estender lateralmente como um tubo ósseo e ossos parietal e zigomático em contato (FLEAGLE, 1999). Dentre os primatas neotropicais que ocorrem no Brasil encontramos os macacos-prego (FREESE e OPPENHEIMER, 1981). Estes pertencem à ordem Primates, família Cebidae, sendo classificados junto com os micos-de-cheiro (*Saimiri* spp) na subfamília Cebinae (RYLANDS et al., 2000; 2005).

O gênero *Sapajus*, classificado anteriormente como *Cebus*, vem sendo alvo de discussão acerca da sua classificação (RYLANDS et al., 2000; 2005; SILVA, 2001; LYNCH- ALFARO et al., 2012a; LYNCH-ALFARO et al., 2012b). Estudos sobre a coloração e padrões de pelagem (GROVES, 2001), além de análises minuciosas da morfologia craniana (SILVA, 2001), foram realizados a fim de reclassificar este grupo de primatas. As avaliações mais recentes da sistemática do macaco-prego foram propostas por Lynch-Alfaro et al. (2012a) as quais levaram em consideração aspectos acerca de diferenças morfológicas, biogeográficas, ecológicas e comportamentais que distinguem os macacos-prego da forma robusta e grácil. O estudo verificou que as formas robustas, classificadas no gênero *Sapajus*, apresentam características como: estruturas craniana e dentária especializadas para a exploração de alimentos duros, membros dianteiros, mãos e pés mais curtos do que as do gênero *Cebus*. Os dados moleculares apontaram para dois clados distintos, o grácil *Cebus* e o robusto *Sapajus*. A análise Bayesiana aplicada aos conjuntos dos genes mitocondriais 12S + citocromo b mostrou que esses grupos se separaram a aproximadamente 6,2Ma (LYNCH-ALFARO et al., 2012b). A classificação ficou, então, da seguinte forma: (1) grupo dos robustos, *Sapajus*: *S. apella*, *S. macrocephalus*, *S. cay*, *S. libidinosus*, *S. nigritus*, *S. robustus*, *S. xanthosternos* (e provavelmente *S. flavius*, não amostrado); e (2) grupo dos gráceis, *Cebus*:

C. albifrons, *C. capucinus* e *C. olivaceus* (e provavelmente *C. kaapori*, não amostrado). Classificação sugerida por Silva (2001) em estudos morfológicos prévios. Esta classificação foi adotada no presente estudo.

No Brasil ocorrem doze espécies de macacos-prego, das quais seis são encontradas no Nordeste, *S. apella*, *S. libidinosus*, *S. xanthosternos*, *S. robustus*, *C. kaapori* e *S. flavius* (IUCN, 2012). Caracterizam-se por possuírem tamanho do corpo médio de 1,4 a 4,8 kg; comprimento da cabeça e corpo entre 350-488 cm; e cauda de 375 a 554 cm (ROWE, 1996). Machos e fêmeas se diferenciam pelo tamanho, sendo os machos adultos maiores do que as fêmeas. A cauda é semi-preênsil, utilizada durante o forrageio tanto para a suspensão como para apoio (FREESE e OPPENHEIMER, 1981; FRAGASZY et al., 2004a).

As espécies dos gêneros *Cebus* e *Sapajus* apresentam um ciclo de vida longo, uma baixa taxa de natalidade e um desenvolvimento lento, vivendo em torno de 55 anos em cativeiro (FRAGASZY et al., 2004a), em vida livre, já registrou-se indivíduos vivendo pelo menos 35 anos (ROBINSON, 1986). Apresentam cuidado parental, sendo seus filhotes totalmente dependentes das mães ou de seus alocuidadores para alimentação, locomoção e defesa contra predadores (VERDERANE, 2010). Fragaszy et al. (2004a) estudando os macacos-prego em cativeiro, observaram que os infantes passam cerca de 14 meses para se tornarem independentes dos pais. Esses primatas vivem em grupos multi-macho/multi-fêmea, via de regra, estáveis e coesos (FREESE e OPPENHEIMER, 1981).

As espécies pertencentes a este grupo de primatas são onívoras alimentando-se de frutos, sementes, flores, invertebrados, ovos e, pequenos vertebrados (CAZZADORE, 2007; LUDWIG et al., 2006; ROBINSON, 1986). Formam grupos de 3 a 40 indivíduos (LYNCH e RÍMOLI, 2000; MANNU e OTTONI, 2009; FRAGASZY et al., 2004a), vivendo em uma densidade estimada em 9,8 indivíduos/km² (MOURA, 2007; HENRIQUES e CAVALCANTE, 2004). São primatas de hábito diurno e que utilizam principalmente o substrato arbóreo, podendo ter deslocamentos terrestres em algumas ocasiões, com maior frequência naquelas espécies que habitam ambientes como Caatinga e Cerrado (BIONDI, 2010; VERDERANE, 2010; PINTO, 2006). Possuem uma extensa variabilidade comportamental, além de terem uma alta capacidade manipulativa, incluindo o uso de ferramentas (SOUTO et al., 2011; SANTOS, 2010; MANNU e OTTONI, 2009; FRAGASZY et al., 2004a).

Sapajus libidinosus é uma espécie de macaco-prego característica dos biomas Caatinga e Cerrado, podendo ser encontrado a oeste de Minas Gerais e Bahia e ainda nos estados de Sergipe, Piauí, Pernambuco, Natal, Ceará, Alagoas, Distrito Federal, Goiás,

Maranhão e Tocantins (RYLANDS et al., 2005; IUCN, 2012). É dotado de grande destreza manual e capacidade de manipulação, fazem uso de ferramentas para acessar itens indisponíveis como recursos subterrâneos, encapsulados ou introduzidos em outros tipos de substrato (FRAGASZY et al., 2004; MOURA e LEE, 2004; OTTONI, 2009; EMÍDIO, 2010).

2.2 COMPORTAMENTO ALIMENTAR

As diferenças de habitat, dieta, hábito locomotor e organização social influenciam a estrutura, comportamento e a ecologia de primatas (LUDWIG et al., 2006; MAJOLO et al., 2008; IZAR et al., 2011). A maioria das decisões comportamentais está relacionada com a alimentação: onde forragear, quanto tempo se alimentar em um determinado local, que tipo de alimento dar preferência (STEPHENS e KREBS, 1986; SIH e CRISTENSENT, 2001). Por conseguinte, essas escolhas irão influenciar tanto na sobrevivência como no sucesso reprodutivo do indivíduo (BICCA-MARQUES et al., 2006; RICKLEFS, 2003).

Princípios que tratam da teoria do forrageio ótimo tentam explicar estas decisões. Espera-se que animais selecionem comportamentos que produzam um maior benefício (STEPHENS e KREBS, 1986; SIH e CRISTENSENT, 2001). Em geral, esta teoria estabelece algumas premissas: i. O comportamento de busca de alimento exibido pelos animais corresponde às decisões tomadas no passado, e que favorecidas pela seleção natural, resultaram em uma maior eficácia e aptidão no presente; ii. Os animais maximizam a aptidão e minimizam os custos, aumentando o aporte energético e iii. Os animais vivem em um ambiente muito semelhante àquele em que evoluíram tendo assim seu comportamento de forrageio ajustado às condições (STEPHENS e KREBS, 1986). Os custos e benefícios devem ser balanceados para garantir a sobrevivência da espécie (RICKLEFS, 2003).

A composição da dieta e a estratégia de forrageio podem estar relacionadas com as características fitossociológicas e fenológicas da área, além das preferências alimentares, posição hierárquica, tamanho e composição do grupo e habilidades cognitivas (ROBINSON, 1986; KOOPS e GIRALDEAU, 1996; MCLEAN, 2001; PANGER et al., 2002; VERDERANE, 2010). Variações na disponibilidade e qualidade dos recursos alimentares, provenientes de mudanças sazonais, podem fazer com que os animais tenham a necessidade de se alimentar de forma seletiva (GARBER, 1987), priorizando determinados habitats, áreas de alimentação, espécies e indivíduos que compõem sua dieta (ALTMANN, 1998). O hábito alimentar é uma das principais pressões seletivas, podendo determinar adaptações morfológicas e comportamentais (LAMBERT, 1998).

Estudos mostram que, em períodos de escassez de alimento, os primatas podem mudar os itens da sua dieta, esta estratégia é adotada para enfrentar as flutuações na disponibilidade deste recurso, incluindo, por exemplo, alimentos de menor qualidade (TERBORGH, 1983; HARRISON, 1984; SETZ, 1993; PERES, 1994; CASTELLANOS e CHANIN, 1996; DORAN, 1997). Como consequência da escolha de uma dieta de menor qualidade, os animais podem ajustar suas atividades, adotando uma estratégia de forrageio menos custosa energeticamente, reduzindo a proporção de tempo destinado ao deslocamento e, aumentando o tempo despendido em descanso (TERBORGH, 1983; DA SILVA, 1992). Algumas espécies podem, ainda, aumentar o tempo alocado em atividades de alimentação como uma forma de compensar o menor retorno energético proveniente de uma dieta de menor qualidade (TERBORGH, 1983; DUNBAR, 1988)

Os primatas do gênero *Sapajus* ocupam diferentes habitats, com características climáticas variáveis e disponibilidade de recursos distintos (ROBINSON, 1986; FRAGASZY et al., 2004a; VERDERANE, 2010; SPAGNOLETTI et al., 2012). Espécies pertencentes a este grupo apresentam uma grande adaptabilidade às condições adversas, podendo alterar não só a sua estratégia de forrageio, mas as interações sociais dentre as estações do ano e de acordo com a disponibilidade de alimento (RÍMOLI, 2001). As florestas secas do Nordeste do Brasil, onde podemos encontrar os primatas da espécie *Sapajus libidinosus*, apresentam regiões com uma grande variação sazonal, influenciando fortemente na disponibilidade de alimento (NIMER, 1972; MACHADO et al., 1997; FENNER, 1998; LIMA, 2010). Os macacos-prego exibem uma dieta onívora e forrageio extrativo, engajando-se por muito tempo na manipulação de alimentos e objetos (FRAGASZY et al., 2004a; OTTONI, 2009; FRAGASZY et al., 2010; SPAGNOLETTI et al., 2012). A dieta é composta basicamente de frutos e insetos (ROBSON e JASON, 1987; FRAGASZY et al., 2004a), esta composição pode variar ao longo do ano e de acordo com a disponibilidade de recursos (ROBSON e JASON, 1987; CAZZADORE, 2007).

Sapajus podem exibir uma preferência por um tipo particular de alimento escolhendo determinados itens em detrimento de outros igualmente disponíveis no ambiente (VILELA, 2007). Essa escolha pode ocorrer em dois contextos diferentes, preferência por itens mais valiosos entre os disponíveis ou por itens que proporcionam uma parte integral de uma dieta mista e equilibrada (VILELA, 2007). É possível observar essa preferência examinando a dieta do animal e a disponibilidade dos diferentes tipos de itens alimentares no ambiente (VILELA, 2007; VERDERANE, 2010; SPAGNOLETTI et al., 2012).

Estudos apontam que, geralmente, durante os meses de seca, os animais pertencentes a este gênero investem mais tempo em forrageamento, locomoção e descanso e menos tempo em interação social (*Sapajus apella*: TERBORGH, 1983; *Sapajus apella*: IZAR, 1999; *Sapajus libidinosus*: MOURA, 2007). Aumento da atividade de deslocamento pelo solo (BIONDI, 2010), uso de ferramentas para acessar itens encapsulados ou duros (MOURA e LEE, 2004; FRAGASZY et al., 2004b; OTTONI, 2009; MANNU e OTTONI, 2009; EMIDIO, 2010; FERREIRA et al., 2010), além do consumo de tubérculos (LUDWIG et al., 2006), parecem ser algumas das estratégias utilizadas nos períodos de baixa oferta de alimento. Segundo Fragaszy et al. (2004b) o ajuste sazonal no tempo de atividades é uma característica comum a primatas que vivem em ambientes com grande flutuação na oferta de recursos.

A estratégia de forrageio dos macacos-prego também pode estar relacionada com um cronograma de desenvolvimento de crescimento físico e dental dos indivíduos, quando jovens passam a maior parte do tempo em um forrageio fácil e de baixo valor energético, enquanto que indivíduos mais experientes investem no aprendizado de técnicas de forrageamento extrativo para obtenção de alimentos de maior qualidade (RESENDE et al., 2008; GUNST et al., 2010).

2.3 USO DE FERRAMENTAS POR PRIMATAS

Uma definição amplamente aceita para o uso de ferramentas por animais é a de Beck (1980): “utilização de um objeto para alterar a forma, posição ou condição de um outro objeto, outro organismo, ou o próprio usuário, quando este mantém ou transporta a ferramenta durante ou imediatamente antes da utilização e é responsável pela orientação correta e eficaz da ferramenta”. Apesar dos primatas se destacarem, entre os mamíferos, como os usuários mais frequentes de ferramentas, animais como os golfinhos (MANN et al., 2008) e canídeos (SMITH et al., 2012) também apresentam uso espontâneo.

Registro de utilização de ferramentas por aves também foram realizados. Corvos da Nova Caledônia extraem larvas de buracos de árvores, utilizando tipos distintos de ferramenta, exigindo fabricação complexa e/ou modificação (RUTZ e CLAIR, 2012). Uma espécie de pica-pau (*Cactospiza pallida*), também apresenta um comportamento espontâneo de uso de ferramentas em ambiente selvagem, utilizando galhos ou espinhos de cacto para erguer artrópodes de fendas de árvores (TEBBICH e BSHARY, 2004).

