

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

**JEFFERSON THIAGO SOUZA**

**PREDÇÃO PRÉ-DISPERSÃO, CHUVA DE SEMENTES E DINÂMICA DE SAÍDA  
DO BANCO DE SEMENTES EM FLORESTAS JOVEM E MADURA DA CAATINGA**

**RECIFE-PE**

**2014**

**JEFFERSON THIAGO SOUZA**

**PREDAÇÃO PRÉ-DISPERSÃO, CHUVA DE SEMENTES E DINÂMICA DE SAÍDA  
DO BANCO DE SEMENTES EM FLORESTAS JOVEM E MADURA DA CAATINGA**

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

Orientadora:

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elcida de Lima Araújo  
Dept<sup>o</sup> de Biologia, Área de Botânica/UFRPE

Co-orientador:

Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque  
Dept<sup>o</sup> de Biologia, Área de Botânica/UFRPE

**RECIFE-PE**

**2014**

Ficha catalográfica

S729p Souza, Jefferson Thiago  
Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica  
de saída do banco de sementes em florestas jovens e  
maduras da caatinga / Jefferson Thiago Souza. – Recife,  
2014.  
125 f. : il.

Orientadora: Elcida de Lima Araújo.  
Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal  
Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife,  
2014.  
Inclui referências e anexo(s).

1. Agricultura abandonada 2. Dispersão de sementes  
3. Floresta seca 4. Germinação de sementes  
5. Regeneração natural 6. Semiárido 7. Sucessão I. Araújo,  
Elcida de Lima, orientadora II. Título

CDD 581

**PREDAÇÃO PRÉ-DISPERSÃO, CHUVA DE SEMENTES E DINÂMICA DE SAÍDA  
DO BANCO DE SEMENTES EM FLORESTAS JOVEM E MADURA DA CAATINGA**

**JEFFERSON THIAGO SOUZA**

Tese defendida e aprovada em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Orientadora:

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elcida de Lima Araújo (Titular)**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Examinadores:

---

**Prof. Dr. André Maurício Melo Santos (Titular)**  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE/CAV

---

**Prof. Dr. Marcelo Tabarelli (Titular)**  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

**Prof. Dr. Everardo Valadares de Sá Barretto Sampaio (Titular)**  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

**Prof. Dr. Felipe Pimentel Lopes de Melo (Titular)**  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elba Maria Nogueira Ferraz (Suplente)**  
Instituto Federal de Pernambuco - IFPE

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Silvia Zickel (Suplente)**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Recife – PE  
2014

*À minha PEQUENA grande mulher, Eveline Pinheiro de Aquino,  
por compartilhar comigo o seu amor e carinho, alegrias e tristezas, medos e conquistas,  
sonhos e decepções. Por estar sempre ao meu lado, com sua dedicação, apoio, estímulo,  
exemplo e amor. Por me fazer parte de você, da mesma forma que você faz parte de mim.*

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Esta tese não existiria sem a colaboração de instituições, parceiros e amigos. Por isso, agradeço:

À minha orientadora Elcida de Lima Araújo, por compartilhar comigo a sua experiência, ensinamentos, conversas, puxões de orelha, conselhos profissionais e pessoais e por ser em diversas vezes uma grande amiga. Obrigado por enxergar em mim, uma pessoa, não apenas uma tese. Espero um dia honrar seus esforços como profissional.

Ao meu Co-orientador Ulysses Paulino de Albuquerque, pelo apoio, exemplo, incentivo, ensinamentos e amizade. Agradeço de coração por todas as boas e descontraídas conversas.

Aos professores doutores e membros examinadores da banca, Everardo Sampaio, Marcelo Tabarelli, André Santos, Felipe Melo, Elba Ferraz e Carmen Zickel, por aceitarem o convite, dedicarem seu tempo e suas valiosas contribuições para a melhoria deste tese.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento científico e tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro no projeto “Regeneração da vegetação da caatinga em áreas preservada e antropizada” - CNPq/Processo: 477239/2009-9;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante o Doutorado;

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal de Pernambuco (PPGB/UFRPE), pelo apoio institucional. Gratidão a coordenação das professoras Carmen Zickel e Ariadne Moura. Ao Manassés Araújo (Seu Mano) pelos momentos de descontração. Uma carinho especial à Kenia Muniz, por sempre estar disposta a ajudar nos mais diversos momentos.

Ao Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), sob Chefia do Sr. Ivan Ferraz, pelo apoio logístico ao ceder suas instalações, alojamentos e as áreas de caatinga. Gratidão a calorosa recepção proporcionada por seus funcionários: Jair, Zé Ramos, Miriam, Zé Miguel, Moacir, Zeca, Dida, Lúcia, Amaro, Doca, Egídio e demais.

Aos professores do PPGB, pelos ensinamentos. Em especial à Prof. Cibele Cardoso de Castro pela amizade.

À todos os colegas do Laboratório de Ecologia Vegetal de Ecossistemas Naturais (LEVEN), pelos ensinamentos, em especial à Ewellyn Ribeiro, Joseane Lacerda, Aline Almeida, Hermano Mascaro, Renata Silva, Izabelle Nascimento, Leonardo mendes, Rafael Domingues, Wanessa Rodrigues e Alberes cunha.

Aos grandes parceiros Rodrigo Novo e Natan Almeida, pelas diversas conversas, discussões científicas e pelos bons momentos de descontração.

Ao companheiros do Centro de Estudos Budistas e Bodisatva da sala Rosa e Silva, em especial aos facilitadores Flori e Gustavo por compartilharem seus conhecimentos, ensinamentos e me apresentarem um mundo de impermanência diante dos meus olhos – “*Não*

*é o que acontece a nós que nos faz sofrer. O que nos faz sofrer é como reagimos ao que nos acontece” – Pema Chödrön.*

Aos grandes amigos e companheiros expatriados, Samuel Cardoso, Rosilda Benício, Noelia Ferreira, Simone Souza, Letícia Zenóbia, Lécio Leone, Natallyanea Bezerra, Leona, Renata Valéria, Escarião Nóbrega, Letícia e Sophia, que fizeram e fazem a vida em Recife ter um aconchego de família. Carinho especial à Lucas luz e Patrícia Alcântara, pela grande amizade e ótimas conversas filosóficas, religiosas, científicas, artísticas, culinárias e acima de tudo futurísticas, muito academicamente futurísticas! Apreço especial à Diego Souza e Marciana Morais, grandes amigos por transcenderam o pragmatismo das relações acadêmicas para se tornarem nossa família em recife. Vocês estão em meu coração!

À grandes amigos/irmãos que há tempos atrás compartilhavam um sonho em comum, ser doutores e pesquisadores, e que hoje compartilham do mesmo caminho acadêmico. Agradeço de coração à vocês, Raimundo nonato, Ivanklin Soares e Helton Colares.

Às famílias que fui presenteado nessa vida: Luciane, Levy, Roberta, Honório, Aldeíde, Fabio, Roberto, Ricardo, Júlio, Alice, Juliana, Larissa, Luciana, Beto e Bernardo e diversas outras, que apesar de não estarem aqui citadas, estão em meu coração.

À Eveline Pinheiro de Aquino, pelo apoio não apenas em momentos de escrita desta tese, mas em momentos cruciais nestes últimos anos da minha vida, fossem estes bons ou difíceis. Obrigado por me mostrar a face mais bela do amor.

Por fim, agradeço à força suprema que rege a nossa existência e que nos deu capacidade de pensar e curiosidade para investigar nossos mundos interiores e exteriores.

**Obrigado a todos!!**

*“...Run, rabbit run  
Dig that hole, forget the sun  
And when at last the work is done  
Don't sit down, it's time to dig another one... “*

**(Breath – Pink Floyd)**

*“...And you run and you run to catch up with the sun  
But it's sinking  
And racing around to come up behind you again  
The sun is the same in a relative way  
But you're older  
Shorter of breath and one day closer to death...”*

**(Time – Pink Floyd)**

<b>SUMÁRIO</b>	
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>XIV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>AMBIENTES SECOS .....</b>	<b>18</b>
<i>Definições, subtipos e ecossistemas de regiões secas.....</i>	<i>18</i>
<i>Ameaças às vegetações nativas das regiões secas .....</i>	<i>20</i>
Conversão de áreas secas para a agricultura e pastagem.....	20
Ruptura de processos ecológicos chave para a regeneração.....	22
<i>Aspectos estruturais e funcionais da dispersão de sementes em regiões secas .....</i>	<i>24</i>
Riqueza de espécies, densidade de diásporos e formas de vida.....	24
Modos de dispersão e seus vetores.....	27
Frugivoria e dispersão em ambientes secos.....	30
Impactos agropastoris: limitação e extinção de frugívoros .....	33
<b>DISPERSÃO DE SEMENTES NA CAATINGA: INICIÊNCIA DE ESTUDOS .....</b>	<b>34</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>50</b>
RESUMO .....	52
INTRODUÇÃO .....	52
MATERIAL E MÉTODOS.....	54
<i>Área de estudo .....</i>	<i>54</i>
<i>Seleção de espécies .....</i>	<i>55</i>
<i>Amostragem e coleta de dados .....</i>	<i>55</i>
<i>Análise de dados .....</i>	<i>57</i>
RESULTADOS .....	57
<i>Predação pré-dispersão e idade das florestas.....</i>	<i>57</i>
<i>Tamanho e massa de sementes vs idade das florestas .....</i>	<i>58</i>
<i>Tamanho de sementes vs predação pré-dispersão e idade da floresta.....</i>	<i>58</i>
DISCUSSÃO .....	59
<i>Predação pré-dispersão e idade das florestas.....</i>	<i>59</i>
<i>Tamanho e massa de sementes vs idade das florestas .....</i>	<i>61</i>
<i>Tamanho de frutos e sementes vs predação pré-dispersão e idade da floresta .....</i>	<i>62</i>
AGRADECIMENTOS.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>75</b>
RESUMO .....	77

INTRODUÇÃO .....	77
MATERIAL E MÉTODOS .....	79
<i>Área de estudo</i> .....	79
<i>Desenho amostral</i> .....	80
<i>Análise de dados</i> .....	81
RESULTADOS .....	82
<i>Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade de florestas</i> .....	82
<i>Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade de florestas e por ano</i> .....	82
<i>Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade de florestas, estações climáticas e anos</i> .....	82
<i>Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade de floresta, modos de dispersão e anos</i> .....	83
<i>Similaridade na composição da chuva de sementes por idade de florestas, anos e estações climáticas</i> .....	84
DISCUSSÃO .....	85
<i>Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade das florestas</i> .....	85
<i>Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade das florestas, estações climáticas e anos</i> .....	86
<i>Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade das florestas e modos de dispersão</i> .....	87
<i>Similaridade na composição da chuva de sementes por idade das florestas, anos e estações climáticas</i> .....	88
CONCLUSÃO .....	88
AGRADECIMENTOS .....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	89
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>102</b>
RESUMO .....	104
INTRODUÇÃO .....	104
MATERIAL E MÉTODOS .....	106
<i>Área de estudo</i> .....	106
<i>Espécies selecionadas</i> .....	107
<i>Desenho experimental</i> .....	107
<i>Análise de dados</i> .....	108
RESULTADOS .....	109
<i>Saída de sementes do banco do solo via dessecação, predação e ataque de patógenos</i> .....	109
<i>Saída de sementes do banco do solo via germinação</i> .....	110
DISCUSSÃO .....	110
IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA .....	112
AGRADECIMENTOS .....	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	113
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>123</b>

