

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ETNOBIOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
NATUREZA

GILNEY CHARLL DOS SANTOS

CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL E ECOLOGIA DA DISPERSÃO DE
***Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) NO NORDESTE DO BRASIL**

RECIFE-PE

2016

GILNEY CHARLL DOS SANTOS

**CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL E ECOLOGIA DA DISPERSÃO DE
Caryocar coriaceum Wittm. (Caryocaraceae) NO NORDESTE DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, nível Doutorado, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Etnobiologia e Conservação da Natureza.

Orientadora:

Prof.^a. Dr.^a. Nicola Schiel

Dept^o de Biologia, Área de Zoologia/UFRPE

Coorientadores:

Prof.^a Dr.^a Elcida de Lima Araújo

Dept^o de Biologia, Área de Botânica/UFRPE

Prof. Dr. Ulysses Paulino Albuquerque

Dept^o de Biologia, Área de Botânica/UFRPE

RECIFE-PE

2016

Ficha catalográfica

S237c Santos, Gilney Charll dos
Conhecimento ecológico local e ecologia da dispersão de
Caryocar coriaceum Wittm. (Caryocaraceae) no Nordeste do
Brasil / Gilney Charll dos Santos. – Recife, 2016.
145 f. : il.

Orientador: Nicola Schiel.
Tese (Doutorado em Etnobiologia e conservação da natureza) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Biologia, Recife, 2016.
Inclui referências e anexo(s).

1. Biodiversidade - Conservação 2. Perda de dispersores
3. Dispersão de sementes 4. Mudanças ambientais 5. Conhecimento
tradicional associado I. Schiel, Nicola, orientador II. Título

CDD 574

**CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL E ECOLOGIA DA DISPERSÃO DE
Caryocar coriaceum Wittm. (Caryocaraceae) NO NORDESTE DO BRASIL**

GILNEY CHARLL DOS SANTOS

Tese defendida e aprovada em: _____/_____/_____

Presidente:

Prof. Dr. Ulysses Paulino Albuquerque (Titular)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Examinadores:

Prof.^a Dr.^a Josiene Maria Falcão Fraga dos Santos (Titular)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Kleber Andrade da Silva (Titular)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Marcelo Alves Ramos (Titular)

Universidade de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Patrícia Muniz de Medeiros (Titular)

Universidade Federal de Alagoas

Prof. Dr. Reinaldo Farias Paiva de Lucena (Suplente)

Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Rômulo Romeu da Nóbrega Alves (Suplente)

Universidade Estadual da Paraíba

Recife-PE

2016

Ao meu pai, José Hamilton dos Santos (in memorian) e à minha mãe, Maria do Carmo dos Santos, que com seus ensinamentos proporcionaram o verdadeiro significado das palavras amor, união, respeito, humildade, caráter, dedicação e perseverança, construindo fortes alicerces para a minha formação.

Aos meus irmãos e melhores amigos Gilmar, Gildenys e Gilsepp, pela união e companheirismo.

À minha esposa Francicleide, mulher virtuosa, edificadora do nosso lar, que sempre me apoiou em todos os momentos.

Ao amigo e Professor Ulysses pela confiança, paciência e orientação.

Dedico

"Aquilo a que chamamos acaso não é, não pode deixar de ser, senão a causa ignorada de um efeito conhecido."

Voltaire

AGRADECIMENTOS

Ao grandioso Deus pela dádiva da vida.

Ao Dr. Ulysses Paulino Albuquerque, um grande amigo e profissional, pelos momentos de descontração e conselhos, que só me encorajaram para seguir firme no caminho árduo da ciência e por ter acreditado no meu potencial.

Às Dras. Elcida de Lima Araújo e Nicola Schiel pelos ensinamentos que foram muito importantes para o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os moradores da comunidade Horizonte que participaram desse estudo pela confiança e fornecimento de informações.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza da UFRPE por todo o apoio.

A todos os integrantes e ex-integrantes do Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos-LEA, amigos fiéis, por participarem comigo durante este período de crescimento pessoal e profissional, proporcionando-me carinho, companheirismo e força.

Aos meus pais, José Hamilton dos Santos (*in memoriam*) e Maria do Carmo dos Santos, a quem dedico todo este esforço, pelos ensinamentos na construção da minha pessoa.

Aos meus irmãos Gilmar Charll dos Santos, José Gildenys Charll dos Santos e Gilsepp Charll dos Santos pela compreensão, união e companheirismo.

À minha esposa Francicleide Maria de Souza Charll dos Santos pelo carinho, incentivo, força e compreensão das minhas ausências.

Ao seu Damásio, mateiro experiente, pelos momentos de descontração e auxílio nos trabalhos de campo.

Aos amigos da Casa de Apoio Santa Rita (nosso alojamento), Rivaldo (baxim), Thiago (primo), Luiz (Luizinho), Gilmário e Edvan pelo companheirismo, solicitude e momentos de descontração.

E a todos que contribuíram, diretamente ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Muito obrigado a todos!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIV
INTRODUÇÃO GERAL	16
REVISÃO DE LITERATURA	19
Conhecimento ecológico local intergeracional	19
A dispersão de sementes	21
Frugivoria e dispersão de sementes em ambientes fragmentados	23
Dispersão de sementes em florestas defaunadas	24
Dispersores substitutos	25
Predadores e a dispersão de sementes	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
CAPÍTULO 1	42
Resumo	43
Introdução	44
Materiais e métodos	45
Resultados	50
Discussão	53
Referências	56
CAPÍTULO 2	62
Resumo	63
Introdução	64
Métodos	67
Resultados	73
Discussão	75
Conclusão	79
Referências	80
CAPÍTULO 3	88
Métodos	93
Referências	95
CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
ANEXO	105

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 - Remoção e distância de dispersão de diásporos de *Caryocar coriaceum* (Caryocaraceae) na margem e no interior de uma área de cerrado no Nordeste do Brasil

Tabela 1. Percentuais e número de diásporos de *Caryocar coriaceum* presentes e removidos, em dois anos de estudo, na margem e no interior da Floresta Nacional do Araripe-Apodi, Ceará, nordeste do Brasil.....51

Tabela 2. Percentuais da distância de dispersão de diásporos de *Caryocar coriaceum*, em dois anos de estudo, na margem e no interior da Floresta Nacional do Araripe-Apodi, Ceará, nordeste do Brasil.....53

Capítulo 2 - As pessoas compartilham informações ecológicas sobre o ambiente, mas podem esquecer suas próprias experiências: um estudo de caso sobre conhecimento ecológico local de animais dispersores

Tabela 1: Valores de média±desvio padrão e mediana (Md) referentes à riqueza de potenciais dispersores de *Caryocar coriaceum* Wittm., frequência de caça anual de *Dasyprocta prymnolopha* e abundância relativa percebida desse animal, citadas pelos informantes na comunidade de Horizonte, Nordeste do Brasil. Geração A: nascidos entre as décadas de 30 e 40; Geração B: nascidos entre as décadas de 50 e 60; Geração C: nascidos entre as décadas de 70 e 80.....74

Tabela 2. Registros de mamíferos que foram considerados atraídos por frutos de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) na Floresta Nacional do Araripe Apodi, Ceará, Nordeste do Brasil.....75

Capítulo 3 - Besouros rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) podem atuar como dispersores secundários de sementes a partir de perturbações antrópicas passadas?

Tabela 1. Espécies de rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) coletados em dois anos de estudos na Floresta Nacional do Araripe Apodi, Nordeste do Brasil, em três tipos de iscas: sementes de *Caryocar coriaceum* Wittm. envolvidas por fezes de gado (PB), frutos de *C. coriaceum* em decomposição (P) e fezes de gado (B). Os valores indicam a abundância de cada espécie.....99

Tabela 2. Espécies de rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) coletados no primeiro ano de estudo na Floresta Nacional do Araripe Apodi, Nordeste do Brasil, em três tipos de iscas: sementes de *Caryocar coriaceum* Wittm. envolvidas por fezes de gado (PB), frutos de *C. coriaceum* em decomposição (P) e fezes de gado (B). Os valores indicam a abundância de cada espécie; “x” indica a riqueza de espécies atraídas pelas iscas.....100

Tabela 3. Espécies de rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) coletados no segundo ano de estudo na Floresta Nacional do Araripe Apodi, Nordeste do Brasil, em três tipos de iscas: sementes de *Caryocar coriaceum* Wittm. envolvidas por fezes de gado (PB), frutos de *C. coriaceum* em decomposição (P) e fezes de gado (B). Os valores indicam a abundância de cada espécie; “x” indica a riqueza de espécies atraídas pelas iscas.....101

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1 - Remoção e distância de dispersão de diásporos de *Caryocar coriaceum* (Caryocaraceae) na margem e no interior de uma área de cerrado no Nordeste do Brasil

Figura 1. Acumulado mensal dos anos de 2012, 2013 e 2014 e média mensal histórica da precipitação pluviométrica, registradas pela estação automática de Barbalha, Ceará, Brasil. Fonte: INMET (2014).....48

Capítulo 2 - As pessoas compartilham informações ecológicas sobre o ambiente, mas podem esquecer suas próprias experiências: um estudo de caso sobre conhecimento ecológico local de animais dispersores

Figura 1. Estímulo visual apresentado aos informantes para indicação da abundância percebida de mamíferos dispersores de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae). 1 – Pouco abundante; 2 – Intermediariamente abundante; 3 - Abundante; 4 – Muito abundante. (Reproduzido de Silva Neto 2013).....70

Capítulo 3 - Besouros rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) podem atuar como dispersores secundários de sementes a partir de perturbações antrópicas passadas?

Figura 1. Desenho experimental utilizado para cola de rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) na Floresta Nacional do Araripe Apodi, Nordeste do Brasil. PB = sementes de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) envolvidas por fezes de gado; P = frutos de *C. coriaceum* em decomposição; B = fezes de gado.....102

Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal registrada para o período de estudo (janeiro a abril de 2014 e 2015) na Floresta Nacional do Araripe Apodi, Nordeste do Brasil.....102

Santos, Gilney Charll (Dr.). Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Fevereiro de 2016. Conhecimento ecológico local e ecologia da dispersão de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) no nordeste do Brasil. Nicola Schiel (Orientadora), Elcida de Lima Araújo (Coorientadora) e Ulysses Paulino Albuquerque (Coorientador).

RESUMO

O processo de dispersão consiste na remoção de sementes a partir da planta-mãe, sendo um processo ecológico de extrema importância para a regeneração das populações vegetais e manutenção da biodiversidade. Entretanto, o comprometimento desse processo pode estar diretamente relacionado a atividades humanas, em consequência da fragmentação e perda de habitats ou da caça predatória. Nesse sentido, as plantas de sementes grandes são as mais afetadas, pois além de seus dispersores (grandes frugívoros) evitarem locais perturbados e serem naturalmente menos abundantes, em comparação com pequenos frugívoros, ainda são mais caçados. Dessa forma, roedores estocadores de médio porte, como a cutia (*Dasyprocta* spp) são tidos como os principais dispersores substitutos dos grandes frugívoros. Além da cutia, besouros rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) também podem contribuir para o processo de dispersão, enterrando sementes contidas em fezes de frugívoros ou frutos. Nesse sentido, populações humanas que vivem no entorno de uma floresta protegida no Nordeste do Brasil reconhecem esses besouros como importantes dispersores de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae), uma espécie vegetal de diásporos grandes e de destacada importância socioeconômica e cultural. Logo, não somente estudos ecológicos devem ser considerados como também estudos etnoecológicos, que são muito importantes na busca de estratégias eficientes para a conservação da biodiversidade. Assim, o presente estudo foi realizado em uma floresta protegida no Nordeste do Brasil e objetivou: (i) analisar a remoção e a distância de dispersão de diásporos de *C. coriaceum* por dois anos consecutivos na margem e no interior da floresta; (ii) avaliar o conhecimento ecológico local dos potenciais dispersores de *C. coriaceum* (iii) avaliar o papel de besouros rola-bostas como potenciais dispersores de *C. coriaceum*. Para alcançar o primeiro objetivo, em cada ano foram utilizados 1200 diásporos, distribuídos igualmente em 120 estações experimentais estabelecidas na margem e no interior da floresta. No primeiro de estudo, não encontramos diferenças na remoção e na distância de dispersão de diásporos entre os ambientes investigados. No entanto, no segundo ano, enquanto o número de diásporos removidos foi diferente, sendo maior na margem da floresta, não encontramos diferenças na distância de dispersão entre a margem e o interior da floresta. Nos dois anos de estudo, a maioria dos poucos diásporos removidos foi encontrada a distâncias pequenas de suas fontes, o que pode levar a baixa variabilidade genética.

Evidências encontradas neste estudo sinalizam a perda local de dispersores da espécie, o que pode comprometer a manutenção da diversidade biológica nas florestas. Possivelmente, a perda local de dispersores da espécie está relacionada à intensa atividade de caça, que é praticada de forma clandestina na região estudada. Perante esse cenário, o conhecimento ecológico local (CEL) foi acessado por meio de estímulos visuais e entrevistas semiestruturadas. Nesse sentido, foram selecionados 39 caçadores com idades entre 31 a 84 anos. Câmeras-trap foram utilizadas durante duas safras anuais de *C. coriaceum*, para registrar os potenciais mamíferos dispersores da espécie e subsidiar as nossas interpretações a cerca do CEL sobre os potenciais dispersores da espécie. Nossos achados mostram que pode estar ocorrendo um desajuste entre a baixa percepção de abundância de cutias e o comportamento de caça das pessoas, com provável sobreexploração do recurso na região estudada. Logo, é essencial que seja promovido um trabalho de parceria com a comunidade, para que seja exposta claramente a situação dos recursos explorados. Verificamos que as variações intergeracionais não refletem em mudanças sobre o CEL ligado aos dispersores de *C. coriaceum*. Isso sugere que o CEL sobre a riqueza de potenciais dispersores é difundido e comunicado entre as pessoas de diferentes gerações. As pessoas revelaram, por exemplo, que besouros rola-bostas atuavam como potenciais dispersores de *C. coriaceum*, enterrando as sementes contidas em fezes de gado e que depois que a criação desses animais exóticos foi proibida na floresta, há mais de dez anos, os besouros passaram a enterrar os frutos em decomposição. Dessa forma, o CEL pode fornecer direcionamentos para os planos de gestão e conservação, promovendo a participação das comunidades locais nas tomadas de decisões. Assim, buscamos evidências de que os besouros rola-bostas podem atuar como dispersores secundários de sementes a partir de perturbações antrópicas pretéritas. Nossos resultados revelam que essa possibilidade pode existir. Talvez, os besouros rola-bostas possam ter se adaptado a relacionar-se com frutos de *C. coriaceum*, em virtude do decréscimo de massas fecais de grandes frugívoros.

Palavras-Chave: conservação da biodiversidade, perda de dispersores, dispersão de sementes, mudanças ambientais, transmissão de conhecimento.

Santos, Gilney Charll (Dr.). Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Fevereiro de 2016. Conhecimento ecológico local e ecologia da dispersão de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) no nordeste do Brasil. Nicola Schiel (Orientadora), Elcida de Lima Araújo (Coorientadora) e Ulysses Paulino Albuquerque (Coorientador).

ABSTRACT

The dispersal process is the removal of seeds from the parent plant, and an ecological process of utmost importance for the regeneration of plant and maintenance of biodiversity populations. However, the commitment of this process can be directly related to human activities, as a result of fragmentation and loss of habitat or poaching. In this sense, the large seeds of plants are the most affected, as well as their dispersers (large frugivorous) avoid disturbed sites and are naturally less abundant compared to small frugivorous, they are even more hunted. Thus, scatter hoarding rodents medium sized such as agouti (*Dasyprocta* spp) are seen as the main dispersers substitutes for large frugivorous. Besides the agouti, dung beetles (Coleoptera-Scarabaeidae) may also contribute to the dispersion process, burying seeds contained in fruits of fruit and feces. In this sense, human populations living around a protected forest in northeastern Brazil recognize these beetles as important dispersers *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae), a species of large diaspores and highlighted socioeconomic and cultural importance. Thus, not only ecological studies should be considered as well as ethnoecological studies, which are very important in the search for effective strategies for the conservation of biodiversity. The present study was conducted in a protected forest in the northeast of Brazil and aimed to: (i) analyze the removal and diaspore dispersal distance of *C. coriaceum* for two consecutive years on the edge and inside the forest; (ii) to evaluate the local ecological knowledge of potential dispersers *C. coriaceum* (iii) evaluate the role of dung beetles as potential dispersers *C. coriaceum*. To achieve the first goal, each year were used in 1200 diaspores also distributed in 120 experimental stations established in the margin and in the forest. In the first study, we found no differences in the removal and distance diaspores dispersal among the studied environments. However, in the second year of study, while the number of removed diaspores was different, being higher in the forest margin, we found no differences in the dispersal distance between the margin and the interior of the forest. In the two years of study, most of the few diaspores removed was found at small distances from their sources, which can lead to low genetic variability. Evidence found in this study indicate the local loss of disperser of the species, which can compromise the maintenance of biological diversity in forests. Possibly, the local loss of dispersal of the species is related to the intense hunting activity that is practiced in the region clandestine form

studies. Given this scenario, the local ecological knowledge (LEK) was accessed through visual stimuli and semi-structured interviews. In this sense, we selected 39 hunters aged 31 to 84 years. Camera-trap were used during two annual harvests of *C. coriaceum* to record the potential dispersers mammals species and support our interpretations about the LEK about the potential dispersal of the species. Our findings show that may be experiencing a mismatch between the low perception of abundance of agoutis and the hunting behavior of people with probable overexploitation of the resource in the region studied. Therefore, it is essential that fostered a working partnership with the community, to be clearly exposed the plight of exploited resources. We found that intergenerational changes do not reflect in changes on the LEK connected to dispersers *C. coriaceum*. This suggests that the LEK on the wealth of potential dispersers is widespread and communication between people of different generations. People have shown, for example, that dung beetles as potential dispersers *C. coriaceum*, burying the seeds contained in cattle feces and that after the creation of these exotic animals was banned in the forest, for over ten years, beetles began to bury the fruits rotting. Thus, the LEK can provide directions to the management plans and conservation, promoting the involvement of local communities in decision making. Thus, we seek evidence that dung beetles can act as seed dispersers side from preterit human disturbance. Our results show that this possibility may exist. Perhaps, the dung beetles may have adapted to relate to fruits of *C. coriaceum*, due to the decrease of fecal masses of large frugivorous.

Keywords: generational amnesia, biodiversity conservation, loss dispersers, seed dispersal, environmental changes, knowledge transmission.

INTRODUÇÃO GERAL

A dispersão vegetal, que consiste no deslocamento de sementes a partir da planta-mãe, é um processo ecológico de extrema importância para a regeneração das populações vegetais e manutenção da biodiversidade (WANG e SMITH, 2002). Nesse contexto, os animais desempenham um importante papel, pois deslocam as sementes para longe das suas origens e, posteriormente, reorganiza-as sobre ou abaixo da superfície do solo (FUENTES, 2000). Assim, enquanto que a análise do número de sementes removidas é quantitativa, a análise da distância que uma semente é removida a partir da sua origem é qualitativa, pois determina a probabilidade que uma semente tem de germinar e recrutar para o próximo estágio de vida (SCHUPP, 1993; SCHUPP et al., 2010).

Entretanto, o rompimento de interações entre as plantas e os animais dispersores pode limitar o processo de dispersão (NATHAN e MULLER-LANDAU, 2000) e ainda promover a extinção local de algumas árvores tropicais (CORDEIRO e HOWE, 2003). Esse rompimento pode estar diretamente relacionado a atividades humanas, em consequência, por exemplo, da fragmentação e perda de habitats (CRAMER et al., 2007; GALETTI et al., 2013; MAGRACH et al., 2014). Nesse contexto, a ruptura na continuidade espacial pode alterar drasticamente a dinâmica das populações vegetais e de animais dispersores, influenciando diretamente no processo ecológico de dispersão (METZGER, 2000; GRAHAM, 2001; MORAN et al., 2004; JORDANO et al., 2006).

A ruptura na continuidade espacial florestal pode ser ocasionada pela construção de estradas, que além de facilitar o acesso das pessoas para a realização de atividades diversas, ainda promovem a formação de margens florestais lineares, que embora sejam comuns em várias florestas, o conhecimento dos seus impactos sobre o processo ecológico de dispersão ainda é pouco conhecido (PERES e LAKE, 2003; GOOSEM et al., 2007), estando os estudos concentrados nos efeitos advindos de margens formadas por matrizes mais extensas (MAGRACH et al., 2014). Dessa forma, várias pesquisas mostram que a fragmentação geralmente afeta mais negativamente a dispersão de plantas de sementes grandes, sendo que essa dispersão tende a ser menor na margem do que no interior da floresta, principalmente devido à perda local de grandes frugívoros, uma vez que são mais vulneráveis à fragmentação e perda de habitats (CRAMER et al., 2007; GALETTI et al., 2013; MAGRACH et al., 2014).

Em adição, os dispersores de grande porte além de serem naturalmente menos abundantes, se comparados aos pequenos frugívoros, ainda são preferencialmente mais caçados (ROBINSON e REDFORD, 1991; PERES, 2000; PERES e PALACIOS, 2007).

Dessa forma, a atividade humana de caça, que pode ser facilitada pela formação de margens florestais, contribui ainda mais para a redução das populações de animais dispersores (especialmente os de grande porte), o que afeta diretamente o processo ecológico de dispersão, por reduzir ou impedir a movimentação de sementes (ASQUITH et al., 1997; PERES e LAKE, 2003; WRIGHT et al., 2003; STONER et al., 2007; WANG et al., 2007; MARKL, 2012). Sendo assim, sementes não removidas são fadadas à mortalidade dependente da densidade, ou seja, a sofrerem ataques de predadores, como fungos, insetos ou vertebrados, inviabilizando a regeneração de populações vegetais (JANZEN, 1970; CORDEIRO et al., 2009).

Como alternativa para a solução desse problema destaca-se a cutia (*Dasyprocta* spp), um roedor estocador de médio porte, que é considerada um dos principais dispersores de espécies vegetais de sementes grandes, principalmente em florestas carentes de grandes frugívoros (GUIMARÃES et al., 2008). Apesar da cutia naturalmente agir como predador de sementes, por quebrar o endocarpo e consumir o endosperma, inviabilizando o embrião, as sementes estocadas pelo animal e não consumidas podem germinar e possibilitar a renovação da população. Entretanto, em algumas florestas, como na Floresta Nacional do Araripe Apodi (FLONA-Araripe), Nordeste do Brasil, esse animal é bastante caçado (MELO et al., 2014). Isso pode vir a comprometer severamente a regeneração de espécies vegetais dependentes desses roedores estocadores para a dispersão, como o que foi registrado, por exemplo, na Guiana e Suriname para *Carapa procera* (Meliaceae), uma espécie de grande importância socioeconômica e cultural para as populações humanas locais (FORGET e JANSEN, 2007).

Na FLONA-Araripe, *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae), espécie alvo desse trabalho, devido ao valor alimentício e medicinal dos seus frutos é bastante explorada em sua zona de ocorrência, representando uma destacada importância socioeconômica e cultural para as populações humanas locais (BRAGA, 1976; SOUSA JÚNIOR et al., 2013; CAVALCANTI et al., 2015; SILVA et al., 2015). Essa espécie vegetal tem a cutia como o seu principal dispersor, entretanto, além desse roedor foi observado que outros animais, como besouros (Coleoptera-Scarabaeidae), conhecidos no Brasil por rola-bosta, podem relacionar-se com outra espécie de mesmo gênero (*Caryocar brasiliense* Camb.), enterrando os diásporos maduros (VAZ-DE-MELO et al., 1998).

É bem difundido que os besouros rola-bostas desempenham importantes papéis ecológicos na natureza, tais como: adubação e aeração do solo, reciclagem de nutrientes, controle de parasitas e patógenos e dispersão de sementes (HALFFTER e MATTHEWS,

1966; NICHOLS et al., 2008; PÉREZ-RAMOS et al., 2013; MIDGLEY et al., 2015). Apesar de terem a capacidade de atuar no manejo e na remoção de frutos, o papel exercido como dispersores de sementes é um dos mais complexos (HALFFTER, 1991; PÉREZ-RAMOS et al., 2013; MIDGLEY et al., 2015). Nesse sentido, a maioria dos trabalhos associa a dispersão realizada por esses besouros ao enterro de sementes presentes em fezes de animais frugívoros (SHEPHERD e CHAPMAN, 1998; ANDRESEN, 2001). No entanto, outros estudos mostraram que besouros rola-bostas podem contribuir para a dispersão, enterrando sementes sem que as mesmas estejam envolvidas por fezes de animais frugívoros (PÉREZ-RAMOS et al., 2007; 2013; MIDGLEY et al., 2015). Nesse sentido, alterações ambientais (naturais ou antropogênicas) que levem à perda de grandes frugívoros e, conseqüentemente, o decréscimo de grandes massas fecais pode alterar o hábito alimentar desses besouros, o qual pode ser direcionado para o consumo de outros recursos disponíveis, como carcaças e frutos (HALFFTER, 1991). Nesse contexto, as populações humanas locais que vivem no entorno da FLONA-Araripe relatam que o besouro rola-bosta é um importante dispersor de *C. coriaceum*, por enterrar as sementes presentes nas fezes do gado ou os frutos em decomposição. As pessoas ainda vão mais além, afirmando que esses besouros só passaram a enterrar os frutos dessa espécie vegetal depois que a criação do gado na floresta foi proibida, há mais de dez anos.

Revelações como essa fortalecem a ideia de que a associação de estudos ecológicos com estudos etnoecológicos são essenciais para melhor favorecer a elaboração e implementação de estratégias eficientes de gestão e conservação, por resgatar e valorizar o conhecimento que as populações humanas locais têm sobre o ambiente terrestre, os ciclos naturais, a ocorrência e a abundância das espécies e os seus papéis no ambiente, bem como os usos e valores atribuídos (ALBUQUERQUE, 1999; HANAZAKI, 2003; PEDROSO-JÚNIOR e SATO, 2005; BARROSO et al., 2010). Tais estudos, associados às suas implicações sociais, ideológicas e éticas (TOLEDO, 1992), aumentam as chances de inclusão das populações humanas locais nas tomadas de decisões formais, em relação aos recursos que utilizam (ARRUDA, 2000). Sendo assim, o conhecimento ecológico local além de promover a maior participação das comunidades locais nas tomadas de decisões, pode fornecer novos insights sobre o uso sustentável dos recursos naturais.

Entretanto, a percepção e o conhecimento que as pessoas têm sobre o ambiente e os recursos que utilizam podem ser influenciados por fatores socioeconômicos, como a idade, uma vez que esse conhecimento é construído por meio de experiências adaptativas com os recursos naturais (GÓMEZ-BAGGETHUN e REYES-GARCÍA, 2013). Logo, a transmissão

do conhecimento ecológico local entre as gerações não é um processo fácil e sim muito complexo e fundamental, intimamente associado a aspectos ambientais, sociais e culturais (PAPWORTH et al. 2009; KAI et al., 2014; FERNÁNDEZ-LLAMAZARES et al., 2015). Nesse sentido, quando esse conhecimento não é compartilhado entre as diferentes gerações, as pessoas mais jovens tendem a não terem noção das recentes e rápidas mudanças dos aspectos relacionados ao ambiente, como a perda ou extinção de espécies (TURVEY, et al. 2010; FERNÁNDEZ-LLAMAZARES et al., 2015). Assim sendo, as pessoas podem contribuir menos com os planos de gestão e conservação e ainda provocar sobreexploração de recursos naturais, por não terem consciência das condições passadas desses recursos (PAPWORTH et al., 2009; BENDER et al., 2014; KAI et al., 2014).

A presente tese parte de um cenário que consiste em uma situação-modelo ideal, que são as ações humanas em interação com o processo ecológico de dispersão de uma espécie vegetal nativa (de sementes grandes) e de grande importância socioeconômica e cultural. Assim, exploramos um cenário da ecologia da dispersão que não tínhamos conhecimento, trazendo uma grande contribuição teórica, por inserir a variável humana no processo ecológico de dispersão, que por si só já é bastante complexo.

Portanto, a tese foi dividida em três partes (capítulos): a primeira parte trata da remoção (componente quantitativo) e da distância de dispersão de sementes de *C. coriaceum* (componente qualitativo), onde foi evidenciada a perda local de cutias, por intermédio da atividade de caça. A segunda parte tem a ver com as evidências de sobreexploração da cutia, que foram encontradas na primeira parte da tese. Assim, procuramos entender como está associado o conhecimento ecológico local sobre a caça desses animais, partindo da ideia da transferência de conhecimentos entre gerações; a terceira parte é sobre a possibilidade de besouros rola-bostas atuarem como dispersores secundários de *C. coriaceum*, a partir de evidências que surgiram nas partes anteriores desse trabalho.