Passeriformes e primatas são os animais que apresentam o maior número de relatos de uso de ferramentas (BENTLEY-CONDIT e SMITH, 2009; SEED e BYRNE, 2010). O comportamento mais descrito dentre as categorias de uso é o de obtenção de alimento e geralmente está associado à preparação (e.g. *Mungos mungo* MCAULIFFE e THORNTON, 2012), extração (e.g. *Pan troglodytes* BOESCH et al., 2009; *Sapajus libidinosus* MANNU e OTTONI, 2009), captura (e.g. *Cactospiza pallida* TEBBICH e BSHARY, 2004; *Corvus moneduloides* RUTZ e CLAIR, 2012) e transporte (eg.: *Solenopsis invicta* BABER et al., 1989). O uso de ferramentas em primatas parece estar relacionado a elementos como destreza manual, capacidade cognitiva (inovação e transmissão) e tolerância social (SCHAIK et al., 1999). Um forrageio extrativo e uma dieta onívora também podem favorecer o desenvolvimento de tal habilidade (PARKER e GIBSON, 1977).

Entre os primatas, os chimpanzés apresentam o maior número de estudos relacionados ao uso de ferramentas (i.e., MCGREW, 1974; WHITEM et al., 1999; MORGAN e ABWE, 2006; SCHÖNING et al., 2008; BOESCH et al., 2009; GRUBER et al., 2010, KOOPS et al., 2012; LUNCZ et al., 2012). Registros do uso em populações de orangotangos (GALDIKAS, 1982; GRUBER et al., 2012), *Macaca fuscata* (HUFFMAN e QUIATT, 1986) e Macacos-prego (FERNANDES, 1991; OTTONI e MANNU, 2001; FRAGASZY et al., 2004a, 2010; SPAGNOLETTI et al., 2011) também vêm sendo documentados. A maioria dos relatos de uso de ferramentas por populações de macacos-prego selvagens envolve grupos de *Sapajus libidinosus* vivendo em ambientes abertos, de savana, como o Cerrado e a Caatinga, e exibindo hábitos mais terrestres do que outras populações (OTTONI, 2009; FRAGASZY et al., 2004b; CANALE et al., 2009; FERREIRA et al., 2010; FALÓTICO, 2011).

Comportamentos para obtenção e processamento de alimentos como: bater ou esfregar o fruto sobre um substrato (galho de árvore ou rocha), envolver o item alimentar em folhas, utilizar objetos (galhos ou rochas) para atingir o alimento, utilizar pedras para cavar o solo em busca de tubérculos, gravetos ou varetas como sondas para alcançar ninhos de insetos, pequenos animais ou água em buracos ou rachaduras nas pedras já foram documentados (*Sapajus libidinosus*, MOURA e LEE, 2004; MANNU e OTTONI, 2009; SANTOS, 2010); *Sapajus xanthosternos*, CANALE et al., 2009; *Sapajus flavius* SOUTO et al., 2011).

Mannu e Ottoni (1996) em estudos com macacos-prego (*Sapajus nigritus*) em semi liberdade, no Parque Ecológico do Tiête, encontraram evidências indiretas da utilização de pedras como ferramentas para a quebra de frutos encapsulados. Registros indiretos também foram realizados por Langguth e Alonso (1997), em um ambiente de Caatinga no Nordeste do Brasil habitada por macacos pregos selvagens. Em uma pesquisa no Píauí, Fragaszy et al.

(2004b) registraram através de observações diretas, o uso rotineiro de pedras para quebrar cocos em uma população selvagem de *Sapajus libidinosus*, onde a técnica descrita se assemelha à utilizada para a quebra de cocos por chimpanzés. Este foi o primeiro registro de uso de ferramentas por *Sapajus libidinosus* selvagens, concomitantemente Moura e Lee (2004) publicaram relatos sobre a utilização de ferramentas em uma população na Serra da Capivara.

Os sítios de quebra, termo utilizado para indicar o local onde ocorre a quebra de itens alimentares pelos primatas, são geralmente compostos por pedras: uma maior (apresentando superfície horizontal e colocada sobre o substrato, conhecida por bigorna), e outra menor (usada nas mãos para bater sobre o fruto, denominada martelo) (OTTONI e MANNU, 2001, VISALBERGHI et al., 2007). As evidências de uso dos sítios são geralmente caracterizadas pela presença de restos de sementes e frutos encapsulados, além de marcas (arranhões) nas pedras (OTTONI e MANNU, 2001; FRAGASZY et al., 2004b; OTTONI, 2009 e FERREIRA et al., 2010).

As plantas já identificadas nos sítios de quebra e que tiveram seus frutos ou sementes quebrados para o consumo por macacos-prego foram: família Palmae (*Attalea barreirensis*, *Attalea seabrensis*, *Attalea oleifera*, *Astrocaryum sp.*, *Astrocarpum campestre*, *Orbignya sp.*, *Syagrus coronata*, *Syagrus oleracea*, *Syagrus romanzofianna*, *Syagrus cearensis*, *Acrocomia aculeata*), Euphorbiaceae (*Cnidoscolus sp.* e *Manihot dichotoma*) e Leguminosae (*Hymenaea sp.*; *Hymenaea courbaril*), Anacardeaceae (*Anacardium occidentale*, *Mangifera indica*), Boraginaceae (*Cordia rufescens*), tubérculos de *Thiloa glaudocarpa* (Combretaceae) (OTTONI e MANNU, 2001; FRAGASZY et al., 2004b; WAGA et al., 2006; MANNU e OTTONI, 2009; VISALBERGHI et al., 2008; CANALE et al., 2009, FERREIRA et al., 2010; FALÓTICO, 2011; EMIDIO e FERREIRA, 2012).

Estudos relatam que há uma seleção, por parte dos macacos prego, no uso das ferramentas de pedra de acordo com o item alimentar a ser consumido (FRAGASZY et al. 2004b; VISALBERGHI et al. 2007; FERREIRA et al., 2010; VISALBERGHI et al., 2009). Em estudo experimental, Visalberghi et al., 2009 constataram que macacos pregos selecionam ferramentas funcionais para a quebra de cocos, independentemente da complexidade das condições. Já Ferreira et al., (2010), ao compararem o peso das pedras utilizadas como martelos e os itens alimentares consumidos, verificaram que pedras mais pesadas eram usadas para quebrar frutos mais duros, estas podendo chegar a pesar 21 vezes mais do que aquelas utilizadas para a quebra de frutos de menor dureza.

Evidências de variação cultural foram observadas entre as populações de macacos-prego da Serra da Capivara e Fazenda Boa vista (OTTONI e IZAR, 2008). A população de *Sapajus libidinosus* da Serra da Capivara apresentou um repertório comportamental mais amplo, realizando não apenas o uso, mas também a fabricação da ferramenta para obtenção de alimento (MANNU e OTTONI, 2009). Diferenças comportamentais no uso de ferramentas entre populações de chimpanzés demonstraram que variações culturais ocorrem e que podem moldar os repertórios comportamentais para cada população (WHITEN et al., 1999; SCHÖNING et al., 2008; LUNCZ et al., 2012). Variação cultural parece ocorrer, também, entre populações de orangotangos (GRUBER et al., 2012). Evidências para tradições em outras espécies de primatas são pouco documentadas na literatura e muitas vezes difíceis de serem explicadas (WHITEN, 2000). Estudos sobre o uso de ferramenta em diferentes populações de primatas são importantes para a compreensão dos fatores que levam ao surgimento da realização de tarefas complexas por esses animais (BROSNAN, 2008, BENTLEY-CONDIT e SMITH, 2009).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTMANN, S. A. Foraging for Survival. Chicago: University of Chicago Press. 1998.

AMBROSE, S.H. Paleolithic Technology and Human Evolution. **Science** , vol. 291,p. 1748, 2001.

AURICCHIO P. **Primatas do Brasil**. São Paulo, Terra Brasilis, 1995.

BARBER, J.T.; ELLGAARD, E.G.; THIEN, L.B.; STACK, A.E. The use of tools for food transportation by the imported fire ant, *Solenopsis invicta*. **Animal Behaviour**, vol. 38, n. 3, p. 550-552, 1989.

BECK, B.B. **Animal tool behaviour: the use and manufacture of tools by animals**. New York: Garland STPM Publishing. 1980.

BENTLEY-CONDIT, V.K.; SMITH, E.O. Animal tool use: current definitions and an updated comprehensive catalog. **Behaviour**, vol. 147, p. 185-221, 2009.

BICCA-MARQUES, J.C.; SILVA, V.M.; GOMES, D.F. Ordem Primates. In: REIS, N.R.; PERACCHI, A.L.; PEDRO, W.A.; LIMA, I.P. (Org.). **Mamíferos do Brasil**. 2006. p. 101-148.

BIONDI, L.C.M. **Comportamento posicional e uso de substrato de macacos-prego *Cebus libidinosus* Spix, 1823**. 2010. 120f. Dissertação (Mestrado em Psicologia Experimental). São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Psicologia.

BOESCH, C.; HEAD, J.; ROBBINS, M.M. Complex tool sets for honey extraction among chimpanzees in Loango National Park, Gabon. **Journal of Human Evolution**, vol. 56, p. 560-569, 2009.

BOINSKI, S. Use of a Club by a Wild White-Faced Capuchin (*Cebus capucinus*) To Attack a Venomous Snake (*Bothrops asper*). **American Journal of Primatology** 14:177-179, 1988.

BROSNAN, S.F. Animal Behavior: The Right Tool for the Job. **Current Biology**, vol. 19, n. 3, p. 124-125, 2008.

CANALE, G.R.; GUIDORIZZI, C.E.; KIERULFF, M.C.M.; GATTO, C.A.F.R. First Record of tool use by wild populations of the yellow-breasted capuchin monkeys (*Cebus xanthosternos*) and new records for the bearded capuchin (*Cebus libidinosus*). **American Journal of Primatology**, vol.71, p. 366-372, 2009.

CASTELLANOS, H.G.; CHANIN, P. Seasonal differences in food choice and patch preference of long-haired spider monkeys (*Ateles belzebuth*). In NORCONK, M.A.; ROSENBERGER, A.L.; GARBER, P.A. (Org.). **Adaptive Radiations of Neotropical Primates**. New York: Plenum, 1996. p. 451–466.

CAZZADORE, K.C. **Estudo do comportamento alimentar e de forrageio de um grupo de macacos-prego (*Cebus apella*) no Parque Estadual Matas do Segredo, Campo Grande**. 2007. 76f. Dissertação (Mestrado em Psicologia). Campo Grande: Universidade Católica Dom Bosco.

DA SILVA, G.L. The western black-and-white colobus as a low-energy strategist: activity budgets, energy expenditure and energy intake. **Journal of Animal Ecology**, vol. 61, p. :79-91, 1992.

DORAN, D. Influence of seasonality on activity patterns, feeding behavior, ranging, and grouping patterns in Tai chimpanzees. **International Journal Primatology**, vol. 18, p. 183–206, 1997.

DUNBAR, R.I.M. **Primate Social Systems**. Ithaca, NY: Cornell University Press. 1988. 373p.

EMIDIO, R.A. **Otimização no uso de martelos e bigornas para quebrar sementes por macacos prego (*Cebus flavius* e *Cebus libidinosus*) no Bioma Caatinga**. 2010. 60f. Dissertação (Mestrado em Psicobiologia). Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Biociência.

EMIDIO, R.A.; FERREIRA, R.G. Energetic payoff of tool use for capuchin monkeys in the Caatinga: Variation by season and habitat type. **American Journal of Primatology**, vol. 74, p. 332–343, 2012.

FALÓTICO, T. **Uso de ferramentas por macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) do Parque Nacional da Serra da Capivara**. 2011. 170f. Tese (Doutorado em Psicologia). São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Psicologia.

FERNANDES, M.E.B. Tool use and predation of oysters (*Crassostrea rhizophorae*) by the tufted capuchin, *Cebus apella apella*, in Brackish Water Mangrove Swamp. **Primates**, vol. 32, n. 4, p. 529- 531, 1991.

FENNER, MICHAEL. The phenology of growth and reproduction in plants. Perspective in Plant Ecology. **Evolution and Systematics**, vol. 1, n. 1, p. 78-91, 1998.

FERREIRA, R.G.; EMIDIO, R.A.; JERUSALINSKY, L. Three Stones for Three Seeds: Natural Occurrence of Selective Tool Use by Capuchins (*Cebus libidinosus*) Based on an Analysis of the Weight of Stones Found at Nutting Sites. **American Journal of Primatology**, vol. 72, p. 270–275, 2010.

FINN, J. K.; TREGENZA, T.; NORMAN, M. D. Defensive tool use in a coconut carrying Octopus. **Current Biology**, vol. 19, n. 23, p.1069-1070, 2009.

FLEAGLE, J.G. **Primate adaptation and Evolution**. San Diego: Academic Press. 1999. 596p.

FRAGASZY, D.M.; VISALBERGHI, E.; FEDIGAN, L.M. **The complete capuchin: The Biology of the Genus *Cebus***. Cambridge University Press, 2004a. 342p.

FRAGASZY, D.M.; IZAR, P.; VISALBERGHI, E.; OTTONI, E.B.; OLIVEIRA, M.G. Wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) use anvils and stone pounding tools. **American Journal of Primatology**, vol. 64, p. 359 -356, 2004b.

FRAGASZY, D.M. et al. How wild bearded capuchin monkeys select stones and nuts to minimize the number of strikes per nut cracked. **Animal Behaviour**, vol. 80, p. 205-214, 2010.

FREESE, C.H.; OPPENHEIMER, J.R. The Capuchin Monkeys, Genus *Cebus*. In: COIMBRA-FILHO, A.F.E.; MITTERMEIER, R.A. (Org.). **Ecology and behaviour of neotropical primates**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências. 1981.

GALDIKAS, B.M.F. Orangutan Tool-use at Tanjung Putting Reserve, Central Indonesian Borneo (Kalimantan Tengah). **Journal of Human Evolution**, vol. 10, p. 19-33, 1982.

GARBER, P.A. Foraging strategies among living primates. **Annual Review of Anthropology**, vol. 16, p. 339–364, 1987.

GROVES, C.P. **Primate taxonomy**. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. 2001. 350p.

GRUBER, T.; CLAY, Z.; ZUBERBÜHLER, K. A comparison of bonobo and chimpanzee tool use: evidence for a female bias in the Pan lineage. **Animal Behaviour** 2010. doi:10.1016/j.anbehav.2010.09.005.