## LISTA DE TABELAS

### **Capítulo 2 - Como a chuva de sementes de florestas madura e jovem responde as variações intra e interanuais de ambientes semiárido?**

**Tabela 1.** Espécies, famílias, modos de dispersão (autocoria, anemocoria e zoocoria) e densidade ( $\text{sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ) por espécie e total da chuva de sementes da floresta madura, Caruaru, Pernambuco Brasil.....99

**Tabela 2.** Tabela 2. Espécies, famílias, modos de dispersão (autocoria, anemocoria e zoocoria) e densidade ( $\text{sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ) por espécie e total da chuva de sementes da floresta jovem, Caruaru, Pernambuco Brasil.....101

**Tabela 3.** Análise de variância de medidas repetidas da riqueza e densidade ( $\text{sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ) por dois anos (2010 - 2012), duas idades de floresta (madura e jovem), duas estações climáticas (seca e chuvosa), três modos de dispersão (autocoria, anemocoria e zoocoria) e suas interações na chuva de sementes das florestas madura e jovem, Caruaru, Pernambuco, Brasil.....103

### **Capítulo 3 Sucesso ou fracasso: dinâmica de saída de sementes do banco do solo em florestas jovem e madura de ambientes semiáridos**

**Tabela 1.** Vias de saída de sementes do banco do solo de *Mimosa arenosa*, *Piptadenia stipulacea* e *Croton blanchetianus* entre florestas (jovem e madura), estações climáticas (chuva e seca) e deposição em relação ao solo (superfície e enterrada), em Caruaru, Pernambuco, Brasil.....119

**Tabela 2.** Análise de variância multifatorial de saídas de sementes do banco do solo de *Mimosa arenosa*, com sucessos e fracassos por idades de floresta (madura e jovem), estações climáticas (seca e chuvosa), deposições de sementes (superfície e enterrada) e suas interações em Caruaru, Pernambuco, Brasil.....120

**Tabela 3.** Análise de variância multifatorial de saídas de sementes do banco do solo de *Croton blanchetianus*, com sucessos e fracassos por idades de floresta (madura e jovem),

estações climáticas (seca e chuvosa), deposições de sementes (superfície e enterrada) e suas interações em Caruaru, Pernambuco, Brasil.....121

**Tabela 4.** Análise de variância multifatorial de saídas de sementes do banco do solo de *Piptadenia stipulacea*, com sucessos e fracassos por idades de floresta (madura e jovem), estações climáticas (seca e chuvosa), deposições de sementes (superfície e enterrada) e suas interações em Caruaru, Pernambuco, Brasil.....122

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1 - Predação pré-dispersão, tamanho e massa de diásporos diferem entre populações de floresta madura semiárida e área de agricultura abandonada?

**Figura 1.** Tamanho (A) e massa (B) de frutos de *Croton blanchetianus* em florestas secas com idade madura e jovem, Caruaru, Pernambuco, Brasil. Média (---); Mediana (—); Quartis 25%-75% (□); Mín-máx. (⊥); Valores discrepantes (○).....75

**Figura 2.** Probabilidade de predação em função dos tamanhos de sementes de *Mimosa arenosa* em florestas secas com idade madura (A) e jovem (B), Caruaru, Pernambuco, Brasil.....76

**Figura 3.** Probabilidade de predação em função dos tamanhos de sementes de *Croton blanchetianus* em florestas secas com idade madura (A) e jovem (B), Caruaru, Pernambuco, Brasil.....77

### Capítulo 2 - Como a chuva de sementes de florestas madura e jovem responde as variações intra e interanuais de ambientes semiárido?

**Figura 1.**  $\log_{10} +1$  da densidade da chuva de sementes entre estações climáticas (seca e chuvosa); entre anos (I e II) e entre florestas (madura e jovem) em caruaru, Pernambuco, Brasil. Barras verticais representam intervalo de confiança de 95%. Letras minúsculas iguais denotam ausência de diferenças significativas (teste de *Tukey*) entre as florestas e dentro de uma mesma estação e ano. Letras maiúsculas iguais denotam ausência de diferenças significativas entre as estações climáticas e dentro de uma mesma floresta.....98

**Figura 2.**  $\log_{10} +1$  da densidade da chuva de sementes entre os modos de dispersão (autocoria, anemocoria e zoocoria) e entre as florestas (madura e jovem) em caruaru, Pernambuco, Brasil. Barras verticais representam intervalo de confiança de 95%. Letras minúsculas iguais denotam ausência de diferenças significativas (teste de *Tukey*) entre as florestas e dentro de um mesmo modo de dispersão. Letras maiúsculas iguais denotam ausência de diferenças significativas entre os modos de dispersão dentro de uma mesma floresta.....99

Souza, Jefferson Thiago (Dr.). Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Fevereiro de 2014. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes em florestas jovem e madura da caatinga. Elcida de Lima Araújo (Orientadora) e Ulysses Paulino de Albuquerque (Co-orientador).

## RESUMO

A conversão de florestas em áreas de agricultura pode afetar os atributos e processos ecológicos necessários para a regeneração. Objetivou-se investigar (i) como a conversão de uma floresta madura, em Caruaru (Pernambuco), em uma floresta jovem pós uso para agricultura afeta a predação pré-dispersão, o tamanho e massa de frutos e sementes; (ii) como a chuva de sementes destas florestas responde aos efeitos anuais, sazonais e dos modos de dispersão; (iii) o efeito da idade de florestas, sazonalidade climática e deposição de sementes na dinâmica de sementes banco do solo. Foram coletadas frutos e sementes de *Mimosa arenosa* e *Croton blanchetianus* verificando o tamanho e massa e as evidências de predação pré-dispersão. A chuva de sementes foi monitorada mensalmente por meio de coletores. Foram colocadas sementes de *M. arenosa*, *C. blanchetianus* e *Piptadenia stipulacea* em sacos de malha e dispostas na superfície e enterradas no solo de 0-5 cm para as duas florestas. A predação foi 18,8% e 4,3% para *M. arenosa* e *C. blanchetianus*, respectivamente, na floresta madura e de 16% e 4,0%, respectivamente na floresta jovem. Para *C. blanchetianus*, tamanho e massa de frutos, bem como a massa de sementes diferiram entre as florestas madura e jovem. Para *C. blanchetianus*, apenas na floresta madura houve efeito do tamanho na predação pré-dispersão. A chuva de sementes na floresta jovem teve densidade maior que a floresta madura. Riqueza e densidade diferiram entre estações, sendo maiores na seca. Riqueza e densidade também diferiram entre os modos de dispersão. Na floresta jovem, a riqueza de autocóricas, anemocóricas e zoocóricas foram de 25, 21 e 10, enquanto as densidades foram de  $159 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ,  $16,5 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$  e  $2,7 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ , respectivamente. A similaridade florística foi de 0,79 entre florestas. O fracasso na saída de sementes de *M. arenosa* sofreu efeito apenas da idade da floresta. A sazonalidade e a deposição influenciaram o maior fracasso em sementes de *C. blanchetianus* na seca e enterradas. A sazonalidade afetou o sucesso de *M. arenosa* sendo maior na chuvosa e de *C. blanchetianus* sendo maior na seca. A saída do banco de *P. stipulacea* não foi afetado por nenhum dos fatores analisados. Em geral, a floresta jovem tem características que permite classificá-la em fase de sucessão inicial, mas o tempo do abandono já recuperou alguns processos para determinadas populações.

**Palavras-chave:** Agricultura abandonada, Dispersão de sementes, Floresta seca, Germinação de sementes, Regeneração natural, Semiárido, Sucessão.

## ABSTRACT

Forest conversion to agriculture areas modify attributes and ecological processes required for forest regeneration. We aim (i) investigate how the conversion of a mature forest in a abandoned agriculture area affects predispersal seed predation, the seeds size and mass, (ii) verify the annual, seasonal variation and dispersal modes effect in the seed rain, and (iii) investigate the effect of the forest age, season and seed deposition in the dynamics of soil seed bank of woody species. Both forests are located Caruaru, PE, Brazil. Fruits and seeds of the species, *Mimosa arenosa* and *Croton blanchetianus*, we collected and measured the seed size and mass, observed the predispersal seed predation. Seed rain was monitored monthly in both forests by seed traps. Output seed bank of the species, *M. arenosa*, *C. blanchetianus* and *Piptadenia stipulacea* were monitored in mesh bags, and placed on the surface and buried at 0-5 cm in the forests. Predispersal seed predation was 18.8% for *M. arenosa* and 4.3% for *C. blanchetianus* in the mature forest. In young forest, predispersal seed predation were 16 % and 4.0 %, respectively to *M. arenosa* and *C. blanchetianus*. Seed size and mass of the *C. blanchetianus* differed between mature and young forests. To *C. blanchetianus*, only the seeds of mature forest showed a significant effect of the size on predispersal seed predation. Seed rain in mature forest had significantly higher density in young forest. Richness and density differed between seasons and higher in the dry season. Richness and seed density also differed between dispersal modes. In the young forest, richness of autochorous, anemochoric and zoochorous species were 25, 21 and 10, while the densities were  $159 \text{ seeds} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$ ,  $16.5 \text{ without} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  and  $2.7 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$ , respectively. The floristic similarity between forests was 0.79, and the year I was 0.75 and was 0.68 in year II. The failure in the output seed bank of *M. arenosa* suffered significant effect only on the forest age. To *C. blanchetianus*. Season and seed deposition influenced inn the output seed bank with higher failure in the dry season and seeds buried. Season affected the success in the output seed bank *M. arenosa* and *C. blanchetianus* being higher in the rainy season for *M. arenosa* and in the dry season to *C. blanchetianus*. Output seed bank of *P. stipulacea* was not affected. In general, the young forest has features of the initial stages of succession, but the time of abandonment was enough to recovery some ecological process of the populations.

**Key-words:** Abandoned agriculture, Dry forest, Forest succession, Natural regeneration, Seed dispersal, Seed germination, Semiarid.

## INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, a conversão de florestas em áreas de agricultura e pastagem tem levado à formação de mosaicos de vegetação nas paisagens, compostos por áreas de florestas nativas que restaram e áreas agropastoris (DIRZO; RAVEN, 2003), com perdas de habitats, que por sua vez podem desencadear redução do número de espécies e alterações em processos ecológicos chave para o ecossistema (MILES *et al.*, 2006; SAFRIEL *et al.*, 2005). Algumas dessas áreas antropogênicas são abandonadas e voltam a se regenerar natural, formando jovens florestas (BUISSON *et al.*, 2006; LOPES *et al.*, 2012). Todavia, muitas das características presentes nas florestas antes da retirada da vegetação são perdidas e a regeneração torna-se limitada (GANDOLFI; RODRIGUES, 2007).

Um dos processos que atua na manutenção dos sistemas naturais e, por sua vez, pode limitar a regeneração de novas florestas é a predação de sementes. Ela pode ocorrer antes ou depois da dispersão e ambas inviabilizam a entrada de novos indivíduos no sistema (HARPER, 1977). A predação de sementes pré-dispersão tem forte influência por atuar como um fator de seleção, reduzindo a quantidade de sementes disponíveis para o recrutamento (JANZEN 1971; LOUDA 1989; CRAWLEY 1992). Logo, a predação pode limitar a disponibilidade de diásporos para o sistema (SCHUPP 1995; SCHUPP & FUENTES 1995), influenciando o tamanho de populações (LALONDE & ROITBERG, 1992; SIEMENS, 1994).