REVISÃO DE LITERATURA

Conhecimento ecológico local intergeracional

O uso do conhecimento ecológico local (CEL) tem sido cada vez mais usado como uma importante ferramenta para acessar informações ecológicas, gerando uma maior participação das populações humanas locais na elaboração e aplicação de estratégias de conservação (BERKES et al., 2000; HUNTINGTON, 2000; TURVEY, 2015). Entretanto,

esse conhecimento não é distribuído uniformemente em uma população, pois é construído por meio de experiências adaptativas como os recursos naturais (GÓMEZ-BAGGETHUN e REYES-GARCÍA, 2013). Dessa forma, fatores socioeconômicos, como a idade podem influenciar a percepção e o conhecimento que as pessoas têm sobre o ambiente e os recursos que utilizam (HANAZAKI et al., 2013; CAMPOS et al., 2015), sendo que esse conhecimento pode ou não estar difundido entre as gerações (TURVEY et al., 2010; HANAZAKI et al., 2013; FERNÁNDEZ-LLAMAZARES et al., 2015). Assim, a transmissão de conhecimentos entre as gerações não é um processo fácil e sim muito complexo e fundamental, intimamente associado a aspectos ambientais, sociais e culturais (RUDLE, 1993; SOLDATI et al., 2015). Isto pode depender do convívio direto com o ambiente e da importância cultural das práticas exercidas, como, por exemplo, a caça, cuja importância e conhecimentos associados podem ser transferidos de geração a geração (SAYLES e MULRENANN, 2010).

Pessoas pertencentes a gerações mais antigas podem esquecer as suas próprias experiências (amnésia pessoal), não acompanhando as recentes e rápidas mudanças ambientais, por não se manterem em contato direto com o ambiente, exercendo atividades que realizavam no passado (PAPWORTH et al., 2009). Entretanto, conhecimentos relacionados aos aspectos ambientais do passado podem ser mantidos entre as pessoas mais jovens, mesmo diante severas mudanças ambientais, como a perda ou a extinção de espécies, em virtude da manutenção desse conhecimento entre as gerações (KAI et al., 2014). Em contrapartida, o conhecimento pode ser perdido entre as gerações mais jovens por não terem consciência das condições biológicas passadas (amnésia geracional), não sendo capazes de perceber mudanças ambientais, mesmo que sejam recentes (PAPWORTH et al., 2009; TURVEY et al., 2010). Sendo assim, as pessoas podem ser menos propensas com os planos de conservação (PAPWORTH et al., 2009; KAI et al., 2014), podendo provocar a sobreexploração de recursos (BENDER et al., 2014).

Nesse contexto, na bacia média do rio Yangtze (Ásia), as gerações mais jovens não percebem a diminuição da abundância de duas espécies de peixes importantes economicamente (*Tenualosa reevesii* e *Takifugu fasciatus*), embora as pessoas de todas as classes de idade tenham sido informadas da degradação ambiental do rio e do esgotamento dos recursos (TURVEY et al., 2010). Nesse mesmo estudo, os autores revelaram que as pessoas mais jovens sequer reconhecem duas espécies grandes (megafauna), que podem ter sido extintas no século XXI, sendo um golfinho (*Lipotes vexillifer*) e um peixe (*Psephurus gladius*), mostrando que até mesmo espécies de megafauna poderão ser rapidamente esquecidas pelas comunidades locais (Turvey et al. 2010). Assim, os grupos Tsimane (um

grupo de caçadores-coletores da Amazônia boliviana) estão bastante preocupados com o sucesso na transmissão do conhecimento ecológico local, devido a diferentes barreiras, tais como: a falta de comunicação entre as gerações, devido ao crescente desrespeito dos mais jovens para com os mais velhos; o enfraquecimento da importância e prática de diferentes ritos e crenças, que estão intimamente relacionados com a transmissão de conhecimentos; mudanças nos padrões de certas práticas de subsistência devido ao crescimento do mercado, impedindo que as gerações mais jovens passem mais tempo com os mais velhos; aumento da exposição dos jovens à escolaridade formal, levando-os a uma aprendizagem desanimadora do conhecimento ecológico local (FERNÁNDEZ-LLAMAZARES et al., 2015).

Já em outro estudo realizado na China, os resultados mostraram-se bem interessantes: no referido estudo, a partir de imagens foi revelado que as pessoas mais jovens não conseguiam identificar nenhuma ave extirpada em nível de espécie, mas essas mesmas pessoas conseguiam identificar mamíferos extintos a esse nível, em detrimento dos existentes (KAI et al., 2014). Os autores descobriram que os mamíferos extintos são espécies mais carismáticas do que as aves e que os jovens só estavam familiarizados com eles por meio de documentários de televisão e dos relatos dos mais velhos, que transmitem o conhecimento memorizado (KAI et al. 2014). Dessa forma, medidas visando à atualização sobre as condições do ambiente são necessárias, pois isso poderá incentivar a participação das mesmas nos planos de manejo e conservação (PAPWORTH et al., 2009).

A dispersão de sementes

A dispersão de sementes pode ser definida como sendo o deslocamento de diásporos a partir da planta-mãe (HOWE e SMALLWOOD, 1982), entretanto, casualmente, pode-se dizer que é o transporte de propágulos por agentes bióticos ou abióticos para longe da sua origem (KOLLMANN, 2000). Entretanto, a dispersão não é um simples processo primário de transporte de sementes, uma vez que outros fatores e processos contribuem para a distribuição e abundância das plantas (KOLLMANN, 2000). Entender a dispersão de sementes é fundamental para a compreensão da dinâmica populacional de plantas e comunidades (MULLER-LANDAL et al., 2008), podendo uma grande diversidade de agentes dispersores (bióticos e abióticos) contribuir para o sucesso da dispersão (JORDANO et al., 2007).

Tal sucesso tem sido reconhecido como um dos fatores mais importantes para o recrutamento das plantas, distribuição espacial e viabilidade a longo prazo das populações (JANZEN, 1970; HOWE, 1984; ASQUITH et al., 1999). Fatores que influenciam a

disponibilidade absoluta de sementes para a dispersão são determinados ainda na fase que a antecede (pré-dispersão), de modo que todas as sementes produzidas em uma população representa o número máximo que pode, efetivamente, recrutar em um dado episódio reprodutivo (JORDANO et al., 2006). Entretanto, o mecanismo de dispersão é muito complexo, que compreende etapas e processos muito distintos, envolvendo uma grande variedade de plantas e animais dependentes uns dos outros (HOWE e SMALLWOOD, 1982; WANG e SMITH, 2002; SCHUPP et al., 2010). Contudo, a quebra dessa interação devido à coleta excessiva de frutos e sementes (PERES et al., 2003; TUCK HAUGAASEN et al., 2010), à caça predatória (ASQUITH et al., 1997; WRIGHT et al., 2003; MARKL et al. 2012) e à fragmentação de habitats (CORDEIRO e HOWE, 2003; HERRERA e GARCÍA, 2010) pode trazer sérios prejuízos para ambos (JORDANO et al., 2006).

A produção e dispersão de sementes são processos criticamente importantes na dinâmica da população, pois nem todos os locais apropriados para uma determinada espécie são atingidos por suas sementes (MULLER-LANDAU et al., 2002; GORCHOV et al., 2004). Enquanto que a análise do número médio de sementes removidas é quantitativa, a análise da distância em que uma semente é removida a partir da planta-mãe é qualitativa, pois afeta a probabilidade que uma semente tem de germinar e recrutar para o estágio seguinte da vida. (HOLBROOK e LOISELLE, 2009). Neste contexto, estudos têm relatado que a distância média de remoção de sementes não tem ultrapassado de 10 m da planta-mãe (FORGET, 1990; TUCK HAUGAASEN et al., 2010). Entretanto, a influência da sazonalidade e o estado de conservação dos ambientes devem ser destacados nos movimentos das sombras de sementes resultantes (JEROZOLIMSKI et al., 2009; TUCK HAUGAASEN et al., 2010).

Sementes não removidas das suas origens são sujeitas à elevada predação por organismos como fungos, insetos e vertebrados, afetando o sucesso da dispersão (JANZEN, 1971; FORGET, 1996). Neste sentido, várias espécies de insetos são especializadas para uma vida de predação (pré e pós-dispersão) (WILSON e TRAVESET, 2000), porém outras podem contribuir positivamente com a dispersão (SHEPHERD e CHAPMAN, 1998; ANDRESEN, 2001; 2003).

O potencial dos diferentes modos de dispersão varia muito. Tanto o vento como os vertebrados podem potencialmente transportar sementes para longe da planta-mãe, mas as formigas e os mecanismos de balística, normalmente, geram sombras de sementes menores (WILSON e TRAVESET, 2000). Portanto, por deslocar as sementes para longe da origem, os vertebrados desempenham um importante papel na dispersão (FUENTES, 2000).

Frugivoria e dispersão de sementes em ambientes fragmentados

Ações humanas nos ecossistemas naturais têm gerado intensa fragmentação e perda de habitats naturais, gerando não somente perda de biodiversidade, mas também perda de interações entre espécies e de funções ecológicas nos ecossistemas remanescentes (DIAZ et al., 2006; CARDINALE et al., 2012). Um dos serviços ecossistêmicos mais importantes para a manutenção da biodiversidade e funções ecológicas, e também para a regeneração e resiliência desses habitats é a dispersão de sementes (JORDANO et al., 2006). Incorporado no ciclo de vida das plantas superiores, o processo de dispersão de sementes, ou seja, o deslocamento de sementes a partir da planta-mãe liga o estágio reprodutivo das plantas adultas (produção de flores, polinização e produção de frutos) com o processo de germinação das sementes, estabelecimento e sobrevivência das plântulas até se tornarem adultos reprodutivos (WANG e SMITH, 2002; McCONKEY et al., 2012). Assim, a dispersão de sementes, além de promover o fluxo gênico de grande parte das espécies de plantas dentro e entre os habitats, também promovem a chegada de sementes e a colonização de espécies vegetais em clareiras e áreas desflorestadas, favorecendo assim a regeneração e a resiliência dos habitats (JORDANO et al., 2006).

A ruptura na continuidade espacial, causada pela fragmentação e perda de habitat, pode alterar profundamente a dinâmica das populações de plantas e dispersores, e conseqüentemente a dinâmica e funcionamento dos habitats remanescentes (MORAN et al., 2004; JORDANO et al., 2006). O grau de isolamento de um fragmento, por exemplo, pode comprometer muito essas interações. Devido a incapacidade de diversos animais frugívoros cruzarem áreas abertas ou ainda, evitarem ambientes perturbados (ESTRADA et al., 1993; SILVA et al., 1996), fragmentos isolados tendem a receber menos sementes de outras áreas e, além disso a ter menor abundância e riqueza de animais frugívoros (JORDANO et al., 2006). Os efeitos do isolamento, no entanto, podem ser diferentes em relação ao tipo de matriz dominante ao redor do fragmento e, em maior escala, pela estrutura e configuração da paisagem onde o fragmento está inserido. Tais fatores podem influenciar a conectividade da paisagem, alterando a capacidade de animais e sementes se movimentarem entre os fragmentos (METZGER, 2000; GRAHAM, 2001).

Alguns estudos recentes têm abordado a influência que os remanescentes de habitat e/ou seu isolamento de outros remanescentes exercem em vários estágios do ciclo de dispersão de sementes. De modo geral, o recrutamento de plantas em paisagem fragmentadas

e perturbadas é limitado pela dispersão (CORDEIRO et al., 2009; LEHOUCK et al., 2009; HERRERA e GARCIA, 2010). A diminuição da área do fragmento, assim como o aumento de seu isolamento podem reduzir as taxas de remoção de frutos (GALETTI et al., 2003) e a distância de dispersão dentro e entre os fragmentos (CORDEIRO et al., 2009; KIRIKA et al., 2008; LEHOUCK et al., 2009; URIARTE et al., 2011; CARLO et al., 2013). No entanto, a fragmentação, em certos sistemas de estudo, pode também favorecer a eficiência da dispersão de algumas espécies vegetais de sementes pequenas, como, por exemplo, *Prunus africana* (Rosaceae) (FARWIG et al., 2006; MENKE et al. 2013).

A fragmentação do hábitat geralmente afeta mais negativamente a dispersão de plantas com sementes grandes (CRAMER et al. 2007; GALETTI et al. 2013; MAGRACH et al. 2014). O movimento dessas sementes geralmente está associado à dispersão por grandes frugívoros e estes além de serem naturalmente menos abundantes, comparados aos pequenos frugívoros, muitas vezes são alvos de caçadores (ROBINSON e REDFORD, 1991; MORAN et al., 2004; MCCONKEY et al., 2012). Assim, com a diminuição do fluxo de sementes grandes nas paisagens, torna-se mais difícil a dispersão e estabelecimento de plantas tardias, típicas de florestas primárias em paisagens fragmentadas (CRAMER et al., 2007; TERBORGH et al., 2008).

Dispersão de sementes em florestas defaunadas

As florestas tropicais são reconhecidas pela grande biodiversidade, e também pelas altas taxas anuais de desmatamento. Embora o desmatamento seja aparentemente a maior ameaça a estes ambientes, outro risco que passa muitas vezes despercebido, mesmo em uma floresta repleta de árvores centenárias, é a perda de fauna ocasionada pela atividade de caça (REDFORD, 1992).

O fenômeno conhecido como defaunação, refere-se à baixa populacional ou a perda de espécies de animais de médio e grande porte, provocada direta ou indiretamente por ações humanas (DIRZO e MIRANDA, 1991; GALETTI e DIRZO, 2013), e recebeu maior atenção da comunidade científica somente a partir do fim década de 1980 (GALETTI e DIRZO, 2013). Trabalhos pioneiros como o de Redford (1992), onde o termo “Síndrome da Floresta Vazia” foi cunhado e o clássico experimento em campo de Dirzo e Miranda (1991) chamam atenção para as consequências da quebra de interações ecológicas provocada pela defaunação.

Desde o trabalho de Dirzo e Miranda (1991) comparando padrões de herbivoria em Los Tuxtlas (área defaunada) com Montes Azules (não defaunada), no México, diversas pesquisas vêm abordando a temática defaunação (GALETTI e DIRZO, 2013). Em 2003, Wright apresenta uma revisão dos efeitos da caça, entre os quais a dispersão e a predação de sementes. Em 2007, o periódico científico *Biotropica* lança um número especial (vol. 39, *Pervasive consequences of hunting for tropical forests*) tratando das consequências da caça. Em 2013, a revista *Biological conservation* dedicou uma seção especial à defaunação (vol. 163, *Defaunation's impact in tropical ecosystems*). Em ambas as seções especiais desses periódicos, a dispersão de sementes é um dos destaques dentro dos estudos de defaunação.

Uma das características mais marcantes da defaunação contemporânea é que os animais grandes são as espécies mais propensas a desaparecer (como também foi o caso da defaunação ocorrida entre o fim do Pleistoceno e ao longo do Holoceno) (CARDILLO et al., 2005 ; HANSEN e GALETTI, 2009). Animais de grande porte naturalmente são mais raros, quando comparados a espécies menores, mas suas populações podem ser ainda mais reduzidas pela caça. Espécies grandes têm suas populações muitas vezes menores em áreas onde são muito caçadas do que em áreas sem ou com baixa pressão de caça (PERES e PALACIOS, 2007).

No caso de frugívoros, outro fato que marca as espécies grandes, é que estas interagem com plantas de frutos grandes. Em florestas tropicais, onde a zoocoria pode corresponder a até 90 % das espécies arbóreas (HOWE e SMALLWOOD, 1982) a perda da fauna dispersora pode causar drásticas alterações na comunidade vegetal. Uma vez perdido os dispersores, as espécies que dependiam deles passam a ter sua regeneração ameaçada (STONER et al., 2007).

Dispersores substitutos

O relaxamento competitivo tem sido sugerido como um dos efeitos da defaunação de espécies médias e grandes, que levaria a um aumento na população de animais menores ou não preferidos pelos caçadores (WRIGHT, 2003; DIRZO et al., 2007). De fato, dados têm demonstrado que primatas, carnívoros intermediários e pequenos roedores podem aumentar suas populações, em resposta à perda de espécies maiores ou competidoras (KEESING, 2000; PERES e PALACIOS, 2007; LEVI e WILMERS, 2011).

Quando frugívoros menores persistem em altas abundâncias, e potencialmente dispersam as mesmas espécies que os grandes frugívoros, podem não compensar a dispersão

em termos de quantidade e qualidade (DONATTI et al., 2009). Essa dispersão por agentes não preferenciais é, por exemplo, o que garante que mesmo plantas anacrônicas (que eram dispersas pela megafauna) continuem a existir (GUIMARÃES et al., 2008). É claro que quando os grandes ou melhores dispersores são perdidos, as espécies que dependiam deles sofrem alterações de distribuição espacial (podem ter recrutamento mais adensado) e mesmo no fluxo gênico (WRIGHT, 2003; TERBORGH et al., 2008; SANT'ANNA et al., 2013).

Recentemente, Galetti et al. (2013) apresentaram dados muito interessantes demonstrando como a extinção de grandes frugívoros altera até mesmo o caminho evolutivo da espécie dispersada. Nesse trabalho, os pesquisadores visualizaram além da questão regeneração ou dispersão, já que a espécie de estudo, o palmito-juçara (*Euterpe edulis*), continuava a ser dispersa e ter sucesso no recrutamento em áreas defaunadas. Nessas áreas, o palmito é disperso principalmente por sabiás (*Turdus* spp), que podem aumentar suas populações em ambientes defaunados (FADINI et al., 2009), além de ter um efeito mais positivo na germinação do palmito que outras aves (DE BARROS LEITE et al., 2012). Entretanto, devido ao tamanho de abertura de bico limitado, os sabiás só conseguem dispersar frutos de palmito de até 12 mm. Assim, as palmeiras que produzem frutos com tamanhos menores foram selecionadas em ambientes defaunados, enquanto áreas com tucanos (*Ramphastos* spp) também mantêm palmitos com maior tamanho de frutos e sementes, que são melhores em condições de estresse hídrico (GALETTI et al., 2013).

Portanto, mesmo que em termos de biomassa possa haver compensação das espécies “ganhadoras” em relação às “perdedoras”, em termos de efetividade ecológica, raramente isso poderá ocorrer. Estudos que venham a trabalhar nessa linha devem levar em conta as características de história natural das espécies (dispersadas e dispersores), padrões de deposição da semente (e recrutamento) e complementaridade entre os diferentes dispersores (ver CAMPOS-ARCEIZ et al., 2012; BUENO et al., 2013).

Porém, talvez mais danoso à regeneração florestal que alterações nas guildas de grandes para pequenos frugívoros, seja o aumento na população de pequenos roedores, por serem predadores de sementes (WRIGHT, 2003; DIRZO et al., 2007). Florestas onde esses animais são abundantes, a regeneração florestal entra em colapso, como observado em pequenas ilhas do Lago Gatun, no Panamá (ASQUITH et al., 1997). Contudo, nessas ilhas, além dos competidores, os predadores igualmente estão ausentes. Novos trabalhos que enfoquem efeitos compensatórios devem levar em conta tanto a abundância das espécies competidoras, quanto à abundância dos predadores.

Predadores e a dispersão de sementes

Predadores controlam o tamanho populacional de presas, assim espera-se que efeitos cascata se sigam sobre as espécies com as quais suas presas interagem (ESTES et al., 2011). Se uma espécie de frugívoro for melhor competidora, na ausência do predador poderá dominar a comunidade, e se ao mesmo tempo não for um dispersor de alta qualidade poderá alterar a dinâmica de recrutamento florestal.

Embora, ao contrário do que acontece em regiões temperadas, onde a ausência de predadores ocasiona explosões populacionais nas espécies predadas (CÔTÉ et al., 2004), em ambientes tropicais isso raramente acontece (BRODIE e GIORDANO, 2013), salvo exceções de espécies não caçadas (pequenos roedores) ou em áreas livres de caça (ASQUITH et al., 1997; BOVENDORP e GALETTI, 2007). De fato, nos trópicos as espécies presas são mais caçadas que os predadores, e mesmo quando os predadores são caçados, as presas igualmente são. Geralmente é a baixa populacional de presas que tem levado ao declínio dos predadores de topo como onças-pintadas (PAVIOLO et al., 2008).

Os primatas na Mata Atlântica podem ser considerados uma exceção entre os grandes frugívoros, onde em parte do bioma o grupo raramente é caçado para o consumo humano (CULLEN et al., 2000; BROCARDO e CÂNDIDO JÚNIOR, 2012; BROCARDO et al., 2012). Dessa forma, suas populações podem aumentar na ausência de predadores naturais como aves de rapina e felinos (SÃO BERNARDO e GALETTI, 2004; MARTINS, 2005; ARAÚJO et al., 2008).

Mas, mesmo os primatas sendo conhecidos como dispersores de sementes, a alta populacional, em alguns casos, poderia causar danos à regeneração florestal. O gênero *Sapajus*, a exemplo, são excelentes dispersores de sementes, mas também são predadores de algumas delas (GALETTI e PEDRONI, 1994). Em uma área contínua da Amazônia *S. apella* prejudicou cerca de 99 % das sementes de *Cariniana micrantha* em atividades de predação pré-dispersão (PERES, 1991). Na Mata Atlântica, *S. nigritus* preda o meristema apical de adultos e jovens de *Euterpe edulis*, o que indiretamente interfere no potencial reprodutivo dessa palmeira chave para frugívoros (BROCARDO et al., 2010). Conseguir dados que liguem a baixa de predadores sobre os processos de dispersão parece ser um dos grandes desafios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, U.P. La importância de los estudios etnobiológicos para establecimiento de estrategias de manejo y conservación en las florestas tropicales. **Biotemas**, v.12, n.1, p.31-47, 1999.

ANDRESEN, E. Effects of dung presence, dung amount and secondary dispersal by dung beetles on the fate of *Micropholis guyanensis* (Sapotaceae) seeds in Central Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, v.78, p.17:61, 2001.

ANDRESEN, E. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. **Ecography**, v.26, n.1, p.87–97, 2003.

ARAÚJO, R. M. D., SOUZA, M. B. D.; RUIZ-MIRANDA, C. R. Densidade e tamanho populacional de mamíferos cinegéticos em duas Unidades de Conservação do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v.98, n.3, p.391-396, 2008.

ARRUDA, R. S. V. “Populações Tradicionais” e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação. In: DIEGUES, A. C. (Org.). **Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos**. São Paulo: HUCITEC/NUPAUB, p.273-290, 2000.

ASQUITH, N. M.; WRIGHT, S. J.; CLAUSS, M. J. Does mammal community composition control recruitment in neotropical forests? Evidence from panama. **Ecology**, v.78, n.3, p.941-946, 1997.

ASQUITH, N. M.; TERBORGH, J.; ARNOLD, A. E.; RIVEROS, C. M. The fruits the agouti ate: *Hymenaea courbaril* seed fate when its disperser is absent. **Journal of Tropical Ecology**, v.15, n.2, p.229-235, 1999.

BARROSO, R. M.; REIS, A.; HANAZAKI, N. Etnoecologia e etnobotânica da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) em comunidades quilombolas do Vale do Ribeira, São Paulo. **Acta Botanica Brasilica**, v.24, n.2, p.518-528, 2010.

BECK, H.; SNODGRASS, J. W.; THEBPANYA, P. Long-term exclosure of large terrestrial vertebrates: Implications of defaunation for seedling demographics in the Amazon rainforest. **Biological Conservation**, v.163, p.115-121, 2013.

BENDER, M. G.; MACHADO, G. R.; SILVA, P. J. A.; FLOETER, S. R.; MONTEIRO-NETO, C.; LUIZ, O. J.; FERREIRA, C. E. L. Local Ecological Knowledge and Scientific Data Reveal Overexploitation by Multigear Artisanal Fisheries in the Southwestern Atlantic. **PLoS ONE** 9(10): e110332. doi:10.1371/journal.pone.0110332, 2014.

BERKES, F.; COLDING, J.; FOLKE, C. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. **Ecological Applications**, v.10, p.1251–1262, 2000.

BOVENDORP, R. S.; GALETTI, M. Density and population size of mammals introduced on a land-bridge island in southeastern Brazil. **Biological Invasions**, v.9, p.353-357, 2007.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3.ed. Mossoró: ESAM, 540pp, 1976.

BROCARD, C. R.; GONÇALVES, H. S.; ZIPPARRO, V. B.; GALETTI, M. Predation of Adult Palms by Blackcapuchin Monkeys (*Cebus nigritus*) in the Brazilian Atlantic Forest. **Neotropical Primates**, v.17, p.70-74, 2010.

BROCARD, C. R.; ZIPPARRO, V. B.; DE LIMA, R. A. F.; GUEVARA, R.; GALETTI, M. No changes in seedling recruitment when terrestrial mammals are excluded in a partially defaunated Atlantic rainforest. **Biological Conservation**, v.163, p.107-114, 2013.

BRODIE, J. F.; GIORDANO, A. Lack of trophic release with large mammal predators and prey in Borneo. **Biological Conservation**, v.163, p.58-67, 2013.

BUENO, R. S.; GUEVARA, R.; RIBEIRO, M. C.; CULOT, L.; BUFALO, F. S.; GALETTI, M. Functional Redundancy and Complementarities of Seed Dispersal by the Last Neotropical Megafrugivores. **PLoS ONE** 8(2): e56252. doi:10.1371/journal.pone.0056252, 2013.

CAMPOS, L. Z. O.; ALBUQUERQUE, U. P.; PERONI, N.; ARAÚJO, E. L. Do socioeconomic characteristics explain the knowledge and use of native food plants in semiarid environments in Northeastern Brazil? **Journal of Arid Environments**, v.115, p.53-61, 2015.

CAMPOS-ARCEIZ, A.; TRAEHOLT, C.; JAFFAR, R.; SANTAMARIA, L.; CORLETT, R. T. Asian Tapirs Are No Elephants When It Comes To Seed Dispersal. **Biotropica**, v.44, p. 220-227, 2012.

CARDILLO, M.; MACE, G. M.; JONES, K. E.; BIELBY, J.; BININDA-EMONDS, O. R. P.; SECHREST, W.; ORME, C. D. L.; PURVIS, A. Multiple Causes of High Extinction Risk in Large Mammal Species. **Science**, v.309, p.1239-1241, 2005.

CARDINALE, B. J.; DUFFY, E.; GONZALEZ, A.; HOOPER, D. U.; PERRINGS, C.; VENAIL, P.; NARWANI, A.; MACE, G. M.; TILMAN, D.; WARDLE, D. A.; KINZIG, A. P.; DAILY, G. C.; LOREAU, M.; GRACE, J. B.; LARIGAUDERIE, A.; SRIVASTAVA, D. S.; NAEEM, S. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v.486, p.59-67, 2012.

CARLO, T. A.; GARCIA, D.; MARTÍNEZ, D.; GLEDITSCH, J. M.; MORALES, J. M. Where do seeds go when they go far? Distance and directionality of avian seed dispersal in heterogeneous landscapes. **Ecology**, 94, n.2, p.301–307, 2013.

CAVALCANTI, M. C. B. T.; RAMOS, M. A.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Implications from the use of Non-timber Forest Products on the consumption of wood as a fuel source in human-dominated semiarid landscapes. **Environmental Management**, v.56, p.389-401, 2015.

CORDEIRO, N. J.; HOWE, H. F. Forest fragmentation severs mutualism between seed dispersers and an endemic African tree. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.100, n.24, p.14052-14056, 2003.

CORDEIRO, N. J.; NDANGALASI, H. J.; MCENTEE, J. P.; HOWE, H. F. Disperser limitation and recruitment of an endemic African tree in a fragmented landscape. **Ecology**, v.90, p.1030-1041, 2009.

CÔTÉ, S. D.; ROONEY, T. P.; TREMBLAY, J-P.; DUSSAULT, C.; WALLER, D. M. Ecological Impacts of Deer Overabundance. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.35, p.113-147, 2004.

CRAMER, J. M.; MESQUITA, R. C. G.; WILLIAMSON, G. B. Forest fragmentation differentially affects seed dispersal of large and small-seeded tropical trees. **Biological Conservation**, v.137, p.415–423, 2007.

DE BARROS LEITE, A.; BRANCALION, P. H. S.; GUEVARA, R.; GALETTI, M. Differential seed germination of a keystone palm (*Euterpe edulis*) dispersed by avian frugivores. **Journal of Tropical Ecology**, v.28, p.615-618, 2012.

DEMATTIA, E. A.; CURRAN, L. M.; RATHCKE, B. J. Effects of Small Rodents and Large Mammals on Neotropical Seeds. **Ecology**, v.85, p.2161-2170, 2004.

DÍAZ, S.; FARGIONE, J.; CHAPIN III, F. S.; TILMAN, D. Biodiversity loss threatens human well-being. **PLoS Biology** 4(8): e277. DOI: 10.1371/journal.pbio.0040277, 2006.

DIRZO, R.; MIRANDA, A. M. Altered patterns of herbivory and diversity in forest understory: a case study of the possible consequences of contemporary defaunation. **In: PRICE, P. W.; LEWINSOHN, T. M.; FERNÁNDEZ, G. W.; BENSON, W. W. (Eds.). Plant-Animal interactions: Evolutionary ecology in tropical and temperate regions.** New York: John Wiley and Sons Inc, p.273-287, 1991.

DIRZO, R.; MENDOZA, E.; ORTÍZ, P. Size-Related Differential Seed Predation in a Heavily Defaunated Neotropical Rain Forest. **Biotropica**, v.39, p.355-362, 2007.