GRUBER, T.; SINGLETON, I.; SCHAIK, C. Sumatran orangutans differ in their cultural knowledge but not in their cognitive abilities. **Current Biology**, vol. 22, p. 2231–2235, 2012.

GUNST, N.; BOINSKI, S.; FRAGASZY, D.M. Development of Skilled Detection and Extraction of Embedded Prey by Wild Brown Capuchin Monkeys (*Cebus apella apella*). **Journal of Comparative Psychology**, vol. 124, n. 2, p. 194–204, 2010.

HARRISON, M.J.S. Optimal foraging strategies in the diet of the green monkey, *Cercopithecus sabaetus*, at Mt. Assirik, Senegal. **International Journal Primatology**, vol. 5, p. 435-47, 1984.

HENRIQUES, P.B.; CAVALCANTE, R.J. Survey of a gallery forest primate community in the Cerrado of the Distrito Federal, Central Brazil. **Neotropical Primates**, vol. 12, n. 2, p. 78-83, 2004.

HUFFMAN, M.A.; QUIAT, D. Stone Handling by Japanese Macaques (*Macaca fuscata*) Implications for Tool Use of Stone. **Primates**, vol. 27, n. 4, p. 413-423, 1986.

INTERNATIONAL UNION CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **Red list of threatened species**. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em 12 de ago. 2012.

IZAR, P. **Aspectos de ecologia e comportamento de um grupo de macacos-prego (*Cebus apella*) em área de Mata Atlântica, São Paulo**. 1999. Tese (Doutorado em Psicologia). São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Psicologia.

IZAR, P. et al. Flexible and Conservative Features of Social Systems in Tufted Capuchin Monkeys: Comparing the Socioecology of *Sapajus libidinosus* and *Sapajus nigritus*. **American Journal of Primatology**, vol. 73, p. 1–17, 2011.

JONES, A.; BROWN, C. and GARDENER, S. Tool use in the spotted tuskfish, *Choerodon schoenleinii*. **Coral Reefs** 30, 865, 2011.

KOOPS, M.A.; GIRALDEAU, L.A. Producer-scrounger foraging games in starlings: a test of mean-maximizing and risk-minimizing foraging models. **Animal Behaviour**, vol. 51, p. 773-783, 1996.

KOOPS, K.; MCGREW, W.C.; MATSUZAWA, T. Ecology of culture: do environmental factors influence foraging tool use in wild chimpanzees, *Pan troglodytes verus*? **Animal Behaviour** (2012). <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2012.10.022>.

LAMBERT, J.E. Primate digestion: interactions among anatomy, physiology and feeding ecology. **Evolution Anthropology**, vol. 7, n. 1, p. 08–20, 1998.

LANGGUTH, A.E.; ALONSO, C. Capuchin monkeys in the Caatinga: Tool use and food habits during drought. **Neotropical Primates**, vol. 5, p. 77-78, 1997.

LEFEBVRE, L.; NICOLAKAKIS, N. and BOIRE, D. Tools and brains in birds. *Behaviour* 139:939-973, 2002.

LIMA, A.L.A.; RODAL, M.J.N. Phenology and Wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*, vol. 74, n. 11, p. 1363-1373, 2010.

LUDWIG, G.; AGUIAR, L.M.; ROCHA, V.J. Comportamento de obtenção de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), mandioca, por *Cebus nigritus* (Goldfuss) (Primates, Cebidae) como uma adaptação alimentar em períodos de escassez. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 23, n. 3, p. 888–890, 2006.

LUNCZ, L.V.; MUNDRY, R.; BOESCH, C. Evidence for cultural differences between neighboring chimpanzee communities. *Current Biology*, vol. 22, p. 922–926, 2012. doi: 10.1016/j.cub.2012.03.031.

LYNCH-ALFARO, J.W.; SILVA, JR.J.S.; RYLANDS, A.B. How different are robust and gracile capuchin monkeys? An Argument for the Use of *Sapajus* and *Cebus*. *American Journal of Primatology*, vol. 74, p. 273–286, 2012a.

LYNCH-ALFARO, J. et al. Explosive pleistocene range expansion leads to widespread Amazonian sympatry between robust and gracile capuchin monkeys. *Journal of Biogeography*, vol. 39, p. 272–288, 2012b.

MACHADO, I.C.S.; BARROS, L.M.; SAMPAIO, E.V.S.B. Phenology of Caatinga at Serra Talhada, PE, northeastern Brazil. *Biotropica*, vol. 29, p. 57-68, 1997.

MAJOLO, B.; VIZIOLI, A.B.; SCHINO, G. Costs and benefits of group living in primates: group size effects on behaviour and demography. *Animal Behaviour*, vol. 76, p. 1235 -1247, 2008.

MANN, J. et al. Why do dolphins carry sponges? *PLoS ONE*, vol. 3, n.12, 2008.

MANNU, M.; OTTONI, E.B. 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**, vol. 71, p. 242–251, 2009.

MC AULIFFE, K.; THORNTON, A. How do banded mongooses locate and select anvils for cracking encased food items? **Behaviour Processes**, vol. 90, p. 350– 356, 2012.

MC GREW. Tool use by wild chimpanzees in feeding upon driver ants. *Journal of Human Evolution* Vol. 3, n. 6, p. 501–504. 1974.

MCLEAN, A.N. Cognitive abilities – the result of selective pressures on food acquisition? **Science**, vol. 71, p. 241-258, 2001.

MEULMAN, E.J.M.; SANZ, C.M.; VISALBERGHI, E.; SCHAIK, C.V. The role of terrestriality in promoting primate technology. **Evolutionary Anthropology**, vol.21, p.58-68, 2012.

MORGAN, B.J.; ABWE, E.E. Chimpanzees use stone hammers in Cameroon. **Current Biology**, vol. 16, n. 16, p. 632-633, 2006.

MOURA, A.C.; LEE, P.C. Capuchin stone tool use in Caatinga dry forest. **Science**, vol.306, n. 5703, p.1909-1909, 2004.

MOURA, A.C. Primate Group Size and Abundance in the Caatinga Dry Forest, Northeastern Brazil. **International Journal Primatology** 28:1279–1297, 2007.

NIMER, E. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**, vol. 34, p. 3-51, 1972.

OTTONI, E. B. Uso de ferramentas e tradições comportamentais em macacos-prego (*Cebus* spp). Tese (Tese – livre docência]. São Paulo: Universidade de São Paulo. 2009. 178f.

OTTONI, E.; IZAR, P. Capuchin monkey tool use: overview and implications. **Evolutionary Anthropology**, vol. 17, p. 171–178, 2008.

OTTONI, E.B.; MANNU, M. Semifree-ranging tufted capuchins (*Cebus apella*) spontaneously use tools to crack open nuts. **International Journal of Primatology**, vol. 22, n. 3, p. 347-358, 2001.

PANGER, M.A. et al. Cross-site differences in foraging behavior of white-faced capuchins (*Cebus capucinus*). **American Journal of Physical Anthropology**, vol. 119, p. 52–66, 2002.

PARKER, S.T.E.; GIBSON, K.R. Object manipulation, tool use and sensorimotor intelligence as feeding adaptations in *Cebus* monkeys and great apes. **Journal of Human Evolution**, vol. 6, p. 623-641, 1977.

PERES, C.A. Diet and feeding ecology of gray woolly monkeys (*Lagothrix lagotricha cana*) in Central Amazonia: comparisons with other Atelines. **International Journal Primatology**, vol. 15, p. 333-372, 1994.

PINTO, M.C.M. 2006. **Padrão comportamental de um grupo de macacos-prego (*Cebus apella cay* Illiger, 1815) no Parque Estadual Matas do Segredo, Campo Grande (MS)**. 2006. 53f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

RESENDE, B.D.; OTTONI, E.B.; FRAGASZY, D.M. Ontogeny of manipulative behavior and nut-cracking in young tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*): a perception–action perspective. **Developmental Science**, vol. 11, n. 6, p. 828–840, 2008. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00731.x.

RICKLEFS, R.E.A. **Economia da Natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 503p. 2003

RIMOLI, J. **Ecologia de macacos-prego (*Cebus apella nigrurus*, Goldfuss, 1809) na Estação Biológica de Caratinga (MG): Implicações para a conservação de fragmentos de Mata Atlântica**. 2001. 187f. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Belém: Universidade Federal do Pará.

ROBINSON, J.G. Seasonal variation in use of time and space by wedge-capped capuchin monkey, *Cebus olivaceus*: Implications for foraging theory. **Smithsonian Contributions to Zoology**, vol. 431, p. 1-60, 1986.

ROBINSON, J.G.; JASON, C.H. Capuchins, Squirrel monkeys, and Atelines: Socioecological convergence with old world primates. In: **Primate Societies**. Chicago: University of Chicago Press. 1987. 578p.

ROWE, N. **The Pictorial Guide to the Living Primates**. East Hampton: Pogonias Press. 1996. 263p.

RUTZ, C.; CLAIR, J.H. The evolutionary origins and ecological context of tool use in New Caledonian crows. **Behavioural Processes**, vol. 89, p. 153– 165, 2012.

RYLANDS, A.B. et al. An assessment of the diversity of New World primates. **Neotropical Primates**, vol. 8, n. 2, p. 61-93, 2000.

RYLANDS, A.; KIERULFF, M.C.; MITTERMEIER, R. Notes on the taxonomy and distributions of the tufted capuchin monkeys (*Cebus*, Cebidae) of South America. **Lundiana**, vol. 6, p. 97-110, 2005.

SANTOS, R.R. **Uso de ferramentas por macacos prego em manguezais**. 2010. 107f. Tese (Doutorado em Psicobiologia). Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SCHAIK CP. VAN, DEANER RO., MERRILL MY. The conditions for tool use in primates: implications for the evolution of material culture. **Journal of Human Evolution** vol.36, p. 719–741. 1999.

SCHÖNING, C.; HUMLE, T.; MÖBIUS, Y.; MCGREW, W.C. The nature of culture: Technological variation in chimpanzee predation on army ants revisited. **Journal of Human Evolution**, vol. 55, p. 48-59, 2008.

SEED, A.; BYRNE, R. Animal tool use. **Current Biology**, vol. 20, p. :1032–1039, 2010. doi: 10.1016/j.cub.2010.09.042.

SETZ, E.Z.F. **Ecologia alimentar de um grupo de pararucus (*Pithecia pithecia chrysocephala*) em um fragmento florestal na Amazonia Central**. 1993. 237f. Tese (Doutorado em Ecologia) Campinas: Universidade Estadual de Campinas.

SIH, A.; CRISTENSENT, B. Optimal diet theory: when does it work, and when and why does it fail. **Animal Behaviour**, vol. 61, p. 379-390, 2001.

SILVA, JR.J.S. **Especiação nos macacos-prego e cairaras, gênero *Cebus* Erxleben, 1777 (Primates, Cebidae)**. Tese. 2001. 377f. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SMITH, B.P.; APPLEBY, R.G.; LITCHFIELD, C.A. Spontaneous tool-use: An observation of a dingo (*Canis dingo*) using a table to access an out-of-reach food reward. **Behavioural Processes**, vol. 89, n. 3, p. 219-224, 2012.

SOUTO, A. et al. Critically endangered blond capuchins fish for termites and use new techniques to accomplish the task. **Biology Letters** (2011). doi:10.1098/rsbl.2011.0034.

SPAGNOLETTI, N. et al. Stone tool use in wild bearded capuchin monkeys, *Cebus libidinosus*. Is it a strategy to overcome food scarcity? **Animal Behaviour**, vol. 83, p. 1285-1294, 2012.

SPAGNOLETTI, N. et al. Stone tool use by adult wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*). Frequency, efficiency and tool selectivity. **Journal of Human Evolution**, vol. 61, p. 97-107, 2011.

STEPHENS, D.W.; KREBS, J.R. **Foraging theory**. Princeton: Princeton University Press. 1986. 247p

PANSINI, R.; RUITER, J. R. Observation of tool use and modification for apparent hygiene purposes in a mandrill. **Behavioural Processes** 88:53– 55, 2011.

TEBBICH, S.; BSHARY, R. Cognitive abilities related to tool use in the woodpecker finch, *Cactospiza pallida*. **Animal Behaviour**, vol. 67, p. 689-697, 2004.

TERBORGH, J. **A study in comparative ecology**. Princeton: Princeton University Press, A new world primates. 1983. 260p.

VERDERANE, M.P. Socioecologia de macacos-prego (*Cebus libidinosus*) em área de ecótono Cerrado/Caatinga. 2010. 215f. Tese (Doutorado em Psicologia Experimental). São Paulo: Universidade de São Paulo.

VILELA, S.L. Simpatría e dieta de *Callithrix penicillata* (Hershkovitz) (Callitrichidae) e *Cebus libidinosus* (Spix) (Cebidae) em matas de galeria do Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, vol. 24, n. 3, p. 601-607, 2007.

VISALBERGHI, E. et al. Physical Properties of Palm Fruits Processed With Tools by Wild Bearded Capuchins (*Cebus libidinosus*). **American Journal of Primatology**, vol. 70, p. 884–891, 2008.

VISALBERGHI, E. et al. Characteristics of hammer Stones and anvils used by wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) to crack open palm nuts. **American Journal of Physical Anthropology**, vol. 132, p. 426-444, 2007.

VISALBERGHI E, FRAGASZY D, IZAR P, OTTONI EB. Terrestriality and tool use. **Science**, vol. 308, p.951, 2005.

WAGA, I.C.; DACIER, A.K.; PINHA, O.S.; TAVARES, M.C. Spontaneous tool use by wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) in the Cerrado. **Folia Primatology**, vol. 77, n.5, p. 337-44, 2006.

WHITEN, A. et al. Culture in chimpanzees. **Nature**, vol. 399, p. 682-685, 1999.

WHITEN, A. Primate Culture and social learning. **Cognitive science**, vol. 24, n. 3, p. 477-508, 2000.