Vários fatores podem influenciar o processo de predação, entre eles destaca-se o tamanho das sementes pelo fato das mesmas conterem maior quantidade de recurso, oferecendo maior compensação ao predador (HARPER, 1977; WESTOBY *et al.* 1992; MOLES & WESTOBY, 2004; MOLES *et al.* 2005). Todavia, algumas sementes apresentam rigidez tegumentar que além de influenciar a germinação das mesmas, funciona como barreira mecânica à predação, fazendo com que algumas sementes de grande tamanho escape à predação, apesar de apresentarem grande quantidade de recurso (SCHUPP 1995). Outro fator que pode influenciar a predação pré-dispersão é o tipo de habitat, existindo relatos de que sementes de algumas espécies que ocorram em habitats mais perturbados são mais predadas (DONALDSON 1993; VILLASEÑOR-SANCHEZ *et al.* 2010; MAGRACH *et al.* 2011).

Ao contrário da predação pré-dispersão, a dispersão de sementes aumenta as chances de sucesso reprodutivo (HOWE; SMALLWOOD, 1982; RUXTON; SCHAEFER, 2012), constituindo-se o principal processo que define os padrões espaciais da planta mãe e seus

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

descendentes (HARPER, 1977) por reduzir a competição e o ataque de predadores e patógenos próximos da planta mãe (JANZEN, 1970). Além disso, a dispersão possibilita a colonização de novos habitats adequados (CONNELL, 1981), podendo aumentar o *fitness* dos indivíduos (HARPER, 1977) e atuar na manutenção do fluxo gênico das populações (JORDANO *et al.*, 2006).

Vale também destacar que a dispersão de sementes atua no desenvolvimento sucessional e possibilita a ocorrência de mudanças na comunidade (FORT; RICHARDS, 1998; HOWE; MIRITI, 2004). Uma das formas de analisar a dispersão é avaliar a chuvas de sementes das florestas. Todavia, ações humanas tende a afetar negativamente a chuva de sementes e comprometer a proporção dos modos de dispersão da comunidade (JORDANO, 2000; STAGGEMEIER; GALETTI, 2007). Por sua vez, as alterações nos modos de dispersão pode reduzir o recrutamento de espécies vegetais dependente de dispersores específicos (HOWE, 1984), e conseqüentemente, desencadear extinções em cascata em função do desaparecimento de espécies chave para a comunidade (DIRZO; RAVEN, 2003).

Em regiões semiáridas, além das interferências antropogênicos sobre os processos ecológicos, a forte irregularidade na precipitação e alta evapotranspiração afeta a regeneração natural da vegetação, por induzir heterogeneidade temporal na disponibilidade de água para a reprodução e recrutamento das plantas (UNEP, 1997; DIETZ; VELDHUIZEN, 2004; MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Dessa maneira, a heterogeneidade temporal modula a maioria dos processos ecológicos e as estratégias das espécies que habitam nesses ambientes (NOY-MEIR, 1973; VESTE *et al.*, 2011), determinando padrões em regiões secas, que na maioria das vezes são expressos por meio de variações intra anuais (estações) e interanuais (entre anos) nos distintos processos ecológicos (DIETZ; VELDHUIZEN, 2004; SAFRIEL *et al.*, 2005) que possibilitam a dinâmica dos ecossistemas.

Diante do exposto, esta tese tem como principais objetivos: (i) investigar os padrões de predação de sementes pré-dispersão de algumas populações em florestas madura e jovem de clima semiárido, verificando suas relações com o tamanho e peso dos diásporos; (ii) verificar como a chuva de sementes de florestas semiáridas madura e jovem respondem às variações entre anos, estações e modos de dispersão e (iii) investigar o efeito da idade de florestas, sazonalidade climática e estratificação vertical das sementes na dinâmica de saída de sementes de espécies lenhosas do banco do solo de florestas jovem.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Esta revisão inicialmente apresenta uma caracterização dos ambientes secos e seus usos e, posteriormente, uma visão da ruptura de processos ecológicos chave para a regeneração da vegetação, destacando-se os aspectos estruturais e funcionais da dispersão de sementes em regiões secas com suas mudanças ao longo do gradiente de aridez. Os principais padrões de riqueza de espécies, abundância de sementes, proporção de formas de vida na chuva de sementes de diferentes regiões secas são evidenciados e entre os aspectos funcionais da dispersão, as principais características das sementes, as estratégias de dispersão e as interações das plantas com seus vetores de dispersão são discutidos. Adicionalmente, são apresentados os efeitos negativos causados pela conversão de florestas em áreas de agricultura e pastagem e como estes podem afetar a dispersão de sementes em ecossistemas secos que é um dos processos ecológicos chave para manutenção da diversidade e funcionamento dos ecossistemas. Por fim, é destacado o cenário atual de estudos na caatinga e as lacunas a serem preenchidas.

Para reunir os dados sobre os tópicos mencionados anteriormente, foram utilizados sete bases de dados principais (Biological Abstracts, Google Acadêmico, SciELO, Scirus, Scopus, JSTOR, e Web of Science), além alguns capítulos de livros publicados sobre estes tópicos.

### Ambientes secos

#### *Definições, subtipos e ecossistemas de regiões secas*

Regiões secas são caracterizadas por limitação na umidade do solo, como resultado da baixa precipitação pluviométrica e alta evapotranspiração potencial. Esta associação (precipitação e evapotranspiração) foi observada por Meigs (1952) ao desenvolver mapas climáticos para a UNESCO na década de 50. Meigs relacionou os cálculos de evapotranspiração desenvolvidos por Thornthwaite (1948) e os relacionou com a precipitação, construindo assim mapas para regiões áridas e semi-áridas do globo. Tais mapas formaram a base para as atuais classificações das regiões secas do mundo e algumas delas definem regiões secas como áreas com índice de aridez<sup>1</sup> menor que 0.75 (UNESCO, 1977). Todavia, atualmente a classificação mais amplamente aceita define regiões secas como áreas com uma

---

<sup>1</sup> Índice calculado a partir da razão entre a precipitação média anual e a evapotranspiração potencial

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

relação de evapotranspiração em geral 1.5 maior que a precipitação e um índice de aridez menor que 0.65 (UNEP, 1997; DIETZ; VELDHUIZEN, 2004; MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Regiões secas cobrem 41,3% da superfície terrestre do planeta (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Elas não são uniformes e diferem quanto ao grau de limitação de água. Assim, de acordo com sua aridez as regiões secas podem ser classificadas em diferentes subtipos, seguindo um gradiente de aridez: sub-úmido seco, semi-árido, árido e hiper-árido (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; SAFRIEL *et al.*, 2005; UNEP, 1997). Estes subtipos existem em todos os continentes e dentro de suas áreas podem ocorrer diferentes ecossistemas, tais como desertos, campos, mediterrâneo e florestas.

O subtipo sub-úmido seco é o menos árido (índice de aridez entre 0,50-0,65) e, por essa razão, tem como ecossistemas dominantes as florestas que ocupam em torno de 8,7% do globo terrestre (MEIGS, 1952). Os ambientes semi-áridos ocupam 15,2% do planeta e são caracterizados por um índice de aridez de 0,20 a 0,50, sendo em sua maioria, dominados por campos e estepes (MEIGS, 1952). Os ambientes áridos ocupam 10,6% do território global e apresentam índice de aridez variando de 0,05 a 0,20, sendo dominados por desertos (MEIGS, 1952; NOY-MEIR, 1973). Por fim, os ambientes hiper-áridos consistem nos locais mais secos do planeta, mas são menos amplos, ocupando apenas 6,6% da terra. O índice de aridez dos ambientes hiper-áridos é menor que 0,05 e assim como os ambientes áridos, os hiper-áridos são também dominados por desertos (UNEP, 1997; MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; SAFRIEL *et al.*, 2005). Vale comentar que o subtipo hiper-árido não foi considerado pela UNCCD<sup>2</sup>, embora esteja presente no Atlas Mundial. A classificação das regiões pela UNCCD é baseada na precipitação média anual global e nos dados de temperatura registrados entre 1951 e 1980 (SAFRIEL *et al.*, 2005).

Cerca de um terço da população mundial habita regiões secas (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005), e apesar de ocorrem em todos os continentes, não igualmente distribuídas entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. Aproximadamente, 72% das regiões secas estão localizadas em países em desenvolvimento e 28% em países desenvolvidos (SAFRIEL *et al.*, 2005). Além disso, a proporção de áreas secas ocupadas por países em desenvolvimento aumenta de acordo com o aumento da aridez (DIETZ; VELDHUIZEN, 2004; SAFRIEL *et al.*, 2005). Aproximadamente 40%, 39% e 30% das populações da África, Ásia e América do Sul, respectivamente, estão concentradas em áreas secas (WHITE; NACKONEY, 2003). A disparidade econômica existente entre os países que

---

<sup>2</sup> Convenção de Combate a Desertificação das Nações Unidas

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

ocupam regiões secas é refletida também na baixa proporção de estudos desenvolvidos nessas regiões, quando comparado a ambientes úmidos.

A incipiência de pesquisas em regiões secas tem sido apontada em muitos estudos (BULLOCK *et al.*, 1995; MURPHY; LUGO, 1986; SANCHEZ-AZOFEIFA *et al.*, 2005). No entanto, nas últimas décadas, vários esforços têm sido realizados na tentativa de aumentar o conhecimento sobre as regiões secas do mundo, por diversas organizações (FAO, 2009; MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; SCHIMEL, 2010; UNEP, 1997) e pesquisadores (BULLOCK *et al.*, 1995; MILES *et al.*, 2006; MURPHY; LUGO, 1986; NOYMEIR, 1973; TOBY PENNINGTON *et al.*, 2000). Estes estudos têm mostrado que as áreas de ambientes secos fornecem diversos serviços ecológicos, como apoio (desenvolvimento de solos, ciclagem de nutrientes, produção primária), provisionamento (alimentos, fibras, lenha, bioquímicos), regulação (regulação da água, regulação do clima) e serviços culturais (diversidade e identidade cultural, sistemas de conhecimento, recreação e turismo) (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Todavia, muitas destas áreas secas vêm sofrendo fortes modificações por ações humanas, havendo necessidade de ampliar os investimentos para o melhor conhecimento dessas regiões.

#### Ameaças às vegetações nativas das regiões secas

A vegetação nativa das regiões secas vem sendo ameaçada por diversas atividades, em sua maioria de origem humana, em relação ao uso da terra, como resposta ao aumento da densidade populacional (WHITE; NACKONEY, 2003). A fragmentação de paisagens (MILES *et al.*, 2006), a conversão em áreas de agricultura e pastagens (MILES *et al.*, 2006; SAFRIEL *et al.*, 2005), a redução de habitats e espécies, a degradação e salinização de solos e o conseqüente avanço dos processos de desertificação são parte dessas ameaças. Neste tópico, o enfoque será dado aos efeitos do uso da terra na conversão de paisagens naturais em terrenos de agricultura e pastagem.

#### *Conversão de áreas secas para a agricultura e pastagem*

Como causa primária do declínio da biodiversidade local, regional e global está à perda de habitats, sendo a conversão de áreas naturais em áreas para atividades de agricultura e pecuária uma das grandes causas dessa perda de habitats, ameaçando em torno de 49% das

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

espécies vegetais (DIRZO; RAVEN, 2003). Recentemente, alguns estudos têm se dedicado a avaliar as modificações exercidas nas paisagens, pela substituição da vegetação nativa por áreas de agricultura e pastagem (BURGOS; MAASS, 2004; DRAKE *et al.*, 1999; FAJARDO *et al.*, 2005; FERNÁNDEZ; BUSSO, 1997; MILES *et al.*, 2006; WHITE; NACKONEY, 2003). No entanto, ainda são poucos os estudos que procuram avaliar as modificações no uso da terra nos diferentes subtipos das regiões secas (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; SAFRIEL *et al.*, 2005; WHITE; NACKONEY, 2003).