DONATTI, C. I.; GUIMARÃES, P. R.; GALETTI, M.; PIZO, M. A.; MARQUITTI, F. M. D.; DIRZO, R. Analysis of a hyper-diverse seed dispersal network: modularity and underlying mechanisms. **Ecology Letters**, v.14, p.773-781, 2011.

ESTES, J. A.; TERBORGH, J.; BRASHARES, J. S.; POWER, M. E.; BERGER, J.; BOND, W. J.; CARPENTER, S. R.; ESSINGTON, T. E.; HOLT, R. D.; JACKSON, J. B. C.; MARQUIS, R. J.; OKSANEN, L.; OKSANEN, T.; PAINE, R. T.; PIKITCH, E. K.; RIPPLE,

W. J.; SANDIN, S. A.; SCHEFFER, M.; SCHOENER, T. W.; SHURIN, J. B.; SINCLAIR, A. R. E.; SOULÉ, M. E.; VIRTANEN, R.; WARDLE, D. A. Trophic Downgrading of Planet Earth. **Science**, v.333, p.301-306, 2011.

ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, R.; MERITT, J. R. D. A.; MONTIEL, S.; CURIEL, D. Patterns of frugivore species richness and abundance in forest islands and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. **Vegetatio**, v.107/108, p.245-257, 1993.

FADINI, R. F.; FLEURY, M.; DONATTI, C. I.; GALETTI, M. Effects of frugivore impoverishment and seed predators on the recruitment of a keystone palm. **Acta Oecologica**, v.35, p.188-196, 2009.

FARWIG, N.; BÖHNING-GAESE, K.; BLEHER, B. Enhanced seed dispersal of *Prunus Africana* in fragmented and disturbed forests? **Oecologia**, v.147, p.238-252, 2006.

FERNÁNDEZ-LLAMAZARES, A.; ISABEL, D-R.; LUZ, A. C.; CABEZA, M.; PYHÄLÄ, A.; REYES-GARCÍA, V. Rapid ecosystem change challenges the adaptive capacity of Local Environmental Knowledge. **Global Environmental Change**, v.31, p.272–284, 2014.

FORGET, P-M. Seed dispersal of *Vouacapoua Americana* (Caesalpineaceae) by caviomorph rodents in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology**, v.6, n.4, p.459-468, 1990.

FORGET, P-M. Removal of seeds of *Carapa procera* (Meliaceae) by rodents and their fate in rainforest in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology**, v.12, p.751-761, 1996.

FORGET, P-M.; JANSEN, P. A. Hunting Increases Dispersal Limitation in the Tree *Carapa procera*, a Nontimber Forest Product. **Conservation Biology**, v.21 n.1, p.106-113, 2007.

FUENTES, M. Frugivory, seed dispersal and plant community ecology. **Trends in Ecology and Evolution**, v.15, n.12. p.487-488, 2000.

GALETTI, M.; PEDRONI, F. Seasonal diet of capuchin monkeys (*Cebus apella*) in a semideciduous forest in south-east Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.10, p.27-39, 1994.

GALETTI, M.; ALVES-COSTA, C. P.; CAZETTA, E. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. **Biological Conservation**, v.111, p.269–273, 2003.

GALETTI, M.; DIRZO, R. Ecological and evolutionary consequences of living in a defaunated world. **Biological Conservation**, v.163, p.1-6, 2013.

GALETTI, M.; GUEVARA, R.; CÔRTEZ, M. C.; FADINI, R.; VON MATTER, S.; LEITE, A. B.; LABECCA, F.; RIBEIRO, T.; CARVALHO, C. S.; COLLEVATTI, R. G.; PIRES, M. M.; GUIMARÃES JR., P. R.; BRANCALION, P. H.; RIBEIRO, M. C.; JORDANO, P. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. **Science**, v.340, p.1086-1089, 2013.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; REYES-GARCÍA, V. Reinterpreting change in traditional ecological knowledge. **Human Ecology**, v.41, p.643-647, 2013.

GOOSEM, M. Fragmentation impacts caused by roads through rainforests. **Current Science**, v.93, p.1587-1595, 2007.

GORCHOV, D. L.; PALMERIM, J. M.; JARAMILLO, M.; ASCORRA, C. F. Dispersal of seeds of *Hymenaea courbaril* (Fabaceae) in a logged rain forest in the Peruvian Amazonian. **Acta Amazonica**, v.34, n.2, p.265-273, 2004.

GRAHAM, C. H. Factors influencing movement patterns of Keel-billed toucans in a fragmented tropical landscape in southern Mexico. **Conservation Biology**, v.15, p.1789-1798, 2001.

GUIMARÃES, P. R., JR.; GALETTI, M.; JORDANO, P. Seed Dispersal Anachronisms: Rethinking the Fruits Extinct Megafauna Ate. **PLoS ONE** 3(3): e1745.doi:10.1371/journal.pone.0001745, 2008.

HALFFTER, G. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Folia Entomologica Mexicana**, v.82, p. 195-238, 1991.

- HALFFTER, G.; MATHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of the subfamily scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Folia Entomologica Mexicana**, v.12, n.14, p.1-312, 1966.
- HANAZAKI, N. Comunidades, conservação e manejo: o papel do conhecimento ecológico local. **Biotemas**, v.16, n.1, p.23-47, 2003.
- HANAZAKI, N.; HERBST, D. F.; MARQUES, M. S.; & VANDEBROEK, I. Evidence of the shifting baseline syndrome in ethnobotanical research. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v.9, p.75, 2013.
- HANSEN, D. M.; GALETTI, M. The Forgotten Megafauna. **Science**, v.324, p.42-43, 2009.
- HERRERA, J. M.; GARCÍA, D. Effects of Forest Fragmentation on Seed Dispersal and Seedling Establishment in Ornithochorous Trees. **Conservation Biology**, v.24, n.4, p.1089-1098, 2010.
- HUNTINGTON, H. P. Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. **Ecological Applications**, v.10, p.1270-1274, 2000.
- HOLBROOK, K. M.; LOISELLE, B. A. Dispersal in a Neotropical tree, *Virola flexuosa* (Myristicaceae): Does hunting of large vertebrates limit seed removal? **Ecology**, v.90, n.6, p.1449-1455, 2009.
- HOWE, H. F. Implications of seed dispersal by animals for tropical reserve management. **Biological Conservation**, v.30, n.3, p.261-281, 1984.
- HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of Seed Dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.13, p.201-228, 1982.
- JANZEN, D.H. Herbivores and the Number of Tree Species in Tropical Forest. **The American Naturalist**, v.104, n.940, p.501-528, 1970.

JANZEN, D.H. Seed Predation by Animals. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.2, p.465-492, 1971.

JEROZOLIMSKI, A.; RIBEIRO, N. B. M.; MARTINS, M. Are tortoises important seed dispersers in Amazonian forests? **Oecologia**, v.161, n.3, p.517-528, 2009.

JORDANO, P.; GALETTI, M.; PIZO, M. A.; SILVA, W. R. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. In: ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H.G.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M. A. S. (Eds.). **Biologia da Conservação: Essências**. São Carlos: Editora Rima, p.411-436, 2006.

JORDANO, P.; GARCÍA, C.; GODOY, J. A.; GARCÍA-CATAÑO, J. L. Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.104, n.9, p.3278-3282, 2007.

KAI, Z.; WOAN, T. S.; JIE, L.; GOODALE, E.; KITAJIMA, K.; BAGCHI, R.; HARRISON, R. D. Shifting Baselines on a Tropical Forest Frontier: Extirpations Drive Declines in Local Ecological Knowledge. **PLoS ONE** 9(1): e86598. doi:10.1371/journal.pone.0086598, 2014.

KEESING, F. Cryptic Consumers and the Ecology of an African Savanna. **BioScience**, v.50, p.205-215, 2000.

KOLLMANN, J. Dispersal of fleshy-fruited species: a matter of spatial scale? **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.3, n.1, p.29-51, 2000.

KIRIKA, J. M.; BLEHER, B.; BÖHNING-GAESE, K.; CHIRA, R.; FARWIG, N. Fragmentation and local disturbance of forests reduce frugivore diversity and fruit removal in *Ficus thonningii* trees. **Basic and Applied Ecology**, v.9, p.663–672, 2008.

LEHOUCK, V.; SPANHOVE, T.; VANGESTEL, C.; CORDEIRO, N. J.; LENS, L. Does landscape structure affect resource tracking by avian frugivores in a fragmented Afrotropical forest? **Ecography**, v.32, p.789-799, 2009.

LEVI, T.; WILMERS, C. C. Wolves-coyotes-foxes: a cascade among carnivores. **Ecology**, v.93, p.921-929, 2011.

MAGRACH, A.; LAURANCE, W. F.; LARRINAGA, A. R.; SANTAMARIA, L. Meta-Analysis of the effects of forest fragmentation on interspecific interactions. **Conservation Biology**, v.00, p.1-7, 2014.

MCCONKEY, K. R.; PRASAD, S.; CORLETT, R. T.; CAMPOS-ARCEIZ, A.; BRODIE, J. F.; ROGERS, H.; SANTAMARIA, L. Seed dispersal in changing landscapes. **Biological Conservation**, v.146, p.1-13, 2012.

MARKL, J. S.; SCHLEUNING, M.; FORGET, P-M.; JORDANO, P.; LAMBERT, J. E.; TRAVESET, A.; WRIGHT, S. J.; BÖHNING-GASE, K. Meta-Analysis of the effects of human disturbance on seed dispersal by Animals. **Conservation Biology**, v.26, p.1072-1081, 2012.

MARTINS, M. M. Density of Primates in Four Semi-deciduous Forest Fragments of São Paulo, Brazil. **Biodiversity & Conservation**, v.14, p.2321-2329, 2005.

MELO, R. S.; SILVA, O. C.; SOUTO, A.; ALVES, R. M. N.; SCHIEL, N. The role of mammals in local communities living in conservation areas in the Northeast of Brazil: an ethnozoological approach. **Tropical Conservation Science**, v.7, p. 423-439, 2014.

MENKE, S.; BÖHNING-GAESE, K.; SCHLEUNING, M. Plant-frugivore networks are less specialized and more robust at forest-farmland edges than in the interior of a tropical forest. **Oikos**, v.121, p.1553-1566, 2012.

METZGER, J. P. Tree functional group richness and landscape structure in a Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, v.10, p1147-1161, 2000.

MIDGLEY, J. J.; WHITE, J. D. M.; JOHSON, S. D.; BRONNER, G. N. Faecal mimicry by seeds ensures dispersal by dung beetles. **Nature plants**, 15141, doi:10.1038/nplants.2015.141, 2015.

MORAN, C.; CATTERALL, C. P.; GREEN, R. J.; OLSEN, M. F. Functional variation among frugivorous birds: implications for rainforest seed dispersal in a fragmented subtropical landscape. **Oecologia**, v.141, p.584-595, 2004.

MULLER-LANDAU, H. C.; WRIGHT, S. J.; CALDERÓN, O.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B. Assessing recruitment limitation: concepts, methods and case-studies from a tropical forest. In: LEVEY, D. J.; SILVA, W. R.; GALETTI, M. (Eds.). **Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation**. CAB International, Wallingford, UK. p.35-53, 2002.

MULLER-LANDAU, H. C.; WRIGHT, S. J.; CALDERÓN, O.; CONDIT, R.; HUBBELL, S. P. Interspecific variation in primary seed dispersal in a tropical forest. **Journal of Ecology**, v.96, n.4, p.653-667, 2008.

NATHAN, R.; MULLER-LANDAU, H. C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. **Trends in Ecology and Evolution**, v.15, n.7, p.278-285, 2000.

NICHOLS, E.; SPECTOR, S.; LOUZADA, J.; LARSEN, T.; AMEZQUITA, S.; FAVILA, M. E.; THE SCARABAEINAE RESEARCH NETWORK. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**, v.141, p.1461-1474, 2008.

PAPWORTH, S. K.; RIST, J.; COAD, L.; MILNER-GULLAND, R. J. Evidence for shifting baseline syndrome in conservation. **Conservation Letters**, v.2, p.93-100, 2009.

PAVIOLO, A., DE ANGELO, C. D.; DI BLANCO, Y. E.; DI BITETTI, M. S. Jaguar *Panthera onca* population decline in the Upper Paraná Atlantic Forest of Argentina and Brazil. **Oryx**, v.42, p.554-561, 2008.

PEDROSO-JÚNIOR, N. N.; SATO, M. Ethnoecology and conservation in protected natural areas: incorporating local knowledge in superagui national park management. **Brazilian Journal of Biology**, v.65, n.1, p.117-127, 2005.

PERES, C. A. Seed Predation of *Cariniana micrantha* (Lecythidaceae) by Brown Capuchin Monkeys in Central Amazonia. **Biotropica**, v.23, p.262-270, 1991.

PERES, C. A. Effects of subsistence hunting on vertebrate community structure in Amazonian forests. **Conservation Biology**, v.14, p.240-253, 2000.

PERES, C. A.; LAKE, I. R. Extent of nontimber resource extraction in tropical forests: Accessibility to game vertebrates by hunters in the Amazon basin. **Conservation Biology**, v.17, p.521–535, 2003.

PERES, C. A.; BAIDER, C.; ZUIDEMA, P. A.; WADT, L. H. O.; KAINER, K. A.; GOMES-SILVA, D. A. P.; SALOMÃO, R. P.; SIMÕES, L. L.; FRANCIOSI, E. R. N.; VALVERDE, F. C.; GRIBEL, R.; SHEPARD JR, G. H.; KANASHIRO, M.; COVENTRY, P.; YU, D. W.; WATKINSON, A. R.; FRECKLETON, R. P. Demographic Threats to the Sustainability of Brazil Nut Exploitation. **Science**, v.302, n.5653, p.2112-2114, 2003.

PERES, C. A.; PALACIOS, E. Basin-Wide Effects of Game Harvest on Vertebrate Population Densities in Amazonian Forests: Implications for Animal-Mediated Seed Dispersal. **Biotropica**, v.39, p.304-315, 2007.

PÉREZ-RAMOS, I. M.; MARAÑÓN, T.; LOBO, J. M.; VERDÚ, J. R. Acorn removal and dispersal by the dung beetle *Thorectes lusitanicus* : ecological implications. **Ecological Entomology**, v.32, p.349-356, 2007.

PÉREZ-RAMOS, I. M.; VERDÚ, J. R.; NUMA, C.; MARAÑÓN, T.; LOBO, J. M. The Comparative Effectiveness of Rodents and Dung Beetles as Local Seed Dispersers in Mediterranean Oak Forests. **PLoS ONE** 8(10): e77197. doi:10.1371/journal.pone.0077197, 2013.

REDFORD, K. H. 1992. The Empty Forest. **BioScience**, v.42, p.412-422, 1992.

ROBINSON, J. G.; REDFORD, K. H. **Neotropical wild life use and conservation**. University of Chicago Press, Chicago, 1991.

RUDLLE, K. The transmission of traditional ecological knowledge. In: INGLIS, J. T. (Ed.). **Traditional ecological knowledge: concepts and cases**. International Development Research Centre, p.17-31, 1993.

SÃO BERNARDO, C. S.; GALETTI, M. Densidade e tamanho populacional de primatas em um fragmento florestal no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.21, n.4, p.827-832, 2004.

SANT'ANNA, C. S.; SEBBENN, A. M.; KLABUNDE, G. H. F.; BITTENCOURT, R.; NODARI, R. O.; MANTOVANI, A.; DOS REIS, M. S. Realized pollen and seed dispersal within a continuous population of the dioecious coniferous Brazilian pine [*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze]. **Conservation Genetics**, v.14, p.601-613, 2013.

SAYLES, J. S.; MULRENNAN M. E. Securing a future: Cree hunters' resistance and flexibility to environmental changes, Wemindji, James Bay. **Ecology and Society**, v.15, n.4: 22, 2010.

SCHUPP, E. W. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. **Vegetatio**, v.108, p.15-29, 1993.

SCHUPP, E. W.; JORDANO, P.; GÓMEZ, J. M. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. **New Phytologist**, v.188, p.333-353, 2010.

SHEPHERD, V. E.; CHAPMAN, C. A.; Dung beetles as secondary seed dispersers: impact on seed predation and germination. **Journal of Tropical Ecology**, v.14, p.199-215, 1998.

SILVA, J. M. C.; UHL, C.; MURRAY, G. Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures. **Conservation Biology**, v.10, p.491-503, 1996.

SILVA, R. R. V.; GOMES, L. J.; ALBUQUERQUE, U. P. Plant extractivism in light of game theory: a case study in northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, doi:10.1186/1746-4269-11-6, 2015.

SOLDATI, G. T.; HANAZAKI, N.; CRIVOS, M.; ALBUQUERQUE, U. P. Does Environmental Instability Favor the Production and Horizontal Transmission of Knowledge regarding Medicinal plants? A Study in Southeast Brazil. **PLoS ONE** 10(5): e0126389. doi:10.1371/journal.pone.0126389, 2015.

SOUSA JÚNIOR, J. R.; ALBUQUERQUE, U. P., PERONI, N. Traditional knowledge and management of *Caryocar coriaceum* Wittm. (Pequi) in the Brazilian savanna, Northeastern Brazil. **Economic Botany**, v.67, p.225-233, 2013.

STONER, K. E.; RIBA-HERNÁNDEZ, P.; VULINEC, K.; LAMBERT, J. E. The Role of Mammals in Creating and Modifying Seedshadows in Tropical Forests and Some Possible Consequences of Their Elimination. **Biotropica**, v.39, p.316-327, 2007.

TOLEDO, V. M. What is ethnoecology? Origins, scope and implications of rising discipline. **Ethnoecologia**, v.1, n.1, p.5-27, 1992.

TUCK HAUGAASEN, J. M.; HAUGAASEN, T.; PERES, C. A.; GRIBEL, R.; WEGGE, P. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.26, p.251-262, 2010.

TURVEY, S. T.; BARRET, L. A.; YUJIANG, H.; LEI, Z.; XINQIAO, Z.; XIANYAN, W.; YADONG, H.; KAIYA, Z.; HART, T.; DING, W. Rapidly Shifting Baselines in Yangtze Fishing Communities and Local Memory of Extinct Species. **Conservation Biology**, v.4, p.778-787, 2010.

TURVEY, S. T.; TRUNG, C. T.; QUYET, V. D.; NHU, H. V.; THOAI, D. V.; TUAN, V. C. A.; HOA, D. T.; KACHA, K.; SYSSOMPHONE, T.; WALLATE, S.; HAI, C. T. T.; THANH, N. V.; WILKINSON, N. M. Interview-based sighting histories can inform regional conservation prioritization for highly threatened cryptic species. **Journal of Applied Ecology**, v.52, p.422-433, 2015.

URIARTE, M. M. A.; SILVA, M. T. B.; RUBIM, P.; JOHNSON, E.; BRUNA, E. M. Disentangling the drivers of reduced long-distance seed dispersal by birds in an experimentally fragmented landscape. **Ecology**, v.92, p.924-937, 2011.

VAZ-DE-MELLO, F. Z.; LOUZADA, J. N. C.; SCHOEREDER, J. H. New data and comments on Scarabaeidae (Coleoptera:Scarabaeoidea) associated with Attini (Hymenoptera:Formicidae). **The Coleopterists Bulletin**, v.52, p.209-216, 1998.

WANG, B. C.; SMITH, T. B. Closing the seed dispersal loop. **Trends in Ecology and Evolution**, v.17, n.8, p.379-385, 2002.

WANG, B. C.; SORK, V. L.; LEONG, M. T.; SMITH, T. B. Hunting of Mammals Reduces Seed Removal and Dispersal of the Afrotropical Tree *Antrocaryon klaineianum* (Anacardiaceae). **Biotropica**, v.39, n.3, p.340-347, 2007.

WILLSON, M.; TRAVESET, A. The Ecology of Seed Dispersal. In: FENNER, M. (Ed.). **Seeds: The ecology of regeneration in plant communities**. 2. ed. CAB International, Wallingford, UK. p.85-110, 2000.

WRIGHT, S. J. The myriad consequences of hunting for vertebrates and plants in tropical forests. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.6, p.73-86, 2003.

Capítulo 1

**Remoção e distância de dispersão de diásporos de *Caryocar coriaceum* (Caryocaraceae)
na margem e no interior de uma área de cerrado no Nordeste do Brasil**

**Manuscrito aceito para publicação no periódico: Revista de Biología Tropical/
International Journal of Tropical Biology and Conservation**

Remoção e distância de dispersão de diásporos de *Caryocar coriaceum* (Caryocaraceae) na margem e no interior de uma área de cerrado no Nordeste do Brasil

Gilney Charll dos Santos^{1, 2}, Nicola Schiel², Elcida de Lima Araújo² & Ulysses Paulino Albuquerque²

1. Instituto Federal do Piauí-IFPI, Departamento de ensino, São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil, gilneycharll@hotmail.com

2. Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Departamento de Biologia, Recife, Pernambuco, Brasil, nschiel@yahoo.com; elcida@db.ufrpe.br; upa@db.ufrpe.br

RESUMO

O processo de dispersão é uma etapa crucial na regeneração das plantas e manutenção da diversidade biológica das florestas. No entanto, a criação de margens florestais pode afetar negativamente o processo de dispersão, especialmente para espécies de plantas com diásporos grandes. Neste estudo, analisamos a remoção e a distância de dispersão de diásporos de *Caryocar coriaceum*, uma árvore de diásporos grandes que se encontra em perigo de extinção. O estudo foi conduzido por dois anos consecutivos em uma floresta protegida, no nordeste do Brasil. Em cada ano, foram utilizados 1200 diásporos marcados distribuídos, igualmente, em 120 estações experimentais estabelecidas na margem e no interior da floresta. No primeiro ano de estudo, não encontramos diferenças na remoção e na distância de dispersão de diásporos entre os ambientes investigados. No entanto, no segundo ano de estudo, enquanto o número de diásporos removidos foi diferente, sendo maior na margem da floresta, diferenças na distância de dispersão entre a margem e o interior da floresta não foram encontradas. Os baixos percentuais de remoção que aqui foram encontrados sugerem que o recrutamento da espécie pode estar sendo comprometido, uma vez que o acúmulo de diásporos próximo aos parentes possibilita maior ataque por fungos e insetos. Em adição, a maioria dos poucos diásporos removidos foi encontrada a distâncias pequenas de suas fontes, o que pode levar a baixa variabilidade genética. Praticamente nenhum diásporo foi encontrado enterrado por roedores estocadores e nenhum diásporo foi encontrado predado por estes animais. Evidências encontradas neste estudo sinalizam a perda local de dispersores da espécie, o que pode comprometer a manutenção da diversidade biológica nas florestas.

Palavras-chave: áreas protegidas, conservação da biodiversidade, mortalidade dependente da densidade, perda de dispersores, produto florestal não madeireiro.

Introdução

A dispersão vegetal pode ser definida como a remoção de sementes a partir da sua origem e sua dinâmica proporciona a colonização de novos habitats e a manutenção da diversidade biológica nas florestas (Wang & Smith 2002). Quando a remoção é mediada por vertebrados, a distância que as sementes alcançam em relação à planta-mãe pode trazer vantagens potenciais, como a diminuição da predação, o que influencia a estrutura espacial e a viabilidade ao longo prazo das populações vegetais (Janzen 1970; Forget 1996; Wang & Smith 2002). A eficácia da dispersão por animais possui componentes quantitativos e qualitativos importantes para o sucesso reprodutivo de uma planta. Enquanto que a análise do número de sementes removidas é quantitativa, a análise da distância que uma semente é removida a partir da sua origem é qualitativa, pois determina a probabilidade que uma semente tem de germinar e recrutar para o estágio seguinte da vida (Schupp 1993). No entanto, atividades humanas, como a extração de sementes e a caça aos dispersores, pode limitar a dinâmica do processo de dispersão por quebrar a interação entre a planta e o animal dispersor com diversas consequências para ambos (Forget & Jansen 2007; Muler *et al.* 2014).

Na região nordeste do Brasil, entre as espécies alvo de extrativismo destaca-se *Caryocar coriaceum* (pequi), devido ao valor alimentício e medicinal de seus diásporos. O extrativismo do pequi representa uma importante fonte de ocupação e renda para várias pessoas que vivem no entorno de áreas protegidas, como é o caso da Floresta Nacional do Araripe-Apodi. Historicamente, em períodos de boa safra, famílias inteiras chegam a acampar nas margens desta área de proteção, a fim de facilitar a coleta, transporte e até o beneficiamento dos diásporos (Souza Jr. *et al.* 2013; Cavalcanti *et al.* 2015; Silva *et al.* 2015).

Os diásporos de *C. coriaceum* são grandes e potencialmente dispersos por roedores estocadores como a cutia (*Dasyprocta* spp.), pois este vertebrado já foi apontado como um dos principais dispersores de outra espécie de mesmo gênero (*C. brasiliense*) (Gribel 1986; Guimarães Jr. *et al.* 2008). Além deste animal, foi observado que besouros (Coleoptera-Scarabaeidae) podem relacionar-se com *C. brasiliense*, enterrando os diásporos (Vaz-de-Melo *et al.* 1998).

Apesar da cutia comportar-se como predador de sementes, por quebrar o endocarpo e consumir o endosperma, inviabilizando o embrião, as sementes enterradas pelo animal e não consumidas podem germinar e possibilitar a renovação da população (Forget 1996; Jansen *et al.* 2004). Entretanto, já é bem documentado que este vertebrado está, infelizmente, entre os mamíferos mais caçados em algumas florestas (Peres 2000), inclusive, em zonas de

ocorrência de *C. coriaceum* (IBAMA 2004; Melo *et al.* 2014), espécie que se encontra “em perigo” de extinção (Medeiros & Amorim 2015).

O acesso das pessoas nas florestas, para a realização de atividades diversas, como o extrativismo de diásporos e a caça, é facilitado pela ocorrência de estradas (Peres & Lake 2003). Tais estradas geram margens florestais (denominadas margens lineares), que além de facilitar o acesso das pessoas, podem causar vários impactos de fragmentação dentro da floresta (Goosem *et al.* 2007). Assim, percebemos a necessidade dessa pesquisa, pois embora seja comum a presença de margens lineares em várias florestas, o conhecimento dos seus impactos sobre a remoção de diásporos ainda é muito escasso, estando concentrados nos efeitos provenientes das margens formadas por matrizes mais extensas. Neste contexto, vários estudos revelaram que a remoção e a distância de dispersão são menores na margem do que no interior da floresta, principalmente para espécies vegetais de sementes grandes, provavelmente, devido à perda local de seus dispersores, que são mais vulneráveis à fragmentação (Cramer *et al.* 2007; Galetti *et al.* 2013; Magrach *et al.* 2014).

No presente estudo, objetivamos analisar a remoção e a distância de dispersão dos diásporos de *C. coriaceum* por dois anos consecutivos, considerando indivíduos localizados na margem e no interior de uma floresta protegida no nordeste do Brasil. A pergunta norteadora deste trabalho foi: A remoção dos diásporos de *C. coriaceum* na margem difere do interior da floresta? Para esta pergunta, hipotetizamos que a remoção e a média de distância de dispersão diferem entre a margem e o interior da floresta. Esperamos encontrar maior remoção e média de distância de dispersão no interior do que na margem da floresta.

Materiais e métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado na Floresta Nacional do Araripe-Apodi (FLONA-Araripe), que é uma área protegida de uso sustentável, localizada entre as latitudes 7°11'42" e 7°28'38" S e longitudes 39°13'28" e 39°36'33" W. Esta floresta possui uma área de aproximadamente 39.000 ha e encontra-se sobre a Chapada do Araripe, abrangendo parte dos municípios do Crato, Barbalha, Jardim e Santana do Cariri, todos localizados no estado do Ceará, nordeste do Brasil (Ribeiro-Silva *et al.* 2012).

A FLONA-Araripe está sob a influência de um clima tropical quente e úmido, com maior precipitação pluviométrica de janeiro a maio. A temperatura média anual é de 25 °C e a média de chuva anual é 1090,9 mm. Possui um relevo tabular, com altitudes variando entre

760 e 960 m e presença predominante de solos do tipo Latossolos vermelho-amarelo e vermelho-escuro, com boa profundidade e bem drenados (IBAMA 2004; IPECE 2014).

A fauna da FLONA-Araripe é representada por espécies de diversos grupos. Em relação à mastofauna, foram registradas seis ordens, abrangendo 15 famílias e 41 espécies, sendo a ordem Rodentia representada pelo maior número de espécies (n=17), seguida pelas ordens Carnivora (n=11), Pilosa (n=5), Artiodactyla (n=4), Marsupialia (n=3) e Primates (n=1) (Cruz & Campello 1998). A vegetação é constituída por áreas de floresta estacional semidecidual, cerrado, cerradão e carrasco, abrigando um total de 188 espécies de angiospermas, sendo as famílias Fabaceae e Rubiaceae as de maior riqueza (Ribeiro-Silva *et al.* 2012).

Muitas pessoas de comunidades do entorno da FLONA-Araripe dependem diretamente ou indiretamente dos recursos vegetais oferecidos por esta floresta, tais como barbatimão (*Stryphnodendron rotundifolium* Mart.), fava d'anta (*Dimorphandra gardneriana* Tullasne.), janaguba (*Himatanthus drasticus* Plumel.), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes.), visgueiro (*Parkia platycephala* Benth.) e, especialmente, o pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) (IBAMA 2004; Sousa Jr. *et al.* 2013; Feitosa *et al.* 2014; Silva *et al.* 2015).