CAPITULO I

“Versatilidade no uso de pedras como ferramentas por macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) selvagens”

Periódico: *American Journal of Primatology*

Fator de impacto: 2.221

Autores

Bárbara Lins Caldas de Moraes

Antônio da Silva Souto

Nicola Schiel

1 **VERSATILIDADE NO USO DE PEDRAS COMO FERRAMENTAS POR**
2 **MACACOS-PREGO (*SAPAJUS LIBIDINOSUS*) SELVAGENS**

3

4 BÁRBARA LINS CALDAS DE MORAES¹, ANTÔNIO SOUTO², E NICOLA
5 SCHIEL^{1*}

6

7 ¹Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil

8 ²Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

9

10 Cabeçalho: Versatilidade no uso de ferramentas

11

12 *Autor para correspondência:

13 Nicola Schiel

14 Departamento de Biologia / Área de Zoologia

15 Universidade Federal Rural de Pernambuco

16 Rua Manoel de Medeiros s/n

17 52171-900 Dois Irmãos

18 Recife/Pernambuco

19 Brasil

20 Phone: 0055 81 33206332

21 Email: nschiel@yahoo.com

22

23 Macacos-prego selvagens utilizam ferramentas de pedra para acessar itens alimentares

24 que de outra forma estariam indisponíveis, como frutos encapsulados e sementes. O

25 sucesso na realização desta atividade requer não só a seleção da ferramenta adequada,
26 mas também a correta aplicação da técnica. A fim de analisar se as ferramentas de
27 pedras utilizadas por macacos-prego são ajustadas de acordo com o tipo de item
28 alimentar consumido e se esse ajuste acarreta variações ou adequações comportamentais
29 para a realização da tarefa, ferramentas de pedras e técnicas aplicadas pelos animais,
30 para o processamento de cinco itens alimentares distintos, foram analisadas e
31 comparadas. O estudo foi realizado em uma área de Caatinga no semiárido
32 Pernambucano, localizada no município de Serra Talhada. Ao longo de 15 meses, 257
33 sítios de quebra foram identificados, caracterizados e monitorados. Comportamentos de
34 uso de pedras como ferramentas foram documentados através de armadilhas
35 fotográficas. Contabilizamos um total de 395 pedras utilizadas como martelos para a
36 quebra de cinco itens alimentares: *Syagrus oleracea*, *Manihot epruinosa*, *Pilosocereus*
37 *pachycladus*, *Tacinga inamoena* e *Commiphora leptophloeos*, estes três últimos ainda
38 não descritos como itens acessados com o auxílio de ferramentas por outras populações
39 de macacos-prego. O uso de pedras como ferramentas para o processamento das
40 cactáceas revelou-se especialmente interessante, pois tal estratégia está relacionada à
41 presença de espinhos destes itens. Fatores como a distribuição e o tamanho do item
42 alimentar parecem influenciar nas escolhas feitas pelos animais no uso das bigornas.
43 Constatou-se, também, que características dos itens alimentares como rigidez, tamanho
44 e presença de espinhos influenciam na seleção das pedras utilizadas como martelos. As
45 posturas adotadas pelos animais para a atividade de quebra são semelhantes às já
46 descritas em outros estudos, mas adequações comportamentais na manipulação da
47 ferramenta são realizadas para aumentar a sua funcionalidade.

48 **Palavras-chaves: versatilidade; uso de ferramentas; *Sapajus libidinosus*.**

49 INTRODUÇÃO

50 Técnicas eficientes no uso de pedras como ferramentas por macacos-prego
51 selvagens para obtenção de alimento já foram descritas por Frigaszy et al. [2010a], Liu
52 et al., [2011]; Spagnoletti et al. [2011] e Visalberghi et al. [2009b]. Através de
53 experimentos em campo, estes autores constataram que indivíduos de *Sapajus*
54 *libidinosus* selecionam pedras para quebrar diferentes frutos de palmeiras. Propriedades
55 físicas das pedras como peso e friabilidade, parecem ser levadas em consideração, pelos
56 animais, durante a escolha [Visalberghi et al., 2009b]. Evidências da variabilidade no
57 uso de pedras de acordo com o alimento a ser consumido, também foram observadas
58 por Ferreira et al. [2010]. Essa variabilidade ocorreu em decorrência do tamanho do
59 item alimentar processado. Dessa forma, frutos maiores elicitaram o uso de pedras mais
60 pesadas, enquanto que frutos menores levaram ao uso de pedras mais leves. Estudos
61 comparativos entre populações de *Sapajus libidinosus* demonstraram que há diferenças
62 comportamentais tanto no uso como no kit de ferramentas utilizado, acredita-se que
63 estas diferenças podem estar relacionadas à características ambientais de cada área
64 [Ottoni & Izar, 2008; Mannu & Ottoni, 2009; Spagnoletti et al., 2012]. Efeitos das
65 características do ambiente sobre o uso de ferramentas também foram observados em
66 populações de chimpanzés [Whiten et al., 1999; Koops et al., 2012].

67 Associado às características ambientais soma-se o papel da terrestrialidade em
68 primatas [Meulman et al., 2012]. De acordo com estes autores, a terrestrialidade seria
69 “uma condição facilitante” ao complexo uso de ferramentas. Características como o
70 deslocamento e forrageamento no solo por macacos-prego, além da disponibilidade de
71 frutos encapsulados e suprimento de pedras, vêm sendo considerados fundamentais na

72 aquisição do uso dessas ferramentas nestes primatas [Visalberghi et al., 2005; Ottoni &
73 Izar, 2008].

74 Pesquisas sobre o uso de ferramentas por diferentes populações de macacos-
75 prego são de suma importância para compararmos possíveis variações nas habilidades
76 adquiridas por esses animais quanto à resolução de tarefas complexas [Mannu & Ottoni,
77 2009; Ottoni & Izar, 2008; Parker & Gibson, 1977]. No entanto, observações
78 comportamentais diretas do uso de ferramentas, especificamente de quebra de alimentos
79 com martelo e bigorna, existem apenas em três diferentes populações selvagens
80 [Fragaszy et. al., 2004b; Mannu & Ottoni, 2009; Moura & Lee, 2004; Waga et al.
81 2006]. Contudo, variações no repertório comportamental podem ser observadas entre as
82 mesmas [Mannu & Ottoni, 2009; Ottoni & Izar, 2008].

83 Em populações de chimpanzés também podemos observar uma elevada
84 complexidade comportamental e que sugere uma variação cultural significativa entre
85 estas populações [Whiten et al., 1999]. Estudos apontam que variações culturais
86 também podem existir em populações de macacos-prego [Mannu & Ottoni, 2009;
87 Ottoni & Izar, 2008], contudo estas evidências ainda são pouco documentadas e difíceis
88 de serem explicadas [Whiten, 2000]. A identificação de fatores que levam à exibição de
89 comportamentos complexos por primatas, como o uso de ferramentas, é de grande
90 importância para o entendimento da sua capacidade cognitiva, evolução biológica e
91 cultural [Ambrose, 2001; Whiten, 2000; Brosnan, 2008]. Principalmente, quando se
92 trata do surgimento e manutenção dessas técnicas, assim como da sua influência na
93 evolução dos hominídeos [Ambrose, 2001; Meulman et al., 2012].

94 Neste estudo, registrou-se o uso de ferramentas de pedra para o consumo de
95 cinco itens alimentares ainda não registrados até o momento. Destacou-se o uso de

96 pedras como ferramentas no processamento de cactáceas. Sabendo-se que macacos-
97 prego usam naturalmente pedras como ferramentas, especialmente quando inseridos em
98 ambiente de Caatinga [Mannu & Ottoni, 2009] e que há uma versatilidade neste
99 comportamento entre populações [Ottoni & Izar, 2008] esperávamos encontrar uma
100 versatilidade no uso de pedras como ferramentas em uma população selvagem de
101 *Sapajus libidinous* ainda não estudada. Por outro lado, esperávamos encontrar
102 similaridades como a seleção de martelos para o processamento de itens alimentares
103 com características distintas [e.g. Ferreira et al., 2010; Visalbeghi et al., 2009b]. Nós
104 argumentamos, ainda que, da mesma forma que os animais selecionam os martelos,
105 esperamos que também ocorra uma escolha pelas bigornas de acordo com o item a ser
106 processado. Dessa forma, visamos (i) identificar, caracterizar e monitorar e os sítios de
107 quebra utilizados na atividade de quebra; (ii) registrar os itens alimentares consumidos
108 com o auxílio de ferramentas de pedra; (iii) analisar o comportamento de uso de pedras
109 como ferramenta no processamento dos itens alimentares.

110

111 **MÉTODOS**

112 **Área de estudo**

113 A pesquisa foi realizada no município de Serra Talhada (7°57'25.66"S,
114 38°17'42.55"O), Nordeste do Brasil, localizado na parte setentrional da microrregião
115 Pajeú, porção norte do Estado de Pernambuco. A área encontra-se inserida no
116 Complexo São Caetano, cuja formação é do tipo rochosa gnaisse metagrauvaca,
117 metavulcânica félsica a intermediária, metavulcanoclástica [Mascarenhas et al., 2005].
118 A altitude na região varia entre 429 a 900 m acima do nível do mar. A vegetação
119 caracteriza-se por ser Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia e o clima é

120 classificado como do tipo Tropical Semi-Árido [Mascarenhas et al., 2005]. A
121 precipitação média anual pode variar de 600 a 700 mm e a temperatura geralmente
122 encontra-se em torno de 26 °C [Melo, 1988]. O período chuvoso concentra-se entre os
123 meses de janeiro e maio segundo dados históricos da Agência Pernambucana de Águas
124 e Clima de Pernambuco [APAC, 2012]. O local de estudo é formado por um complexo
125 de serras com um total de 1807.24 ha, destes 887.24 ha pertencem à Unidade de
126 Conservação Parque Estadual da Mata da Pimenteira criada em 2012. Após
127 investigações preliminares, nos foi possível verificar a constante presença de um grupo
128 de *Sapajus libidinosus* em uma área de 160 ha, resultando no acompanhamento deste
129 grupo.

130

131 **Coleta de dados**

132 A coleta de dados foi realizada em um total de 15 meses (setembro de 2011 a
133 novembro de 2012) resultando em um esforço amostral de 81 dias, totalizando 891 h.
134 Cada ida a campo envolvia um total de cinco a sete dias, nos horário das 6:00 às 17:00
135 h. Com o auxílio de um binóculo (Tasco 10x31) e uma câmera digital (Sony Dsc-hx100
136 16.2 Mp 3d Zoom 30x Full Hd) acompanhou-se um grupo, não completamente
137 habituado à presença do pesquisador, de *Sapajus libidinosus* com aproximadamente 40
138 indivíduos. A coleta de dados foi realizada através do percurso de uma trilha de 1.14
139 km. Considerou-se uma largura de dez metros para cada lado da trilha para o
140 monitoramento dos sítios de quebra, dessa forma, ao todo uma área de 2.28 ha foi
141 monitorada.

142

143

144 *Caracterização e monitoramento dos sítios de quebra*

145 Considerou-se um local como sendo um sítio de quebra quando este era
146 constituído de uma pedra menor (i.e. martelo) sobre uma pedra maior (i.e. bigorna) e a
147 presença de item alimentar processado sobre a bigorna [Fragaszy et al., 2004b; Ferreira
148 et al., 2010; Spagnoletti et al., 2011]. Os sítios de quebra que estavam presentes a até 10
149 m (tanto para a esquerda como para a direita) da trilha percorrida foram identificados,
150 marcados, georreferenciados (GPS Garmin 62s) e limpos (remoção de itens alimentares)
151 antes do início do acompanhamento sistemático. Dessa maneira, mensalmente
152 percorria-se a trilha monitorando o uso de sítios de quebra. As pedras que compunham
153 os sítios de quebra foram identificadas de acordo com a sua composição mineralógica e
154 organização litoestratigráfica e quanto ao grau de dureza foi enquadrada nas categorias
155 da escala de Mohs [Teixeira et al., 2000].

156 Para a caracterização das bigornas levou-se em consideração o tamanho da área
157 da superfície e a altura da pedra. Foram utilizadas as medidas da diagonal maior e
158 menor para estimar a área da superfície da bigorna. Calculou-se a área considerando o
159 formato de uma elipse. Já para o cálculo da altura, consideramos a maior altura entre o
160 solo e a superfície plana da bigorna. Ao final de cada monitoramento, as bigornas eram
161 limpas, de modo que no mês seguinte pudéssemos identificar se houve ou não o uso da
162 bigorna.

163 Para a caracterização dos martelos, as pedras foram marcadas e pesadas. A
164 pesagem deu-se através de uma balança de precisão (Pesola - LightLine) com
165 capacidade para 1000 g e precisão de 10 g para pedras menores do que 1kg; e uma
166 digital com capacidade para 5000 g para pedras maiores do que 1kg. A marcação foi
167 realizada com uma caneta permanente de cor preta. Marcaram-se apenas as pedras que

168 estavam sobre a bigorna e que apresentavam evidências de quebra como: fragmentos de
169 item alimentar processado e marcas da quebra. Não foram contabilizadas pedras que
170 não apresentassem tais evidências de quebra, mesmo que estas estivessem sobre a
171 bigorna. Os martelos amostrados não foram removidos da bigorna, com a intenção de
172 não se intervir nas condições de uso do sítio. Martelos marcados não eram recontados
173 no subsequente monitoramento.

174 O monitoramento dos sítios de quebra, por sua vez, consistia em: (i) registrar a
175 presença ou ausência da atividade de quebra de itens alimentares nos sítios marcados;
176 (ii) identificar os itens alimentares quebrados sobre a bigorna; (ii) identificar e marcar
177 novos sítios de quebra, que passavam a ser monitorados nos meses subsequentes. Ao
178 término do estudo, foi possível calcular a densidade total de bigornas utilizadas na área
179 amostrada.

180

181 *Identificação dos itens alimentares*

182 Considerou-se como item alimentar processado aquele que se encontrava
183 quebrado sobre a bigorna. Após o registro, o item quebrado era coletado e comparado a
184 uma coleção de referência, composta por frutos coletados na área. Ao verificar-se de
185 qual espécie o item era proveniente, coletava-se material botânico para posterior
186 identificação da espécie por um especialista.