Os usos da terra mais frequentes nas diferentes regiões do mundo são pastagens, plantações e áreas urbanas. Pastagens e plantações em conjunto cobrem 90% das terras secas, estando frequentemente interligadas (FAO, 2009; MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Especificamente nas áreas de pastagem, a cobertura vegetal sofre extrema redução, através do pastoreio de forragem e coleta de lenha, expondo o solo a erosão, enquanto a substituição destas áreas em ambientes de cultivo, em combinação com irrigações inapropriadas, conduzem a salinização e erosão do solo (SAFRIEL *et al.*, 2005). Tais processos diminuem o fornecimento de serviços relacionados à água, que por sua vez, afetam o fornecimento de outros serviços e bens, culminando assim, em uma persistente redução da produtividade primária, a qual naturalmente é menor em ambientes secos, em comparação aos ambientes úmidos (WAIDE *et al.*, 1999; WEHRDEN; WESCHE, 2012).

No entanto, as formas de uso da terra tendem a mudar ao longo do gradiente de aridez. A proporção de áreas utilizadas para pastagens tendem a aumentar com o aumento da aridez, ocupando 34%, 54%, 87% e 97% dos subtipos sub-úmido seco, semiárido, árido e hiper-árido, respectivamente (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Em contrapartida, o uso de terra para agricultura tende a diminuir com o aumento da aridez, ocupando 47% das regiões sub-úmidas secas, 35% das regiões semiáridas, 7% das regiões áridas e apenas 0.96% das regiões hiper-áridas (SAFRIEL *et al.*, 2005). O mesmo ocorre com a densidade populacional humana, que tende a ser reduzida com o aumento da aridez, principalmente por causa da redução de água (WHITE; NACKONEY, 2003).

De forma semelhante ao uso da terra, a sensibilidade e as pressões humanas nos diferentes subtipos de áreas secas também respondem ao gradiente de aridez. Por exemplo, pressões humanas leves não comprometem a produtividade no subtipo sub-úmido seco como o fazem nos subtipos semi-áridos e áridos. Contudo, o tamanho das populações humanas e a pressão da pecuária diminuem com o aumento da aridez. Os ambientes semiáridos estão numa faixa intermediária de aridez, com tamanhos medianos de população humana. Este fato torna os ecossistemas dos ambientes semiáridos mais vulneráveis a perda de serviços

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes... ecossistêmicos e mais sensíveis a degradação, devido a intensidade intermediária das pressões humanas (SAFRIEL *et al.*, 2005).

Devido à alta vulnerabilidade as pressões humanas, os ambientes semiáridos necessitam de atenção, como um todo e em especial da comunidade científica, sendo de grande necessidade estudos que visem entender melhor o funcionamento destes ambientes para a tomada de medidas de conservação.

### *Ruptura de processos ecológicos chave para a regeneração*

Processos ecológicos são fenômenos complexos que frequentemente operam sobre múltiplas escalas (STILES; SCHEINER, 2010) e desempenham papel crucial na manutenção das populações e das comunidades (MURRELL *et al.*, 2001). Entre estes processos, encontram-se a polinização, a germinação de sementes, a dispersão e a predação pré e pós dispersão, os quais podem ser afetados por diferentes fatores abióticos e bióticos. O conhecimento dos processos ecológicos é de extrema importância, pois possibilitam compreender a dinâmica dos ecossistemas e auxiliam na identificação de medidas voltadas para a conservação da biodiversidade (TURNER, 1989).

Em ambientes secos, os processos ecológicos são intensamente influenciados pela escassez e sazonalidade na precipitação e podem ser modificados pela perda de habitats para atividades agropastoris. Nas últimas décadas tem-se observado um aumento no número de estudos que investigam as modificações nos processos ecológicos, desencadeadas pela conversão de florestas secas e úmidas em áreas de agricultura e pastagem (CUBINA; AIDE, 2001; GALINDO-GONZÁLEZ *et al.*, 2008; HOLL, 1998; MARTÍNEZ-GARZA *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 1996). Dependendo do tipo, intensidade e duração do uso, algumas áreas podem sofrer mudanças mais severas, as quais comprometam os processos ecológicos que possibilitam a regeneração natural das florestas, podendo inclusive ocorrer perdas do potencial de auto-recuperação (GANDOLFI; RODRIGUES, 2007).

Todavia, algumas áreas são abandonadas pós uso e voltam a se regenerar naturalmente (BUISSON *et al.*, 2006; LOPES *et al.*, 2012), mas o sucesso da regeneração está relacionado ao restabelecimento de alguns processos fundamentais. Dentre estes processos, é destacada a polinização (FRANKIE *et al.*, 1976; PRIMACK, 1987), a qual, estando comprometida, pode levar a redução do potencial reprodutivo das populações (TAKI *et al.*, 2007). As principais

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

consequências da substituição de habitats por atividades de agricultura são as limitações da disponibilidade de pólen e a extinção de animais polinizadores (KEITT, 2009). Os efeitos da paisagem, como o tamanho e a distância das manchas de habitats favoráveis na proximidade das áreas de agricultura (TAKI *et al.*, 2007) podem favorecer a diminuição da limitação dos polinizadores. A limitação de pólen e de polinizadores podem reduzir até 84% da produção de sementes das flores em ambientes fragmentados e utilizados na agricultura (Anderson *et al.*, 2011).

Outro processo fundamental para a regeneração de comunidades é a dispersão das sementes, um fenômeno amplamente influenciado pela disponibilidade de frutos (HARPER, 1977; JANZEN, 1970). Dentre os processos envolvidos na regeneração natural de florestas, destaca-se a dispersão via chuva de sementes, uma vez que as sementes são indispensáveis para a regeneração, principalmente na fase inicial do processo sucessional (GANDOLFI; RODRIGUES, 2007), sendo de grande importância para o restabelecimento das populações dos habitats. O papel da chuva de sementes no processo de regeneração natural das florestas preservadas ou das áreas modificadas por atividades humanas (agricultura e pastagens, por exemplo) é indiscutível (CHAZDON, 2003; DUNCAN; CHAPMAN, 1999; MARTÍNEZ-GARZA; GONZALEZ-MONTAGUT, 1999). O conhecimento da chuva de sementes, aliado ao da composição de espécies da vegetação local, possibilita identificar a contribuição de espécies locais (autóctones), bem como a entrada efetiva de espécies e indivíduos originados de outros sítios (alóctones).

Além disso, áreas de agricultura podem apresentar características desfavoráveis para a germinação e estabelecimento de algumas espécies, tais como alta predação de sementes pós-dispersão e baixa retenção de água no solo, como consequência das práticas severas realizadas nesses ambientes. Algumas práticas agrícolas podem danificar completamente os horizontes A e B dos solos, com formação de sulcos e inclinações decorrentes do processo de erosão (AIDE; CAVELIER, 1994). Adicionalmente, as sementes que conseguem germinar em áreas de agricultura, podem não conseguir se estabelecer. A competição com gramíneas, introduzidas para a forragem ou com outras espécies herbáceas tem sido relatada como um fator limitante, principalmente em áreas abandonadas de pastagem. Na Costa Rica, Holl (1999) registrou que, apesar da dispersão de diásporos ser limitante na área, a competição com gramíneas foi considerada a maior barreira na recuperação da área estudada. Por outro lado, no estudo de Aide e Cavalier (1994) não houve limitação por parte das gramíneas no crescimento e estabelecimento de plântulas, ocorrendo uma alta germinação que foi atribuída

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

pelos autores, como uma possível facilitação ocasionada pelo efeito positivo do microclima criado pelas gramíneas.

Dessa forma, observa-se que não só a estrutura da vegetação pode ser alterada com a substituição de habitats por terrenos agropastoris, mas também as várias funções do ecossistema. Apesar da importância dos processos ecológicos envolvidos na manutenção dos ecossistemas, poucos estudos têm buscado entender os efeitos da substituição de habitats por terrenos de agricultura sobre os mesmos, principalmente em regiões secas. Assim, as próximas seções desta revisão tentam avaliar estes efeitos no processo de dispersão de sementes, via características da chuva de sementes.

#### Aspectos estruturais e funcionais da dispersão de sementes em regiões secas

##### *Riqueza de espécies, densidade de diásporos e formas de vida*

A chuva de sementes é um processo ecológico de fundamental importância para a comunidade, pois atua como fonte de diásporos que pode modificar a densidade, distribuição espacial e riqueza das espécies (NATHAN, 2006), bem como influenciar a renovação do estoque de sementes do banco do solo (GANDOLFI; RODRIGUES, 2007). Outro aspecto importante da chuva de sementes é que a sua composição pode ser formada por diásporos autóctones e alóctones (PIVELLO *et al.*, 2006). Em estudos de dispersão de sementes, a riqueza é expressa pelo número de espécies que atingiram a idade reprodutiva e já produzem sementes na área, enquanto que a densidade é representada pelo número de diásporos dispersos no local, por unidade de área, sendo esta de crucial importância devido à necessidade de um número mínimo de indivíduos para preservação das espécies (HOWE, 1984) nos habitats.

Em regiões secas, a cobertura vegetal e a biomassa mostram forte redução ao longo do gradiente de aridez, indo dos ambientes subúmidos para ambientes áridos (VESTE *et al.*, 2011). Como consequência o número de espécies em regiões áridas é bem menor do que o encontrado em florestas secas, devido a menor aridez e maior produtividade nestas últimas (NOY-MEIR, 1973; SAFRIEL *et al.*, 2005; WEHRDEN; WESCHE, 2012). No entanto, são inexistentes estudos que investiguem como as mudanças na riqueza de espécies e produtividade ao longo de um gradiente de aridez afetam os padrões de riqueza e abundância do processo de dispersão.

Entre as regiões consideradas secas, os ambientes áridos possuem a menor riqueza de espécies e abundância de plantas e os estudos direcionados a estimar a produção de sementes das plantas, bem como a entrada de diásporos via chuva de sementes, são extremamente escassos (POL *et al.*, 2009). Os poucos estudos mostram que a riqueza de espécies e a densidade de diásporos da chuva de sementes respondem fortemente as variações anuais e interanuais na precipitação local (POL *et al.*, 2009; WAIDE *et al.*, 1999). Por exemplo, ao avaliar a disponibilidade de recursos disponíveis para granívoros no deserto de Mojave, Price & Joyner (1997) observaram 33 espécies na chuva de sementes e uma densidade de 16.479 sem/m<sup>2</sup> ao longo de quatro anos, sendo a maioria das sementes correspondentes a ervas efêmeras e um menor número a arbustos. Estes mesmos autores registraram altas discrepâncias entre os anos, com ervas lançando seus diásporos no inverno, enquanto arbustos dispersaram no verão. Em desertos, a chuva de sementes é mais distribuída em microhabitats abertos do que nos agrupados em moitas de vegetação (VENABLE *et al.*, 2008).