Algumas outras atividades desenvolvidas na FLONA-Araripe geram problemas e conflitos, além de contrariar a legislação ambiental atual, como, por exemplo, a caça clandestina, que é favorecida pela existência de estradas cortando a floresta (IBAMA 2004). O veado (*Mazama gouazoubira*), a cutia (*Dasyprocta prymnolopha*) e o tatu verdadeiro (*Dasypus novemcinctus*) são os mamíferos mais caçados na região, sendo bastante utilizados, principalmente, para fins alimentícios (Melo *et al.* 2014).

A realização do presente estudo na FLONA-Araripe contou com a aprovação (Nº 38234-1) do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), que é o órgão responsável pela gestão desta unidade de conservação.

Espécie estudada

Caryocar coriaceum (Caryocaraceae), conhecido como pequi, é uma árvore heliófila que tem preferência por ambientes com alta luminosidade, podendo atingir dois metros de diâmetro e 15 m de altura. Ocorre principalmente na vegetação de cerrado, sobretudo, na região da Chapada do Araripe e apresenta dispersão primária barocórica e secundária zoocórica. A floração, frutificação e maturação dos frutos ocorrem de novembro a abril. Seus

frutos são drupas com até quatro sementes volumosas, envoltas por um endocarpo lenhoso, finos espinhos e polpa branco-amarelada. O pico da safra ocorre entre os meses de janeiro a março, que são meses de plena estação chuvosa, período em que a espécie sofre intenso extrativismo (Braga 1976; Costa *et al.* 2004). Os frutos são coletados quando caem ao chão, por estarem maduros e prontos para o consumo da polpa e para o comércio, podendo ser vendidos *in natura* ou na forma de óleo, obtido após o beneficiamento. Entretanto, alguns coletores quando não encontram frutos caídos, chegam a coletá-los ainda imaturos, balançando os ramos ou fazendo uso de varas (Souza Jr. *et al.* 2013; Silva *et al.* 2015).

Em algumas florestas, a cutia é tida como um dispersor essencial de várias espécies de diásporos grandes (Forget 1996; Jansen *et al.* 2004; Donatti *et al.* 2009; Tuck Haugaasen *et al.* 2010). Assim como foi verificado para outra espécie de pequi (*C. brasiliense*), os diásporos de *C. coriaceum*, por serem grandes, também podem ser potencialmente dispersos por este roedor estocador de médio porte (Gribel 1986; Guimarães *et al.* 2008). Além da cutia, foi observado que outros animais, como besouros (Coleoptera-Scarabaeidae), conhecidos no Brasil por “rola-bosta”, podem relacionar-se com *C. brasiliense*, enterrando os diásporos maduros (Vaz-de-Melo *et al.* 1998). O padrão de enterro por estes besouros é bastante característico, sendo bem diferente do padrão encontrado para os diásporos enterrados por cutias. Enquanto os “rola-bostas” deixam restos de solo ao redor de buracos profundos (Hanski & Cambefort 1991; Andresen 2001), as cutias tampam o buraco, que é raso, e frequentemente cobrem o local com folhas ou brotos (Dubost 1988; Forget 1996).

Remoção e distância de dispersão dos diásporos

O monitoramento da remoção e da distância de dispersão dos diásporos foi realizado durante dois anos consecutivos (2013 e 2014), no período da safra local. Na FLONA-Araripe, que apresenta 42,67% de sua extensão ocupada por vegetação de cerrado, a densidade absoluta do pequi nesta fisionomia de vegetação é de 38,9 Ind./ha (IBAMA 2004).

Em 2013, presenciamos uma produção escassa de diásporos de pequi na FLONA-Araripe, como provável resultado da seca que ocorreu na região àquela época. O acumulado mensal de chuvas entre o fim de 2012 e o início de 2013, que corresponde ao período de desenvolvimento dos diásporos, foi abaixo da média histórica dos últimos 30 anos (Fig. 1). Já em 2014, a produção de diásporos foi visivelmente abundante, estendendo a safra até o fim de maio.

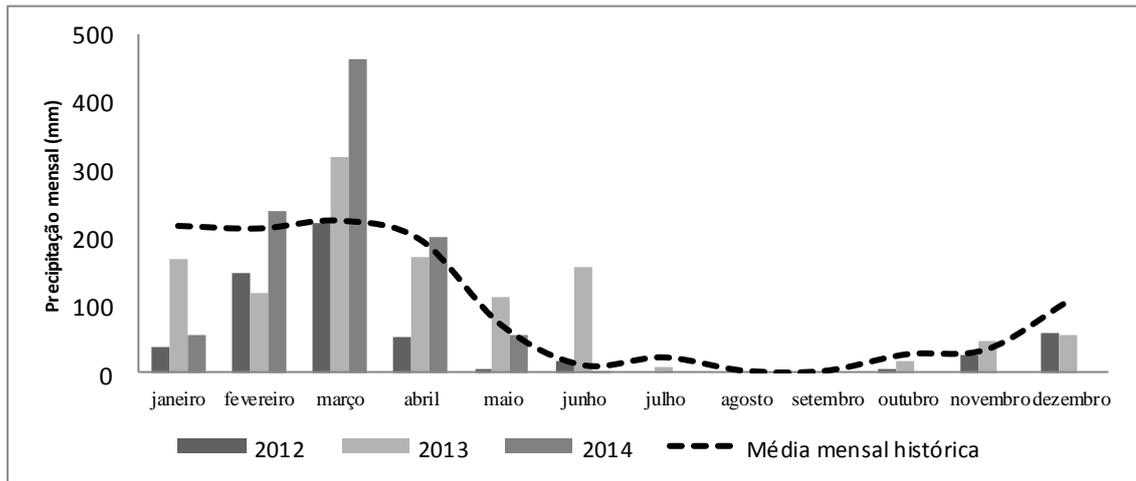


Fig. 1. Acumulado mensal dos anos de 2012, 2013 e 2014 e média mensal histórica da precipitação pluviométrica, registradas pela estação automática de Barbalha, Ceará, Brasil. Fonte: INMET (2014).

Para avaliar a remoção e a distância de dispersão de diásporos de *C. coriaceum*, foram selecionadas três áreas de cerrado ($7^{\circ}20'26,7''S$ e $39^{\circ}28'12,9''W$; $7^{\circ}24'32,3''S$ e $39^{\circ}22'37,4''W$; $7^{\circ}20'26,6''S$ e $39^{\circ}28'46,7''W$), com características bióticas e abióticas semelhantes entre elas, distantes entre 10 e 50 km uma da outra, aproximadamente.

As três áreas são separadas por uma estrada não pavimentada, com aproximadamente 10 m de largura. Os locais às margens das estradas são mais abertos, apresentando clareiras com e sem cobertura de gramíneas, sendo mais frequentados pelos extrativistas do pequi, em detrimento dos locais mais interiorizados da floresta, que são mais fechados, com uma vegetação lenhosa de médio porte mais esparsa, bastante ramificada e de acesso mais difícil, porém, também frequentados pelos extrativistas.

Em cada uma das três áreas, foram selecionados 40 indivíduos reprodutivos de *C. coriaceum* (frutificando ou com indícios de frutificação pretérita), sendo 20 localizados na margem (até uma distância de 100 m da margem para o interior da floresta) e 20 localizados no interior (a 600 m da margem da floresta), com distância entre eles de pelo menos 10 m, para diminuir a interferência de uma árvore sobre outra na remoção dos diásporos. A localização dos indivíduos de *C. coriaceum* foi baseada em Dodonov *et al.* (2013), que verificaram efeitos de margens florestais, como temperatura, umidade e estrutura da vegetação a menos de 100 m, em fragmentos de cerrado no sudeste do Brasil. Baseou-se também em Laurance *et al.* (2002) que demonstraram, em fragmentos da Amazônia, que todos os efeitos de margens florestais identificados pelo Projeto de Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF) penetraram até 500 m nos fragmentos.

Sob a copa de cada indivíduo selecionado foram colocados, diretamente no solo, 10 diásporos de *C. coriaceum* morfológicamente semelhantes, dispostos em duas fileiras (cada uma com cinco diásporos), a uma distância entre elas de 20 cm e de 10 cm entre os diásporos. Cada grupo de 10 diásporos, organizados em duas fileiras, constituiu uma estação experimental, totalizando 1200 diásporos distribuídos, igualmente, em 120 estações experimentais, sendo 60 às margens da floresta e 60 no interior da floresta, em cada ano de estudo. Toda a área circular compreendida do centro de enfileiramento dos diásporos até o raio de um metro correspondeu à área de uma estação experimental (Donatti *et al.* 2009).

Antes do enfileiramento dos diásporos, os mesmos foram tratados, sequencialmente, da seguinte forma: 1º) com a utilização de uma furadeira elétrica, cada diásporo foi perfurado; 2º) através da perfuração, foi introduzido um fio de náilon com 60 cm de comprimento, sendo amarrado em uma das extremidades um pequeno botão de dois orifícios; 3º) na outra extremidade do fio de náilon, para facilitar a realocação, foi amarrada uma fita de cetim amarela com 10 cm de comprimento, contendo informações referentes ao local de plotagem e ao indivíduo sob o qual o diásporo foi enfileirado. Os tratamentos aplicados aos diásporos foram feitos segundo metodologias adotadas em outros estudos (Forget 1990; Jorge & Howe 2009), para não interferir nos resultados aqui encontrados.

Após o estabelecimento de todas as estações experimentais, no pico de duas safras consecutivas (fevereiro de 2013 e 2014), as mesmas foram visitadas durante oito semanas seguidas. Antes da montagem do experimento e a cada visita semanal, todos os diásporos que se encontravam em um raio de dois metros do centro das estações experimentais foram recolhidos, para minimizar a influência destes sobre os que foram utilizados no estudo (Donatti *et al.* 2009).

Os diásporos foram registrados como: (1) presentes nas estações – quando, ainda presos ao fio de náilon, foram encontrados enterrados ou sobre o solo nas estações experimentais; (2) removidos das estações - quando não foram encontrados (perdidos) ou quando foram encontrados enterrados ou sobre o solo e presos ao fio de náilon, a partir das estações experimentais (Donatti *et al.* 2009; Tuck Haugaasen *et al.* 2010).

Conforme as características de enterramento, os diásporos foram classificados como enterrados por besouros “rola-bosta” (ver Hanski & Cambefort 1991) ou por cutias (ver Dubost 1988; Forget 1996).

Foi quantificada a distância de dispersão dos diásporos encontrados sem sinais de predação por vertebrados (endocarpos quebrados parcial ou totalmente destruídos e

endosperma consumido), a partir de um metro do centro das estações experimentais (Donatti *et al.* 2009).

A procura pelos diásporos foi realizada em um raio de até 100 m, a partir do centro das estações experimentais, uma vez que já foi revelado que roedores estocadores, eventualmente, podem remover diásporos grandes a essa distância (Jansen *et al.* 2004). A serapilheira presente no raio de busca foi espalhada, para aumentar as chances de encontro dos diásporos. A distância de dispersão dos diásporos foi medida, em linha reta, do centro do local de instalação da estação experimental até o local onde os diásporos foram encontrados, fazendo uso de uma trena de fibra de vidro com 100 m de extensão.

Nem todos os coletores acessam os locais mais remotos, pois um grande esforço é exigido para acessar, coletar e transportar os diásporos destes locais para a margem da floresta. Entretanto, temos a consciência de que outras ações humanas, como a atividade de caça pode ocorrer por todo o perímetro da FLONA-Araripe (IBAMA 2004). Neste contexto, o estabelecimento de estações experimentais em locais totalmente livres da ação humana não foi possível neste estudo.

Análise dos dados

Ao final de cada período de monitoramento, somamos o número total de diásporos presentes e removidos, por local de margem da floresta e de interior da floresta. Calculamos os percentuais de diásporos presentes e removidos e, também, os percentuais da distância de dispersão alcançada pelos diásporos, na margem e no interior da floresta.

Diásporos removidos foram quantificados utilizando o seu valor absoluto e as diferenças de remoção entre a margem e o interior da floresta foram analisadas utilizando o teste do qui-quadrado de uma amostra (adesão) com proporções esperadas iguais. Para testar se houve diferenças nas médias de distância de dispersão entre a margem e o interior da floresta foi utilizado o teste de Mann-Whitney. A normalidade das médias dos dados da distância de dispersão foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$), que esclareceu que os dados não apresentavam uma distribuição normal. Todas as análises foram feitas com o programa BioEstat 5.0 (Ayres *et al.* 2007).

Resultados

No primeiro ano de estudo, o número de diásporos removidos não diferiram significativamente entre as áreas de estudo ($X^2 = 1,70$, $p = 0,19$). O número de diásporos removidos na margem da floresta (50 diásporos) foi semelhante ao que foi registrado para o

interior (65 diásporos). No entanto, no segundo ano do estudo o número de diásporos removidos diferiu significativamente ($X^2 = 7,01$, $p < 0,01$) com 66 diásporos na margem da floresta, e 38 diásporos no interior. Isto significa que a margem da floresta pode afetar o número de diásporos removidos.

Muitos diásporos removidos foram encontrados sobre o solo, tanto na margem como no interior da floresta, nos dois anos de estudo (Tabela 1). Apenas no ano II, no interior da floresta seis diásporos foram removidos e enterrados por cutias, a distâncias de dois metros ($n=1$), três metros ($n=2$), cinco metros ($n=1$), dez metros ($n=1$) e quinze metros ($n=1$) do centro das estações experimentais.

Nos dois anos de estudo ocorreram diásporos enterrados nas estações experimentais (Tabela 1). As formações dos buracos observados nos diásporos são características dos besouros “rola-bosta”. Além disso, todos os diásporos encontrados sobre o solo, seja nas estações experimentais ou a partir de um metro delas, foram atacados por fungos ou por insetos, entretanto, nenhum destes diásporos apresentou sinais de predação por vertebrados.

Tabela 1. Percentuais e número de diásporos de *Caryocar coriaceum* presentes e removidos, em dois anos de estudo, na margem e no interior da Floresta Nacional do Araripe-Apodi, Ceará, nordeste do Brasil.

	Ano I		Ano II	
	Margem	Interior	Margem	Interior
Diásporos presentes nas estações				
Enterrados	3,3 (n=20)	2 (n=12)	2,8 (n=17)	0,8 (n=5)
Sobre o solo	88,3 (n=530)	87,2 (n=523)	86,2 (n=517)	92,8 (n=557)
Total	91,6 (n=550)	89,2 (n=535)	89 (n=534)	93,6 (n=562)
Diásporos removidos das estações				
Não encontrados	3,3 (n=20)	3 (n=18)	4 (n=24)	1,7 (n=10)
Enterrados	-	-	-	1 (n=6)
Sobre o solo	5 (n=30)	7,8 (n=47)	7 (n=42)	3,7 (n=22)
Total	8,3 (n=50)	10,8 (n=65)	11 (n=66)	6,4 (n=38)

Apesar da maior média de distância de dispersão ter sido registrada na margem da floresta, no segundo ano de estudo (Ano I: margem = $2,71 \pm 0,26$ m, interior = $3,59 \pm 0,54$ m; Ano II: margem = $4,55 \pm 1,32$ m, interior = $2,66 \pm 0,58$ m), não houve diferenças nas médias de distância de dispersão entre a margem e o interior da floresta (Ano I: $U = 695,5$, $p = 0,921$; Ano II: $U = 510,5$, $p = 0,3528$).

No primeiro ano de estudo, na margem da floresta, apenas um diásporo (3,33%) alcançou a maior distância de dispersão registrada para este local, que foi seis metros, enquanto que no interior da floresta a maior distância de dispersão alcançada, também por um diásporo (2,12%) foi 22 m. Já no segundo ano de estudo, na margem da floresta, apenas dois diásporos (4,76%) foram removidos há uma distância máxima de 40 m da estação experimental, enquanto que no interior da floresta a maior distância alcançada por apenas um diásporo (3,57%) foi 15 m (Tabela 2). Entretanto, nos dois anos de estudo, tanto na margem como no interior da floresta, a maioria dos diásporos foi removida até cinco metros das estações experimentais (Ano I: margem = 96,64% [n=29], interior = 82,94% [n=39]; Ano II: margem = 88,07% [n=37], interior = 92,84% [n=26]).

Tabela 2. Percentuais da distância de dispersão de diásporos de *Caryocar coriaceum*, em dois anos de estudo, na margem e no interior da Floresta Nacional do Araripe-Apodi, Ceará, nordeste do Brasil.

Distância de dispersão (m)	Ano I		Ano II	
	Margem	Interior	Margem	Interior
1.5	33,33 (n=10)	40,42 (n=19)	42,85 (n=18)	53,57 (n=15)
2	13,33 (n=4)	10,63 (n=5)	16,66 (n=7)	14,28 (n=4)
2.5	6,66 (n=2)	4,25 (n=2)	11,9 (n=5)	-
3	16,66 (n=5)	10,63 (n=5)	4,76 (n=2)	14,28 (n=4)
3.5	3,33 (n=1)	-	-	3,57 (n=1)
4	10 (n=3)	12,76 (n=6)	9,52 (n=4)	-
4.5	-	-	-	3,57 (n=1)
5	13,33 (n=4)	4,25 (n=2)	2,38 (n=1)	3,57 (n=1)
6	3,33 (n=1)	-	-	-
7	-	2,12 (n=1)	2,38 (n=1)	-
8	-	6,38 (n=3)	-	-
9	-	2,12 (n=1)	-	-
10	-	4,25 (n=2)	-	3,57 (n=1)
15	-	-	4,76 (n=2)	3,57 (n=1)
22	-	2,12 (n=1)	-	-
40	-	-	4,76 (n=2)	-

Discussão

Ao contrário do que hipotetizamos, diferenças significativas não foram encontradas na remoção dos diásporos entre a margem e o interior da floresta, no primeiro ano de estudo. No segundo ano de estudo e diferente do que previmos, a remoção de diásporos foi maior na margem da floresta. Já foi revelado que a remoção de diásporos pode até ser maior na margem do que no interior da floresta (Galetti et al 2003), entretanto, isto parece ocorrer com espécies vegetais de sementes pequenas, como, por exemplo, *Prunus africana* (Menke et al. 2012). No entanto, isso parece que não se aplica a *C. coriaceum*, considerando sua presença natural em ambientes de alta luminosidade, provavelmente, seus dispersores ocorrem na margem e no interior da floresta. Mas, fatores como a menor disponibilidade de diásporos por causa da seca

ou de extrativismo pode afetar negativamente os animais dispersores e o processo de dispersão (Tuck Haugaasen et al, 2010; MULER et al, 2014).

Os resultados desse estudo mostram-se bastante intrigantes, porque tanto na margem como no interior da floresta, foram revelados baixos percentuais de remoção de diásporos (máximo de 11%). Entretanto, resultados semelhantes aos nossos foram encontrados através de modelos utilizados por Donatti *et al.* (2009), em que o percentual de remoção de sementes grandes de *Astrocaryum aculeatissimum* foi 16%, no interior de fragmentos protegidos da Mata Atlântica, no sudeste do Brasil. Estes autores concluíram que a menor remoção de sementes nestes locais deu-se devido à perda local de dispersores da espécie, o que tem posto em colapso a dispersão de *A. aculeatissimum*. Diante destas revelações, nossos resultados indicam a possibilidade de *C. coriaceum* estar perdendo localmente seus dispersores. Isto reforça a necessidade de ações eficientes e políticas públicas, a fim de que sejam elaboradas medidas adequadas de proteção aos dispersores.

Além de não termos encontrado diferenças na distância de dispersão entre a margem e o interior da floresta, verificamos que poucos diásporos foram removidos a mais de cinco metros das estações experimentais. Tendo em vista que a dispersão de sementes é uma fase crucial na regeneração das plantas, a falta de remoção para longe das suas origens pode limitar ou reduzir severamente o recrutamento nas imediações dos adultos, uma vez que o acúmulo de sementes ou plântulas próximo aos parentes possibilita maior ataque por patógenos (fungos e insetos), ou seja, maior mortalidade dependente da densidade (Janzen 1970; Cordeiro *et al.* 2009). Desta forma, nossos achados sugerem que o recrutamento de *C. coriaceum* pode estar comprometido pela falta de remoção dos diásporos, estando estes fadados à mortalidade dependente da densidade. Na Tanzânia, por exemplo, foi mostrado que a evidência mais clara para o recrutamento reduzido de *Leptonychia usambarensis* é a falta de remoção de sementes e mortalidade subsequente de plântulas próximo aos adultos (Cordeiro *et al.* 2009). Além do mais, a remoção de sementes a distâncias pequenas pode influenciar o fluxo gênico e a estrutura genética intra e interpopulacional das espécies vegetais (Nathan & Muller-Landau 2000). Assim, já foi revelada uma baixa variabilidade genética para *C. brasiliense*, devido a provável redução do fluxo gênico via sementes (Collevatti *et al.* 2003). Portanto, além de conservar a variabilidade genética, a remoção realizada por animais para longe da planta-mãe pode trazer vantagens potenciais para as sementes, como a diminuição do ataque de predadores (Janzen 1970; Forget 1996; Almeida & Galetti 2007).

Registramos que alguns diásporos foram enterrados *in natura* nas estações experimentais por besouros “rola-bosta”, por meio das características dos buracos observados

(Hanski & Cambefort 1991). Isto também já foi observado em estudos anteriores, não só para o pequi (*C. brasiliense*) (Vaz-de-Melo *et al.* 1998), mas, também, para o araticum (*Annona crassiflora*) (Golin *et al.* 2011). Entretanto, a grande maioria dos trabalhos associa o “rola-bosta” ao enterro de sementes contidas em fezes de outros animais, principalmente de médio e grande porte. Andresen *et al.* (2001), por exemplo, em estudo realizado na Amazônia central, mostraram que sementes de *Micropholis guyanensis* só foram enterradas por estes besouros, quando envoltos por pelo menos 5 g de fezes de primatas e que aqueles não envolvidos por estas fezes foram predados por roedores. Ao enterrar as sementes, estes besouros auxiliam na proteção das mesmas, livrando-as da ação de predadores, além de proporcionar a melhora do ambiente para a germinação, promovendo a adubação e a aeração do solo (Nichols *et al.* 2008). Entretanto, para *C. coriaceum* esta ação não parece ser eficiente, pois a germinação de sementes sob a copa das árvores, provavelmente, levaria a uma mortalidade expressiva das plântulas, reduzindo a probabilidade de sucesso no estabelecimento das mesmas.

Observamos, tanto na margem como no interior da floresta, que praticamente nenhum diásporo foi encontrado enterrado por cutias e que nenhum diásporo foi encontrado predado por estes animais. Mesmo se os diásporos que não foram encontrados tivessem sido enterrados ou predados por estes vertebrados, os percentuais ainda seriam baixos (máximo de 4%). Diferente do que observamos, estudos têm pontuado que em períodos de alta disponibilidade de alimento (como o que observamos no segundo ano do nosso estudo) a tendência maior é de estocagem do recurso, em detrimento dos períodos de escassez do mesmo (como observado no nosso primeiro ano de investigação), em que a predação de sementes por cutias é maior, como foi revelado, por exemplo, para *C. procera* (Forget 1996) e *Bertholletia excelsa* (Tuck Haugaasen *et al.* 2010).

Embora não tenhamos estudado a abundância de cutias, potenciais dispersores do pequi, interpretamos estes achados como uma evidência indireta da perda local destes animais, ainda mais que já foi mostrado que são amplamente caçados na região da FLONA-Araripe (IBAMA 2004; Melo *et al.* 2014). Adicionado a isto, foi mostrado nas Guianas, para *C. procera*, que a caça aos principais dispersores tem comprometido o processo de dispersão e o estabelecimento desta espécie (Forget & Jansen 2007). Além do mais, já foi revelado que a limitação da dispersão, pela falta de remoção de diásporos de suas origens, é um indicativo de que seus dispersores são escassos ou ausentes (Wang *et al.* 2007). Além disso, a fragmentação e a perda de habitats pode causar a perda dos poucos agentes disponíveis para a dispersão de sementes grandes (Cramer *et al.*, 2007). Portanto, para espécies vegetais de sementes grandes, o serviço ecossistêmico de dispersão pode ser interrompido, devido à diminuição dos animais

dispersores por efeito da fragmentação florestal (Cramer et al, 2007; Menke et al, 2012; Galetti et al, 2013).

Por fim, nossos resultados mostraram que a margem da floresta não influenciou diretamente na dispersão do pequi, mas os baixos percentuais de remoção e as pequenas distâncias de dispersão dos diásporos chamaram a atenção. Tal fato sugere que a interação planta-animal dispersor pode estar sendo comprometida na região estudada, pela provável redução de dispersores ao ponto de não conseguirem interagir de maneira significativa, o que tem sido chamado de extinção ecológica funcional (Galetti *et al.* 2013). É possível que a redução dos dispersores seja provocada por atividades de caça na FLONA-Araripe, o que promove impactos diretos sobre o processo ecológico de dispersão, diminuindo o número de diásporos removidos e a distância de dispersão (Wang *et al.* 2007; Markl *et al.* 2012). Assim, ressaltamos a importância de estudos futuros sobre a influência antropogênica, por exemplo, a caça na dispersão de sementes. Ressaltamos ainda a falta de séries longas de estudos que relacionem a distribuição de chuvas, a produção de frutos e seu sucesso com base na distância a partir da planta-mãe.

Agradecimentos

Os autores são gratos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida a G. C. Santos e pelo apoio financeiro (processo 23038.008230/2010-75). Os autores também gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro (processo APQ-1264-2.05/10), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de produtividade em pesquisa concedidas a E. L. Araújo e U. P. Albuquerque e aos colegas do Laboratório de Etnobiologia Aplicada e Teórica (LEA) pelo apoio em todas as etapas da pesquisa

Referências

- Almeida LB & Galetti M, 2007. Seed dispersal and spatial distribution of *Attalea geraensis* (Arecaceae) in two remnants of Cerrado in Southeastern Brazil. *Acta Oecologica*, 32:180-187.
- Andresen E, 2001. Effects of dung presence, dung amount and secondary dispersal by dung beetles on the fate of *Micropholis guyanensis* (Sapotaceae) seeds in Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, 17:61-78.

Ayres M *et al.*, 2007. *BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Belém: Sociedade Civil Mamirauá.

Braga R, 1976. *Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará*. Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró.

Cavalcanti MCBT *et al.*, 2015. Implications from the use of Non-timber Forest Products on the consumption of wood as a fuel source in human-dominated semiarid landscapes. *Environmental Management*, doi: 10.1007/s00267-015-0510-4.

Collevatti RG, Grattapaglia D, & Hay JD, 2003. Evidences for multiple maternal lineages of *Caryocar brasiliense* populations in the Brazilian cerrado based on the analysis of chloroplast DNA sequences and microsatellite haplotype variation. *Molecular Ecology*, 12:105-115.

Cordeiro NJ *et al.*, 2009. Disperser limitation and recruitment of an endemic African tree in a fragmented landscape. *Ecology*, 90:1030-1041.

Costa IR, Araújo FS & Lima-Verde LW, 2004. Flora e aspectos auto-ecológicos de um enclave de cerrado na chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18:759-770.

Cramer JM, Mesquita RCG & Williamson GB, 2007. Forest fragmentation differentially affects seed dispersal of large and small-seeded tropical trees. *Biological Conservation*, 137:415-423.

Cruz MAOM & Campello MLCB, 1998. Projeto Araripe: Recursos naturais e patrimônio: Biodiversidade: Fauna - Mastofauna terrestre.

Dodonov P, Harper KE & Silva-Matos DM, 2013. The role of edge contrast and forest structure in edge influence: vegetation and microclimate at edges in the Brazilian cerrado. *Plant Ecology*, doi: 10.1007/s11258-013-0256-0.

- Donatti CI, Guimarães PR & Galetti M, 2009. Seed dispersal and predation in the endemic Atlantic rainforest palm *Astrocaryum aculeatissimum* across a gradient of seed disperser abundance. *Ecological Research*, 24:1187–1195.
- Dubost G, 1988. Ecology and social life of the red acouchy, *Myoprocta exilis*; comparison with the orange-rumped agouti, *Dasyprocta leporina*. *Journal of Zoology*, 214:107–123.
- Farwig N, Böhning-Gaese K & Bleher B, 2006. Enhanced seed dispersal of *Prunus africana* in fragmented and disturbed forests? *Oecologia*, 147:238–252.
- Feitosa IS, Albuquerque UP & Monteiro JM, 2014. Knowledge and extractivism of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. in a local community of the Brazilian Savanna, Northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, doi:10.1186/1746-4269-10-64.
- Forget P-M, 1990. Seed dispersal of *Vouacaporia americana* by caviomorph rodents in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology*, 6:459–468.
- Forget P-M, 1996. Removal of seeds of *Carapa procera* (Meliaceae) by rodents and their fate in rainforest in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology*, 12:751–761.
- Forget P-M & Jansen PA, 2007. Hunting increases dispersal limitation in the tree *Carapa procera*, a nontimber forest product. *Conservation Biology*, 2:106–113.
- Galetti M, Alves-Costa CP & Cazetta E, 2003. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. *Biological Conservation*, 111:269–273.
- Galetti M *et al.*, 2013. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. *Science*, 340:1086–1089.
- Golin V, Santos-Filho M & Pereira MJB, 2011. Dispersão e predação de sementes de araticum no Cerrado de Mato Grosso, Brasil. *Ciência Rural*, 41:101–107.