187

188 *Comportamento do uso de ferramenta de pedra*

189 Consistiu no registro do comportamento do uso de ferramentas de pedra pelos
190 animais através de armadilhas fotográficas. Para tanto um total de oito câmeras (Digital
191 trail câmera – 5MP, Tasco; Digital Game scouting camera – 6MP-X6c e Bushnell

192 Trophy cam – 8MP) foram posicionadas focando diferentes sítios de quebra.
193 Mensalmente os vídeos eram salvos para sua posterior análise. As análises foram
194 realizadas utilizando o método focal de observação proposto por Altmann [1974].

195 A presente pesquisa está em conformidade com as normas éticas para o uso de
196 animais estabelecidos pela *American Journal of Primatology*, assim como, encontra-se
197 em conformidade com as Leis Brasileiras.

198

199 **Análise dos dados**

200 Para o cálculo da densidade de bigornas na área de estudos dividiu-se o número
201 total de bigornas pelo tamanho da área amostrada. Utilizou-se uma análise simples de
202 variância (ANOVA), para avaliar se as médias (a) das áreas da superfície das bigornas e
203 (b) das alturas das bigornas apresentavam diferenças entre si, utilizou-se um teste post
204 hoc de Tukey HSD para N desiguais para analisar se estas diferenças estavam
205 relacionadas como o tipo de item alimentar consumido pelos animais. Os dados das
206 áreas das superfícies das bigornas foram transformados por \log_{10} para atender aos
207 pressupostos do teste. Para a análise dos pesos dos martelos foi utilizado o teste não
208 paramétrico Kruskal-Wallis, para analisar se houve diferença significativa dos pesos
209 das pedras de acordo com os itens alimentares. Bigornas e martelos classificados como
210 sendo de uso para a quebra de *Pilosocereus pachycladus* não foram incluídos nas
211 análises estatísticas devido ao reduzido número de amostras ($N = 5$) e à grande
212 variabilidade dos dados. Todas as análises foram realizadas no programa Statistica 7,
213 sendo considerado o nível de significância de $P < 0.05$.

214

215

216 **RESULTADOS**

217 **Identificação, caracterização e monitoramento dos sítios de quebra e registros dos**
218 **itens alimentares**

219 Obteve-se um total de 515 registros de atividade de uso de sítios de quebra e
220 identificou-se cinco itens alimentares processados (Fig. 1): frutos de *Syagrus oleraceae*
221 (Arecaceae) ($N = 220$); sementes de *Manihot epruinosa* (Euphorbiaceae) ($N = 210$);
222 sementes de *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae) ($N = 46$); frutos de *Tacinga*
223 *inamoena* (Cactaceae) ($N = 33$); cladódio de *Pilosocereus pachycladus* (Cactaceae) ($N =$
224 6).



239 **Fig. 1.** Itens alimentares e estrutura processada pelos *Sapajus libidinosus* com o auxílio de pedras como
240 ferramentas: (a) *Manihot epruinosa*; (b) *Pilosocereus pachycladus*; (c) *Syagrus oleraceae*; (d)
241 *Commiphora leptophloeos*; (e) *Tacinga inamoena* (Imagens por: Bárbara Moraes).

243

244 A coleta de dados resultou no monitoramento de um total de 256 sítios de quebra
 245 (Tabela I), sendo estimado uma densidade de 112.28 sítio/ha na área amostrada. Os
 246 sítios caracterizaram-se por rochas ígneas, classificadas como granito. De acordo com a
 247 escala de dureza de Mohz as pedras das bigornas e martelos apresentaram uma dureza
 248 entre 8-9.

249

250 **TABELA I. Item alimentar, estrutura processada e número de sítios de quebra registrados de**
 251 **acordo com o item alimentar**

| Item alimentar | Estrutura processada | Sítios de quebra |
|---|----------------------|------------------|
| <i>Syagrus oleraceae</i> | Fr ¹ | N = 62 |
| <i>Commiphora leptophloeos</i> | Se ² | N = 23 |
| <i>Manihot epruinosa</i> | Se | N = 135 |
| <i>Tacinga inamoena</i> | Fr | N = 12 |
| <i>Pilosocereus pachycladus</i> | Cl ³ | N = 3 |
| <i>Syagrus oleraceae</i> + <i>Manihot epruinosa</i> | Fr + Se | N = 6 |
| <i>Syagrus oleraceae</i> + <i>Tacinga inamoena</i> | Fr + Se | N = 8 |
| <i>Syagrus oleraceae</i> + <i>Manihot epruinosa</i> + <i>Pilosocereus pachycladus</i> | Fr+Se+Cl | N = 1 |
| <i>Commiphora leptophloeos</i> + <i>Manihot epruinosa</i> | Se + Se | N = 3 |
| <i>Commiphora leptophloeos</i> + <i>Pilosocereus pachycladus</i> | Se + Cl | N = 1 |
| <i>Tacinga inamoena</i> + <i>Manihot epruinosa</i> | Se + Fr | N = 3 |

252 1 = Fruto; 2 = Semente; 3 = Cladódio.

253

254 As bigornas apresentaram uma superfície plana com uma média das áreas das
 255 superfícies estimada em $0.84 \pm 2.37 \text{ m}^2$ SD (variação 0.56-1.12) e das alturas de $25.93 \pm$
 256 27.41 cm SD (variação 22.71-29.16). Contabilizou-se um total de 395 pedras usadas
 257 como martelos para a quebra dos itens alimentares. Os pesos dos martelos variaram de 5
 258 g (mínimo) a 4000 g (máximo). Veja, na Tabela II, a caracterização detalhada das
 259 pedras utilizadas como bigornas e martelos de acordo com o item alimentar.

260

261

262

263 **Tabela II. Caracterização das pedras utilizadas como bigornas e martelos pelos macacos-prego de acordo com o item alimentar**

| Item alimentar | Estrutura processada | | Área média da superfície (m ²) | *SD da média da área da superfície (m ²) | **ES da área da superfície (m ²) | Altura Média da bigorna (cm) | SD da média da altura (cm) | ES da média da altura (cm) | Martelos | Mediana do peso dos martelos (g) | Média do peso dos martelos (g) | Desvio padrão do peso dos martelos (g) |
|---------------------------------|----------------------|----------------|--|--|--|------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------------|--------------------------------|--|
| | Bigornas | | | | | | | | | | | |
| <i>Syagrus oleracea</i> | Fr ¹ | N = 77 | 0.987 | 2.343 | 0.267 | 26.558 | 36.245 | 4.130 | N = 79 | 1230 | 1303 | 680 |
| <i>Commiphora leptophloeos</i> | Se ² | N = 27 | 0.657 | 1.510 | 0.290 | 33.129 | 23.069 | 4.439 | N = 53 | 55 | 88 | 147 |
| <i>Manihot epruinosa</i> | Se | N = 148 | 0.338 | 0.556 | 0.045 | 26.900 | 23.261 | 1.912 | N = 193 | 75 | 150 | 243 |
| <i>Tacinga inamoena</i> | Fr | N = 23 | 3.953 | 5.963 | 1.243 | 8.130 | 17.163 | 3.578 | N = 65 | 260 | 330 | 239 |
| <i>Pilosocereus pachycladus</i> | Cl ³ | N = 5 | 0.562 | 0.278 | 0.124 | 31.000 | 15.950 | 7.134 | N = 5 | 762 | 691 | 533 |
| Total | | N = 280 | 0.848 | 2.370 | 0.141 | 25.938 | 27.416 | 1.638 | N = 395 | | | |

1 = Fruto; 2 = Semente; 3 = Cladódio. *Desvio padrão; **Erro padrão

264

265

266

267

268

269

270

O teste de ANOVA indicou diferença significativa tanto entre as médias das áreas da superfície (ANOVA: $F = 22.775$, $df = 3$, $P < 0,000$) como entre as médias das alturas das bigornas (ANOVA: $F = 4.005$, $df = 3$, $P < 0.008$). Através do teste post hoc de Tukey HSD para N desiguais observou-se que a média das áreas da superfície das bigornas utilizadas para a quebra de *T. inamoena* foi significativamente maior quando comparada com as médias das áreas das superfícies das bigornas de *S. oleracea*, *M. epruinosa* e *C. leptophloeos*. Já a média das áreas das superfícies das bigornas de *S. oleracea* foi significativamente maior do que as de *M. epruinosa*. Em relação à média das alturas, verificou-se que as bigornas utilizadas para a quebra de *T. inamoena* foram significativamente menores quando comparadas com a média das alturas das bigornas de *S. oleracea*, *M. epruinosa* e *C. leptophloeos* (Tabela III).

Tabela III. Comparação entre as médias das áreas da superfície das bigornas e entre as médias das alturas das bigornas de acordo com o item alimentar

| Itens alimentares | | Área | Altura |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------|
| | | MS ¹ = 0.282 | MS = 729.92 |
| | | P | P |
| <i>Manihot epruinosa</i> , | <i>Syagrus oleracea</i> | 0.001* | 0.999 |
| <i>Manihot epruinosa</i> , | <i>Tacinga inamoena</i> | 0.000* | 0.010* |
| <i>Manihot epruinosa</i> , | <i>Commiphora leptophloeos</i> | 0.177 | 0.691 |
| <i>Syagrus oleracea</i> , | <i>Tacinga inamoena</i> | 0.000* | 0.022* |
| <i>Syagrus oleracea</i> , | <i>Commiphora leptophloeos</i> | 0.972 | 0.700 |
| <i>Tacinga inamoena</i> , | <i>Commiphora leptophloeos</i> | 0.000* | 0.006* |

Teste post hoc de Tukey HSD para N desiguais: $df = 271$, $P < 0.05$; I = Quadrado médio *Diferiram significativamente.

Os martelos mais pesados foram utilizados para a quebra de *S. oleraceae*, apresentando uma média de peso de $1303 \text{ g} \pm 690 \text{ g SD}$ e os mais leves para a quebra de *C. leptophloeos* com $88 \text{ g} \pm 147 \text{ g SD}$, em média (veja Tabela II). Em base à análise estatística verificamos diferença significativa entre as médias dos pesos dos martelos (Kruskall-Wallis: $H = 219.83$, $df = 3$, $P = 0.000$, $N = 389$). Especificamente, os martelos utilizados para a quebra do *S. oleracea* foram significativamente mais pesados do que

os martelos utilizados para o processamento de *T. inamoena*, *M. epruinosa* e *C. leptophloeos*. Já os martelos utilizados para a quebra de *T. inamoena* foram significativamente mais pesados do que os utilizados para a quebra de *M. epruinosa* e *C. leptophloeos*. Martelos utilizados para a quebra de *M. epruinosa* e *C. leptophloeos* não diferiram significativamente (Tabela IV). Os martelos usados para o processamento de *P. pachycladus* apresentara uma grande variação de peso (20 g – 1220 g). Pedras menores e mais leves foram utilizadas para quebrar cladódios menores (brotos), enquanto que pedras mais pesadas foram utilizadas para quebrar cladódios maiores.

Tabela IV. Comparação entre a média dos pesos dos martelos de acordo com o item alimentar

| Item alimentar | N° total de martelos | <i>M. epruinosa</i> | | <i>S. oleracea</i> | | <i>T. inamoena</i> | | <i>C. leptophloeos</i> | |
|------------------------|----------------------|---------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|------------------------|-------|
| | | Z | P | Z | P | Z | P | Z | P |
| <i>M. epruinosa</i> | N = 193 | - | - | 13.129 | 0.000 | 5.949 | 0.000 | 2.405 | 0.096 |
| <i>S. oleracea</i> | N = 79 | 13.129 | 0.000 | - | - | 5.409 | 0.000 | 11.991 | 0.000 |
| <i>T. inamoena</i> | N = 65 | 5.949 | 0.000 | 5.409 | 0.000 | - | - | 6.625 | 0.000 |
| <i>C. leptophloeos</i> | N = 53 | 2.405 | 0.096 | 11.991 | 0.000 | 6.625 | 0.000 | - | - |

Kruskal-Wallis test: $H(389) = 219.83, P = 0.000, df = 3.$

Comportamento do uso de pedras como ferramenta

Obteve-se um total de 43 registros diretos de comportamentos de uso de pedras como ferramentas associados ao processamento de alimento. Após a análise dos vídeos nos foi possível verificar quatro distintas posturas adotadas no uso de ferramentas de pedras (Tabela V; Fig. 2).

Tabela V. Descrição das posturas adotadas nos comportamentos de uso de pedras como ferramentas para o processamento de itens alimentares

| Comportamento | Descrição |
|----------------------|---|
| Postura 1 | Indivíduo sentado posiciona o item alimentar sobre a bigorna, ergue o martelo com uma das mãos até no máximo 15 cm de altura, passando a bater sobre o item repetidas vezes; |
| Postura 2 | Indivíduo sentado ou em posição bípede, posiciona o item alimentar sobre a bigorna, ergue o martelo com ambas as mãos até a altura do ombro, passando a bater sobre o item alimentar. Tal processo envolve apenas o movimento dos braços [Fragaszy et al., 2004b]; |
| Postura 3 | Indivíduo em posição bípede posiciona o item alimentar sobre a bigorna, ergue o martelo com ambas as mãos até a altura do ombro, passando a bater sobre o item alimentar. Tal processo requer o movimento dos braços e das pernas [Fragaszy et al., 2004b]; |
| Postura 4 | Indivíduo em posição bípede posiciona o item alimentar sobre a bigorna, “ergue rapidamente” o martelo com ambas as mãos para uma postura quase vertical até a altura dos ombros, passando a bater sobre o item alimentar. Tal processo pode levar os pés a saírem do chão [Fragaszy et al., 2004b]. |

Para a quebra de frutos de *S. oleracea* (16 registros) os animais usaram predominantemente a postura 3 (75%). Em 68% do total das atividades de quebra de *S. oleraceae*, os animais costumavam descascar o fruto com os dentes após a primeira tentativa de quebra do mesmo. Em seguida, realizavam uma sequência de batidas até que o fruto se rompesse. A ação de beber a água do fruto de *S. oleracea*, após uma primeira batida, foi registrada uma vez.