Por outro lado, com a redução da aridez, a riqueza e a densidade tendem a aumentar, em resposta à menor limitação na precipitação que estas áreas possuem (NOY-MEIR, 1973; VESTE *et al.*, 2011). Em florestas secas, a riqueza e densidade da chuva de sementes variam bastante, devido às variações de precipitação e heterogeneidade dos microhabitats, tendendo ocorrer aumento no número de espécies com o aumento da precipitação e heterogeneidade ambiental (PENNINGTON *et al.*, 2009). Todavia, em algumas florestas secas pode ocorrer um reduzido número de espécies e sementes, semelhante ao registrado por Lima *et al.* (2008), com 26 espécies e 76 sem.m<sup>-2</sup> em uma área de caatinga no Brasil e por Ceccon e Hernández (2009) que registraram 18 espécies e 422 sem.m<sup>-2</sup> em florestas tropicais secas no México. Já em outras áreas, a riqueza e densidade podem ser elevadas, como constatado em florestas secas em Camarões, onde foram observados 204 espécies e 297 sem.m<sup>-2</sup> (HARDESTY; PARKER, 2002), bem como no México, com 61 espécies e 180.375 sem.m<sup>-2</sup>. Esta diferença tem sido atribuída ao fato de diversas áreas, com diferentes níveis de precipitação, receberem o mesmo nome de florestas tropicais sazonalmente secas, mesmo apresentando características de precipitação marcadamente distintas (BULLOCK *et al.*, 1995; GENTRY, 1995; TOBY PENNINGTON *et al.*, 2000).

A predominância das formas de vida das plantas pode desempenhar importante papel na comunidade, devido as diferenças de fenologia das espécies (RAMÍREZ, 2002), de seus modos de dispersão (GRIZ; MACHADO, 2001) e do sistema sexual dominante na comunidade (MACHADO *et al.*, 2006). As formas de vida tendem a ser mais diversas em florestas tropicais secas que em florestas úmidas, devido à forte sazonalidade na precipitação,

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

que aumenta a heterogeneidade dos microhabitats (MEDINA, 1995). Regiões desérticas, por exemplo, estão dominadas por ervas anuais e perenes, subarbustos e suculentas (SAFRIEL *et al.*, 2005), enquanto regiões semiáridas são dominadas por arbustos e pequenas árvores, (SAMPAIO, 1995; WATSON, 2001). As florestas tropicais secas podem ocorrer em ambientes semi-áridos e são dominadas por arbustos e árvores, sendo a maioria espécies decíduas na estação seca, embora haja um marcado número de espécies sempre-verdes e suculentas que tendem a aumentar à medida que a floresta se apresenta mais seca (GENTRY, 1995; MEDINA, 1995).

Contudo, as pressões antrópicas podem modificar o predomínio das formas de vidas nos habitats dos ambientes secos (RAMÍREZ, 2002). A conversão da vegetação nativa para o uso na agricultura em regiões semiáridas e subúmidas secas afeta a estrutura da vegetação, reduzindo e substituindo o número de espécies (JANZEN, 1970; MILES *et al.*, 2006; PENNINGTON *et al.*, 2009; SANCHEZ-AZOFEIFA *et al.*, 2005) e, conseqüentemente modificando o predomínio das formas de vida porque mudanças na estrutura da vegetação podem resultar em espaço aberto para ocupação por espécies com diferentes estratégias de produção de diásporos, as quais podem tornar-se dominantes no local. Vários estudos em ambientes úmidos têm apontado diferenças significativas na riqueza e densidade da chuva de sementes entre habitats com diferentes estádios sucessionais (AIDE; CAVELIER, 1994; CARRIÈRE *et al.*, 2002; COLE *et al.*, 2010; DUNGAN *et al.*, 2001). Ambientes em sucessão inicial apresentam menor riqueza de espécies e densidade de diásporos quando comparados a ambientes mais “maduros” (DUNGAN *et al.*, 2001). Contudo, quando a regeneração está avançada, estas diferenças podem não ocorrer como registrado por Ceccon e Hernández (2009). Adicionalmente, estes autores não constataram diferenças na riqueza e densidade da chuva de sementes em florestas tropicais secas no México, entre a área sob perturbações de pastagem e retirada de lenha comparada à outra sem tais perturbações.

A proporção árvores-ervas tende a ser modificada em áreas sob pressão antrópica, sendo observado que ervas tendem a aumentar e árvores a diminuir em áreas antropogênicas, sendo o contrário observado em áreas sem pressão (RAMÍREZ, 2002).

Em função das variações de precipitação e dos efeitos das diferentes pressões humanas a chuva de sementes de florestas secas tende a refletir os padrões de formas de vida predominantes na comunidade porque as diferentes formas de vidas apresentam respostas de floração, frutificação e disponibilidade de diásporos diferenciada na comunidade. Por exemplo, ervas anuais com ciclo de vida curto, tendem a dispersar seus diásporos no fim da

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...  
estação de maior precipitação nas florestas secas, enquanto que outras espécies podem dispersar sementes em outras épocas do ano (RAMÍREZ, 2002; SOUZA, 2010),

### *Modos de dispersão e seus vetores*

As plantas organismos são essencialmente sésseis e parte de sua movimentação ocorre através da dispersão dos diásporos (HOWE; SMALLWOOD, 1982; RUXTON; SCHAEFER, 2012). Esta movimentação é quase que exclusivamente dependente de algum fator externo. Para tanto, grande parte das plantas desenvolveu artificios especiais em seus diásporos, utilizados para melhorar a dispersão, tais como plumas e alas para dispersão que favorece a dispersão pelo vento; frutos carnosos e elaiossomos para dispersão por animais consumidores; ganchos e farpas para dispersão externa por animais e mecanismos balísticos (PIJL, 1982). No entanto, estas especialidades produzem diferentes padrões de dispersão, de forma que espécies dispersas por vertebrados e pelo vento produzem sombras de sementes muito maiores do que espécies autocóricas e mimerocóricas (WILLSON; TRAVESET, 2000).

Em regiões secas, há grande variabilidade na proporção dos modos de dispersão, acarretando em estratégias de colonização. A variação dos modos de dispersão pode responder aos efeitos naturais do próprio gradiente de aridez, aos efeitos das ações antropogênicas, ou a combinação destes dois efeitos.

Em algumas regiões desérticas e semidesérticas, as plantas tendem adotar estratégia de dispersão a curta distância ou antitelecória<sup>3</sup>, diferentemente do que ocorre em ambientes méxicos e úmidos, onde a estratégia de dispersão a longa distância, ou telecória, tende a ser predominante (PIJL, VAN DER, 1982). A tendência de antitelecória nos ambientes secos vem sendo visualizada como padrão e pode ser explicada pelos seguintes motivos: (i) devido à limitação de água, as comunidades dos ambientes secos frequentemente não apresentam uma cobertura vegetal fechada. Como consequência, a competição por espaço acima do solo não se torna importante (FORT; RICHARDS, 1998); (ii) plantas de regiões desérticas aparentemente não obtêm vantagens seletivas na dispersão a longa distância, como ocorre nas regiões menos secas, pelo fato das condições favoráveis em desertos serem restritas a pequenos microhabitats (VENABLE; BROWN, 1988); (iii) menor frequência de estruturas morfológicas que favoreça a dispersão de sementes a longa distância (ELLNER; SHMIDA,

---

<sup>3</sup> Ausência de mecanismos de dispersão ou presença de mecanismos que dificultam ou impedem dispersão a longa distância

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

1981); (iv) muitas das espécies ocorrentes nessas regiões desérticas são anuais, de forma que o espaço de habitat favorável ocupado pela planta mãe, geralmente é ocupado pelos seus descendentes na próxima estação (OUDTSHOORN, VAN; ROOYEN, VAN, 1999).

Estes padrões têm sido corroborados por alguns estudos, os quais apontam que a dispersão alcança distância curta em espécies herbáceas anuais anemocóricas (0,92 m) e em espécies sem mecanismos de dispersão aparente (0,49 m), permanecendo as sementes próximas à planta mãe (WILLSON, 1993). Da mesma forma, resultados semelhantes têm sido descritos para espécies arbustivas anuais epizoocóricas (0,70 m) e espécies sem adaptações morfológicas aparentes para a dispersão (0,29 m) (VENABLE *et al.*, 2008). Além disso, o banco de sementes nas regiões desérticas é mais concentrado próximo das moitas de vegetação (PRICE; JOYNER, 1997). A dispersão agrupada de sementes próximas à planta mãe tem sido interpretada como um reflexo do maior investimento das plantas no escape temporal (ELLNER; SHMIDA, 1981).

Porém, mesmo com maior proporção de mecanismos de antitelecória, alguns desertos podem apresentar mecanismo para telecória, com espécies de dispersão abiótica, seja pelo vento (PRICE; JOYNER, 1997) ou pela água da chuva (PIJL, VAN DER, 1982), bem como de dispersão biótica por animais, via epizoocória (OUDTSHOORN, VAN; ROOYEN, VAN, 1999) ou endozoocória (BRONSTEIN *et al.*, 2007). Regiões áridas são exemplos de locais em que as estratégias de dispersão a longa distância são requeridas e, assim, a dispersão pelo vento (anemocória) e pelos animais (epizoocória) se fazem presentes em maiores proporções (WILLSON *et al.*, 1990). Por outro lado, em ambientes áridos, a dispersão biótica interna tem menor magnitude, principalmente no que se refere aos frutos carnosos. Estes tipos de frutos estão presentes na maioria da flora de outros ecossistemas (HOWE; SMALLWOOD, 1982). Contudo, em desertos, a ocorrência de frutos carnosos é bastante reduzida (OUDTSHOORN, VAN; ROOYEN, VAN, 1999; WILLSON *et al.*, 1990).

Tais reduções são explicadas, em primeiro lugar, pela precipitação ser reduzida limitando a disponibilidade do recurso água para que as plantas possam produzir frutos carnosos (BRONSTEIN *et al.*, 2007; HOPE *et al.*, 2005). Em segundo lugar, pela eficiência dos dispersores, pois os vertebrados frugívoros são menos efetivos em alguns habitats (JORDANO, 2000; THOMPSON; WILLSON, 1978). Uma terceira possível explicação foi apresentada por Ellner e Shmida (1981), ao sugerir que a seleção para proteger as sementes da destruição por predadores de sementes em desertos, pode ter restringido a evolução dos mecanismos de dispersão abiótica das plantas. Por fim, uma quarta possível explicação é o fato de que diferenças entre habitats podem ser reflexo de contrastes filogenéticos,

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

geográficos, históricos (BRONSTEIN *et al.*, 2007; MOLES *et al.*, 2005), como exemplo, alguns habitats podem ter menor número de espécies frugívoras (JORDANO *et al.*, 2011).

Por outro lado, à medida que diminui a aridez, mecanismos de telecoria se tornam cada vez mais presentes e a proporção dos diferentes modos de dispersão se modificam (ELLNER; SHMIDA, 1981). Este fato é observado em regiões semiáridas, que apesar de ainda apresentarem forte escassez e irregularidade em seu regime de precipitação, já apresentam maior proporção de espécies com mecanismo de dispersão a longa distância (HOWE; SMALLWOOD, 1982; OUDTSHOORN, VAN; ROOYEN, VAN, 1999). Entre estes mecanismos, a dispersão pelo vento é o modo de dispersão predominante em regiões semiáridas, uma vez que a vegetação é mais aberta. Logo, a alta velocidade e circulação dos ventos facilitam o movimento dos diásporos anemocóricos em busca de locais adequados e mais distantes dos seus pais. Bonvissuto e Busso (2007) observaram a entrada de altos percentuais de diásporos anemocóricos, em quatro manchas de estepe semiárida na Patagônia, sob influência de ventos de 30 km/h. Estes autores afirmaram que a velocidade dos ventos, somado a altura das plantas, exercem grande efeito no alcance da dispersão. Adicionalmente, evidências apontam que variações na velocidade do vento potencialmente ultrapassam os efeitos de variação na massa e área na dispersão de diásporos anemocóricos (AUGSPURGER; FRANSON, 1987).