Goosem M, 2007. Fragmentation impacts caused by roads through rainforests, *Current Science*, 93: 1587–1595

Gribel R, 1986. *Ecologia da polinização e da dispersão de Caryocar brasiliense Camb. (Caryocaraceae) na região do Distrito Federal*. 109f. Dissertação de Mestrado em Ecologia. Universidade de Brasília, Brasília-DF.

Guimarães Jr. PR, Galetti M & Jordano P, 2008. Seed dispersal anachronisms: rethinking the fruits extinct megafauna ate. *Plos One*, 3(3): e1745. doi:10.1371/journal.pone.0001745.

Hanski, I., & Cambefort, Y. (1991). *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton.

IBAMA, 2004. *Plano de Manejo da Floresta Nacional do Araripe*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

INMET, 2014. Dados climáticos da estação automática de Barbalha-CE (1984-2014). Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em 29 de outubro de 2014.

IPECE, 2014. Perfil Básico Municipal. Barbalha-CE: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Disponível: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm2014/Barbalha.pdf. Acesso em 20 de julho de 2014.

Jansen PA, Bongers F & Hemerik L, 2004. Seed mass and mast seeding enhance dispersal by a Neotropical scatter-hoarding rodent. *Ecological Monographs*, 74:569–589.

Janzen DH, 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forest. *The American Naturalist*, 104:501-528.

Jorge MLSP & Howe HF, 2009. Can forest fragmentation disrupt a conditional mutualism? A case from central Amazon. *Oecologia*, 161:709–718.

- Laurance WF *et al.*, 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: A 22-year investigation. *Conservation Biology*, 16:605–618.
- Magrath A *et al.*, 2014. Meta-Analysis of the effects of forest fragmentation on interspecific interactions. *Conservation Biology*, 00:1–7.
- Markl JS *et al.*, 2012. Meta-Analysis of the effects of human disturbance on seed dispersal by Animals. *Conservation Biology*, 26:1072–1081.
- Medeiros H & Amorim AMA, 2015. Caryocaraceae. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso em 03 de janeiro de 2015.
- Melo RS *et al.*, 2014. The role of mammals in local communities living in conservation areas in the Northeast of Brazil: an ethnozoological approach. *Tropical Conservation Science*, 7:423-439.
- Menke S, Böhning-Gaese K & Schleuning M, 2012. Plant-frugivore networks are less specialized and more robust at forest-farmland edges than in the interior of a tropical forest. *Oikos*, 121:1553–1566.
- Muler AE *et al.*, 2014. Can overharvesting of a non-timber-forest-product change the regeneration dynamics of a tropical rainforest? The case study of *Euterpe edulis*. *Forest Ecology and Management*, 324:117-125.
- Nathan R & Muller-Landau HC, 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology & Evolution*, 15:278-285.
- Nichols E *et al.*, 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141:1461-1474.
- Peres CA, 2000. Effects of subsistence hunting on vertebrate community structure in Amazonian forests. *Conservation Biology*, 14:240–253.

Peres CA & Lake IR, 2003. Extent of nontimber resource extraction in tropical forests: Accessibility to game vertebrates by hunters in the Amazon basin. *Conservation Biology*, 17: 521–535.

Peres CA *et al.*, 2003. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science*, 302:2112-2114.

Ribeiro-Silva S *et al.*, 2012. Angiosperms from the Araripe National Forest, Ceará, Brazil. *Check List*, 8:744–751.

Schupp EW, 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio*, 108: 15-29.

Silva RRV, Gomes LJ & Albuquerque UP, 2015. Plant extractivism in light of game theory: a case study in northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, doi:10.1186/1746-4269-11-6.

Sousa Júnior JR, Albuquerque UP & Peroni N, 2013. Traditional knowledge and management of *Caryocar coriaceum* Wittm. (Pequi) in the Brazilian savanna, Northeastern Brazil. *Economic Botany*, 67:225-233.

Tuck Hugaasen JM *et al.*, 2010. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 26:251–262.

Vaz-De-Mello FZ, Louzada JNC & Schoereder JH, 1998. New data and comments on Scarabaeidae (Coleoptera:Scarabaeoidea) associated with Attini (Hymenoptera:Formicidae). *The Coleopterists Bulletin*, 52:209-216.

Wang BC & Smith TB, 2002. Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology & Evolution*, 17: 379-385.

Wang BC *et al.*, 2007. Hunting of mammals reduces seed removal and dispersal of the afro-tropical tree *Antrocaryon klaineianum* (Anacardiaceae). *Biotropica*, 39:340–347.

Capítulo 2

As pessoas compartilham informações ecológicas sobre o ambiente, mas podem esquecer suas próprias experiências: um estudo de caso sobre conhecimento ecológico local de animais dispersores

Manuscrito submetido ao periódico: Journal of Arid Environments

As pessoas compartilham informações ecológicas sobre o ambiente, mas podem esquecer suas próprias experiências: um estudo de caso sobre conhecimento ecológico local de animais dispersores

Gilney Charll dos Santos^{1,4}, José Ribamar de Sousa Júnior^{2,4}, André Luiz Borba do Nascimento⁴, Nícola Schiel³, Elcida de Lima Araújo³ e Ulysses Paulino Albuquerque^{3,4}

1. Instituto Federal do Piauí-IFPI, Departamento de Educação, Primavera, São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil.

2. Universidade Federal do Piauí-UFPI, Departamento de Biologia, Meladão, Floriano, Piauí, Brasil.

3. Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Departamento de Biologia, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil.

4. Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos-LEA, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil.

*Autor correspondente: Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos-LEA, 52171-900, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil; E-mail: upa@db.ufrpe.br, gilneycharll@hotmail.com

RESUMO

O Conhecimento ecológico local (CEL) tem sido cada vez mais acessado na busca de estratégias eficientes para a manutenção da diversidade biológica. Entretanto, diante das rápidas mudanças que vêm ocorrendo nos ecossistemas, esse conhecimento tem se perdido entre as gerações, afetando o potencial de sua aplicabilidade. Nesse estudo, tomamos como modelo o conhecimento ecológico local sobre os potenciais dispersores de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae), uma espécie vegetal de grande importância socioeconômica e cultural que se encontra em perigo de extinção, no Nordeste do Brasil. Avaliamos se há variação intergeracional no CEL sobre a abundância de *Dasyprocta prymnolopha* (principal dispersor de *C. coriaceum*) associado como a prática local de caça ao animal. Coletamos os dados sobre CEL com 39 caçadores com idades entre 31 a 84 anos.

Armadilhas fotográficas foram utilizadas durante duas safras anuais de *C. coriaceum*, para registrar os potenciais dispersores dessa espécie. Nossos resultados indicam que o conhecimento ecológico local sobre os potenciais animais dispersores de *C. coriaceum* não varia intergeracionalmente, sendo difundido e compartilhado entre as diferentes gerações. Sugerimos que a forte interação entre as pessoas durante o período da safra de *C. coriaceum* seja a facilitadora do compartilhamento de informações sobre os seus potenciais dispersores. O conhecimento bem difundido quanto aos potenciais dispersores de uma espécie vegetal pode auxiliar na elaboração de estratégias de conservação, uma vez que o processo ecológico de dispersão de sementes é crucial para a regeneração das populações vegetais e manutenção da biodiversidade. Nossos resultados mostram que a caça de *D. prymnolopha* independe da percepção das pessoas sobre a disponibilidade desse recurso na floresta, o que pode estar causando uma sobreexploração do mesmo. Nesse sentido, as pessoas podem estar desatualizadas, não acompanhando as recentes e rápidas mudanças ambientais, acreditando que as condições atuais do ambiente são as mesmas do passado. Caso isso se confirme, as pessoas podem ser menos cooperativas com os planos de conservação, por não perceberem as mudanças no ambiente. Medidas visando à atualização das pessoas sobre as condições do ambiente são necessárias, pois isso poderá incentivar a participação efetiva nos planos de gestão e conservação.

Palavras-chave: amnésia geracional e pessoal, conservação da biodiversidade, dispersão de sementes, mudanças ambientais, transmissão de conhecimento

INTRODUÇÃO

O conhecimento ecológico local (CEL) tem sido apontado como uma ferramenta importante no auxílio ao monitoramento e manejo de espécies de importância ecológica (Parry e Peres 2015). O uso desse tipo de conhecimento, para acessar informações ecológicas, tem se mostrado cada vez mais frequente e tem gerado uma maior participação das

comunidades locais na elaboração e aplicação de estratégias de conservação (Berkes et al. 2000, Huntington 2000, Danielsen et al. 2010, Parry e Peres 2015, Turvey et al. 2015). Todavia, esse conhecimento não se distribui uniformemente em uma população, pois fatores socioeconômicos, como a idade, podem influenciar a percepção e o conhecimento que as pessoas têm sobre o ambiente e os recursos naturais que utilizam, uma vez que o CEL é construído por meio de experiências adaptativas com os recursos naturais (Godoy et al. 2009, Gómez-Baggethun e Reyes-García 2013, Reyes-García et al. 2013).

Em face das rápidas mudanças ambientais, pessoas pertencentes a gerações mais antigas podem não atualizar as suas próprias percepções, acreditando que as condições ambientais observadas no passado, que tendem a serem esquecidas (amnésia pessoal), são as mesmas do presente (Simons e Rensink 2005, Papworth et al. 2009). Em outro caso, a falta de comunicação entre as gerações pode implicar na perda do CEL, especialmente entre as pessoas mais jovens por não terem consciência das condições biológicas passadas (amnésia geracional), não sendo capazes de perceber mudanças ambientais, mesmo que recentes (Papworth et al. 2009, Turvey et al. 2010, Bender et al. 2014). Nesse contexto, por exemplo, enquanto que pessoas de gerações mais antigas percebem a sobreexploração e a redução de recursos pesqueiros em ecossistemas marinhos ao longo do tempo, as pessoas de gerações mais jovens não percebem essas mudanças, continuando a sobreexplorar esses recursos por acreditarem que ainda são bastante produtivos (Bender et al. 2014). Assim, além de poder comprometer a capacidade de adaptação às mudanças ambientais, a perda do CEL ainda pode enviesar o acesso a informações ecológicas, comprometendo o potencial de sua aplicabilidade (Daw 2010, Hanazaki et al. 2013, Fernández-Llamazares et al. 2015).

Para que a perda do CEL possa ser evidenciada, é necessário analisar informações consistentes com dados biológicos sobre mudanças no ambiente, usando a percepção das pessoas que observam ou acompanham essas mudanças (Papworth et al. 2009). Uma vez sendo encontradas diferenças intergeracionais na percepção a cerca das mudanças ambientais,

a amnésia geracional pode estar ocorrendo, mas caso essas diferenças não existam, pode ser um sinal da ocorrência de amnésia pessoal (Papworth et al. 2009). Diante dessas premissas, estudamos o compartilhamento de informações sobre os potenciais dispersores de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae), uma espécie vegetal de grande importância socioeconômica e cultural para diversas comunidades rurais locais que vivem no entorno da Floresta Nacional do Araripe Apodi (FLONA-Araripe), Nordeste do Brasil (Sousa Júnior et al. 2013, Campos et al. 2015, Cavalcanti et al. 2015, Silva et al. 2015). Para tanto, focamos a nossa análise na amnésia geracional, pois estudos com amnésia pessoal exigem um conjunto de dados longitudinais do tipo coorte durante um longo período de tempo (Fernández-Llamazares et al. 2015), que atualmente não dispomos.

O motivo para a escolha do nosso modelo de pesquisa foi que, além de *C. coriaceum* encontrar-se em perigo de extinção (Medeiros e Amorim 2015), evidências apontam para a perda local (por intermédio da atividade de caça) do principal dispersor dessa espécie vegetal, *Dasyprocta prymnolopha* (Santos et al. em prelo), que há quase duas décadas teve a sua abundância categorizada como estável na região (Cruz e Campello 1998). Portanto, nosso modelo permite inferências relacionadas tanto ao fenômeno do compartilhamento intergeracional de informações, como às implicações para o manejo e conservação, pois trata do CEL ligado a um processo ecológico de grande importância para a regeneração das populações vegetais e manutenção da biodiversidade, a dispersão de sementes (Janzen 1970, Harms et al. 2000, Wang e Smith 2002).

O principal objetivo desse estudo foi avaliar se há variação intergeracional sobre os potenciais dispersores de *C. coriaceum*. Avaliamos a abundância percebida de *D. prymnolopha* e a frequência de caça anual desse animal, para inferir sobre variação intergeracional e impactos para a conservação. A pergunta norteadora dessa pesquisa foi: o CEL sobre potenciais dispersores de *C. coriaceum* varia intergeracionalmente? Partindo dessa pergunta testamos as seguintes hipóteses: i- O conhecimento sobre a riqueza de potenciais

dispersores de *C. coriaceum* varia intergeracionalmente; esperamos que as pessoas mais velhas reconheçam mais espécies animais como potenciais dispersores de *C. coriaceum* do que as pessoas mais jovens. ii- A percepção local da abundância de *D. prymnolopha* varia intergeracionalmente; esperamos que as pessoas mais jovens percebam atualmente uma maior abundância de *D. prymnolopha* do que as pessoas mais velhas. iii- A quantidade de *D. prymnolopha* caçadas por ano varia intergeracionalmente; esperamos que a quantidade de *D. prymnolopha* caçadas anualmente seja maior entre as pessoas mais jovens do que entre as pessoas mais velhas. iv- A quantidade de *D. prymnolopha* caçadas por ano correlaciona-se com a percepção de abundância desses animais; esperamos que a intensidade de caça de *D. prymnolopha* esteja correlacionada negativamente com a abundância percebida desses animais.

MÉTODOS

Área de estudo

A Floresta Nacional do Araripe Apodi (FLONA-Araripe) possui uma área de aproximadamente 39.000 ha e encontra-se situada na Chapada do Araripe, Sul do estado do Ceará, Nordeste do Brasil, entre as latitudes 07°11'42" - 07°28'38" S e longitudes 39°13'28" - 39°36'33" W (IBAMA 2004, Ribeiro-Silva et al. 2012). Essa floresta está sob a influência de um clima tropical quente e úmido, com maior precipitação pluviométrica de janeiro a maio. A temperatura média anual varia de 24 a 26 °C e a média de chuva anual é de 1.090,90 mm (IPECE 2014). A fitofisionomia é formada por diferentes tipos de vegetação, como cerrado (*sensu stricto*), cerradão, carrasco e floresta semidecidual (IBAMA 2004, Ribeiro-Silva et al. 2012).

A FLONA-Araripe foi criada em 02 de maio de 1946 pelo Decreto-Lei 9.226/46, sendo a primeira unidade de conservação de uso sustentável estabelecida no Brasil, onde a extração de produtos florestais não madeireiros (PFNM) é permitida. Entretanto, a atividade

de caça que é desenvolvida nessa floresta gera problemas e conflitos, além de contrariar a legislação ambiental atual (IBAMA 2004). *Mazama gouazoubira* (veado), *D. prymnolopha* (cutia) e *Dasypus novemcinctus* (tatu verdadeiro) são os mamíferos mais caçados na região (IBAMA 2004, Melo et al. 2014, Nascimento et al. 2015).

Além da FLONA-Araripe, o estudo foi conduzido na comunidade rural de Horizonte (07°29'36.9" S - 39°22'06.02" W), que se localiza ao lado dessa unidade de conservação e a 13 km do município de Jardim-Ceará. É uma comunidade constituída por 210 famílias e as principais atividades desenvolvidas são a agricultura e o extrativismo. Horizonte configura um excelente cenário para a realização dessa pesquisa, pois, de todas as comunidades rurais do entorno da FLONA-Araripe (cerca de 20), é a que possui relações mais estreitas com a floresta, devido à forte dependência dos PFNM da mesma para necessidades básicas (IBAMA 2004, Sousa Júnior et al. 2013, Feitosa et al. 2014, Lozano et al. 2014, Campos et al. 2015, Cavalcanti et al. 2015, Nascimento et al. 2015, Silva et al. 2015)

Dentre esses produtos destaca-se *C. coriaceum*, uma espécie de porte arbóreo nativa do Brasil que ocorre principalmente na vegetação de Cerrado, sobretudo, na região da Chapada do Araripe. É uma espécie que apresenta dispersão primária barocórica e secundária zoocórica. Seus frutos são drupas que encerram de uma até quatro sementes grandes envoltas por um endocarpo lenhoso, finos espinhos e polpa branco-amarelada. A floração, frutificação e maturação ocorrem de novembro a abril, com pico de safra entre os meses de janeiro a março (Braga 1976, Costa et al. 2004). Historicamente, no período da safra, famílias inteiras reúnem-se em acampamentos construídos nas margens da FLONA-Araripe, a fim de facilitar a coleta, transporte e até o beneficiamento dos frutos de *C. coriaceum* (Sousa Júnior et al. 2013; Cavalcanti et al. 2015; Silva et al. 2015).

Acesso ao CEL intergeracional

As informações sobre os potenciais dispersores de *C. coriaceum*, a abundância de *D. prymnolopha* e a frequência anual de caça desse animal foram obtidas entre outubro de 2014 e março de 2015. A coleta de dados foi realizada por meio de uma amostragem não aleatória intencional constituída por especialistas locais (Albuquerque et al. 2014a), que nesse estudo foram consideradas as pessoas conhecedoras da caça e dos animais dispersores de *C. coriaceum*. Embora seja proibida no Brasil, a caça clandestina ocorre na FLONA-Araripe, sendo praticada basicamente em três modalidades (subsistência, desportiva e comercial) e de três formas (com uso de cães, de armadilhas e de armas de fogo) (IBAMA 2004).

A identificação dos especialistas locais foi feita por meio da técnica de bola de neve (ver Albuquerque et al. 2014a), com a finalidade de abranger todos os conhecedores na comunidade. Assim, foram envolvidos na coleta de dados 39 informantes, todos do sexo masculino e com idades entre 31 a 84 anos. Temos a consciência de que nem todos os conhecedores podem ter sido abrangidos, pois um informante pode não se sentir a vontade para citar nomes de outros especialistas por razões diversas, como, por exemplo, por vaidade, por considerar-se o maior detentor do conhecimento ou até mesmo por motivos de ordem pessoal, como problemas de relacionamento (Albuquerque et al. 2014a).

Os informantes que aceitaram participar do estudo assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com as normas vigentes (Resolução nº. 466/12 do Comitê de Ética em Pesquisa do Conselho Nacional de Saúde). O projeto foi autorizado (aprovação nº CAAE- 49628013.9.0000.5207) pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco e também está autorizado (aprovação nº 38234-1) pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), que é o órgão responsável pela gestão da FLONA-Araripe.

Para obter informações sobre os animais reconhecidos como potenciais dispersores de *C. coriaceum*, os informantes foram estimulados a responder questões sobre os animais que

comem (predam), movem (retiram do local onde encontram e levam para outro local) ou enterram os frutos de *C. coriaceum*. Cada informante produziu uma lista livre (ver Albuquerque et al. 2014b) de animais e a partir da mesma foram elicitados os demais questionamentos.

Para estimar a abundância percebida de cutias na floresta e de outros mamíferos nativos reconhecidos como potenciais dispersores de *C. coriaceum*, um estímulo visual foi apresentado para que cada informante indicasse a sua percepção (Figura 1). A vantagem do emprego dessa técnica, para estimar a abundância de uma espécie animal, é que ela permite a comparação entre grupos de pessoas em que essa mesma técnica foi utilizada. Entretanto, por estimar qualitativamente a abundância percebida de um animal, impede que seja comparada com dados quantitativos de abundância estimada por meio de procedimentos ecológicos. Porém, pode fornecer pistas de como as pessoas locais percebem a abundância desses animais.

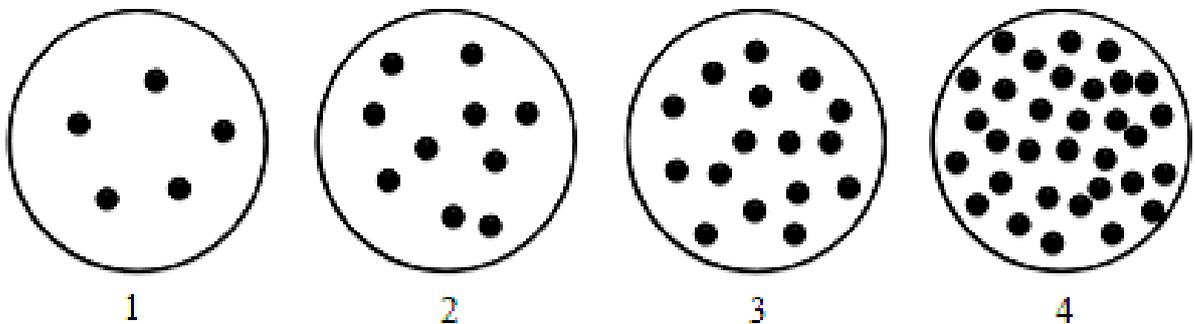


Figura 1. Estímulo visual apresentado aos informantes para indicação da abundância percebida de mamíferos dispersores de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae). 1 – Pouco abundante; 2 – Intermediariamente abundante; 3 - Abundante; 4 – Muito abundante. (Reproduzido de Silva Neto 2013).

Para obter informações sobre a frequência de caça anual de cutias, a cada informante foi solicitado que revelasse a quantidade de cutias que caça por ano. Como o acesso a informações sobre a atividade de caça é bastante delicado no Brasil, uma vez que é uma prática ilegal, temos a consciência de que informações distorcidas podem ter sido acessadas,

mesmo tendo estabelecido uma relação de confiança com os informantes, para tentar minimizar esses possíveis vieses.

Em todas as etapas de acesso ao CEL, cada informante foi abordado separadamente, para evitar interferências dos outros.

Registro de potenciais mamíferos dispersores de *C. coriaceum*

Para registrar os potenciais mamíferos dispersores de *C. coriaceum*, especialmente *D. prymnolopha*, e subsidiar a nossa interpretação sobre o CEL, foram usadas cinco armadilhas fotográficas (câmeras-trap) digitais automáticas, dotadas de sensor infravermelho de calor e movimento (Montrie® A-5), no período de janeiro a abril de 2014 e no mesmo período de 2015. Toda a amostragem foi feita no período chuvoso da safra de *C. coriaceum*, devido à disponibilidade natural dos seus frutos. O estudo não foi conduzido no período seco, devido à falta de disponibilidade natural desses frutos.

Logo, foram realizados 180 dias de amostragem (90 dias em 2014 e o mesmo número de dias em 2015), totalizando um esforço amostral de 900 câmeras/dia. Toda a amostragem foi realizada em seis áreas de Cerrado de ocorrência natural de *C. coriaceum*, escolhidas aleatoriamente, sendo três áreas em 2014 e três áreas em 2015. Foram escolhidas áreas de Cerrado, devido à maior ocorrência natural de *C. coriaceum* nesse tipo vegetação (IBAMA 2004). Em cada mês de cada ano, as armadilhas fotográficas foram distribuídas em trilhas, totalizando cinco pontos de amostragem em cada área, e permaneceram ativas 24 horas por dia durante todo o período. As câmeras passaram por um sistema de rodízio entre as áreas, sendo que a cada 30 dias uma nova área era amostrada. Em cada área, os pontos de amostragem foram instalados a uma distância mínima de 300 m entre pontos, para ter maior garantia de registros independentes de *D. prymnolopha*, uma vez que o raio de movimento de animais desse gênero é de, geralmente, 100 m (Dubost 1988, Aliaga-Rossel et al. 2008).

Cada ponto de amostragem consistiu em uma árvore de *C. coriaceum*, na qual foi fixada uma armadilha fotográfica a uma distância de aproximadamente 30 cm do solo. Diretamente no solo e a uma distância de aproximadamente três metros da armadilha fotográfica, foram agrupados 10 frutos de *C. coriaceum*, coletados no mesmo dia e na mesma área de instalação do armadilhamento fotográfico. A cada 15 dias os frutos foram substituídos, para aumentar as chances de atratividade para os mamíferos dispersores.

Para aumentar o poder de detecção das espécies de mamíferos que visitaram os frutos, as armadilhas fotográficas foram programadas no modo vídeo, com um intervalo de 30 segundos. Para dar mais robustez aos dados, foram considerados os registros de mamíferos que podem fazer uso de frutos na alimentação, verificados através de literatura especializada no assunto. Para distinguir eventos únicos, em todos os vídeos foram registrados automaticamente a data e a hora. Na utilização dos registros, cada vídeo obtido por espécie em cada ponto foi considerado como um registro independente. Durante todo o experimento assumimos os riscos dos frutos agrupados serem coletados pelas pessoas, mas isso não ocorreu, haja vista que nenhum registro humano foi capturado pelas câmeras-trap.

Análise de dados

Para verificar se há diferenças intergeracionais sobre a riqueza de espécies que são reconhecidas como potenciais dispersores de *C. coriaceum*, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis, dividindo-se os informantes em três gerações distintas (Geração A: nascidos entre as décadas de 30 e 40; Geração B: nascidos entre as décadas de 50 e 60; Geração C: nascidos entre as décadas de 70 e 80) e usando como variável o número de espécies potencialmente dispersoras citadas por cada informante em cada geração. Essa mesma análise foi empregada para verificar se a frequência de caça anual de cutias citada pelos informantes varia intergeracionalmente, assim como, se a abundância relativa percebida desse animal varia entre gerações.

Calculamos a Abundância Relativa Percebida de Cutia (ARPC) = $APC/(APM1+APM2+.../100)$, onde APC é a Abundância Percebida de Cutia, APM1 é a Abundância Percebida do Mamífero 1 como potencial dispersor de *C. coriaceum*, APM2 é a Abundância Percebida do Mamífero 2 como potencial dispersor de *C. coriaceum* e assim por diante até esgotar a Abundância Percebida dos Mamíferos como potenciais dispersores de *C. coriaceum* por informante.

Por fim, verificamos se havia relação entre a abundância relativa percebida de cutias pelos informantes e a frequência de caça anual desses animais. Para isso, realizamos o teste de correlação de Spearman, uma vez que os dados não se mostraram normais.

Todos os testes foram realizados no software estatístico R versão 3.2.2., admitindo como significativo um valor $P < 0,05$.

Resultados

Não houve variação em relação ao conhecimento sobre a riqueza dos potenciais dispersores de *C. coriaceum* ($H = 0,6062$; $p > 0,05$), em relação à frequência de caça de cutias ao ano ($H = 0,7759$; $p > 0,05$), assim como, em relação à percepção de abundância relativa de cutias ($H = 2,36$; $p > 0,05$) (Tabela 1). Esses dados refutam as nossas hipóteses e indicam que não há amnésia geracional relacionada ao CEL sobre os dispersores de *C. coriaceum*.

Tabela 1: Valores de média±desvio padrão e mediana (Md) referentes à riqueza de potenciais dispersores de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae), frequência de caça anual de *Dasyprocta prymnolopha* e abundância relativa percebida desse animal, citadas pelos informantes na comunidade de Horizonte, Nordeste do Brasil. Geração A: nascidos entre as décadas de 30 e 40; Geração B: nascidos entre as décadas de 50 e 60; Geração C: nascidos entre as décadas de 70 e 80.

	Geração A (n = 15)	Geração B (n = 15)	Geração C (n = 9)
Riqueza de potenciais dispersores	3,80±1,65; Md=3	3,93±0,96; Md=4	3,55±1,42; Md=4
Frequência de caça anual de cutia	44,06±127,06; Md=8	42,66±127,71; Md=0	24,88±65,80; Md=0
Abundância relativa percebida de cutia	9,21±4,66; Md=7,41	8,26±3,47; Md=8,33	6,40±3,68; Md=4,54

Os animais que foram citados como potenciais dispersores de *C. coriaceum* foram: *D. prymnolopha* (cutia), Coleoptera-Scarabaeidae (besouro rola-bosta), *Bos taurus* (gado), *M. gouazoubira* (veado), *Euphractus sexcinctus* (peba), *Galea spixii* (preá), *Trichomys apereoides* (punaré), *Cyanocorax cyanopogon* (cancão), *Didelphis albiventris* (cassaco) e *D. novemcinctus* (tatu verdadeiro). Para os informantes, o principal dispersor de *C. coriaceum* é a cutia por roer a polpa, mover e enterrar as sementes. Além disso, relataram que o besouro rola-bosta exercia um papel fundamental para a dispersão de *C. coriaceum*, pois enterravam as sementes contidas em fezes de gado e que hoje não estão podendo fazer mais isso porque a presença desses animais exóticos na floresta foi proibida, há mais de dez anos. Os informantes ainda relataram que os besouros rola-bostas passaram a enterrar os frutos de *C. coriaceum* em decomposição depois que o gado foi banido da floresta. Dessa forma, para os informantes, essa proibição tem feito com que dificilmente encontrem-se mudas de *C. coriaceum* na floresta.