Sementes de *C. leptophloeos* (21 registros) eram catadas do solo pelos animais. Ao coletarem certa quantidade de sementes, se dirigiam à bigorna e iniciavam a atividade de quebra, na maioria das vezes, quebrando várias sementes ao mesmo tempo. As sementes foram quebradas utilizando-se predominantemente a postura 1 (81%). Esta postura se mostrou exclusiva para a quebra deste item. Observou-se que, após a quebra da semente, os indivíduos lambem o endosperma esfarelado sobre a bigorna ou pegam pedaços de casca para então retirarem o endosperma restante com o auxílio dos dentes.



Fig. 2. Posturas adotadas para a quebra de itens alimentares: (a) Postura 1: quebra de *Commiphora leptophloeos*; (b) Postura 2 (em posição sentada): quebra de *Manihot epruinosa*; (c) Postura 3: quebra de *Manihot epruinosa*; (d) Postura 4: quebra de *Syagrus oleracea* (Imagens: Laboratório de Etologia Teórica e Aplicada, Universidade Federal Rural de Pernambuco).

Registrou-se três atividades de quebra para o processamento de *M. epruinosa* para tanto, os animais utilizaram a postura 2. As armadilhas fotográficas registraram apenas a quebra do fruto verde de *M. epruinosa*. Obtiveram-se quatro registros diretos do consumo de *T. inamoena*. Em dois, foi observado o uso de ferramenta para a quebra do fruto. No primeiro, um indivíduo retira o fruto da planta, posiciona-o sobre a bigorna, escolhe uma pedra e bate sobre o fruto, alternando entre a postura 2 e 3. No segundo registro o indivíduo adotou apenas a postura 2 e consumiu as sementes após a quebra do fruto. Os outros dois registros envolveram o consumo do fruto sem o auxílio de ferramenta. Em cada registro, um indivíduo adulto retira o fruto da planta, bebe a água acumulada em uma cavidade na região superior do fruto e, em seguida, consome o fruto.

Registrou-se um evento de uso de ferramenta para o consumo do cladódio (ramos) de *P. pachycladus*. Para a atividade de quebra o animal adotou a postura 3. O indivíduo adulto observado realizou as seguintes sequências de ações: o animal, sobre a bigorna, manipula o ramo de *P. pachycladus* segurando-o pelos longos espinhos; em seguida posiciona o ramo horizontalmente sobre a bigorna; bate no ramo duas vezes com uma pedra de 960 g; manipula o ramo, novamente segurando pelos espinhos, colocando-o na posição vertical, com ambas as mãos força uma das extremidades; em seguida, posiciona horizontalmente o ramo sobre a bigorna e bate cinco vezes. Ao final, o animal começa a consumir o colmo do ramo.

Em uma observação oportunística, nos foi possível constatar três animais consumindo raízes de *Myracrodruon urundeuva*. Tal processo envolveu a escavação do solo com as mãos sem o auxílio de pedras. Ao encontrarem a raiz os animais passavam a puxá-la com as mãos, em seguida removiam pedaços com os dentes e consumiam os

fragmentos das raízes. Este registro foi muito interessante, já que em algumas populações de macacos-prego esta atividade é realizada com o auxílio de pedras.

DISCUSSÃO

Conforme esperado, o grupo de macacos-prego em nosso estudo apresentou versatilidade em seu comportamento quanto ao uso de pedras para o processamento de alimentos quando comparado a outras populações. Os macacos-prego estudados em Serra Talhada usam pedras como ferramentas para acessar não somente alimentos duros e encapsulados, mas também, para processar itens alimentares com espinhos como cactáceas. Constatou-se que características dos itens alimentares como rigidez, tamanho e presença de espinhos influenciam na seleção das pedras utilizadas como martelos e bigornas.

Três (*P. pachycladus*, *T. inamoena*, *C. leptophloeos*), dos cinco itens alimentares registrados, são aqui descritos pela primeira vez. O uso de ferramentas para o consumo das cactáceas *T. inamoena* e *P. pachycladus* revelou-se especialmente interessante, pois tais itens alimentares apresentam espinhos e não possuem a mesma dureza de frutos encapsulados ou sementes. Frutos de *T. inamoena* apresentam uma textura firme, mas não dura, são do tipo baga ovóide a subgloboso, 3.0-4.0 x 2.4-3.5 cm de diâmetro longitudinal e transversal e com presença de espinhos do tipo liso e gloquídeo [Arruda et al., 2005]. O caule de *P. pachycladus*, é succulento, áfilo e coberto por espinhos agudos [Braga, 1976]. O uso de pedras para o processamento desses itens parece estar associado à presença dos espinhos e não à dureza dos mesmos, uma vez que aqueles dificultam a manipulação e consumo. Aparentemente, o princípio no uso de pedras para o processamento das cactáceas é o mesmo que rege para itens duros: os animais batem

com uma pedra no item a fim de provocar o rompimento deste, permitindo que os animais acessem a parte interna do fruto. Diferentemente das cactáceas, o terceiro item registrado (*C. leptopholeos*) caracteriza-se por pequenas sementes de tegumento duro e ficam disponíveis no solo após a sua dispersão [Carvalho, 2008]. O registro do consumo destas sementes foi baixo, provavelmente em decorrência do reduzido número de indivíduos amostrados na área (três exemplares). Aparentemente, esta espécie, apresenta uma densidade atípica em nossa área de estudo, segundo Carvalho [2008] *C. leptopholeos* costuma ocorrer em uma densidade de 30 ind./ha em ambientes de Caatinga. Apesar da ocorrência de cactáceas e de *C. leptophloeos* em áreas habitadas por macacos-prego estudados quanto ao uso de ferramentas [Emídio & Ferreira, 2012; Mannu & Ottoni, 2009], evidências do processamento destes itens não foram observadas.

Quanto aos outros dois itens registrados (*S. oleracea* e *M. epruinosa*), estes são do mesmo gênero dos descritos por Canale et al. [2009], Emidio & Ferreira [2012] e Falótico [2011]. Canale et al. [2009] descrevem ainda o consumo de *S. oleracea* por uma população de *Sapajus xanthosterno*. Em nosso estudo os frutos de *S. oleracea* e as sementes de *M. epruinosa* foram os principais recursos alimentares processados. Ambos caracterizam-se por um tegumento duro [Soares, 1995] explicando a necessidade do uso de pedras como ferramentas para o processamento dos mesmos. O uso de pedra como ferramentas para o consumo de frutos duros como os de palmeiras, também foram relatados para outras populações de *S. libidinosus* [*Attalea oleifera* e *Syagrus cearences*: Ferreira et al., 2010; *Attalea barreirensis*, *Astrocaryum campestre*, *Orbignya sp.*: e.g. Fragaszy et al., 2004a; *Acrocomia aculeata*: Waga et al., 2006]. Outros estudos relatam ainda, de forma direta ou indireta, o uso de pedras como ferramentas, para o consumo

de frutos de *Hymenaea courbaril* (Leguminosae) [Mannu & Ottoni, 2009]; *Cnidoscolus* sp (Euphorbiaceae) [Canale et al., 2009]; *Anacardium occidentale* (Anacardeaceae), *Cordia rufescens* (Boraginaceae), tubérculos de *Thiloa glaudocarpa*, sementes de *Mangifera indica* (Anacardeaceae) e de abóbora [Falótico, 2011]. A alta frequência do processamento do fruto de *S. oleracea* e da semente de *M. epruinosa* em nosso estudo pode estar relacionada à constante disponibilidade destes itens. Além disso, sementes de *M. epruinosa* são de fácil acesso, pois estas ficam disponíveis no solo por um longo período antes de germinar [Soares, 1995].

É difícil aferir o que impulsiona os animais no momento da escolha por itens alimentares. Apesar do uso de ferramentas de pedra para a quebra de itens alimentares ser uma atividade extenuante para os macacos-prego [Fragaszy et al., 2004b; Liu et al., 2009, Fragaszy et al., 2010b] e, em algumas ocasiões, o custo-benefício não compensar [Emidio & Ferreira, 2012], esta estratégia oferece oportunidade aos animais de consumirem itens alimentares que de outra forma estariam indisponíveis [Visalberghi et al., 2008]. O aumento da amplitude da dieta, proporcionada pelo uso de ferramentas, é de grande importância em ambientes de semi-árido devido à acentuada alternância na disponibilidade de recursos alimentares e água [e.g. Emidio & Ferreira, 2012]. Dentre os itens já descritos como sendo consumidos com o auxílio de ferramentas de pedras destacam-se as sementes, principalmente as de palmeiras. Endospermas de frutos de palmeiras apresentam, em geral, em sua composição 9% de proteína, 48% de lipídios e 28% de carboidratos [Bewley & Black, 1994]. Sementes de *Manihot*, foram enquadradas quanto a sua composição química por Martins et al. [2007] como aleurooleaginosas, sementes com reservas proteicas além de óleos. As cactáceas oferecem benefícios importantes como a elevada umidade dos frutos de *T. inamoena* e cladódios

de *P. pachycladus*, 82,60% e 92,02% em 100 g, respectivamente [Nascimento et al., 2011].

Conforme esperado, os sítios de quebra (bigornas e martelos) também pareceram relacionar-se com o item alimentar processado. Quanto às bigornas, provavelmente fatores como a distribuição ou o tamanho do item alimentar influenciam nas escolhas feitas pelos macacos-prego. Verificamos que as bigornas utilizadas para o processamento de *T. inamoena* foram significativamente maiores em sua superfície e mais baixas quando comparadas às bigornas dos demais itens alimentares. Tal fenômeno parece estar relacionado à distribuição das espécies na área de estudo. Indivíduos de *T. inamoema*, ocorreram em maior quantidade em grandes afloramentos rochosos, resultando no uso destas grandes superfícies de pedras como bigornas. Diferentemente, em se tratando do fruto de *S. oleracea* e da semente de *M. epruinosa*, espécies que ocorrem próximas uma da outra na área de estudo, constatou-se que as bigornas utilizadas para o processamento de *S. oleraceae* foram três vezes maiores do que as utilizadas para o processamento de *M. epruinosa*. Acredita-se que esta diferença possa estar relacionada ao tamanho dos itens processados, frutos de *S. oleracea* são consideravelmente maiores e mais rígidos que as sementes de *M. epruinosa*. Conforme discutido em seguida, essas características dos itens alimentares levam os animais também a utilizarem martelos maiores e mais pesados para quebrar os frutos de *S. oleracea* e com isso áreas maiores de superfície das bigornas talvez sejam necessárias para viabilizar a quebra. Constatações acerca dessas diferenças relacionadas ao tamanho do item alimentar não foram observadas entre as bigornas de *S. oleracea* e *C. leptophloeos*, apesar das sementes desta última serem semelhantes às de *M. epruinosa*. Provavelmente, este resultado não foi obtido devido ao fato de existirem poucos

indivíduos da espécie *C. leptophloeos* na área amostrada, restringindo a atividade de quebra apenas àquelas bigornas no entorno dos três indivíduos. Aparentemente, a distribuição do item processado influencia na escolha da bigorna, mas quando os animais têm a opção em escolher a bigorna, características dos itens alimentares se tornam mais relevantes. Tal seletividade sugere que os macacos pregos parecem escolher ativamente a bigorna apropriada para o processamento, fenômeno visto até o momento apenas para a escolha de martelos [Ferreira et al., 2010].

Constatou-se, ainda, que os animais de Serra Talhada também selecionam martelos de acordo com o item alimentar a ser processado. Aspecto, este, também observado em outras populações de *S. libidinosus* [Ferreira et al., 2010, Frigaszy et al., 2010a; Visalberghi et al., 2009b]. Aparentemente características como o tamanho, a dureza e a presença/ausência de espinhos influenciam na escolha feita pelos animais. Curiosamente, os martelos utilizados na quebra dos frutos de *T. inamoena*, item de textura firme, mas não dura, foram significativamente mais pesados do que os utilizados para a quebra das sementes de *C. leptophloeos* e *M. epruinosa*, itens de tegumento duro. O tamanho do fruto e a presença de espinho parecem ser os fatores-chaves que levaram os animais a escolherem martelos mais pesados. O mesmo ocorreu na escolha dos martelos para o processamento do cladódio de *P. pachycladus*. Apesar do reduzido número de martelos amostrados ($N = 5$), observamos que cladódios menores (brotos) levaram ao uso de martelos mais leves (~ 20 g) e cladódios maiores levaram ao uso de martelos consideravelmente mais pesados (~ 1220 g).

A média do peso dos martelos utilizados para a quebra de sementes de *M. epruinosa* e *C. leptophloeos* não apresentaram diferenças significativas. Tal era esperado já que ambas são sementes com características morfológicas similares,

apresentando tegumento rígido e tamanho e diâmetro em torno de 1 cm [Carvalho, 2008]. Dentre os itens consumidos, *S. oleraceae* foi o que se caracterizou por uma maior dureza. De fato, os martelos mais pesados foram utilizados para a quebra deste fruto e diferiram significativamente dos demais. Martelos utilizados para a quebra de *S. oleracea* (1303g) foram 14 vezes mais pesados do que os utilizados para a quebra de *C. leptophloeos* (55g). Esta proporção foi a mesma encontrada por Ferreira et al. [2010] quando comparou o peso dos martelos utilizados para a quebra de *S. cearences* e *M. dichotoma* em uma população de macacos-prego no Rio Grande do Norte. O peso médio dos martelos encontrado para a quebra de *S. oleraceae* (1303 g) foi maior do que os descritos por Ferreira et al. [2010] para espécies do mesmo gênero, *Syagrus cearences* (800 g) e por Visalberghi et al. [2007] para a quebra frutos do gênero *Attalea* (1096 g). Canale et al. [2009] constatou um peso médio dos martelos utilizados por populações de *S. xanthosternos* de 1208 g, mas neste estudo o autor não associou o peso dos martelos ao recurso acessado. Estudos experimentais revelaram que macacos-prego selecionam pedras levando em consideração não apenas as características morfológicas, mas também funcionais como friabilidade e peso da pedra [Visalberghi et al., 2009a; Visalberghi et al., 2009b]. Estratégia semelhante também foi observada sendo utilizada por chimpanzés [Boesh & Boesh, 1983]. Levando em consideração a eficiência da atividade de quebra, estudos demonstram que a escolha da pedra adequada diminui o tempo gasto na atividade e aumenta a sua eficiência [Visalberghi et al., 2009b; Fragaszy et al., 2010a; 2010b].