Mesmo em locais predominantemente dominados por espécies dispersas pelo vento, não há distribuição homogênea, principalmente entre as diferentes formas de vida (GENTRY, 1995). Em geral, lianas de florestas tropicais secas têm maior proporção de espécies anemocóricas, em relação a árvores e arbustos, podendo apresentar até 100% das espécies locais dispersas pelo vento (BULLOCK, 1995). Assim como lianas espécies herbáceas, apesar de serem pouco estudadas, apresentam alta proporção de espécies anemocóricas (SOUZA, 2010). Além disso, diferenças nas proporções de espécies dispersas pelo vento também podem ocorrer a nível local, devido as diferenças das áreas topograficamente mais secas ou mais úmidas, as quais podem apresentar maior ou menor proporção de espécies anemocóricas (BULLOCK, 1995).

Apesar dessa predominância da anemocoria nas florestas secas, algumas espécies zoocóricas podem ser encontradas em áreas onde o gradiente de aridez é mais baixo e a limitação na produção de frutos carnosos seja menor. Também vale destacar que pode ocorrer variação sazonal na predominância de modos de dispersão nas florestas secas, sendo espécies dispersas pelo vento mais frequentes na estação seca (BULLOCK, 1995; HOWE; SMALLWOOD, 1982; MARTÍNEZ-GARZA *et al.*, 2011), período em que ocorre a

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

caducifolia das plantas, e as espécies dispersas por animais mais predominantes na estação das chuvas, período em que os animais mais recursos para reprodução.

Assim como o gradiente de aridez, perturbações antrópicas podem modificar a proporção dos modos de dispersão das espécies (HOLTZAPFEL *et al.*, 1993; HOWE; SMALLWOOD, 1982). Esta alteração tem sido bastante estudada em ecossistemas com predomínio de espécies zoocóricas, que foram submetidos a práticas de agricultura (AIDE; CAVELIER, 1994; COLE *et al.*, 2011; CUBINA; AIDE, 2001), devido à carência de animais dispersores frugívoros (HOWE; SMALLWOOD, 1982) que tendem a não se arriscar em áreas abertas (SILVA *et al.*, 1996).

Em contrapartida, áreas de sucessão um pouco mais avançada apresentam algumas plantas lenhosas que representam maior atrativo para frugívoros, ocorrendo uma maior deposição de sementes próximas a estas plantas. Este fato é ressaltado por Holl (1998), ao observar que áreas com presença de poleiros (artificiais ou naturais) têm aumento significativo no número de sementes dispersas próximas aos mesmos. Entretanto, Wydhayagarn *et al.* (2009) pontuaram que diferenças nas características das espécies estabelecidas no local, como altura, cobertura da copa e densidade afetam a visitação de pássaros e, conseqüentemente, a dispersão de diásporos.

Em síntese, os estudos sobre dispersão vêm constatando que: (i) em ambientes de sucessão inicial, diásporos autóctones são bastante reduzidos ou mesmo ausentes; (ii) a entrada de sementes provém de fragmentos remanescentes próximos às áreas de sucessão inicial e, portanto, há grande contribuição de origem alóctone; (iii) sementes dispersas nas áreas abandonadas alcançam distâncias menores que 10 m, além de um pico de concentração entre 2 e 4 m de distância de áreas fontes adjacentes.

### *Frugivoria e dispersão em ambientes secos*

O processo de frugivoria tem papel de destaque na renovação das populações vegetais com sementes dispersas por animais (JORDANO, 2000). Frugívoros dispersores podem regurgitar, cuspir, defecar ou arrastar as sementes da proximidade para locais mais distantes da planta mãe, reduzindo assim o perigo de ataque de predadores e patógenos (JANZEN, 1970; JORDANO *et al.*, 2011). A atração de frugívoros se dá em função do alto conteúdo energético, valor nutritivo, riqueza de carboidratos e alta concentração de água, comumente encontrada em frutos carnosos (JORDANO; SCHUPP, 2000; JORDANO *et al.*, 2011). Vale

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

ressaltar que a dispersão por animais frugívoros pode conduzir as sementes para sítios mais favoráveis ao recrutamento (HOWE; SMALLWOOD, 1982; WENNY, 2001).

Nas regiões secas, espécies vegetais dispersas por vertebrados frugívoros são mais frequentes nos habitats com menor intensidade de aridez (BULLOCK, 1995; TABARELLI *et al.*, 2003; WILLSON *et al.*, 1990), mas poucos são os estudos que buscam entender os padrões de frugivoria em habitats áridos e semiáridos (BRONSTEIN *et al.*, 2007; CHIMERA; DRAKE, 2010; SILVA *et al.*, 2005; WILLSON *et al.*, 1990) e como estes padrões se modificam ao longo do gradiente de aridez.

Apesar da menor frequência de frugivoria nas áreas mais áridas, o papel ecológico deste processo é de fundamental importância na comunidade (BRONSTEIN *et al.*, 2007). Estima-se que, entre as plantas lenhosas, aquelas adaptadas à dispersão por vertebrados frugívoros representam 35-42% das espécies das florestas temperadas, 23-56% das espécies de áreas arbustivas mediterrâneas, 69-75% nas florestas úmidas e 90% das espécies nas florestas tropicais úmidas (JORDANO, 2000). Já nos ecossistemas desérticos, a dispersão por frugívoros ocorre em 15% da flora da África do Sul (OUDTSHOORN, VAN; ROOYEN, VAN, 1999), em 7% da flora da Austrália Central (BRONSTEIN *et al.*, 2007) e em apenas 2% na flora de Israel (ELLNER; SHMIDA, 1981), com destaque para a dispersão por frugívoros de cactos (GODÍNEZ-ALVAREZ *et al.*, 2002; HOWE; MIRITI, 2004; JANZEN, 1986; SILVA *et al.*, 2005), acácias (WILLSON; TRAVESET, 2000), erva-de-passarinho (HOWE; SMALLWOOD, 1982; SALLABANKS; COURTNEY, 1992) e espécies do gênero *Capsicum* (BRONSTEIN *et al.*, 2007; SCHUPP *et al.*, 2010). A importância ecológica deste grupo restrito de espécies com frutos carnosos é potencialmente elevada em comunidades desérticas, devido ao elevado tamanho de suas populações, como o que ocorre nas partes áridas do México, onde as populações de *Opuntia* e *Capsicum* são abundantes (BRONSTEIN *et al.*, 2007; JANZEN, 1986).

Uma ampla variedade de grupos animais tem sido registrada como frugívoros dispersores em regiões áridas e semiáridas, tais como aves, mamíferos e répteis (BRONSTEIN *et al.*, 2007; JANZEN, 1986). Dentre estes, o grupo das aves é o mais bem estudado, tendo várias de suas interações destacadas na literatura, como as interações entre pássaros e plantas hemiparasitas, que ocorrem em desertos da Austrália e América do Norte (HOWE; MIRITI, 2004). Os frutos das ervas hemiparasitas são recursos bem apreciados por pássaros frugívoros de ambientes semiáridos, pois apresentam vários atributos para a ornitocoria, uma vez que são grandes, doces, conspicuos em cor quando maduros, contendo polpas com concentrações de nutrientes altamente ricas (40 a 60% de carboidratos, 35% de

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

lipídeos e 22% de proteínas) (WATSON, 2001). Em algumas regiões semiáridas da Austrália, há casos de frutos das ervas hemiparasitas, que representam fonte crítica de recurso para 15 a 20 espécies de pássaros frugívoros (WATSON, 2001). Além destas, a interação entre pássaros e cactos também tem sido registrada, evidenciando o grande consumo de frutos de várias espécies de cactos, tais como *Opuntia* (Palma) no México e *Carnegiea gigantea* (saguaro) no Arizona (BRONSTEIN *et al.*, 2007). Pássaros frugívoros podem transportar de 39% a 79% dos frutos de *Stenocereus griseus* (Cactaceae) durante o dia. Além do mais, frugívoros voadores, como pássaros e morcegos, são considerados os melhores agentes dispersores, em termos de quantidade de sementes, distância alcançada pela dispersão e efetividade da dispersão (FRANKIE *et al.*, 1974; GALINDO-GONZÁLEZ *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 1996).

Outro grupo de frugívoros frequente em desertos são os mamíferos, representados por ungulados, canídeos, elefantes, roedores e morcegos (ARTEAGA *et al.*, 2006; DUDLEY, 2000; JANZEN, 1986; SILVA *et al.*, 2005), existindo maior número de estudos sobre os dois últimos dispersores. Morcegos atuam como importantes dispersores em ecossistemas áridos e semiáridos, que podem consumir entre 10-80% das sementes disponíveis e, posteriormente, dispersá-las via defecação próximo a seus poleiros (BRONSTEIN *et al.*, 2007). Além disso, alguns morcegos podem representar espécies dispersoras chave, ao dispersar sementes diretamente para locais “seguros”. O estudo de Godínez-Alvarez *et al.*, (2002) em região semiárida no México, constatou que a espécie de morcego *Leptonycteris curasoae* (Phyllostomidae) atua como principal agente de dispersão das sementes do cacto *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg., sendo mais efetivo na dispersão do que pássaros. Apesar de pouco estudado, evidências apontam que canídeos também podem ser dispersores efetivos em áreas semiáridas, como evidenciado por Silva *et al.*, (2005), em seu estudo no Chile, onde a espécie de raposa *Pseudalopex culpaeus* consumiu, ao longo de dois anos, cerca de 34.000 frutos. Estes animais apresentam importantes características como dispersoras, devido às longas distâncias percorridas diariamente, bem como carregam um alto número de sementes e tem um tempo longo de retenção de sementes em seu trato digestivo (SILVA *et al.*, 2005).

Da mesma forma que aves e mamíferos, répteis tem sido registrados como dispersores de sementes em habitats áridos (CASTRO; GALETTI, 2004; JANZEN, 1986; VALIDO; OLESEN, 2007), apesar da importância de frutos na dieta destes animais ainda ser pobremente conhecida (OLESEN; VALIDO, 2003). Estima-se que cerca de 280 espécies de lagartos consomem frutos carnosos ocasionalmente e aproximadamente 414 espécies de plantas têm sido registradas na dieta de lagartos (VALIDO; OLESEN, 2007). Lagartos são,

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

talvez, os representantes mais conhecidos entre os répteis dispersores e se apresentam como bons no fenômeno de dispersão de sementes (CASTRO; GALETTI, 2004), além de ter um importante papel como polinizadores em ambientes xéricos (OLESEN; VALIDO, 2003). Alguns lagartos da espécie *Platysaurus broadleyi* (Cordylidae), em regiões secas da África do Sul, concentram-se abaixo de árvores em frutificação, no intuito de consumir frutos energeticamente ricos (BRONSTEIN *et al.*, 2007). Porém, a dispersão por lagartos é comumente registrada em ilhas do que em continentes. Essa observação é explicada pelo fato de muitas ilhas apresentarem altos recursos para lagartos, alta concentração de lagartos pré-adaptados à dieta herbívora, escassez de artrópodes para o consumo de lagartos e reduzida predação de lagartos (VALIDO; OLESEN, 2007). Em habitats xéricos das ilhas Canárias, por exemplo, cerca de 10 espécies de lagartos frugívoros são registradas, como o lagarto do Tenerife *Gallotia galloti*, o qual apresenta mais de 50% do volume de sua dieta composta por frutos carnosos (OLESEN; VALIDO, 2003).