Já em relação às armadilhas fotográficas, ao todo foram considerados 199 registros de mamíferos atraídos pelos frutos de *C. coriaceum* (Tabela 2). Dos mamíferos registrados pelas armadilhas fotográficas, somente *Conepatus semistriatus* (gambá), que teve apenas um registro, não foi citado pelas pessoas como potencial dispersor de *C. coriaceum*. De todos os potenciais dispersores citados pelas pessoas, somente *D. prymnolopha* (nos oitos registros capturados para essa espécie) e *D. albiventris* (em três de 183 registros capturados para essa espécie) interagiram diretamente com os frutos de *C. coriaceum*. Os baixos registros de cutias (principal dispersor de *C. coriaceum*) sinalizam a baixa ocorrência atual desses animais na floresta.

Tabela 2. Registros de mamíferos que foram considerados atraídos por frutos de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) na Floresta Nacional do Araripe Apodi, Ceará, Nordeste do Brasil.

Nome científico	Nome popular	Número de registros
<i>Dasyprocta prymnolopha</i>	cutia	8
<i>Didelphis albiventris</i>	cassaco	183
<i>Mazama gouazoubira</i>	veado	5
<i>Dasypus novemcinctus</i>	tatu verdadeiro	2
<i>Conepatus semistriatus</i>	gambá	1

Por fim, não há relação entre a percepção de abundância relativa de cutias e a frequência de cutias caçadas por ano pelos informantes ($r_s=0,0696$; $p>0,05$), sugerindo que a caça pode estar sobreexplorando os animais na região.

DISCUSSÃO

Em contraste com vários estudos (Turvey et al. 2010; Bender et al. 2014, Fernández-Llamazares et al. 2015), nossos resultados quanto à riqueza de potenciais dispersores de *C.*

coriaceum mostram que nem sempre ocorre amnésia geracional em um sistema socioecológico. O conhecimento ecológico tradicional, por exemplo, pode ser comunicado intergeracionalmente, podendo a transmissão desse conhecimento estar intimamente ligada à importância socioeconômica e cultural que os recursos naturais representam para as populações humanas (Reyes-García et al. 2009, Hanazaki et al. 2013). Em adição, a transmissão de conhecimentos entre as gerações não é um processo fácil e sim muito complexo e fundamental, intimamente associado a aspectos ambientais, sociais e culturais (Gómez-Baggethun e Reyes-García 2013, Soldati et al. 2015). É provável que a interação das pessoas nos acampamentos destinados ao exercício de atividades relacionadas à extração e aos usos de *C. coriaceum* (Sousa Júnior et al. 2013; Cavalcanti et al. 2015; Silva et al. 2015) seja preponderante para a socialização de informações quanto aos potenciais dispersores dessa espécie. Além disso, esses acampamentos promovem às pessoas horas de contato direto com a floresta e observação direta na mesma, o que pode facilitar ainda mais a percepção e o compartilhamento de informações quanto aos potenciais dispersores de *C. coriaceum*.

Tendo em vista que a dispersão de sementes é um processo chave para a regeneração das populações vegetais e manutenção da diversidade biológica nas florestas (Janzen 1970, Harms et al. 2000, Wang e Smith 2002), a comunicação intergeracional do CEL quanto à riqueza de potenciais animais dispersores de uma espécie vegetal, pode fornecer direcionamentos na elaboração e aplicação dos planos de gestão e conservação, promovendo a participação das comunidades locais nas tomadas de decisões formais (Berkes et al. 2000, Huntington 2000, Danielsen et al. 2010, Parry e Peres 2015, Turvey et al. 2015). O CEL compartilhado intergeracionalmente pode tornar-se ainda mais atraente para a prática da conservação se esse conhecimento é sobre os potenciais dispersores de espécies vegetais de frutos e sementes grandes que, em algumas florestas, já não podem contar com grandes frugívoros para a dispersão (Janzen e Martin 1982, Guimarães et al. 2008, Jansen et al 2012, Ripple et al. 2015).

Nesse sentido, as pessoas foram capazes de citar 80 % dos mamíferos registrados pelas câmeras-trap como potenciais dispersores de *C. coriaceum*. Em adição, além da cutia, os informantes citaram o besouro rola-bosta como um dos principais potenciais dispersores de *C. coriaceum*, por enterrar as sementes contidas em fezes de gado ou os frutos em decomposição. Nesse contexto, Andresen (2001), por exemplo, revelou que sementes de *Micropholis guyanensis* subsp. *guyanensis* (A.DC.) (Sapotaceae) só foram enterradas por esses besouros quando envolvidas por pelo menos 5 g de fezes de primatas. Entretanto, já foi observado que os besouros dessa família de insetos podem relacionar-se com *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae) (Vaz-de-Mello et al. 1998) e até mesmo com *C. coriaceum*, enterrando os frutos maduros ou em decomposição (Santos et al. em prelo). Dessa forma, temos a convicção de que seria interessante um estudo que investigasse o papel desse inseto na dispersão de sementes.

Mostramos que a percepção de abundância de *D. prymnolopha* e a frequência de caça anual desse animal não varia intergeracionalmente, sugerindo que há padrões coletivos de caça socialmente compartilhados. Além disso, não encontramos relação entre a percepção de abundância de *D. prymnolopha* e a frequência de caça anual desse animal, indicando que a atividade de caça independe da percepção dos caçadores da disponibilidade do recurso na floresta. As decisões sobre a exploração dos recursos naturais estão muitas vezes associadas à percepção local da disponibilidade desses recursos (Bender et al. 2014). Nesse contexto, embora a amnésia geracional não tenha sido evidenciada para a abundância percebida de *D. prymnolopha*, parece que essa percepção está desatualizada, ou seja, não adaptada, em virtude da provável sobreexploração desse recurso pela atividade de caça. Nossos achados sugerem que a prática dessa atividade, pelo menos na comunidade estudada, não está associada principalmente a necessidades de subsistência, pois a satisfação dessas necessidades é mais susceptível à adaptação, mesmo em meio a mudanças ambientais (Berkes e Joly 2001, Sayles e Mulrenann 2010).

A manutenção dos padrões coletivos da atividade de caça não significa que as pessoas estão acompanhando as recentes e rápidas mudanças ambientais, podendo estar esquecendo as suas próprias experiências, não percebendo essas mudanças. Nesse sentido, pode estar ocorrendo amnésia pessoal no sistema, com sobreexploração de recursos (Kahn 2002, Newton 2004, Simons e Rensink 2005, Papworth et al. 2009). Isso tem fortes implicações para a conservação da biodiversidade, pois a sobreexploração dos animais dispersores por intermédio da intensa atividade de caça pode ocasionar a perda dos mesmos, afetando negativamente a composição e a estrutura da comunidade ecológica (Cullen 2000, Galetti et al. 2006, Forget e Jansen 2007, Stoner et al. 2007, Donatti et al. 2009). Além de já ter sido revelado que a cutia é um dos animais mais caçados na região de estudo (IBAMA 2004, Melo et al. 2014, Nascimento et al. 2015), evidências apontam que esses animais estão desaparecendo dessa região (Santos et al. em prelo). Isso pode ser suportado pelos baixos registros desses animais que foram capturados por meio das câmeras-trap, no presente estudo.

Para que a existência de amnésia pessoal possa ser confirmada, estudos longitudinais por um longo intervalo de tempo são necessários (Godoy et al. 2009, Fernández-Llamazares et al. 2015). A maneira pela qual as pessoas percebem as mudanças no ambiente influencia as respostas e a capacidade de adaptação a essas mudanças (Davidson-Hunt e Berkes 2003, Byg e Salick 2009, Gómez-Baggethun e Reyes-García 2013). Caso as mudanças ambientais não sejam percebidas, as pessoas podem ser menos cooperativas com os planos de conservação (Papworth et al. 2009, Kai et al. 2014). Nesse sentido, se as condições ecológicas pretéritas não são lembradas, a exposição clara da situação dos recursos naturais no passado pode ajudar as pessoas a terem uma melhor clareza sobre a importância da preservação desses recursos e dos serviços ecossistêmicos associados (Papworth et al. 2009, Bender et al. 2014).

Os esforços para a implementação de medidas como a mencionada anteriormente são de suma importância para a prática de conservação, pois a falta de percepção das mudanças ambientais pode enviesar dados usados sobre as condições do ambiente, como, por exemplo,

para a avaliação do funcionamento de ecossistemas, monitoramento de espécies e definições de estratégias de manejo e conservação (Anadón et al. 2009, Daw 2010, Danielsen et al. 2014, Parry e Peres 2015). Assim, os dados acessados por meio do CEL precisam ser avaliados com cautela, pois esses dados podem ser afetados pelas rápidas mudanças ambientais ou por características sociais, comprometendo o seu potencial de aplicabilidade (Dulvy e Polunin 2004, Hanazaki et al. 2013, Fernández-Llamazares et al. 2015).

Conclusão

Diante da possível ocorrência de amnésia pessoal, medidas visando à atualização das pessoas sobre as condições do ambiente são necessárias, pois isso poderá incentivar a participação efetiva das mesmas nos planos de gestão e conservação (Papworth et al. 2009, Bender et al. 2014). Além disso, é preciso garantir a manutenção da transferência intergeracional do CEL, para que narrativas locais mais precisas sobre as mudanças ambientais possam ser estabelecidas e preservadas (Papworth et al. 2009, Fernández-Llamazares et al. 2015). Nesse sentido, o conhecimento bem difundido intergeracionalmente sobre os potenciais animais dispersores pode ser bastante útil no auxílio à elaboração de estratégias eficientes de conservação, uma vez que o processo ecológico de dispersão de sementes é essencial para a regeneração das populações vegetais e manutenção da biodiversidade (Janzen 1970, Harms et al. 2000, Wang e Smith 2002).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os moradores da comunidade Horizonte que participaram desse estudo. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudos concedidas a GCS e JRSJ e pelo apoio financeiro (processo 23038.008230/2010-75). À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro (processo APQ-1264-2.05/10). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos

concedida a ALBN e pelas bolsas de produtividade em pesquisa concedidas a ELA e UPA. Aos pesquisadores do Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos (LEA) pelo apoio em todas as etapas da pesquisa. Ao Damásio Damião Pessoa pelo apoio no trabalho de campo.

REFERÊNCIAS

Albuquerque, U. P., R. F. P. Lucena, and E. M. F. Lins Neto. 2014a. Selection of research participants. In: Albuquerque, U. P., R. F. P. Lucena, L. V. F. C. Cunha, and R.R.N. Alves. (Eds.), *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Springer, New York Heidelberg Dordrecht London.

Albuquerque, U. P., M. A. Ramos, R. F. P. Lucena, and N. L. Alencar. 2014b. Methods and Techniques Used to Collect Ethnobiological Data. In: Albuquerque, U. P., R. F. P. Lucena, L. V. F. C. Cunha, and R.R.N. Alves. (Eds.), *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Springer, New York Heidelberg Dordrecht London.

Aliaga-Rossel, E., R. W. Kays, and J. M. V. Fragoso. 2008. Home-range use by Central American agouti (*Dasyprocta punctata*) on Barro Colorado, Panama. *Journal of Tropical Ecology* 24:367-374.

Anadón, J. D., A. Giménez, R. Ballestar, and I. Pérez. 2009. Evaluation of Local Ecological Knowledge as a Method for Collecting Extensive Data on Animal Abundance. *Conservation Biology* 3:617-625

Andresen E, 2001. Effects of dung presence, dung amount and secondary dispersal by dung beetles on the fate of *Micropholis guyanensis* (Sapotaceae) seeds in Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 17:61-78.

Bender, M. G., G. R. Machado, P. J. A. Silva, S. R. Floeter, C. Monteiro-Neto, O. J. Luiz, and C. E. L. Ferreira. 2014. Local Ecological Knowledge and Scientific Data Reveal Overexploitation by Multigear Artisanal Fisheries in the Southwestern Atlantic. *PLoS ONE* 9(10): e110332. doi:10.1371/journal.pone.0110332.

Berkes, F., J. Colding, and C. Folke. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10:1251–1262.

Berkes, F., and D. Jolly. 2001. Adapting to Climate Change: Social-Ecological Resilience in a Canadian Western Arctic Community. *Conservation Ecology* 5:2-18.

Byg, A., and J. Salick. 2009. Local perspectives on a global phenomenon—Climate change in Eastern Tibetan villages. *Global Environmental Change* 19:156–166.

Braga, R. 1976. Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró.

Campos, L. Z. O., U. P. Albuquerque, N. Peroni, and E. L. Araújo. 2015. Do socioeconomic characteristics explain the knowledge and use of native food plants in semiarid environments in Northeastern Brazil? *Journal of Arid Environments* 115:53-61.

Cavalcanti, M. C. B. T., M. A. Ramos, E. L. Araújo, and U. P. Albuquerque. 2015. Implications from the use of Non-timber Forest Products on the consumption of wood as a fuel source in human-dominated semiarid landscapes. *Environmental Management* 56:389–401.

Costa, I. R., F. S. Araújo, and L. W. Lima-Verde. 2004. Flora e aspectos auto-ecológicos de um enclave de cerrado na chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18:759-770.

Cruz, M. A. O. M, and M. L. C. B. Campello. 1998. Projeto Araripe: Recursos naturais e patrimônio: Biodiversidade: Fauna - Mastofauna terrestre.

- Cullen, L. Jr., R. E. Bodmer, and C. V. Padua. 2000. Effects of hunting in habitat fragments of the Atlantic forests, Brazil. *Biological Conservation* 95:49-56.
- Danielsen, F., N. D. Burgess, P. M. Jensen, and K. Pirhofer-Walzl. 2010. Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of people's involvement. *Journal of Applied Ecology* 47:1166-1168.
- Danielsen, F., P. M. Jensen, N. D. Burgess, I. Coronado, S. Holt, M. K. Poulsen, R. M. Rueda, T. Skielboe, M. Enghoff, L. H. Hemmingsen, M. Sorensen, and K. Pirhofer-Walzl. 2014. Testing focus groups as a tool for connecting indigenous and local knowledge on abundance of natural resources with science-based land management systems. *Conservation Letters* 7:380-389.
- Davidson-Hunt, I., and F. Berkes. 2003. Learning as You Journey: Anishinaabe Perception of Social-ecological Environments and Adaptive Learning *Conservation Ecology* 8:5-25.
- Daw, T. M. 2010. Shifting baselines and memory illusions: what should we worry about when inferring trends from resource user interviews? *Animal Conservation* 13:534-535.
- Donatti, C. I., P. R. Jr. Guimarães, and M. Galetti. 2009. Seed dispersal and predation in the endemic Atlantic rainforest palm *Astrocaryum aculeatissimum* across a gradient of seed disperser abundance. *Ecological Research* 24:1187-1195.
- Dubost G, 1988. Ecology and social life of the red acouchy, *Myoprocta exilis*; comparison with the orange-rumped agouti, *Dasyprocta leporina*. *Journal of Zoology* 214:107-123.
- Dulvy, N. K., and N. V. C. Polunin. 2004. Using informal knowledge to infer human-induced rarity of a conspicuous reef fish. *Animal Conservation* 7:365-374.
- Feitosa, I. S., U. P. Albuquerque, and J. M. Monteiro. 2014. Knowledge and extractivism of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. in a local community of the Brazilian Savanna, Northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* doi:10.1186/1746-4269-10-64.

Fernández-Llamazares, A., D-R. Isabel, A. C. Luz, M. Cabeza, A. Pyhälä, and V. Reyes-García. 2014. Rapid ecosystem change challenges the adaptive capacity of Local Environmental Knowledge. *Global Environmental Change* 31:272–284.

Forget P-M, 1996. Removal of seeds of *Carapa procera* (Meliaceae) by rodents and their fate in rainforest in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 12:751-761.

Galetti, M., C. I. Donatti, A. S. Pires, P. R. Jr. Guimarães, and P. Jordano. 2006. Seed survival and dispersal of an endemic Atlantic forest palm: the combined effects of defaunation and forest fragmentation. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151:141-149.

Godoy, R., V. Reyes-García, J. Broesch, I. C. Fitzpatrick, P. Giovannini, M. R. M. Rodríguez, T. Huanca, W. R. Leonard, T. W. McDade, S. Tanner, and TAPS Bolivia Study Team. 2009. Long-term (secular) change of ethnobotanical knowledge of useful plants: separating cohort and age effects. *Journal of Anthropological Research* 65:51-67.

Gómez-Baggethun, E., and V. Reyes-García. 2013. Reinterpreting change in traditional ecological knowledge. *Human Ecology* 41:643–647.

Guimarães, P. R. Jr., M. Galetti, and P. Jordano. 2008. Seed dispersal anachronisms: rethinking the fruits extinct megafauna ate. *Plos One*, 3(3): e1745. doi:10.1371/journal.pone.0001745.

Hanazaki, N., D. F. Herbst, M. S. Marques, and I. Vandebroek. 2013. Evidence of the shifting baseline syndrome in ethnobotanical research. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 9:75.

Harms, K. E., J. Wright, O. Calderón, A. Hernández, and E. A. Herre. 2000. Pervasive density-dependent recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature* 409:493-495.

Huntington, H. P. 2000. Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *Ecological Applications*, 10:1270–1274.

IBAMA, 2004. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: Plano de Manejo da Floresta Nacional do Araripe. Brasília.

IPECE, 2014. Perfil Básico Municipal. Barbalha-CE: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Disponível: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm2014/Barbalha.pdf. (accessed 20.07.14).

Jansen, P. A., B. T. Hirsch, W-J. Emsens, V. Zamora-Gutierrez, M. Wikelski, and R. Kays. 2012. Thieving rodents as substitute dispersers of megafaunal seeds. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109: 23610–12615.

Janzen, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forest. *The American Naturalist* 104:501-528.

Janzen, D. H., and P. S. Martin. 1982. Neotropical anachronisms: the fruits the Gomphoterres ate. *Science* 215:19–27.

Kahn, P. H. 2002. Children's affiliations with nature: structure, development, and the problem of environmental generational amnesia. In: Kahn, P.H., and S. R. Kellert. (Eds.), *Children and Nature: Psychological, Sociocultural, and Evolutionary Investigations*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Kai, Zhang., T. S. Woan, L. Jie, E. Goodale, K. Kitajima, R. Bagchi, and R. D. Harrison. 2014. Shifting Baselines on a Tropical Forest Frontier: Extirpations Drive Declines in Local Ecological Knowledge. *PLoS ONE* 9(1): e86598. doi:10.1371/journal.pone.0086598.

Lozano, A., E. L. Araujo, M. F. T. Medeiros, and U. P. Albuquerque. 2014. The apparency hypothesis applied to a local pharmacopoeia in the Brazilian northeast. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10:2.

Medeiros, H., and A. M. A. Amorim. 2015. Caryocaraceae. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Available from <http://floradobrasil.jbrj.gov.br> (accessed 03.01.15).

Melo, R. S., O. C. Silva, A. Souto, R. M. N. Alves, and N. Schiel. 2014. The role of mammals in local communities living in conservation areas in the Northeast of Brazil: an ethnozoological approach. *Tropical Conservation Science*, 7:423-439.

Nascimento, A. L. B., J. S. Silva, B. C. Silva Neto, L. B. Silva, J. B. Silva, R. S. Melo, R. R. N. Alves, and U. P. Albuquerque. 2015. Vertebrados potencialmente úteis da Floresta Nacional do Araripe: Diversidade e implicações para a conservação. In: Albuquerque, U. P, and M. V. Meiado. (Eds), Sociobiodiversidade na chapada do Araripe. NUPPEA, Recife, Pernambuco.

Newton, I. 2004. The recent declines of farmland bird populations in Britain: an appraisal of causal factors and conservation actions. *Ibis* 146:579–600.

Papworth, S.K., J. Rist, L. Coad, and E. J. Milner-Gulland. 2009. Evidence for shifting baseline syndrome in conservation. *Conservation Letters* 2:93-100.

Parry, L., and C. A. Peres. 2015. Evaluating the use of local ecological knowledge to monitor hunted tropical-forest wildlife over large spatial scales. *Ecology and Society* 20(3): 15. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07601-200315>.

Reyes-García, V., J. Broesch, L. Calvet-Mir, N. Fuentes-Peláez, T. W. McDade, S. Parsa, S. Tanner, T. Huanca, W. Leonard, M. R. Matínez-Rodríguez, and TAPS Bolivian Study Team. 2009. Cultural transmission of ethnobotanical knowledge and skills: an empirical analysis from an Amerindian society. *Evolution and Human Behavior* 30:274–285.

Reyes-García, V., M. Guèze, A. C. Luz, J. Paneque-Gálvez, M. J. Macía, M. Orta-Marínez, J. Pino, and X. Rubio-Campillo. 2013. Evidence of traditional knowledge loss among a contemporary indigenous society. *Evolution and Human Behavior* 34:249–257.

Ribeiro-Silva, S., M. B. Medeiros, B. M. Gomes, E. N. C. Seixas, and M. A. P. Silva. 2012. Angiosperms from the Araripe National Forest, Ceará, Brazil. *Check List* 8:744-751.

Ripple, W. J., T. M. Newsome, C. Wolf, R. Dirzo, K. T. Everatt, M. Galetti, M. W. Hayward, G. I. H. Kerley, T. Levi, P. A. Lindsey, D. W. Macdonald, Y. Malhi, L. E. Painter, C. J. Sandom, J. Terborgh, and B. V. Valkenburgh, 2015. Collapse of the world's largest herbivores. *Science Advances* 1:e1400103.

Santos, G. C., N. Schiel, E. L. Araújo, and U. P. Albuquerque, *Caryocar coriaceum* (Caryocaraceae) diaspora removal and dispersal distance on the margin and in the interior of a Cerrado area in Northeastern Brazil. *Revista de Biología Tropical* (Em prelo).

Sayles, J. S., and M. E. Mulrennan. 2010. Securing a future: Cree hunters' resistance and flexibility to environmental changes, Wemindji, James Bay. *Ecology and Society* 15(4): 22.

Silva, R. R. V., L. J. Gomes, and U. P. Albuquerque. 2015. Plant extractivism in light of game theory: a case study in northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, doi:10.1186/1746-4269-11-6.

Silva Neto, B. 2013. A caça de mamíferos cinegéticos no semiárido do nordeste brasileiro: Uma análise com base na hipótese da aparência ecológica. Dissertação. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

Simons, D. J., and R. A. Rensink. 2005. Change blindness: past, present, and future. *Trends in Cognitive Sciences* 9:16–20.

Soldati, G. T., N. Hanazaki, M. Crivos, and U. P. Albuquerque. 2015. Does Environmental Instability Favor the Production and Horizontal Transmission of Knowledge regarding Medicinal plants? A Study in Southeast Brazil. *PLoS ONE* 10(5): e0126389. doi:10.1371/journal.pone.0126389.

Sousa Júnior, J. R., U. P. Albuquerque, and N. Peroni. 2013. Traditional knowledge and management of *Caryocar coriaceum* Wittm. (Pequi) in the Brazilian savanna, Northeastern Brazil. *Economic Botany* 67:225-233.

Stoner, K. E., K. Vulinec, S. J. Wright, and C. A. Peres. 2007. Hunting and plant community dynamics in tropical forests: A synthesis and future directions. *Biotropica* 39:385-392.

Turvey, S. T., L. A. Barret, H. Yujiang, Z. Lei, Z. Xinqiao, W. Xianyan, H. Yadong, Z. Kaiya, T. Hart, and W. Ding. 2010. Rapidly Shifting Baselines in Yangtze Fishing Communities and Local Memory of Extinct Species. *Conservation Biology* 4:778-787.

Turvey, S. T., C. T. Trung, V. D. Quyet, H. V. Nhu, D. V. Thoai, V. C. A. Tuan, D. T. Hoa, K. Kacha, T. Sysomphone, S. Wallate, C. T. T. Hai, N. V. Thanh, and N. M. Wilkinson. 2015. Interview-based sighting histories can inform regional conservation prioritization for highly threatened cryptic species. *Journal of Applied Ecology* 52:422-433.

Vaz-De-Mello, F. Z., J. N. C. Louzada, and J. H. Schoereder. 1998. New data and comments on Scarabaeidae (Coleoptera:Scarabaeoidea) associated with Attini (Hymenoptera:Formicidae). *The Coleopterists Bulletin* 52:209-216.

Wang, B. C., and T. B. Smith. 2002. Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology & Evolution* 17:379-385.

Capítulo 3

Besouros rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) podem atuar como dispersores secundários de sementes a partir de perturbações antrópicas passadas?

Manuscrito a ser submetido ao periódico: Nature plants

Besouros rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) podem atuar como dispersores secundários de sementes a partir de perturbações antrópicas passadas?

Gilney Charll dos Santos^{1,4*}, Paschoal Coelho Grossi², Nicola Schiel³, Elcida de Lima Araújo³, Ulysses Paulino Albuquerque^{3,4*}

1. Instituto Federal do Piauí-IFPI, Departamento de Educação, Primavera, São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil.

2. Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Departamento de Agronomia, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil.

3. Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Departamento de Biologia, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil.

4. Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos-LEA, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil.

*Autor correspondente: Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos-LEA, 52171-900, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil; E-mail: upa@db.ufrpe.br, gilneycharll@hotmail.com

Neste trabalho, buscamos evidências de que besouros rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) podem atuar como dispersores secundários de sementes a partir de perturbações antrópicas ocorridas no passado. Tomamos como cenário uma floresta no Nordeste do Brasil, onde no passado era frequente a criação de gado. Testamos a informação de que os besouros rola-bostas passaram a dispersar as sementes de uma espécie nativa (*Caryocar coriaceum*), que no passado era ingerida pelo gado. O estudo foi realizado durante o período de duas safras anuais e o desenho experimental consistiu de três tratamentos (i. sementes de *C. coriaceum* envolvidas por fezes de gado, ii. frutos de *C. coriaceum* em decomposição e fezes de gado) e de três áreas (cerrado, cerradão e mata úmida), nos quais comparamos a riqueza e a abundância de besouros rola-bostas entre os tratamentos e entre as áreas. No primeiro ano de estudo, enquanto que a abundância de besouros rola-bostas foi maior no tratamento constituído de sementes envolvidas por fezes de gado, a riqueza não foi influenciada pelos tratamentos. Nesse mesmo ano, tanto a abundância como a riqueza foi influenciada pelas áreas, sendo maiores nas áreas de cerrado. No segundo ano de investigação, enquanto que a abundância não foi influenciada pelos tratamentos ou pelas áreas, a riqueza foi maior no tratamento

constituído de sementes envolvidas por fezes de gado, mas não foi influenciada pelas áreas. Nos dois anos de estudo, encontramos besouros rola-bostas atraídos pelos frutos de *C. coriaceum* em decomposição. Não é ter certeza, com nosso experimento, de que besouros rola-bostas são atraídos por frutos apenas porque podem mimetizar o odor de fezes de frugívoros, ou porque os animais estão apenas continuando a reproduzir um comportamento que foi iniciado quando a criação de gado era permitida na região.

Besouros rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) exercem várias funções-chave nos ecossistemas, sobretudo, a ciclagem de nutrientes e a dispersão de sementes (Halffter e Matthews 1966, Pérez-Ramos et al. 2007, 2013, Midgley et al. 2015). Apesar de poderem atuar no manejo e na remoção de frutos, o seu papel como dispersor de sementes é um dos mais complexos (Halffter 1991, Vaz-de-Mello 1998, Pérez-Ramos et al. 2007, 2013, Midgley et al. 2015). Nesse sentido, a maioria dos trabalhos associa a dispersão realizada por besouros rola-bostas ao enterro de sementes contidas em fezes de animais frugívoros. Adresen (2001), por exemplo, mostrou que sementes de *Micropholis guyanensis* subsp. *guyanensis* (A.DC.) (Sapotaceae) só foram enterradas por esses besouros quando envolvidas por pelo menos 5 g de fezes de primatas. A atratividade por fezes de animais frugívoros e, conseqüentemente, o hábito de enterrá-las antes de usá-las para alimentação e oviposição promove o enterro acidental de sementes sob as fezes, proporcionando a proteção das mesmas contra a ação de predadores e ainda um ambiente mais propício para a germinação, em virtude da adubação e aeração do solo (Hanski e Cambefort 1991, Shepherd e Chapman 1998, Vander Wall e Longland 2004, Nichols et al. 2008, Culot et al. 2011).

O enterro acidental de sementes também pode ocorrer por uma relação de mimetismo entre rola-bostas e sementes que exalam odores semelhantes ao de fezes de animais frugívoros, como foi verificado, por exemplo, para *Ceratocaryum argenteum* Nees ex Kunth (Restionaceae), no continente Sul-Africano (Midgley et al. 2015). Entretanto, pesquisas revelam que esses besouros também podem contribuir para a dispersão de espécies vegetais, como, por exemplo, do gênero *Quercus*, enterrando as sementes sem que as mesmas exalem odores de fezes de frugívoros ou passem pelo trato digestório desses animais (Pérez-Ramos et al. 2007, 2013). Halffter (1991) argumenta que fatores históricos e ecológicos relacionados a alterações no ambiente podem promover mudanças no comportamento alimentar dos besouros rola-bostas ao longo do tempo, direcionando-os para o consumo de carcaças ou frutos, em decorrência da perda de grandes frugívoros nativos e decréscimo da oferta de grandes massas fecais. Isso pode ter profundas implicações para a dispersão de sementes, uma vez que é um

processo ecológico chave para a regeneração das populações vegetais e manutenção da biodiversidade (Harms et al. 2000, Wang e Smith 2002).