Em relação ao comportamento de uso de ferramentas registrado pelas armadilhas fotográficas verificou-se que o modo que os animais quebram os frutos de *S. oleraceae*, *T. inamoena*, a semente de *M. epruinosa* e o cladódio de *P. pachycladus*, se assemelham

aos descritos por Fragaszy et al. [2004b] para a quebra de *Attalea sp.* e *Astrocaryum sp.* por uma população de macacos-prego na Fazenda Boa Vista (FBV), Piauí. Todavia, diferem da postura adotada pelos macacos-prego na atividade de quebra do fruto de *Orbignya sp.* [Fragaszy et al., 2010b], em que os indivíduos amostrados erguem o martelo a uma altura maior que o comprimento do corpo. No presente estudo não foi observado nenhum indivíduo erguer a pedra mais alta do que a cabeça, o máximo observado foi até a altura do ombro. As posturas podem estar relacionadas com o tipo de fruto quebrado. Segundo Visalbergui et al. [2008], frutos de *Orbignya sp.* são duas vezes mais duros do que os de *Astrocaryum campestre* e *Attalea sp.*, e características como volume, espessura da casca e diâmetro do fruto de palmeiras estariam correlacionados positivamente com a força necessária para a sua quebra. Os animais na Serra Talhada, também alternam a ação de bater com a de descascar o fruto com os dentes, assim como os animais na FBV. Esta sequência de ações provavelmente diminui a resistência da casca, facilitando a quebra e diminuindo o esforço na atividade Visalberghi et al. [2008]. Além disso, o peso do animal e a altura em que ele ergue o martelo também estão relacionado positivamente com a eficiência de quebra do indivíduo [Fragaszy et al., 2010b]. Então, uma postura menos esforçada do que as observadas por aqueles autores, para a quebra de *Orbignya sp.*, foi suficiente para que os macacos-prego quebrassem frutos de *S. oleracea* neste estudo. Pesquisas relacionadas à eficiência de quebra seriam necessárias para verificar quão eficientes são as posturas adotadas para cada item alimentar processado pelos animais.

A postura adotada pelos macacos-prego para a quebra da *C. leptophloeos* diferiu das demais já descritas por Fragaszy et al. [2004b; 2010b]. A atividade de quebra deste item se caracterizou por uma postura menos esforçada, na posição sentada e pelo uso de

apenas uma das mãos. Sementes de *C. leptophloeos* são pequenas e provavelmente exigem um menor esforço para serem rompidas. Esta postura também parece proporcionar uma melhor estabilidade e precisão na batida do martelo sobre a semente. Já, que, diferentemente dos martelos utilizados para a quebra de *S. oleracea*, os de *C. leptophloeos* são bem mais leves como descrito anteriormente. Acreditamos que esta postura também pode ser adotada pelos animais para a quebra de sementes de *M. epruinosa*. Um maior número de registros comportamentais desta atividade de quebra é necessário, tendo em vista que coletamos vídeos de quebra do fruto desta espécie e não das sementes.

Observação do consumo da raiz de *Myracrodruon urundeuva* nos deu a oportunidade de documentar os animais escavando o solo. Esta escavação se deu apenas com as mãos sem o auxílio de pedras. Diferentemente do que foi observado nos grupos da Serra da Capivara, em que os animais utilizaram pedras para obter recursos alimentares subterrâneos, como *Astronium* cf sp., *Combretum* cf. sp., *Spondias tuberosa* [Mannu & Ottoni, 2009], *Thiloa glaucocarpa*, *Ocotea* sp, além de invertebrados (aranhas buraqueiras e cupinzeiros) [Falótico, 2011].

Além dos aspectos comportamentais, ao caracterizarmos a nossa área de estudo verificamos que, fatores como a densidade de sítios de quebra, a média das áreas e das alturas das bigornas, assim como, a ausência de depressões diferiram em relação aos caracteres ambientais descritos para as outras populações de macacos pregos já estudadas [Mannu & Ottoni, 2009; Visalberghi et al., 2007]. Algumas destas variações são decorrentes de características físicas e geológicas de cada região. Os sítios de quebra em Serra Talhada caracterizaram-se exclusivamente por rochas ígneas do tipo granito [Teixeira et al., 2000] explicando a ausência de depressões resultantes da

atividade de quebra por parte dos animais. A presença ou ausência de depressões na superfície das bigornas parece estar relacionada à característica litológica das pedras. As bigornas descritas no estudo de Visalberghi et al. [2007] caracterizam-se por serem tanto de pedra como de madeira, sendo aquelas compostas basicamente de arenito e siltito composição esta propensa à formação de depressões em decorrência do uso de pedras para o processamento de alimentos. Depressões, sejam elas em pedras ou em madeira, parecem favorecer o processamento dos itens alimentares [Fragaszy et al., 2010b]. Curiosamente, não verificamos o uso de pedaços de madeira como bigornas fenômeno este registrado no grupo estudado por Emidio & Ferreira [2012] que também relatam uma abundante disposição de pedras. Apesar das similaridades ambientais ainda assim verificamos diferenças entre os comportamentos que envolvem o uso de ferramentas. Tais variações comportamentais podem estar relacionadas às características ambientais como a elevada disposição de bigornas de pedras em nosso local de estudo e a baixa disposição de troncos grandes sobre o solo. Tais variações reforçam a versatilidade no comportamento de uso de ferramentas para o processamento de alimentos entre populações de macacos-prego.

Os resultados desta pesquisa reforçam a existência de diferenças “culturais” entre populações de macacos-prego. Diferenças comportamentais no uso de ferramentas entre populações de chimpanzés demonstram que variações culturais ocorrem e que podem moldar o repertório comportamental de cada população [Whiten et al., 1999; Schöning et al., 2008; Luncz et al., 2012]. Variação cultural parece ocorrer, também, entre os orangotangos [Gruber et al., 2012]. Evidências para tradições em outras espécies de primatas são pouco documentadas na literatura e muitas vezes difíceis de serem explicadas [Whiten, 2000]. Contudo, o que levaria a distintas populações de

macacos-prego apresentarem variações no repertório comportamental quanto ao uso de ferramentas para a obtenção de alimento? Ottoni & Izar, [2008] e Mannu & Ottoni, [2009] sugerem que diferenças ambientais estão associadas às diferenças comportamentais. Contudo, o que de fato leva a tais variações comportamentais entre uma população e a outra, sejam elas um produto de fatores genéticos, ambientais e/ou tradições em uma população, ainda é passivo de discussões. Para elucidar tais questionamentos mais estudos com diferentes populações selvagens de macacos-prego, fazem-se necessários.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos revisores anônimos pelas suas valiosas contribuições. Ao Prof. Dr. André Laurênio e Dr. André Lima pela identificação do material botânico. Ao Prof. Dr. André Santos pela sua valiosa ajuda na análise estatística dos dados. A “Seu José” pelo seu inestimável auxílio em campo. À FACEPE, pelo apoio financeiro (IBPG-0780-2.05/10).

REFERÊNCIAS

- Agência Pernambucana de Águas e Clima. 2012. Monitoramento pluviométrico <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia>.
- Altmann J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 40:227-267.
- Ambrose, S.H. 2001. Paleolithic Technology and Human Evolution. *Science* 91:1748.
- Arruda E, Melo-de-Pinna GF, Alves M. 2005. Anatomia dos órgãos vegetativos de Cactaceae da Caatinga pernambucana. *Rev Brasil Bot* 28(3):589-601.

- Bewley JD, Black M. 1994. Seeds: physiology of development and germination. New York: Plenum. 448p.
- Boesch C, Boesch-Achermann H. 1983. Optimisation of nutcracking with natural hammers by wild chimpanzees. *Behaviour* 83:265-286.
- Braga R. 1976. Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró. 540p
- Brosnan, S.F. 2008. Animal Behavior: The Right Tool for the Job. *Current Biology* 19(3):124-125.
- Canale GR, Guidorizzi CE, Kierulff MCM, Gatto CAFR. 2009. First Record of tool use by wild populations of the yellow-breasted capuchin monkeys (*Cebus xanthosternos*) and new records for the bearded capuchin (*Cebus libidinosus*). *Am J Primatol* 71:366-372.
- Carvalho PER. 2008. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica Colombo, Embrapa Florestas. 593p.
- Falótico T. 2011. Uso de ferramentas por macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) do Parque Nacional da Serra da Capivara. [Tese]. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo. 170p.
- Ferreira RG, Emidio RA, Jerusalinsky L. 2010. Three stones for three seeds: Natural occurrence of selective tool use by capuchins (*Cebus libidinosus*) based on an analysis of the weight of stones found at nutting sites. *Am J of Primatol* 72:270-275.
- Emidio RA, Ferreira RA. 2012. Energetic payoff of tool use for capuchin monkeys in the Caatinga: Variation by season and habitat type. *Am J of Primatol* 74:332-343.

- Fragaszy DM, Izar P, Visalberghi E, Ottoni EB, Oliveira MG. 2004a. Wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) use anvils and stone pounding tools. *Am J Primatol* 64:359-356.
- Fragaszy DM, Visalberghi E, Fedigan LM. 2004b. The complete capuchin: The biology of the genus *Cebus*. Cambridge University Press, 339p.
- Fragaszy DM, Greenberg R, Visalberghi E, Ottoni EB, Izar P, Liu Q. 2010a. How wild bearded capuchin monkeys select stones and nuts to minimize the number of strikes per nut cracked. *Anim Behav* 80:205-214.
- Fragaszy D, Pickering T, Liu Q, Izar P, Ottoni E, Visalberghi E. 2010b. Bearded capuchin monkeys' and a human's efficiency at cracking palm nuts with stone tools: field experiments. *Anim Behav* 79:321-332.
- Gruber T, Singleton I, Schaik C. 2012. Sumatran orangutans differ in their cultural knowledge but not in their cognitive abilities. *Curr Biol* 22:2231-2235.
- Koops K, McGrew WC, Matsuzawa T. 2012. Ecology of culture: do environmental factors influence foraging tool use in wild chimpanzees, *Pan troglodytes verus*? *Anim Behav*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2012.10.022>.
- Luncz LV, Mundry R, Boesch C. 2012. Evidence for cultural differences between neighboring chimpanzee communities. *Curr Biol* 22:922-926. doi: 10.1016/j.cub.2012.03.031.
- Liu Q, Simpson K, Izar P, Ottoni E, Visalberghi E, Fragaszy D. 2009. Kinematics and energetics of nut-cracking in wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) in Piauí, Brazil. *Am J Phys Anthropol* 138:210-220.

- Liu Q, Fragaszy D, Wright B, Wright K, Izar P, Visalberghi E. 2011. Wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) place nuts in anvils selectively. *Anim Behav* 81:297-305.
- Mannu M, Ottoni EB. 2009. The enhanced tool-kit of two groups of wild bearded capuchin monkeys in the Caatinga: Tool making, associative use, and secondary tools. *Am J Primatol* 71:242-251.
- Martins MTCS, Pôrto NA, Canuto MFS, Bruno RLA. 2007. Composição química de sementes de espécies de *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae). *Rev Bras Bioc* 5(1):621-623.
- Mascarenhas JC, Beltrão BA, Miranda JLF, Souza Junior LC, Galvão MJTG, Pereira SN. 2005. Diagnóstico do município de Serra Talhada, Estado de Pernambuco. Recife: Serviço Geológico do Brasil – CPRM. 12p.
- Melo, N. 1988. Áreas de exceção da Paraíba e dos Sertões de Pernambuco. Série de estudos regionais. *Bol. Tec. SUDENE*. 19.
- Meulman EJM, Sanz CM, Visalberghi E, Schaik CV. 2012. The role of terrestriality in promoting primate technology. *Evol Anthropol* 21:58-68.
- Moura AC, Lee PC. 2004. Capuchin stone tool use in Caatinga dry forest. *Science* 306 (5703):1909-1909.
- Nascimento VT, Moura NP, Vasconcelos MAS, Maciel MIS, Albuquerque UP. 2011. Chemical characterization of native wild plants of dry seasonal forests of the semi-arid region of northeastern Brazil. *Food Res Int* 44:2112-2119.
- Ottoni E, Izar P. 2008. Capuchin monkey tool use: overview and implications. *Evol Anthropol* 17:171–178.

- Parker STE, Gibson KR. 1977. Object manipulation, tool use and sensorimotor intelligence as feeding adaptations in *Cebus* monkeys and great apes. *J Hum Evol* 6:623-641.
- Schöning C, Humle T, Möbius Y, McGrew WC. 2008. The nature of culture: Technological variation in chimpanzee predation on army ants revisited. *J Hum Evol* 55:48-59.
- Soares, JGG. 1995. Cultivo de maniçoba para produção de forragem no semi-árido brasileiro. Petrolina, PE: Embrapa – CPATSA, 4p.
- Spagnoletti, N, Visalberghi E, Ottoni E, Izar P, Frigaszy D. 2011. Stone tool use by adult wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*). Frequency, efficiency and tool selectivity. *J Hum Evol* 61:97-107.
- Spagnoletti N, Visalberghi E, Verderane MP, Ottoni E, Izar P, Frigaszy D. 2012. Stone tool use in wild bearded capuchin monkeys, *Cebus libidinosus*. Is it a strategy to overcome food scarcity? *Anim Behav* 83:1285-1294.
- Struhsaker TT, Leland L. 1977. Palm-nut smashing by *Cebus a. apella* in Colômbia. *Biotropica* 9:124-126.
- Teixeira W, Toledo MCM, Fairchild TR, Taioli F. 2000. Decifrando a terra. São Paulo, Oficina de textos.
- Visalberghi E, Frigaszy D, Izar P, Ottoni EB. 2005. Terrestriality and tool use. *Science* 308:951.
- Visalberghi E, Frigaszy D, Ottoni E Izar P, Oliveira MG, Andrade FRD. 2007. Characteristics of hammer Stones and anvils used by wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) to crack open palm nuts. *Am J Phys Anthropol* 132:426-444.