As tartarugas, da mesma forma que os lagartos, são consideradas importantes dispersores, uma vez que 25% delas são herbívoras e retêm as sementes no seu trato digestivo por um longo tempo, defecando um número alto de sementes viáveis posteriormente (SADEGHAYOBI *et al.*, 2011). No sudeste da África do Sul, tartarugas leopardo (*Geochelone pardalis*; Testudines) consomem até 75 espécies, pertencentes a 26 famílias de plantas e defecam 67% das sementes viáveis de sete famílias botânicas (BRONSTEIN *et al.*, 2007). Nas ilhas Galápagos, as conhecidas tartarugas de Galápagos (*Chelonoidis nigra*) atuam como importantes dispersoras de sementes, pois apresentam alta variedade e número de sementes em suas fezes, atingindo cerca de 464 sementes, dentre 45 espécies de plantas (BLAKE *et al.*, 2012). Além do mais, a tartaruga de Galápagos retém em seu trato digestivo sementes de várias espécies de plantas por períodos de tempo longos, em torno de 6 a 28 dias (SADEGHAYOBI *et al.*, 2011), característica fundamental para dispersão de sementes por longas distâncias.

#### *Impactos agropastoris: limitação e extinção de frugívoros*

A perda de habitat e as alterações na paisagem podem levar a modificação nos padrões de dispersão em regiões secas (THOMPSON; WILLSON, 1978). As mudanças no uso da terra, ocasionadas por substituição de florestas tropicais em áreas de agricultura, é um dos principais causadores da ruptura de mutualismos (JORDANO *et al.*, 2011). Contudo, este tema tem sido bastante debatido em regiões úmidas (GALINDO-GONZÁLEZ *et al.*, 2008;

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

MARKL *et al.*, 2012; MARTÍNEZ-RAMOS; SOTO-CASTRO, 1993; MUSCARELLA; FLEMING, 2007; SILVA *et al.*, 1996; STAGGEMEIER; GALETTI, 2007) e pouco relatado em regiões secas (ARTEAGA *et al.*, 2006; BRONSTEIN *et al.*, 2007; GRISCOM *et al.*, 2007; JANZEN, 1986; KIRIKA *et al.*, 2008; NOY-MEIR, 1973). De maneira geral, a retirada da vegetação acarreta em extinção local da maioria das espécies (DIRZO; RAVEN, 2003). A perda de espécies dispersoras de sementes, como consequência, modifica os padrões de dispersão e influencia a estrutura e a composição da comunidade (CHIMERA; DRAKE, 2010). Consequentemente, os mecanismos de dispersão de muitas espécies são modificados e ameaçam, assim, a sobrevivência de seus agentes de dispersão (JORDANO *et al.*, 2011).

Entre as principais modificações nos sistemas de dispersão, a abertura de paisagens tem sido um dos fatores que frequentemente influencia na visita de animais frugívoros (SILVA *et al.*, 1996). Este fato foi observado por Griscom *et al.*, (2007), ao avaliarem diferenças na visita de frugívoros, em florestas tropicais secas e pastos, tendo verificado que, em áreas de pastos, ocorreu menor frequência de indivíduos de roedores, menor frequência de indivíduos e espécies de pássaros e ausência de morcegos, quando comparado a florestas ripárias. Tais diferenças foram explicadas pelo fato de que a passagem de animais frugívoros em paisagens abertas ser reduzida, devido ao elevado risco de predação (AIDE; CAVELIER, 1994; ANDERSON *et al.*, 2011). Assim sendo, o organismo determina o seu avanço entre os tipos de vegetação com base em alguns fatores relacionados ao custo e benefício proporcionados pelos novos habitats, tais como a redução do estresse fisiológico, a diminuição do risco de predação e maior disponibilidade de recurso e menor gasto energético no forrageamento (SILVA *et al.*, 1996).

A redução na visita de frugívoros às áreas de agricultura e pastagem abandonadas pode afetar a sucessão, ao reduzir a entrada de sementes para a colonização da área, tornando a sucessão limitada (COLE *et al.*, 2010; GALINDO-GONZÁLEZ *et al.*, 2008; JORDANO *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 1996).

#### *Dispersão de sementes na Caatinga: incipiência de estudos*

Nos últimos anos têm sido feito esforços para aumentar o conhecimento sobre a caatinga através de revisões com abordagem nos diversos aspectos relacionados à história natural, distribuição geográfica, conhecimento tradicional, padrões espaço-temporais, biodiversidade e principais ameaças que a mesma sofre (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012;

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

ARAÚJO *et al.*, 2007; LEAL *et al.*, 2005; PRADO, 2003; SAMPAIO, 1995; SANTOS *et al.*, 2005).

Apesar dos esforços realizados, um ponto de destaque coincidente em todos estes estudos é que o conhecimento sobre a caatinga ainda é bastante reduzido, quando comparado a outras formações vegetacionais do Brasil. A caatinga apresenta considerável riqueza de espécies, mas o número de espécies registradas ainda tem aumentado, com o aumento dos esforços de campo (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012; LEAL *et al.*, 2005). Grande parte dos estudos sobre a vegetação, realizados entre as décadas de 80 e 90, se restringiram a informações fitossociológicas (SAMPAIO, 1995) que possibilitaram o conhecimento da composição de espécies e das diferenças estruturais da vegetação. Todavia, segundo Albuquerque *et al.* (2012), investigações sobre os processos ecológicos só tiveram maior impulso a partir dos anos de 2000, devido ao aumento dos investimentos por parte do setor público. A partir de tais investimentos, estudos vem sendo realizados acerca das respostas fenológicas das espécies (FILHO *et al.*, 2012; GRIZ; MACHADO, 2001; LIMA; RODAL, 2010; MACHADO *et al.*, 1997), polinização (LEITE; MACHADO, 2009; MACHADO; LOPES, 2003), dinâmica de populações vegetais (ARAÚJO *et al.*, 2005; LOPES *et al.*, 2012; REIS *et al.*, 2006), banco de sementes (COSTA; ARAÚJO, 2003; MAMEDE; ARAÚJO, 2008; PESSOA, 2007) e dinâmica de serapilheira (SANTOS *et al.*, 2011).

Apesar do aumento de investigações científicas, várias lacunas no conhecimento da caatinga ainda existem. Como exemplo, a maior parte do conhecimento relacionado à dispersão de diásporos em áreas de caatinga tem como base observações o modo de dispersão das espécies (LIMA; RODAL, 2010; SILVA; RODAL, 2009; TABARELLI *et al.*, 2003) e o acompanhamento da produção de frutos (GRIZ; MACHADO, 2001). Estudos sobre a captura dos diásporos, via chuva de sementes (LIMA *et al.*, 2008; SOUZA, 2010) e sobre o efeito das interações mutualísticas com formigas (LEAL, 2003; LEAL *et al.*, 2007) e frugívoros vertebrados (FONSECA *et al.*, 2012; MOURA; MCCONKEY, 2007) são extremamente escassos.

De maneira geral, os padrões de modos de dispersão da caatinga variam em função de uma gama de fatores, tais como: (i) sazonalidade na precipitação, com predominância de zoocoria no período chuvoso e anemocoria na seca (GRIZ; MACHADO, 2001); (ii) gradiente na precipitação (SILVA; RODAL, 2009), com maior proporção de espécies dispersas por animais em caatingas mais altas e úmidas (GRIZ; MACHADO, 2001) do que áreas mais secas (LIMA *et al.*, 2008), havendo redução de espécies dispersas por vertebrados conforme se distancia do litoral (TABARELLI *et al.*, 2003); (iii) composição de espécies (BARBOSA

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

*et al.*, 2003), com maior proporção de zoocoria em habitats dominados por cactáceas e de autocoria em habitats dominados por Leguminosae e Euphorbiaceae; (iv) habitats antropogênicos (SOUZA, 2010), com maior predominância de espécies autocóricas e anemocóricas, em resposta a colonização inicial de espécies herbáceas e de lenhosas de crescimento rápido.

Assim como os modos de dispersão, a quantidade de sementes dispersas também varia sazonalmente, com maior proporção da chuva de sementes na estação seca do que na estação chuvosa (LIMA *et al.*, 2008; SOUZA, 2010). A dispersão de sementes também responde ao gradiente de aridez, com maior riqueza e densidade de sementes em regiões menos áridas (SOUZA, 2010) em comparação as mais áridas (LIMA *et al.*, 2008). A dispersão de diásporos difere entre formas de vida, com herbáceas dispersando maior número de sementes do que lenhosas (LIMA *et al.*, 2008; SOUZA, 2010).

As informações existentes sobre interações mutualísticas na Caatinga, indicam que formigas são dispersoras efetivas dos frutos, em pelo menos 12,8% de espécies lenhosas, apresentando altos valores de remoção (38-84%) e descarte (83%) de sementes próximo aos seus ninhos (LEAL *et al.*, 2007). Também já existem alguns relatos sobre dispersão por lagartos, mestrando que apesar dos lagartos de consumirem os frutos de cactos, seu trato digestivo não quebra a dormência das sementes, ocasionando baixos percentuais de germinação (FONSECA *et al.*, 2012). Os macacos, apesar de mais raros nas áreas de caatinga devido à caça, representam ótimos dispersores na caatinga, pois dispersam sementes de cerca de 24-36% das plantas lenhosas e viajam a longas distâncias, defecando as sementes em pequenos agrupamentos, o que reduz as chances de predação e aumenta as chances de colonização (MOURA; MCCONKEY, 2007).

Apesar dos estudos citados, a região semiárida ainda apresenta escassez de estudos sobre a dispersão de sementes, principalmente informações sobre a quantidade de sementes que entra no sistema e as interações mutualísticas envolvidas, sendo ainda necessário à realização de mais estudos para elucidar lacunas existentes sobre os padrões de dispersão da caatinga e das florestas tropicais secas como um todo.

## Considerações Finais

O gradiente de aridez tem forte efeito no aumento da riqueza, biomassa, heterogeneidade das formas de vida e modificações dos processos ecológicos da natureza. Contudo, fatores em escala local, como a características da vegetação, adaptações e interações com animais influenciam de maneira atenuada ou acentuada as mudanças estruturais e funcionais dos ambientes secos.

Regiões secas possuem grande variabilidade estrutural e funcional em função do gradiente de aridez. Logo, a dinâmica ecológica e evolutiva dos processos ecológicos pode mudar completamente de um extremo do gradiente para o outro. Forças que atuam em processo de ambientes sub-úmidos podem não prevalecer em ambientes áridas e hiperáridos, como por exemplo, a ocorrência de mecanismos de telecoria e antetelecoria encontrados em regiões com diferentes graus de aridez.

Há grande participação de diferentes grupos animais no processo de dispersão, havendo dispersão não só por pássaros e insetos, mas por vários tipos de mamíferos, como cães e elefantes, bem como répteis, como tartarugas e lagartos, mostrando que apesar da menor biomassa e produtividade em regiões secas, as interações mutualísticas envolvidas na dispersão são complexas.

Entre os ambientes secos, as regiões semiáridas são mais vulneráveis por estarem em condições intermediárias de aridez, o que torna os impactos mais centralizados, tanto através do desenvolvimento de atividades de agricultura quanto de pastagem. Em outras palavras, um mesmo tipo de atividade humana causa impactos diferenciados entre as regiões semiáridas e áridas.