Para que se possa pensar em manutenção da biodiversidade, não somente os usuais aspectos biológicos devem ser considerados, mas também os aspectos etnobiológicos que são muito importantes e indissociáveis (Albuquerque 1999). Assim, o conhecimento biológico local pode gerar novas hipóteses investigáveis e testáveis (Posey 1986). Nesse contexto, populações humanas que vivem no entorno de uma floresta nativa do Nordeste do Brasil, a Floresta Nacional do Araripe Apodi (FLONA-Araripe), reconhecem os besouros rola-bostas como importantes dispersores de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) (conhecido popularmente por pequi), por enterrarem as sementes contidas em fezes de gado ou os frutos em decomposição. Evidências científicas do enterro desses frutos por besouros rola-bostas foram encontradas por Santos et al. (em prelo), em um estudo sobre a dispersão de *C. coriaceum* na FLONA-Araripe. De acordo com a percepção das pessoas, esses insetos preferiam enterrar as sementes contidas em fezes de gado e só passaram a enterrar os frutos em decomposição depois que esses animais exóticos foram banidos da floresta. Por centenas de anos as pessoas criaram gado em ambientes de cerrado da FLONA-Araripe, sendo que há mais de 10 anos, por razões conservacionistas, essa prática foi terminantemente proibida pela gestão da floresta (IBAMA 2004).

Diante do exposto, a FLONA-Araripe configura um excelente cenário para verificar se onde havia criação de gado há, atualmente, a atratividade de rola-bostas por frutos de *C. coriaceum*, indicando que podem contribuir para o processo ecológico de dispersão. Dessa forma, levantamos o seguinte questionamento: besouros rola-bostas podem atuar como dispersores secundários de sementes a partir de perturbações antrópicas passadas? Hipotetizamos que besouros rola-bostas podem ser atraídos por frutos que no passado era ingerido pelo gado, principalmente em ambientes de cerrado, que eram os locais preferidos para a atividade pecuária. Esperamos encontrar maior abundância e riqueza de rola-bostas atraídos por frutos de *C. coriaceum* em decomposição do que por outros tipos de tratamentos (sementes de *C. coriaceum* envolvidas por fezes de gado; fezes de gado). Esperamos encontrar ainda uma maior abundância e riqueza de rola-bostas atraídos pelos tratamentos em ambientes de cerrado do que em outras fitofisionomias da FLONA-Araripe.

Nos dois anos de estudo, foi registrado um total de 511 indivíduos de 22 espécies (Tabela 1). No primeiro ano de investigação, foi registrado um total de 419 indivíduos de 19 espécies (Tabela 2). Aqui, o tipo de isca afetou significativamente a abundância média de

rola-bostas ($F = 4,0788$; $P = 0,0247$), sendo o tratamento constituído por sementes de *C. coriaceum* envolvidas por fezes de gado o que atraiu o maior número de indivíduos ($n = 203$), refutando a nossa hipótese. A fitofisionomia também afetou a abundância média de rola-bostas ($F = 14,0226$; $P = 0,0001$), sendo registrado o maior número de indivíduos no cerrado ($n = 234$), como hipotetizamos. O tipo de isca não afetou significativamente a riqueza de besouros rola-bostas ($F = 1,7333$; $P = 0,1895$), refutando a nossa hipótese. Já a fitofisionomia influenciou bastante a riqueza desses besouros ($F = 22,9333$; $P < 0,0001$), sendo que 78,94 % ($n = 15$) do total de espécies registradas foram atraídas pelas iscas no ambiente de cerrado, confirmando a nossa hipótese. As diferenças não encontradas quanto à riqueza de besouros rola-bostas atraídos pelos diferentes tipos de tratamentos indicam que esses besouros podem relacionar-se com frutos de *C. coriaceum* em decomposição, mesmo na presença de fezes de gado. A maior abundância e riqueza de besouros rola-bostas atraídos pelas iscas oferecidas, nos ambientes de cerrado, é um sinal de que esses besouros podem estar concentrados nesse tipo de ambiente como reflexo da ocorrência passada do gado nesses locais.

Já no segundo ano de investigação, tanto o tipo de isca ($F = 2,5389$; $P = 0,0913$) como a fitofisionomia ($F = 1,2746$; $P = 0,2915$) não afetaram a abundância média de rola-bostas atraídos. Entretanto, enquanto que a riqueza de espécies foi influenciada significativamente pelo tipo de isca ($F = 9,5$; $P = 0,0007$), sendo o tratamento constituído de sementes envolvidas por fezes de gado o que atraiu o maior número de espécies ($n = 7$), a fitofisionomia não influenciou no número médio de espécies atraídas pelas iscas. Os dados encontrados no segundo ano de investigação confirmam, pela abundância, que besouros rola-bostas podem ser atraídos por frutos de *C. coriaceum*, mas não confirmam a hipótese de que são mais atraídos em ambientes de cerrado, tanto pela abundância como pela riqueza. Nesse período de investigação, a abundância registrada de besouros rola-bostas foi bem menor ($n = 92$) (Tabela 3) do que a registrada no ano I ($n = 419$) (Tabela 2), o que pode ter influenciado os nossos resultados. Em adição, a escassez de chuvas registradas para esse ano de estudo (Fig. 2) também pode ter influenciado nossos resultados.

Em florestas tropicais de todo o mundo, a maioria das espécies de árvores produzem frutos carnosos adaptados para a dispersão através da ingestão por animais frugívoros (Howe e Smallwood 1982). Nesse sentido, os rola-bostas desempenham um papel fundamental nos ecossistemas, ao enterrar as sementes contidas nas fezes desses frugívoros (Vander Wall e Longland 2004, Nichols et al. 2008). Entretanto, a presença de grandes frugívoros nas florestas está cada vez mais rara, pois além de serem naturalmente menos abundantes, quando comparados com pequenos frugívoros, são mais afetados por intensos regimes de caça ou pela

fragmentação e perda de habitats (Robinson e Redford 1991, Cramer et al. 2007, Peres e Palacios 2007, Magrach et al. 2014). Isso pode afetar profundamente a regeneração de espécies vegetais, especialmente as de sementes grandes (Forget e Jansen 2007, Stoner et al. 2007).

Nesse contexto, o achado importante que descobrimos que revela que besouros rola-bostas podem ser atraídos por frutos de *C. coriaceum*, sugere que na ausência de animais frugívoros de grande porte, que têm a capacidade de ingerir frutos grandes, esses besouros podem ser úteis para a dispersão dessas espécies. Embora não tenhamos como saber se os besouros rola-bostas já se relacionavam com frutos de *C. coriaceum*, nossos resultados sinalizam que ações antrópicas realizadas no passado, como a criação de gado pode estar influenciando o comportamento de gerações futuras desses besouros. Em analogia a isso, estudos apontam que com o decréscimo da oferta de massas fecais e aumento de carniça, uma parte dos rola-bostas seguiram para este e outros tipos de hábitos alimentares, conservando-os até hoje (Halffter 1991). Caso isso também esteja acontecendo em ambientes carentes de animais frugívoros, fazendo com que esses besouros, na ausência de fezes, passem a usar frutos que não usavam como recurso alimentar, pode ter profundos impactos para a regeneração das populações vegetais e manutenção da biodiversidade, o que merece atenção.

Métodos

Os dados foram coletados durante duas safras consecutivas de *C. coriaceum*, entre janeiro e abril de 2014 e 2015, na Floresta Nacional do Araripe Apodi (FLONA-Araripe), Nordeste do Brasil (7°11'42" – 7°28'38" S e 39°13'28" – 39°36'33" W). Esta floresta foi criada em 02 de maio de 1946 (Decreto-Lei 9.226/46) com o objetivo de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais. Mesmo antes da sua criação, os grupos humanos que viviam no seu interior já manejavam seus recursos e usavam seu espaço para agricultura e pecuária. Com a sua criação, as pessoas tiveram que deixar a floresta, passando a morar nas áreas adjacentes. Há mais de dez anos, a criação de gado foi totalmente banida do interior dessa unidade de conservação, inclusive com a inserção de cercas em algumas regiões, para evitar a passagem desses animais (IBAMA 2004).

Foram selecionadas aleatoriamente três áreas de ocorrência natural de *C. coriaceum* (cerrado, cerradão e mata úmida). Em cada área, foram estabelecidas 15 armadilhas de queda (*pitfall*), organizadas em cinco fileiras de três tratamentos (Fig. 1). Cada tratamento nas

fileiras foi composto por três diferentes iscas de atração para os rola-bostas (i. semente de *C. coriaceum* envolvida por fezes de gado [PB]; ii. fruto de *C. coriaceum* em decomposição [P], iii. fezes de gado [B]). O tratamento SF consistiu em uma semente envolvida por 20 g de fezes frescas de gado. As sementes usadas nesse tratamento foram provenientes de frutos coletados na floresta, sendo removido dos mesmos o epicarpo coriáceo e o mesocarpo externo. O tratamento P consistiu em um fruto coletado na floresta e posto em um recipiente plástico tampado por quatro dias para apodrecer (fermentar). O tratamento B consistiu em 20 g de fezes frescas de gado. A distância entre cada tratamento na fileira foi de 25 m e a distância entre fileiras foi de 50 m. Cada *pitfall* era composta por um recipiente plástico com 15 cm de diâmetro e 10 cm de profundidade, com uma proteção plástica contra o sol e a chuva, disposta a uma altura de aproximadamente 15 cm do solo, levemente inclinada e apoiada em três espetos de madeira com 25 cm de comprimento e 0,4 mm de diâmetro. O recipiente plástico foi enterrado no chão com a abertura no mesmo nível da superfície do solo e no seu interior foi colocado cerca de 300 ml de solução de detergente. As iscas foram inseridas em copos plásticos de 150 ml (para os tratamentos PB e P) e 50 ml (para o tratamento B), que foram transpassados e centralizados na *pitfall* ao nível da borda por um espeto de madeira (já mencionado anteriormente). Os rola-bostas foram coletados após 48 h do estabelecimento das armadilhas, sendo devidamente armazenados em potes de vidro com álcool 90 % e conduzidos à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) para identificação. Todo o procedimento foi repetido em cada mês de amostragem. A precipitação pluviométrica no segundo ano de investigação, principalmente nos meses de fevereiro e março foram bem aquém da que ocorreu no ano I (INMET 2016) (Fig. 2). O projeto foi autorizado (aprovação nº 38234-1) pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), que é o órgão responsável pela gestão da FLONA-Araripe.

Em cada ano de amostragem, para verificar se os tratamentos e as fisionomias influenciam na abundância e riqueza de rola-bostas, aplicou-se uma análise de variância ANOVA: fatorial a x b (com replicação). Todos os testes foram realizados no software estatístico BioEstat 5.0 (Ayres et al. 2007), admitindo como significativo um valor $P < 0,05$.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudos concedidas a GCS e pelo apoio financeiro (processo 23038.008230/2010-75). À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de

Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro (processo APQ-1264-2.05/10). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida a ALBN e pelas bolsas de produtividade em pesquisa concedidas a ELA e UPA. Aos pesquisadores do Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos (LEA) pelo apoio em todas as etapas da pesquisa. Ao Damásio Damião Pessoa pelo apoio no trabalho de campo.

Referências

- Andresen, E. Effects of dung presence, dung amount and secondary dispersal by dung beetles on the fate of *Micropholis guyanensis* (Sapotaceae) seeds in Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* **17**, 61-78 (2001).
- Almeida, S. Louzada, J. Sperber, C. & Barlow, J. Subtle Land-Use Change and Tropical Biodiversity: Dung Beetle Communities in Cerrado Grasslands and Exotic Pastures. *Biotropica* **43**, 704–710 (2011).
- Ayres, M. Ayres Júnior, M. Ayres, D. L. & Santos, A. S. *BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. (Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2007).
- Cramer, J. M. Mesquita, R. C. G. & Williamson, G. B. Forest fragmentation differentially affects seed dispersal of large and small-seeded tropical trees. *Biological Conservation*, **137**, 415-423 (2007).
- Culot, L. Mann, D. J. Lazo, F. J. J. M. Huynen, M-C. & Heymann, E. W. Tamarins and Dung Beetles: An Efficient Diplochorous Dispersal System in the Peruvian Amazonia. *Biotropica*, **43**, 84-92 (2011).
- Forget, P-M. & Jansen, P. A. Hunting increases dispersal limitation in the tree *Carapa procera*, a nontimber forest product. *Conservation Biology* **2**, 106-113 (2007).
- Halfpter, G. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Entomologica Mexicana*, **82**, 195-238. (1991).

- Halfpeter, G. & Mathews, E. G. The natural history of dung beetles of the subfamily scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). *Folia Entomologica Mexicana*. (Mexico, 1966).
- Hanski, I. & Cambefort, Y. *Dung Beetle Ecology*. (Princeton University Press, 1991).
- Harms, K. E. Wright, J. Calderón, O. Hernández, A. & Herre, E. A. Pervasive density-dependent recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature* **409**, 493-495 (2000).
- Howe, H. F. & Smallwood, J. Ecology of Seed Dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* **13**, 201-228 (1982).
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Plano de Manejo da Floresta Nacional do Araripe. (Brasília, 2004).
- INMET, (2014). Instituto Nacional de Meteorologia. Dados climáticos da estação automática de Barbalha-CE (1984-2014), Available from <http://www.inmet.gov.br> (accessed 10.01.16).
- Magrath, A. Laurance, W. F. Larrinaga, A. R. & Santamaria, L. Meta-Analysis of the effects of forest fragmentation on interspecific interactions. *Conservation Biology* **00**, 1-7 (2014).
- Midgley, J. J. White, J. D. M. Johnson, S. D. & Bronner, G. N. Faecal mimicry by seeds ensures dispersal by dung beetles. *Nature plants* **15141**, doi:10.1038/nplants.2015.141 (2015).
- Nichols, E. Spector, S. Louzada, J. Larsen, T. Amezcua, S. Favila, M. E. & The Scarabaeinae Research Network. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation* **141**, 1461-1474 (2008).
- Peres, C. A. & Palacios, E. Basin-Wide Effects of Game Harvest on Vertebrate Population Densities in Amazonian Forests: Implications for Animal-Mediated Seed Dispersal. *Biotropica* **39**, 304-315 (2007).

Pérez-Ramos, I. M.; Marañón, T.; Lobo, J. M. & Verdú, J. R. Acorn removal and dispersal by the dung beetle *Thorectes lusitanicus* : ecological implications. *Ecological Entomology*, 39, 349-356 (2007).

Pérez-Ramos, I. M. Verdú, J. R. Numa, C. Marañón, C. & Lobo, J. M. The Comparative Effectiveness of Rodents and Dung Beetles as Local Seed Dispersers in Mediterranean Oak Forests. *PLoS ONE* 8, e77197 (2013).

Posey, D. A. Topics and issues in ethnoentomology with some suggestions for the development of hypothesis-generation and testing in ethnobiology. *J. Ethnobiol.* 6, 99-120 (1986).

Robinson, J. G. & Redford, K. H. Neotropical wild life use and conservation. (University of Chicago Press, 1991).

Santos, G. C. Schiel, N. Araújo, E. L. Albuquerque, U. P. *Caryocar coriaceum* (Caryocaraceae) diaspore removal and dispersal distance on the margin and in the interior of a Cerrado area in Northeastern Brazil. *Revista de Biología Tropical*. (Em prelo).

Shepherd, V. E. & Chapman, C. A. Dung beetles as secondary seed dispersers: impact on seed predation and germination. *Journal of Tropical Ecology*, 14, 199-215 (1998).

Stoner, K. E. Riba-Hernández, P. Vulinec, K. & Lambert, J. E. The Role of Mammals in Creating and Modifying Seedshadows in Tropical Forests and Some Possible Consequences of Their Elimination. *Biotropica* 39, 316-327 (2007).

Vander Wall, S. B. & Longland, W. S. Diplochory: are two seed dispersers better than one? *Trends Ecol. Evol.* 19, 297–314 (2004).

Vaz-De-Mello, F. Z. Louzada, J. N. C. & Schoereder, J. H. New data and comments on Scarabaeidae (Coleoptera:Scarabaeoidea) associated with Attini (Hymenoptera:Formicidae). *The Coleopterists Bulletin* 52, 209-216 (1998).

Wang, B. C. & Smith, T. B. Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology & Evolution* **17**, 379-385. (2002).

Tabela 1. Espécies de rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) coletados em dois anos de estudos na Floresta Nacional do Araripe Apodi, Nordeste do Brasil, em três tipos de iscas: sementes de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) envolvidas por fezes de gado (PB), frutos de *C. coriaceum* em decomposição (P) e fezes de gado (B). Os valores indicam a abundância de cada espécie.

Espécie	Áreas amostradas								
	Cerrado			Cerradão			Mata úmida		
	PB	P	B	PB	P	B	PB	P	B
<i>Coprophanaeus ensifer</i> (Germar)	8	1	3				2		
<i>Coprophanaeus acrisius</i> (MacLeay)		1	1						
<i>Dichotomius</i> aff. <i>bicuspis</i> (Germar)		3	1	2			1		
<i>Dichotomius</i> aff. <i>bicuspis</i> 1 (Germar)								1	
<i>Dichotomius</i> aff. <i>depressicollis</i> (Harold)	51	7	23	5		20	17		23
<i>Dichotomius</i> aff. <i>carbonarius</i> (Mannerheim)	3	1							
<i>Dichotomius</i> aff. <i>lycas</i> (Felsche)	16	2	6						
<i>Ontherus</i> cf. <i>appendiculatus</i> (Mannerheim)	12		27	7	21	6		1	
<i>Canthidium</i> sp.1	23		19	37	28	28	4		3
<i>Canthidium</i> sp.2	1	1							
<i>Anomiopus</i> sp.1		1	1						
<i>Ateuchus</i> sp.1				1					1
<i>Ateuchus</i> sp.2			1						
<i>Uroxys</i> sp.1	14		6	14					
<i>Uroxys</i> sp.2				1	1	4	1		2
<i>Agamopus</i> aff. <i>viridis</i> Boucomont	1		3						
<i>Genieridium</i> sp.1				1					
<i>Genieridium</i> sp.2	1								
<i>Eutrichillum</i> sp.	1								
<i>Deltochilum</i> aff. <i>irroratum</i> (Castelnau)	6	1	1	15	9	5		1	
<i>Eurysternum</i> sp.1				1					
<i>Onthophagus</i> aff. <i>buculus</i>			1						
Total	137	18	93	84	59	63	25	3	29

Tabela 3. Espécies de rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) coletados no segundo ano de estudo na Floresta Nacional do Araripe Apodi, Nordeste do Brasil, em três tipos de iscas: sementes de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) envolvidas por fezes de gado (PB), frutos de *C. coriaceum* em decomposição (P) e fezes de gado (B). Os valores indicam a abundância de cada espécie; “x” indica a riqueza de espécies atraídas pelas iscas.

Espécie	Áreas amostradas																	
	Cerrado					Cerradão					Mata úmida							
	PB	n	P	n	B	n	PB	n	P	n	B	n	PB	n	P	n	B	n
<i>Coproghanaeus ensifer</i> (Germar)	x	3											x	2				
<i>Dichotomius</i> aff. <i>bicuspis</i> (Germar)							x	2					x	1				
<i>Dichotomius</i> aff. <i>depressicollis</i> (Harold)	x	5					x	5			x	20	x	17			x	20
<i>Ontherus</i> cf. <i>appendiculatus</i> (Mannerheim)	x	2			x	1					x	1			x	1		
<i>Canthidium</i> sp.1													x	2			x	1
<i>Canthidium</i> sp.2	x	1	x	1														
<i>Uroxys</i> sp.2											x	1	x	1			x	2
<i>Genieridium</i> sp.1							x	1										
<i>Genieridium</i> sp.2	x	1																
<i>Deltochilum</i> aff. <i>irroratum</i> (Castelnau)															x	1		

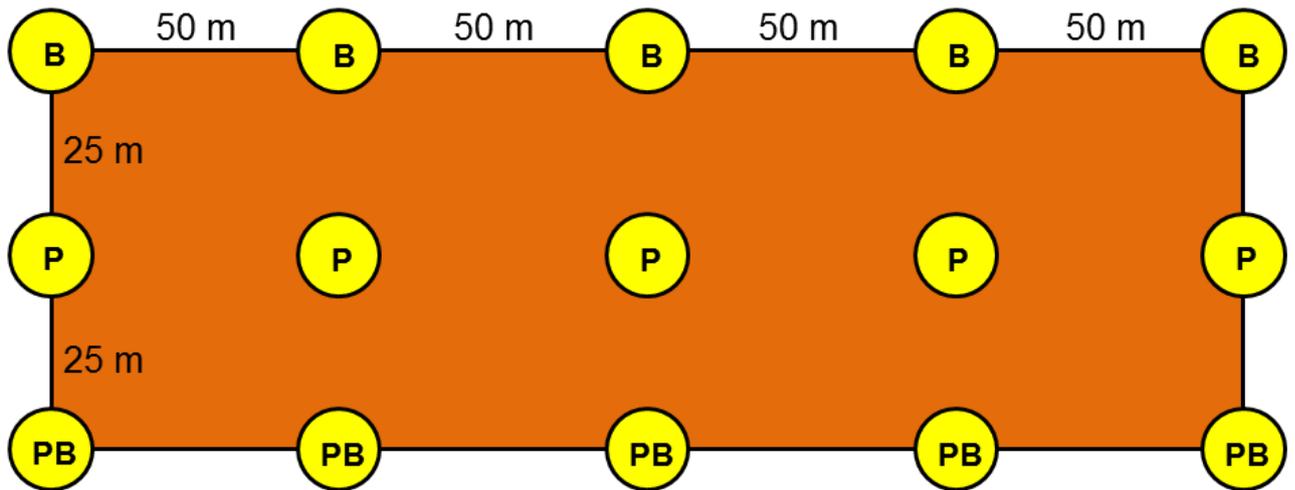


Fig. 1. Desenho experimental utilizado para cola de rola-bostas (Coleoptera-Scarabaeidae) na Floresta Nacional do Araripe Apodi, Nordeste do Brasil. PB = sementes de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) envolvidas por fezes de gado; P = frutos de *C. coriaceum* em decomposição; B = fezes de gado.

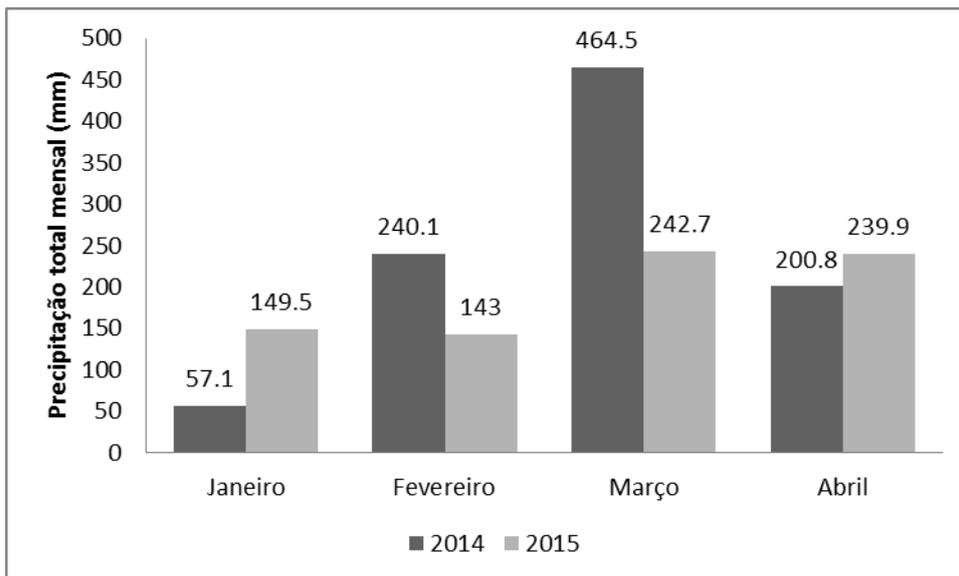


Fig. 2. Precipitação pluviométrica mensal total registrada para o período de estudo (janeiro a abril de 2014 e 2015) na Floresta Nacional do Araripe Apodi, Nordeste do Brasil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os baixos percentuais de remoção e as pequenas distâncias alcançadas pelas sementes de *C. coriaceum* evidenciam a perda local do principal dispersor dessa espécie, a cutia (*D. prymnolopha*). Isso tem profundas implicações para o funcionamento do ecossistema, pois a perda de animais dispersores pode comprometer severamente a dispersão de sementes, que é um processo ecológico chave para a regeneração das populações vegetais e manutenção da biodiversidade.

Além das pequenas distâncias alcançadas pelas poucas sementes removidas, os baixos registros de imagem encontrados também apontam para a redução de cutias na floresta. É possível que a atividade de caça praticada na região esteja causando a sobreexploração desse recurso. É provável que os caçadores não percebam mudanças na abundância do recurso explorado, intensificando a atividade de caça, por acreditarem que as condições atuais são as mesmas do passado. Isso caracteriza a ocorrência de amnésia pessoal na população estudada. Nesse sentido, as pessoas podem estar desatualizadas diante das mudanças ambientais, esquecendo as próprias experiências. Entretanto, por não termos à nossa disposição dados em diferentes pontos no tempo, não podemos afirmar que a amnésia pessoal está ocorrendo, mas se isso for verdade as pessoas podem contribuir menos com as práticas de conservação. Assim, medidas que possam proporcionar a atualização das pessoas sobre as condições do ambiente são necessárias, pois isso poderá incentivar a participação efetiva das mesmas nos planos de gestão e conservação.

Em contrapartida as pessoas podem socializar conhecimentos relacionados à riqueza de potenciais animais dispersores. A interação entre pessoas de diferentes gerações em acapamentos destinados aos usos e comercialização de *C. coriaceum* e os longos períodos de atividade na floresta, para a coleta de recursos que atendam necessidades básicas, podem ser essenciais para o compartilhamento de informações quanto aos potenciais dispersores. Nesse

sentido, garantir a manutenção da transferência intergeracional do conhecimento ecológico local, para que narrativas locais mais precisas sobre as mudanças ambientais possam ser estabelecidas e preservadas é muito importante, pois esse conhecimento pode servir para gerar novas ideias e hipóteses testáveis.

Nesse sentido, a partir do conhecimento ecológico local, verificou-se que besouros rola-bostas podem ser atraídos por frutos em decomposição de *C. coriaceum*. Entretanto, o experimento proposto não permite ter certeza se essa atração ocorre porque os frutos podem mimetizar odores de fezes de frugívoros ou porque esses insetos estão apenas reproduzindo um comportamento que foi iniciado quando o cultivo de gado era permitido na região. Isso é instigante e merece atenção em pesquisas futuras, pois caso a hipótese de que esses besouros passaram a relacionar-se com espécies vegetais a partir de perturbações antrópicas do passado seja confirmada, poderá proporcionar profundas implicações para a regeneração de populações vegetais e dinâmica da comunidade.

ANEXO

Aceite da Revista de Biología Tropical/ International Journal of Tropical Biology and Conservation



RBT-042-2016

TO WHOM IT MAY CONCERN

The manuscript: “*Caryocar coriaceum* (Caryocaraceae) diaspore removal and dispersal distance on the margin and in the interior of a Cerrado area in Northeastern Brazil” by **Gilney Charll dos Santos, Nicola Schiel, Elcida de Lima Araújo & Ulysses Paulino Albuquerque** has been accepted for publication in the International Journal of Tropical Biology and Conservation / Revista de Biología Tropical. It will be published on-line within the next weeks and will later appear printed in volume of 64 (3) September 2016.

PDF page proofs will be e-mailed to main author when available. After publication of the paper, the main author will receive PDF reprints and one free copy of the printed issue where the paper was published.

Sincerely,

Julián Monge-Nájera
Director



UCR

Normas para publicação no periódico: Revista de Biología tropical/ International Journal of Tropical Biology and Conservation

Journal scope

We consider manuscripts in all theoretical and applied fields of tropical biology, with a preference to in-depth studies of general interest based on significant samples, a solid experimental design and a modern quantitative analysis. We do not publish studies that only add details or cases to previously known phenomena, preliminary studies, communications, notes or other short articles, species lists, or highly specialized reports of limited interest.

Format and page charges

Text must be clear, brief and without repetitions according to CSE norms (www.cbe.org). Use the International System (SI) units and abbreviations (m, km, kg, ml, s; details in www.bipm.fr/en/si/).

Page charges: There is no compulsory page fee for the first ten printed pages. Additional pages will be charged \$50 each. A document that corresponds to the maximum length published free of charge typically has about 5 000 words, two figures and two small tables.

Tables

Avoid very small or very large tables (half a page is usually a good size). Table headings must be brief. Do not use bold font, words completely spelled in upper case or separation lines. All symbols and abbreviations must appear as Table footnotes.

Figures

Send photographs and other images inserted in the document; resolution 300 DPI., 14cm in wide. Labels: Helvetica 12 points.

References

Present the list of references and citations within the text in APA 6th Edition format. We recommend the use of the free reference manager Zotero (<http://www.zotero.org/>).

Stages in manuscript processing

Manuscripts that follow our scope and format indications are sent to three external reviewers who make recommendations to improve them or qualify them as unacceptable. The second

draft is corrected by our staff and returned with instructions to prepare the final version for the printer. The Editorial Board has the final word on acceptance.