- Visalberghi E, Sabbatini G, Spagnoletti N, Andrade FRD, Ottoni E, Izar P, Frigaszy D. 2008. Physical properties of palm fruits processed with tools by wild bearded capuchins (*Cebus libidinosus*). *Am J Primatol* 70:884–891.
- Visalberghi E, Spagnoletti N, Silva EDR, Andrade FRD, Ottoni E, Izar P, Fragaszy D. 2009a. Distribution of potential suitable hammers and transport of hammer tools and nuts by wild capuchin monkeys. *Primates* 50:95–104.
- Visalbergh, E, Addessi E, Truppa V, Spagnoletti N, Ottoni E, Izar P, Fragaszy D. 2009b. Selection of effective stone tools by wild bearded capuchin monkeys. *Curr Biol* 19:213–217.
- Waga IC, Dacier AK, Pinha OS, Tavares MC. 2006. Spontaneous tool use by wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) in the Cerrado. *Folia Primatol* 77(5):337-44.
- Whiten A, Goodall J, McGrew WC, Nishida T, Reynolds V, Sugiyama Y, Tutin CEG, Wrangham RW, Boesch C. 1999. Culture in chimpanzees. *Nature* 399:682-685.
- Whiten A. 2000. Primate culture and social learning. *Cogn Sci* 24(3):477-508.

The *American Journal of Primatology* welcomes manuscripts from all areas of primatology. The Journal publishes both original research papers and review articles. Original research may be published as standard Research Articles, view Articles, and Commentaries. The *American Journal of Primatology* no longer accepts Brief Reports.

Submission. As of January 1, 2008, AJP will use a new online submission system for receiving, reviewing, and accepting manuscripts for publication, ScholarOne Manuscripts (formerly known as Manuscript Central). This exciting feature for the *American Journal of Primatology* enables authors to submit their manuscripts online to expedite the peer review process. Authors also have the ability to check the status of their manuscripts during the peer review process. ScholarOne Manuscripts allows us to move manuscripts through the peer review process more expeditiously and will decrease time to publication.

In order to submit a manuscript, use either the ASP homepage (www.asp.org/research/ajp/) or the *American Journal of Primatology* journal homepage (wileyonlinelibrary.com/ajp). There you will find a link for "Online Submission". Using that link, the corresponding author will be instructed to create a user account. Once the account has been created, manuscripts are to be submitted through the "Author Center". Follow all instructions and complete all required fields. Submit your manuscript and all Figures and Tables as separate files. After the manuscript has been successfully submitted, authors will see a confirmation screen with the manuscript number and receive an email reply from the AJP executive editor, Paul A. Garber, acknowledging receipt of the manuscript. If that does not happen, please check your submission and/or contact tech support atsupport@scholarone.com.

Paul A. Garber

Executive Editor

Department of Anthropology

University of Illinois

Urbana, Illinois 61801 USA

E-mail: ajp-asp@uiuc.edu

Manuscripts must be submitted in English (American style), and must be double-spaced with no less than 12 cpi font and 3-cm margins throughout. Lines should be numbered consecutively from the title through the references. Number all pages in sequence beginning with the title page, placing the first author's surname and the page number in the upper right hand corner of each page. **A Research Article should not exceed 35 pages total, and a Review Article should not exceed 45 pages in total, including the**

title page, abstract, text, acknowledgements, references, tables, figure legends, and figures.

Cover Letter. All manuscripts must be accompanied by a formal statement that explicitly confirms the following:

- Acceptance of the provisos in the next paragraph of these Instructions (see “Provisos” below).
- The Methods section must also include a statement that:
 - the research complied with protocols approved by the appropriate Institutional Animal Care Committee (provide the name of the committee; see iacuc.org);
 - the research adhered to the legal requirements of the country in which the research was conducted; and
 - the research adhered to the American Society of Primatologists (ASP) Principles for the Ethical Treatment of Non Human Primates (see <https://www.asp.org/society/resolutions/EthicalTreatmentOfNonHumanPrimates.cfm>).
- All research protocols reported in this manuscript were reviewed and approved by an appropriate institution and/or governmental agency that regulates research with animals.
- All research reported in this manuscript complied with the protocols approved by the appropriate institutional Animal Care and Use Committee (see www.iacuc.org). Researchers outside the U.S. must confirm that their research received clearance from, and complied with, the protocols approved by the equivalent institutional animal care committees of their country.
- All research reported in this manuscript adhered to the legal requirements of the country in which the work took place.

Provisos. All manuscripts submitted to the *American Journal of Primatology* (AJP) must be submitted solely to this journal, and may not have been published in any substantial form in any other publication, professional or lay. Submission is taken to mean that each of the co-authors acknowledge their participation in conducting the research leading to this manuscript and that all agree to its submission to be considered for publication by AJP. The Editorial Office cannot be responsible for returning any materials submitted for review. The publisher reserves copyright, and no published material may be reproduced or published elsewhere without the written permission of the publisher and the author. The journal will not be responsible for the loss of manuscripts at any time. All statements in, or omissions from, published manuscripts are the responsibility of the authors who will assist the editors by reviewing proofs before publication. Reprints may be ordered from <https://caesar.sheridan.com/reprints/redirect.php?pub=10089&acro=AJP> No page charges will be levied against authors or their institutions for publication in the journal.

Conflict of Interest. AJP requires that all authors disclose any potential sources of conflict of interest. Any interest or relationship, financial or otherwise, that might be perceived as influencing an author’s objectivity is considered a potential source of

conflict of interest. These must be disclosed when directly relevant or indirectly related to the work that the authors describe in their manuscript. Potential sources of conflict of interest include but are not limited to patent or stock ownership, membership of a company board of directors, membership of an advisory board or committee for a company, and consultancy for or receipt of speaker's fees from a company. The existence of a conflict of interest does not preclude publication in this journal.

If the authors have no conflict of interest to declare, they must also state this at submission. It is the responsibility of the corresponding author to review this policy with all authors and to collectively list in the cover letter (if applicable) to the Editor-in-Chief, in the manuscript (in the footnotes, Conflict of Interest or Acknowledgments section), and in the online submission system ALL pertinent commercial and other relationships.

Journal Cover Artwork. Along with their manuscript, authors are welcome to submit an original photograph or other artwork that illustrates their research for possible use on the cover of the issue in which the article appears. This artwork is submitted with the understanding that it has not been published elsewhere, that the author has copyright, and that the author grants Wiley-Blackwell permission to publish the photo as a cover image, should it be chosen. Candidate images for journal covers may be submitted electronically as TIF files.

Manuscript Preparation. Manuscripts should be divided into the major divisions given below in the order indicated.

Title page. The first page of the manuscript should include the complete title of the paper; the names of authors and their affiliations; a short title (not more than 40 characters including spaces); and name, postal address, E-mail address, and phone number of person to whom editorial correspondence, page proofs, and reprint requests should be sent.

Abstract. The abstract must be a factual condensation of the entire work, including a statement of its purpose, a succinct statement of research design, a clear description of the most important results, and a concise presentation of the conclusions. Abstracts should not exceed 300 words. Three to six key words for use in indexing should be listed immediately below the abstract.

Text. The body of Research Articles must be organized into the following sections: Abstract, Introduction, Methods, Results, Discussion and Acknowledgments. The Methods section must include the dates and location of the study. The Methods section must also include a statement that the research complied with protocols approved by the appropriate institutional animal care committee (provide the name of the committee) and adhered to the legal requirements of the country in which the research was

conducted. The Results section must include the essential values from all statistical tests cited to support statements regarding findings, in addition to summarizing key data using tables and figures where possible. Acknowledgments should include: funding sources; names of those who contributed but are not authors, further statements of recognition appropriate to the study; and brief confirmation of compliance with animal care regulations and applicable national laws. If photos or identifiable data on human subjects are in any manuscript, they must be accompanied by a notarized copy of the consent form. Footnotes are not to be used except for tables and figures. Nonstandard abbreviations should be kept to a minimum and defined in the text. Measurements should be given in metric units and abbreviated according to the American Institute for Biological Sciences' Style Manual for Biological Journals. Review Articles and Commentaries may deviate from this style of organization, but must include an Abstract, Introduction, Discussion, and Acknowledgements.

References. Wiley's Journal Styles Are Now in EndNote. EndNote is a software product that we recommend to our journal authors to help simplify and streamline the research process. Using EndNote's bibliographic management tools, you can search bibliographic databases, build and organize your reference collection, and then instantly output your bibliography in any Wiley journal style. To download the reference style for this journal, or to purchase a copy of EndNote, go to the following URL: wileyonlinelibrary.com/jendnotes. Technical Support: If you need assistance using EndNote, contact endnote@isiresearchsoft.com, or visit www.endnote.com/support. In the text, references should be cited consecutively with the author's surname and year of publication in brackets. The reference list should be arranged alphabetically by first author's surname. Examples follow.

Journal Articles:

King VM, Armstrong DM, Apps R, Trott JR. 1998. Numerical aspects of pontine, lateral reticular, and inferior olivary projections to two paravermal cortical zones of the cat cerebellum. *Journal of Comparative Neurology* 390:537-551.

List all authors if there are five or fewer; when there are six or more authors, list the first three followed by et al.

Lynch Alfaro JW, Boubli JP, Olson LE, et al. 2011. Explosive Pleistocene range expansion leads to widespread Amazonian sympatry between robust and gracile capuchin monkeys. *J Biogeogr* 39:272–288.

Books and Monographs:

Voet D, Voet JG. 1990. *Biochemistry*. New York: John Wiley & Sons. 1223 p.

Dissertations:

Ritzmann RE. 1974. The snapping mechanism of *Alpheid* shrimp [dissertation]. Charlottesville (VA): University of Virginia. 59 p. Available from: University Microfilms, Ann Arbor, MI; AAD74–23.

Book Chapters:

Gilmor ML, Rouse ST, Heilman CJ, Nash NR, Levey AI. 1998. Receptor fusion proteins and analysis. In: Ariano MA, editor. Receptor localization. New York: Wiley-Liss. p 75-90.

Format for Presenting Statistical Information. Overall is it recommended that authors provide the details of their statistical analyses in the Methods, Tables, and Figures as appropriate. Linear statistics: means and standard deviation/standard errors should be written in the format $X \pm SD/SE$ unit (i.e., mean body weight = $6.38 \pm SD 1.29$ kg or mean head-trunk length = $425 \pm SE 3.26$ mm). Circular statistics: mean and angular dispersion should be written in the format $X \pm AD$ unit (i.e., phase relationship between head linear and angular displacement = $104 \pm AD 14$ deg). Ranges should be written as range: 15-29; sample sizes should be written as $N=731$; numbers less than 1 should be written as 0.54 not as .54. P values that are deemed significant can be presented as less than a threshold value (i.e., $P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$). Nonsignificant test outcomes should be reported using an exact probability value whenever possible. The P value (P) and sample size (N) should be capitalized, and degrees of freedom, if required, should be written in lower case (e.g. $df=4$). For example: $X^2 = 1.84$, $df=8$, $P = 0.91$ Unless a test statistic unambiguously refers to a particular statistical test (i.e., X^2 is understood to refer to a Chi-squared test), results should include the name of the statistical test which should be followed by a colon, the test statistic and its value, degrees of freedom or sample size (depending on which is most appropriate for that test), and the P value, with indication if it is one- or two-tailed (unless that issue has been addressed for the manuscript as a whole before any statistical results are given). These entries should be separated by commas. Wilcoxon signed-ranks test: $Z=3.82$, $P<0.001$, $N=20$ ANOVA: $F=2.26$, $df=1$, $P=0.17$

Tables. Tables should be titled and numbered in accordance with the order of their appearance; each table should be placed on a separate page. All tables must be cited in the text with approximate placement clearly defined. Table titles should be concise descriptions of the data in the table. Table footnotes should provide more detail relating to the interpretation of data presented in the table (i.e., notes on sample sizes, tests performed, etc.). Samples are shown below:

Table title: Leadership of Group Movements by Males and Females within Each Group
Table footnote: Chi-square results for adult female- versus adult male-led group progressions overall (A), when feeding occurred within 5 min of group movement (B),

and when feeding did not occur within 5 min of group movement (C). N refers to the number of progressions led by each sex. Females in each group, except C3, led group movements significantly more than males overall and in all contexts.

Table title: Food Species and Plant Parts in the Diet of *Rhinopithecus brelichi* at Yangaoping, Guizhou During the Study Period Table footnote: Season: Sp, spring (February, March, April); Su, summer (May, June, July); A, autumn (August, September, October); W, winter (November, December, January); Y, four seasons. E, evergreen; D, deciduous

Figure Legends. A descriptive legend must be provided for each figure and must define all abbreviations used therein.

Figures/Illustrations. Each figure should be high-contrast on a separate page with the figure number clearly indicated. All color figures will be reproduced in full color in the online edition of the journal at no cost to authors. Authors are requested to pay the cost of reproducing color figures in print. Authors are encouraged to submit color illustrations that highlight the text and convey essential scientific information. For best reproduction, bright, clear colors should be used. Dark colors against a dark background do not reproduce well; please place your color images against a white background wherever possible. Please contact AJP Production at atajpprod@wiley.com for further information.

Copyright Transfer Agreements. Please submit completed copyright transfer agreements to ajp-asp@uiuc.edu once your manuscript has been accepted. Please be sure to write the manuscript number on the first page.