Legal requirements

When authors submit a manuscript they transfer printed and electronic reproduction rights to the Journal and accept to comply with all Journal norms regarding procedure, format and other pertinent aspects.

Ethical requirements

When authors submit a manuscript they accept to follow the Helsinki Ethical Norms (www.onlineethics.org), that all coauthors participated in the main aspects of research and agree to publication, and that the study is scientifically valid, has not been published before and was not sent simultaneously to another journal.

Submission

Follow all format details from a recent issue or check examples in www.biologiatropical.ucr.ac.cr

A more detailed guide is on the same site. All text and figures must be included within a single DOC, RTF or DOCX file. Submit it to biologia.tropical@ucr.ac.cr (title message “New manuscript”) attached to a scanned letter signed by all coauthors stating: a- that the document is original and all coauthors agree with its publication; b- that you meet our ethical requirement, c- the importance of your study to tropical biology and conservation, d- that you agree to pay excess page fee charges if required, and e- names and e-mail addresses of three possible reviewers. We confirm reception within five days; if no reply is received please contact us again to the same address.

Submission Checklist

General instructions:

Follow the standard structure of a scientific paper (do not merge results with discussion) and include a note to the Editor to prepare a Spanish Abstract (Resumen) if you cannot provide one.

Apply an automatic spell checker, and state the total number of words at the foot of the first page.

All text, tables and figures must be included within a single DOCX or DOC file. Send professional quality illustrations.

Submit it to biologia.tropical@ucr.ac.cr (title message "New manuscript") attached to a scanned letter signed by all coauthors stating: a- that the document is original and all coauthors agree with its publication; b- that you meet our ethical requirement, c- the importance of your study to tropical biology and conservation, d- that you agree to pay excess page fee charges if required, and e- names and e-mail addresses of three possible reviewers. We confirm reception within five days; if no reply is received please contact us again to the same address.

Manuscript characteristics:

It presents original information on biology and/or conservation of tropical organisms.

Detailed field study (typically, field studies, done for more than a year), or an in depth laboratory study.

Page charges: There is no compulsory page fee for the first ten printed pages. Additional pages will be charged \$50 each. A document that corresponds to the maximum length published free of charge typically has about 5 000 words, two figures and two small tables.

Introductory section:

Only the appropriate letters are capitalized. The title is short and includes Order and Family in parentheses (botanical papers: only Family).

Taxonomic authority (Author, year) for each taxon appears only the first time the taxon is mentioned in text (never in the title). Genera of binomials are written in full only the first time they are used, in the Abstract, main text, Resumen and key words.

The addresses for correspondence is short but complete; if there are several, they must be numbered. Include valid e-mails for all coauthors. Do not include phone/fax numbers.

The Abstract (350-450 words) must describe the importance of the problem being addressed, sample size, sampling dates, how the study was performed, the salient results and what the authors concluded. It must be a single paragraph.

Key words (five to seven) are separated by commas and are more general than title or abstract words.

The Introduction summarizes recent findings and ends with the objective of the study.

Material and Methods section:

Present only the information required to repeat the study. Previously published methods are referenced and briefly described.

Do not include a map for one location study area; instead, provide its geographic coordinates. A map is appropriate for studies with many sampling locations/stations.

Voucher specimens should be deposited in at least one institution and the details given under Materials and Methods. When they can affect the results, equipment specifications should include model number and manufacturer. Chemicals only manufacturer.

Mathematical formulas should include a description of each component. Acronyms are spelled in full the first time. Units appear as follows: liters l, grams g, hours hr, millimeters mm, centimeters cm, meters m, kilometers km; units are not capitalized and have no period. Decimals are indicated with a period, thousands and millions with a space. eg. 12 523 235.15

When not followed by units, integers from zero to ten are written in full (one, two etc., not 1, 2 etc.).

Results:

Quantitative data are evaluated with appropriate statistical tests, which are cited only after each result and in parentheses. Example: “Height and speed were correlated (Spearman, $p < 0.05$)”.

Tables and Figures:

Isolated figures have been avoided by grouping related photographs and illustrations; no 3D figures are accepted. Symbols and scales appear as a caption in the figure (never as a footnote). Labels (see recommendation here) are at least 5mm from the image border. Labels: Helvetica 12 points.

Very long or very short tables have been avoided (half a page is good size), and no vertical or horizontal lines have been used in them. All symbols and abbreviations appear only in the footnotes. No bold font, or words fully written in upper case are used.

Discussion:

The section compares your results with previously published data. No tables or figures are included.

Acknowledgments:

Only persons who gave very significant assistance are mentioned. “Dr.,” “Prof.,” “Mrs.,” among others, are not used.

Resumen and Palabras clave:

The Spanish Resumen starts with the Spanish title of the article. The Resumen contains the same information and sections as our format for the Abstract. The Palabras clave include the same key words but written in Spanish.

References

Present the list of references and citations within the text in APA 6th Edition format. We recommend the free reference manager of Zotero (www.zotero.org/). Only cited publications appear under References and vice versa.

Unpublished papers do not: they are mentioned in the text as in this example: (J. Smith, unpublished).

Mormas para publicação no periódico: Journal of Arid Environments

GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

To find out more, please visit the Preparation section below.

INTRODUCTION

Aims and Scope

The Journal of Arid Environments is an international journal publishing original scientific and technical research articles on physical, biological and cultural aspects of arid, semi-arid, and desert environments. As a forum of multi-disciplinary and interdisciplinary dialogue it addresses research on all aspects of arid environments and their past, present and future use.

Research Areas include: Paleoclimate and Paleoenvironments Climate and Climate Change Hydrological processes and systems Geomorphological processes and systems Soils (physical and biological aspects) Ecology (Plant and Animal Sciences) Anthropology and human ecology (archaeology, sociology, ethnobotany, human adaptations, etc. Agriculture Land use grazing, mining, tourism, etc) Land use (agronomy, grazing, mining, tourism, etc) Conservation (theory, policy, sustainability, economics, heritage) Land degradation (desertification) and rehabilitation Environmental monitoring and management

Types of paper

Research Articles: reporting original and previously unpublished work. Research papers have a reference limit of 50 cites

Short Communications: These are concise, but complete descriptions of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Examples include descriptive research on seed germination conditions, plant responses to salinity, animal feeding habits, etc. Short communications have a reference limit of 20 cites

Short communications should not exceed 2400 words (six printed pages), excluding references and legends. Submissions should include a short abstract not exceeding 10% of the length of the communication and which summarizes briefly the main findings of the work to be reported. The bulk of the text should be in a continuous form that does not require numbered sections such as Introduction, Materials and methods, Results and Discussion. However, a Cover page, Abstract and

a list of Keywords are required at the beginning of the communication and Acknowledgements and

References at the end. These components are to be prepared in the same format as used for full-length research papers. Occasionally authors may use sub-titles of their own choice to highlight sections of the text. The overall number of tables and figures should be limited to a maximum of three (i.e. two figures and one table).

Review Articles: Critical evaluation of existing data, defined topics or emerging fields of investigation, critical issues of public concern, sometimes including the historical development of topics. Those wishing to prepare a review should first consult the Editors or Associate Editors concerning acceptability of topic and length.

Think Notes: Short, one page notes describing new developments, new ideas, comments on a controversial subject, or comments on recent conferences will also be considered for publication.

Letter to the Editor: A written discussion of papers published in the journal. Letters are accepted on the basis of new insights on the particular topic, relevance to the published paper and timeliness.

Contact details for submission

Authors may send queries concerning the submission process, manuscript status, or journal procedures to the Editorial Office at jae@elsevier.com.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Human and animal rights

If the work involves the use of animal or human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>; EU Directive 2010/63/EU for animal experiments http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/legislation_en.htm;

Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals <http://www.icmje.org>.

Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/sharingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written

permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>).

Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. For more information see <http://www.elsevier.com/copyright>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some authors may also be reimbursed for associated publication fees. To learn more about existing agreements please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf e.g. by their research funder or institution

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs (<http://www.elsevier.com/access>).
- No open access publication fee payable by authors.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY)

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 2500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Green open access

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further information (<http://elsevier.com/greenopenaccess>). Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an

article becomes freely available to the public. This is the embargo period and begins from the publication date of the issue your article appears in.

This journal has an embargo period of 24 months.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Referees

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and e-mail addresses of 5 potential referees. It is required that potential referees not be from the same institution as the authors. Suggested reviewers must have agreed to review the manuscript, if required. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

PREPARATION

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should

contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- ***Title.*** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- ***Author names and affiliations.*** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address.

Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- ***Corresponding author.*** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact**

details are kept up to date by the corresponding author.

- ***Present/permanent address.*** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file

in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Plant names

Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below): EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Non-electronic artwork

Provide all illustrations as high-quality printouts, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Number illustrations consecutively in the order in which they are referred to in the text. They should accompany the manuscript, but should not be included within the text. Clearly mark all illustrations on the back (or - in case of line drawings - on the lower front side) with the figure number and the author's name and, in cases of ambiguity, the correct orientation.

Mark the appropriate position of a figure in the article.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications that can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Regular research papers have a reference limit of 50 cites and short communications should not exceed 20 cites.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have a standard template available in key reference management packages. This covers packages using the Citation Style Language, such as Mendeley (<http://www.mendeley.com/features/reference-manager>) and also others like EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/downloads/styles>). Using plug-ins to word processing packages which are

available from the above sites, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style as described in this Guide. The process of including templates in these packages is constantly ongoing. If the journal you are looking for does not have a template available yet, please see the list of sample references and citations provided in this Guide to help you format these according to the journal style.

If you manage your research with Mendeley Desktop, you can easily install the reference style for this journal by clicking the link below: <http://open.mendeley.com/use-citation-style/journal-of-arid-environments>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice. For more information about the Citation Style Language, visit <http://citationstyles.org>.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S.,

Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Please note that Journal names and references should be provided in full.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>.

Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages

at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary material

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, highresolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Database linking

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving readers access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research. Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

Google Maps and KML files

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or

KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. For more information see <http://www.elsevier.com/googlemaps>.

Interactive plots

This journal enables you to show an Interactive Plot with your article by simply submitting a data file.

For instructions please go to <http://www.elsevier.com/interactiveplots>.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)

Printed version of figures (if applicable) in color or black-and-white

- Indicate clearly whether or not color or black-and-white in print is required.
- For reproduction in black-and-white, please supply black-and-white versions of the figures for printing purposes.

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

AFTER ACCEPTANCE

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the Publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*): <http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059> When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor.

Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only

be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a personalized link providing 50 days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. This link can also be used for sharing via email and social networks. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/booklets>).

AUTHOR INQUIRIES

You can track your submitted article at <http://www.elsevier.com/track-submission>. You can track your accepted article at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You are also welcome to contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

Normas para publicação no periódico: Nature plants

Online submission

All submissions should be made via our online submission system. Using this system, authors can upload manuscript files (text, figures and supplementary information, including video) directly to our office and check on the status of their manuscripts during the review process. In addition, reviewers can access the manuscript (in a highly secure fashion that maintains referee anonymity) over a direct internet link, which speeds the review process. Please consult our technical information on file formats and tips for using the system effectively. Revisions should be uploaded via the link provided in the editor's decision letter. Please do not submit revisions as new manuscripts.

We offer the option of double-blind peer review, which allows authors to remain anonymous to referees (More information can be found in a *Nature Climate Change* Editorial) Authors who wish to participate should check the box 'Yes I do want to participate in double-blind peer review' during the submission procedure, and ensure their manuscript is prepared in a way that does not give away their identity. We also have a checklist to aid authors in preparing their manuscript for double-blind peer review.

Submission policies

Submission to *Nature Plants* is taken to imply that there is no significant overlap between the submitted manuscript and any other papers from the same authors under consideration or in press elsewhere. (Abstracts or unrefereed web preprints do not compromise novelty.) The authors must include copies of all related manuscripts with any overlap in authorship that are under consideration or in press elsewhere. If a related manuscript is submitted elsewhere while the manuscript is under consideration at *Nature Plants*, a copy of the related manuscript should be sent to the editor.

The primary affiliation for each author should be the institution where the majority of their work was done. If an author has subsequently moved, the current address may also be stated.

If the manuscript includes personal communications, please provide a written statement of permission from any person who is quoted. E-mail permission messages are acceptable.

For further information on the review process and how editors make decisions, please see the manuscript decisions page.

A high priority of *Nature Plants* is that all papers be accessible to non-specialists. Manuscripts are subject to substantial editing to achieve this goal. After acceptance, a copy editor may make further changes so that the text and figures are readable and clear to those outside the field, and so that papers conform to our style. Contributors are sent proofs and are welcome to discuss proposed changes with the editors, but *Nature Plants* reserves the right to make the final decision about matters of style and the size of figures.

The editors also reserve the right to reject a paper even after it has been accepted if it becomes apparent that there are serious problems with the scientific content or with violations of our publishing policies.

Additional editorial policies can be found on the Nature journals joint policies page. This page includes information on manuscripts reviewed at other *Nature* journals, competing financial interests declarations, pre-publication publicity, deposition of data as a condition of publication, availability of data and reagents after publication, human and animal subjects, digital image integrity, biosecurity, refutations and complaints, correction of mistakes in the journal, duplicate publication, confidentiality and plagiarism.

Online publication

Nature Plants is an exclusively online publication. This allows us to publish research articles as soon as they are ready which benefits authors with an earlier publication date and allows our readers access to accepted papers several weeks before they would appear in a specific issue. Note that papers published online are definitive and may be altered only through the publication of a print corrigendum or erratum, so authors should make every effort to ensure that the page proofs are correct.

Covers and other artwork

Authors of accepted papers are encouraged to submit images for consideration as a cover image. Cover images are normally linked to a specific paper in that issue, but we may also be able to use other images elsewhere in the journal, such as on the table of contents. Images are selected for their scientific interest and aesthetic appeal. Please send prints or electronic files (rather than slides) in the first instance. Please also include a clear and concise legend explaining the image.

Preparing the manuscript

Nature Plants is read by scientists from diverse backgrounds. In addition, many of our readers are not native English speakers. Authors should therefore give careful thought to how their findings may be communicated clearly. Technical jargon should be avoided as far as possible and clearly explained where its use is unavoidable. Abbreviations, particularly those that are not standard, should also be kept to a minimum, and should be defined at their first occurrence. The background, rationale and main conclusions of the study should be clearly explained. Titles and abstracts in particular should be written in language that will be readily intelligible to any scientist. We strongly recommend that authors ask a colleague with different expertise to review the manuscript before submission, in order to identify concepts and terminology that may present difficulties to non-specialist readers. Please use British spelling throughout.

Manuscripts should be prepared for online submission. Online submissions include a cover letter, a manuscript text file, individual figure files and optional supplementary information files.

The content types page describes the types of contributions that may be submitted to the journal, along with their length and figure limits. The journal's format requirements are described below.

Cover Letter

Authors should provide a cover letter that includes the affiliation and contact information for the corresponding author. Authors should briefly discuss the importance of the work and explain why it is considered appropriate for the diverse readership of *Nature Plants*.

Any prior discussions with a *Nature Plants* editor about the work described in the manuscript should also be mentioned.

Manuscript text

All textual content should be provided in a single file, prepared using either Word or TeX/LaTeX; figures should be provided in individual files (see below).

The manuscript text file should include the following parts, in order: a title page with author affiliations and contact information (the corresponding author should be identified with an asterisk); the sections required for each content type (see information for Letters and Articles); then References, Acknowledgements (optional), Author Contributions, Competing Financial Interests statement, Figure Legends and Tables.

Word

Nature Plants does not use a manuscript template for Word documents. The manuscript file should be formatted as double-spaced, single-column text without justification. Pages should be numbered using an Arabic numeral in the footer of each page. Standard fonts are recommended, and the Symbol font should be used for representing Greek characters.

TeX/LaTeX

Authors submitting LaTeX files may use any of the standard class files such as `article.cls`, `revtex.cls` or `amsart.cls`. Non-standard fonts should be avoided; please use the default Computer Modern fonts. For the inclusion of graphics, we recommend `graphicx.sty`. Please use numerical references only for citations. There is no need to spend time visually formatting the manuscript: *Nature Plants* style will be imposed automatically when the paper is prepared for publication. References should be included within the manuscript file itself as our system cannot accept BibTeX bibliography files. Authors who wish to use BibTeX to prepare their references should therefore copy the reference list from the `.bib` file that BibTeX generates and paste it into the main manuscript `.tex` file (and delete the associated `\bibliography` and `\bibliographystyle` commands). As a final precaution, authors

should ensure that the complete .tex file compiles successfully on their own system, with no errors or warnings, before submission.

Methods

The Methods section should be written as concisely as possible but should contain all elements necessary to allow interpretation and replication of the results. The Methods section in Letters and Articles should ideally not exceed 1,000 words - additional specialist detailed methods should be presented in Supplementary Information. Authors can deposit the step-by-step protocols used in their study to Protocol Exchange, an open resource maintained by NPG. Protocols deposited by the authors will be linked to the Online Methods section upon publication. Methods sections can contain up to 20 references in addition to those used in the main text.

Authors of life sciences research papers that are sent for external review must include in their manuscripts relevant details about several elements of experimental and analytical design. These requirements aim to improve the transparency of reporting and the reproducibility of published results. They focus on elements of methodological information that are frequently poorly reported (see more details on these elements here). During peer review, authors will be asked to confirm that these elements are included in the manuscript by filling out a checklist (or an alternative version) that will be made available to the editors and reviewers.

References

References should be numbered sequentially first throughout the text and methods, then in tables, followed by figure legends and, finally, boxes; that is, references that appear only in tables, figure legends or boxes should be last in the reference list. Only one publication is given for each number. Only papers that have been published or accepted by a named publication or recognized preprint server should be in the numbered list; preprints of accepted papers in the reference list should be submitted with the manuscript. Published conference abstracts and numbered patents may be included in the reference list. Grant details and acknowledgments are not permitted as numbered references. Footnotes are not used.

BibTeX bibliography files cannot be accepted. LaTeX submission must contain all references within the manuscript .tex file itself (see above TeX/LaTeX section for more details).

Nature Plants uses standard *Nature* referencing style. All authors should be included in reference lists unless there are more than five, in which case only the first author should be given, followed by '*et al.*'. Authors should be listed last name first, followed by a comma and initials (followed by full stops) of given names. Article titles should be in Roman text; the first word of the title should be capitalized and the title written exactly as it appears in the work cited, ending with a full stop. Book titles should be given in italics and all words in the title should have initial capitals. Journal names are italicized and abbreviated (with full stops) according to common usage. Volume numbers and the subsequent comma appear in bold.

Titles of cited articles are required for Articles, Letters, Reviews and Progress articles. Example: Rosenzweig, C. *et al.* Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature* **453**, 353–357 (2008).

For Commentaries or News & Views, titles of cited articles are not included. Example: Schneider, S. H. *Nature* **411**, 17–19 (2001).

For book citations, details of the publisher are required. Example: Jones, R. A. L. *Soft Machines: Materials and Life* Ch. 3 (Oxford Univ. Press, 2004).

Acknowledgements

Acknowledgments should be brief, and should not include thanks to anonymous referees and editors, or effusive comments. Grant or contribution numbers may be acknowledged. *Nature Plants* requires an Author Contribution statement as described in the Authorship section of our joint Editorial policies.

Author contributions

Nature Plants requires an Author Contributions statement, as described in the Authorship section of our joint Editorial policies.

Competing financial interests

Submission of a signed Competing Financial Interests statement is required for all content in the journal. This statement will be published at the end of Letters, Articles, Reviews and Progress articles, whether or not a competing financial interest is reported. For all other content types, a statement will be published only if a competing financial interest is reported. In cases where the authors declare a competing financial interest, a short statement to that effect is published as part of the article, which is linked to a more detailed version available online.

Figure legends

Figure legends for Articles and Letters begin with a brief title for the whole figure and continue with a short description of each panel and the symbols used; they should not contain any details of methods. Text for figure legends should be provided in numerical order after the references.

Tables

Please submit tables at the end of your text document (in Word or TeX/LaTeX, as appropriate). Tables that include statistical analysis of data should describe their standards of error analysis and ranges in a table legend.

Manuscripts reporting new structures should contain a table summarizing structural and refinement statistics. Templates for such tables describing NMR data are available here. To facilitate assessment of the quality of the structural data, a stereo image of a portion of the electron density map (for crystallography papers) or of the superimposed lowest energy structures (>10; for NMR papers) should be provided with the submitted manuscript. If the reported structure represents a novel overall fold, a stereo image of the entire structure (as a backbone trace) should also be provided.

Figures

Figures should be numbered separately with Arabic numerals in the order of occurrence in the text of the manuscript. Figures in one- or two-column formats are preferred. When appropriate, figures should include error bars. A description of the statistical treatment of error analysis should be included in the figure or scheme legend.

Figure lettering should be in a clear, sans-serif typeface (for example, Helvetica); if possible, the same typeface in approximately the same font size should be used for all figures in a paper. Use Symbol font for Greek letters. All display items should be on a white background, and should avoid excessive boxing, unnecessary colour, spurious decorative effects (such as three-dimensional 'skyscraper' histograms) and highly pixelated computer drawings. The vertical axis of histograms should not be truncated to exaggerate small differences. Labelling must be of sufficient size and contrast to be readable, even after appropriate reduction. The thinnest lines in the final figure should be no smaller than one point wide. Reasonable requests to enlarge figures will be considered, but editors will make the final decision on figure size. Authors will see a proof of figures.

Figures divided into parts should be labelled with a lower-case bold a, b, and so on, in the same type size as used elsewhere in the figure. Lettering in figures should be in lower-case type, with only the first letter of each label capitalized. Units should have a single space between the number and the unit, and follow SI nomenclature (for example, ms rather than msec) or the nomenclature common to a particular field. Thousands should be separated by commas (1,000). Unusual units or abbreviations should be spelled out in full or defined in the legend. Scale bars should be used rather than magnification factors, with the length of the bar defined in the legend rather than on the bar itself. In legends, please use visual cues rather than verbal explanations, such as "open red triangles".

Unnecessary figures should be avoided: data presented in small tables or histograms, for instance, can generally be stated briefly in the text instead. Figures should not contain more than one panel unless the parts are logically connected; each panel of a multi-part figure should be sized so that the whole figure can be reduced by the same amount and reproduced on the printed page at the smallest size at which essential details are visible.

Authors are encouraged to consider the needs of colorblind readers (a substantial minority of the male population) when choosing colors for figures. Many colorblind readers cannot interpret visuals that rely on discrimination of green and red, for example. The use of colour-safe combinations, such as green and magenta, turquoise and red, yellow and blue or other accessible color palettes is strongly encouraged.

When a manuscript is accepted for publication, we will ask for high-resolution figure files, possibly in a different electronic format. This information will be included in the acceptance letter. See below for details of digital image production and submission.

Gene nomenclature

Authors should use approved nomenclature for gene symbols, and use symbols rather than italicized full names (*Ttn*, not *titin*). Please consult the appropriate nomenclature databases for correct gene names and symbols. A useful resource is Entrez Gene. For proposed gene names that are not already approved, please submit the gene symbols to the appropriate nomenclature committees as soon as possible, as these must be deposited and approved before publication of an article.

Avoid listing multiple names of genes (or proteins) separated by a slash, as in '*Oct4/Pou5f1*', as this is ambiguous (it could mean a ratio, a complex, alternative names or different subunits). Use one name throughout and include the other at first mention: '*Oct4* (also known as *Pou5f1*)'.

Equations

Equations and mathematical expressions should be provided in the main text of the paper. Equations that are referred to in the text are identified by parenthetical numbers, such as (1), and are referred to in the manuscript as "equation (1)".

Supplementary Information

Supplementary information should be submitted with the manuscript and will be sent to referees during peer review. Supplementary information is not copy-edited by *Nature*

Plants, so authors should ensure that it is clearly and succinctly presented, and that the style and terminology conform with the rest of the paper. The following guidelines detail the creation, citation and submission of supplementary information. Please note that modification of supplementary information after the paper is published requires a formal correction, so authors are encouraged to check their supplementary information carefully before submitting the final version.

Where there is supplementary information to be included exclusively in the online version of a paper published in *Nature Plants*, please follow these guidelines, or publication may be delayed.

Refer to each piece of supplementary information at least once within the text of the main article (the article that is published in the print issue of the journal), as follows:

- Designate each item as Supplementary Table, Figure, Video, Audio, Note, Data, Discussion, Equations or Methods. Number Supplementary Tables and Figures as, for example, "Supplementary Table 1". This numbering should be separate from that used in tables and figures appearing in the main printed article. Supplementary Note or Methods should not be numbered; titles for these are optional.
- Refer to each piece of supplementary material at the appropriate point(s) in the main article. Be sure to include the word "Supplementary" each time one is mentioned. Please do not refer to individual panels of supplementary figures.

Figure files should be submitted as web-ready files through the *Nature Plants* online submission system.

With the exception of spreadsheet, audio and video files, please submit the supplementary information as a single combined PDF, if possible. If necessary, we can accept any of these formats:

- .txt | Plain ASCII text
- .gif | GIF image
- .htm | HTML document
- .doc | MS Word document
- .jpg | JPEG image

- .swf | Flash movie
- .xls | MS Excel spreadsheet
- .pdf | Adobe Acrobat file
- .mov | QuickTime movie
- .ppt | MS PowerPoint slide
- .wav | Audio file

File sizes should be as small as possible, with a maximum size of 30 MB, so that they can be downloaded quickly. The combined total size of all files must not exceed 150 MB. All panels of a figure or table (for example, Fig. 1a, b and c) should be combined into one file; please do not send as separate files. Image files should be just large enough to view when the screen resolution is set to 640 x 480 pixels. Remember to include a brief title and legend (preferably incorporated into the image file to appear near the image) as part of every electronic figure submitted, and a title as part of every table.

Further queries about submission and preparation of supplementary information should be directed to nplants@nature.com.

Preparing the figures

Figures should be uploaded upon submission via our online submission system, in one of our preferred formats if possible. Please use the smallest file size that provides sufficient resolution for their content to be clearly legible, preferably less than 1 MB, so that referees do not have to download extremely large files. High-resolution images are not required at initial submission. When a paper is accepted, the editors will request high-resolution files suitable for publication.

It is important to supply production-quality figures when requested by the editor. Failure to do so, or to adhere to the following guidelines, can significantly delay publication of your work.

When possible, we prefer to use original digital figures to ensure the highest-quality reproduction in the journal. For optimal results, prepare figures at actual size for the

printed journal. When creating and submitting digital files, please follow the guidelines below.

Authors are responsible for obtaining permission to publish any figures or illustrations that are protected by copyright, including figures published elsewhere and pictures taken by professional photographers. The journal cannot publish images downloaded from the internet without appropriate permission.

Line art, graphs, charts and schematics

All line art, graphs, charts and schematics should be supplied in vector format, such as Encapsulated PostScript (.EPS), Adobe Illustrator (.AI) or Portable Document Format (.PDF), and should be saved or exported as such directly from the application in which they were made. This allows us to restyle to our journal house style.

We prefer to work with Adobe Illustrator but can accept Word and PowerPoint files.

They should not be flattened, compressed, converted or saved as bitmaps, jpegs or other non-vector file types. If line-art figures cannot be supplied as vector files, they should be supplied at 1,200 dpi and as close to print size as possible.

Photographic and bitmapped images

Please read the digital images integrity and standards policy policy before preparing your figures. When possible, we prefer to use original digital figures to ensure the highest quality reproduction in the journal. When creating and submitting digital files, please follow the guidelines below:

All photographic and bitmapped images should be supplied in TIFF format at a minimum of 300 dpi and as close to print size as possible. For final print size, please use our column widths as a guide. A single column width measures 88 mm and a double column width measures 170 mm.

We can accept Word and PowerPoint files, but please supply any placed images as separate tiffs, prepared as above. If preparing in Adobe Photoshop, please type all text on separate text layers so that we can retype in our own house style. If this is not possible, please supply two sets of figures: one with labelling for our reference, and one without labelling.

Where possible, please supply colour photographic images in CMYK colour mode as colour detail may be lost in converting from RGB to CMYK.

Please do not scan laser printouts of figures and send them to us as digital files. The dot pattern on a laser print often creates a moiré pattern when scanned.

Figure files must be supplied at an appropriate resolution for print publication.

- Colour: 300 dpi minimum; please convert all colour files into CMYK mode.
- Greyscale: 600 dpi minimum for black-and-white photographs.
- Line art: 1,200 dpi minimum for graphs and illustrations.

In practice, this means that the absolute width of full-colour single-column figures should be no less than 1,040 pixels wide, and double-column figures should be no less than 2,080 pixels wide (excluding peripheral white space). For greyscale images, these values should be doubled, and for line art doubled again (unless supplied in an appropriate vector format, as described above).

Figures that do not meet these standards will not reproduce well and may delay publication until we receive high-resolution images or high-quality printouts. We cannot be held responsible for assuming the cost of corrected reprints should poor-quality images need to be used.

Please do not scan laser printouts of figures and send them to us as digital files; the dot pattern on a laser print often creates a moire pattern when scanned.

Please remove panel letters (a, b, c, etc.) that are directly over other features of figures, especially in photographic or modeling images, from the electronic files; we will replace

them later with our own font. In such cases, please indicate in a separate electronic file where panel letters should go.