Alguns padrões de dispersão de ambientes secos vêm sendo corroborados para a caatinga, como o efeito da sazonalidade sobre as respostas fenológicas das plantas e seus modos de dispersão. Apesar do aumento dos estudos sobre a vegetação da caatinga, a compreensão dos aspectos estruturais e funcionais da dispersão ainda é superficial. A maioria dos estudos busca entender a relação entre os modos de dispersão da vegetação, necessitando de investigações mais detalhadas sobre as interações envolvidas na dispersão. Pode-se elencar diversas lacunas no conhecimento do processo de dispersão em áreas de caatinga, tais como: o comportamento de animais frugívoros, quanto as suas preferências de consumo, estratégias de alcance dos recursos e manuseios dos mesmos; os fatores envolvidas na escolha dos recursos, a partilha de recursos entre frugívoros e as perdas por granívoros. Tais exemplos ilustram alguns dos

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...  
questionamentos ainda não completamente respondidos sobre a dispersão de sementes em  
áreas de caatinga, processo este fundamental para a dinâmica e manutenção de ecossistemas.

## Referências Bibliográficas

AIDE, T. M.; CAVELIER, J. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. **Restoration Ecology**, v. 2, n. 4, p. 219–229, dez 1994.

ALBUQUERQUE, U. P. DE; LIMA ARAÚJO, E. DE; EL-DEIR, A. C. A.; *et al.* Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 205182, jan 2012.

ANDERSON, S. H.; KELLY, D.; LADLEY, J. J.; MOLLOY, S.; TERRY, J. Cascading effects of bird functional extinction reduce pollination and plant density. **Science (New York, N.Y.)**, v. 331, n. 6020, p. 1068–71, 25 fev 2011.

ARAÚJO, E. DE L.; SILVA, K. A. DA; FERRAZ, E. M. N.; SAMPAIO, E. V. DE S. B.; SILVA, S. I. DA. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 285–294, jun 2005.

ARAÚJO, E. L.; CASTRO, C. C.; ALBUQUERQUE, U. P. Dynamics of Brazilian Caatinga – A review concerning the plants, environment and people. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 1, n. 1, p. 15–28, 2007.

ARTEAGA, L. L.; AGUIRRE, L. F.; MOYA, M. I. Seed rain produced by bats and birds in forest islands in a neotropical savanna. **Biotropica**, v. 38, n. 6, p. 718–724, nov 2006.

AUGSPURGER, C. K.; FRANSON, S. E. Wind dispersal of artificial fruits varying in mass, area, and morphology. **Ecological Applications**, v. 68, n. 1, p. 27–42, 1987.

BARBOSA, D. CARVALHO DE A.; BARBOSA, M. C. DE A.; LIMA, L. C. M. DE. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. DA (Eds.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. p. 657–694.

BLAKE, S.; WIKELSKI, M.; CABRERA, F.; *et al.* Seed dispersal by Galápagos tortoises. **Journal of Biogeography**, p. no–no, 27 jan 2012.

BONVISSUTO, G. L.; BUSSO, C. A. Seed rain in and between vegetation patches in arid Patagonia, Argentina. **Phyton**, v. 76, p. 47–54, 2007.

BRONSTEIN, J. L.; IZHAKI, I.; NATHAN, R.; *et al.* Fleshy-Fruited plants and frugivores in Desert Ecosystems. In: DENNIS, A. J.; SCHUPP, E. W.; GREEN, R. J.; WESTCOTT, D. A. (Eds.). **SEED DISPERSAL Theory and its application in a changing world**. London: CAB International Press, 2007. p. 148–177.

BUISSON, E.; DUTOIT, T.; TORRE, F.; RÖMERMANN, C.; POSCHLOD, P. The implications of seed rain and seed bank patterns for plant succession at the edges of abandoned fields in Mediterranean landscapes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 115, n. 1-4, p. 6–14, jul 2006.

- Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...
- BULLOCK, S. H. Plant reproduction in neotropical dry forest. In: BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. (Eds.). **Seasonally dry tropical forest**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 277–303.
- BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- BURGOS, A.; MAASS, J. M. Vegetation change associated with land-use in tropical dry forest areas of Western Mexico. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 104, n. 3, p. 475–481, dez 2004.
- CARRIÈRE, S. M.; LETOURMY, P.; MCKEY, D. B. Effects of remnant trees in fallows on diversity and structure of forest regrowth in a slash-and-burn agricultural system in southern Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, n. 03, p. 375–396, 26 mar 2002.
- CASTRO, E. R. DE; GALETTI, M. Frugivoria e dispersão de sementes pelo lagarto teiú *tupinambis merianae* (Reptilia: Teiidae). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 44, n. 6, p. 91–97, 2004.
- CECCON, E.; HERNÁNDEZ, P. Seed rain dynamics following disturbance exclusion in a secondary tropical dry forest in Morelos, Mexico. **Revista de biología tropical**, v. 57, n. 1-2, p. 257–69, 2009.
- CHAZDON, R. L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in plant ecology, evolution and systematics**, v. 6, n. 1-2, p. 51–71, jan 2003.
- CHAZDON, R. L.; PERES, C. A.; DENT, D.; *et al.* The potential for species conservation in tropical secondary forests. **Conservation biology : the journal of the Society for conservation biology**, v. 23, n. 6, p. 1406–17, dez 2009.
- CHIMERA, C. G.; DRAKE, D. R. Patterns of seed dispersal and dispersal failure in a Hawaiian dry forest having only introduced birds. **Biotropica**, v. 42, n. 4, p. 493–502, 13 jul 2010.
- COLE, R. J.; HOLL, K. D.; KEENE, C. L.; ZAHAWI, R. A. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1590–1597, maio 2011.
- COLE, R. J.; HOLL, K. D.; ZAHAWI, R. A. Seed rain under tree islands planted to restore degraded lands in a tropical agricultural landscape. **Ecological Applications**, v. 20, n. 5, p. 1255–1269, jul 2010.
- CONNELL, J. H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. In: BOER, P. J. .; GRADWELL, G. . (Eds.). **Dynamics of Populations**. Wageningen: PUDOC, 1981. p. 298–312.
- COSTA, R. C. DA; ARAÚJO, F. S. DE. Densidade, germinação e flora do banco de sementes no solo, no final da estação seca, em uma área de caatinga, Quixadá, CE. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 2, p. 259–264, jun 2003.

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

CUBINA, A.; AIDE, T. M. The effect of distance from forest edge on seed rain and soil seed bank in a tropical pasture. **Biotropica**, v. 33, n. 2, p. 260–267, jun 2001.

DIETZ, T.; VELDHUIZEN, E. The world's drylands: A classification. In: DIETZ, A. J.; RUBEN, R.; VERHAGEN, A. (Eds.). **The impact of climate change on drylands**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. v. 39p. 19–26.

DIRZO, R.; RAVEN, P. H. Global state of biodiversity and loss. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, n. 1, p. 137–167, nov 2003.

DRAKE, N. A.; MACKIN, S.; SETTLE, J. J. Mapping vegetation, soils, and geology in semiarid shrublands using Spectral Matching and Mixture Modeling of SWIR AVIRIS Imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 68, n. 1, p. 12–25, abr 1999.

DUDLEY, J. P. Seed dispersal by elephants in semiarid woodland habitats of Hwange National Park, Zimbabwe. **Biotropica**, v. 32, n. 3, p. 556–561, set 2000.

DUNCAN, R. S.; CHAPMAN, C. A. Seed dispersal and potential forest succession in abandoned agriculture in tropical africa. **Ecological Applications**, v. 9, n. 3, p. 998–1008, 12 ago 1999.

DUNGAN, R. J.; NORTON, D. A.; DUNCAN, R. P. Seed rain in successional vegetation, Port Hills Ecological District, New Zealand. **New Zealand Journal of Botany**, v. 39, n. 1, p. 115–124, mar 2001.

ELLNER, S.; SHMIDA, A. Why are adaptations for long-range seed dispersal rare in desert plants? **Oecologia**, v. 51, n. 1, p. 133–144, out 1981.

FAJARDO, L.; GONZALEZ, V.; NASSAR, J. M.; *et al.* Tropical dry forests of Venezuela: Characterization and current conservation status. **Biotropica**, v. 37, n. 4, p. 531–546, dez 2005.

FAO. **Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change: Implications and opportunities for mitigation and adaptation**. Rome: FAO Publisher, 2009.

FERNÁNDEZ, O. A.; BUSSO, C. A. **Arid and semi-arid rangelands : two thirds of Argentina**. [S.l: s.n.], 1997

FILHO, J. A. DE S.; SEIDO, C. L.; CAMPELO, M. J. DE A.; SANTO, G. DA S. DO E.; PEQUENO, I. D. Fenologia e síndromes de dispersão de espécies lenhosas em área prioritária para a conservação da caatinga – Afrânio, Pernambuco. In: ALBUQUERQUE, U. P.; MOURA, A. DO N.; ARAÚJO, E. D. L. (Eds.). **Biodiversidade potencial econômico e processos eco- fisiológicos em ecossistemas nordestinos**. 2. ed. Bauru, SP: NUPEEA, 2012. v. 2p. 538p.

FONSECA, R. B. S.; FUNCH, L. S.; BORBA, E. L. Dispersão de sementes de *Melocactus glaucescens* e *M. paucispinus* (Cactaceae), no Município de Morro do Chapéu, Chapada Diamantina - BA. **Acta Botanica Brasílica**, v. 26, n. 2, p. 481–492, 2012.

- Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...
- FORT, K. P.; RICHARDS, J. H. Does seed dispersal limit initiation of primary succession in desert playas? **American journal of botany**, v. 85, n. 12, p. 1722–31, dez 1998.
- FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G.; OPLER, P. A. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **The Journal of Ecology**, v. 62, n. 3, p. 881–919, nov 1974.
- FRANKIE, G. W.; OPLER, P. A.; BAWA, K. S. Foraging behaviour of solitary bees: Implications for outcrossing of a neotropical forest tree species. **The Journal of Ecology**, v. 64, n. 3, p. 1049–1057, nov 1976.
- GALINDO-GONZÁLEZ, J.; GUEVARA, S.; SOSA, V. J. Bat- and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. **Conservation Biology**, v. 14, n. 6, p. 1693–1703, 7 jul 2008.
- GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Metodologias de restauração florestal. **Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas**. 2. ed. São Paulo: Fundação CARGill, 2007. p. 109–143.
- GENTRY, A. H. Diversity and floristic composition of neotropical dry forest. In: BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. (Eds.). **Seasonally dry tropical forest**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 146–194.
- GODÍNEZ-ALVAREZ, H.; VALIENTE-BANUET, A.; ROJAS-MARTÍNEZ, A. The role of seed dispersers in the population dynamics of the columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo*. **Ecology**, v. 83, n. 9, p. 2617–2629, set 2002.
- GRISCOM, H. P.; KALKO, E. K. V.; ASHTON, M. S. Frugivory by small vertebrates within a deforested, dry tropical region of Central America. **Biotropica**, v. 39, n. 2, p. 278–282, mar 2007.
- GRIZ, L. M. S.; MACHADO, I. C. S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, n. 02, p. 303–321, 4 abr 2001.
- GUIMARÃES, P. R.; GALETTI, M.; JORDANO, P. Seed dispersal anachronisms: rethinking the fruits extinct megafauna ate. **PloS one**, v. 3, n. 3, p. e1745, jan 2008.
- HARDESTY, B. D.; PARKER, V. T. Community seed rain patterns and a comparison to adult community structure in a West African tropical forest. **Plant Ecology**, v. 164, p. 49–64, 2002.
- HARPER, J. L. **Population biology of plants**. London: Academic press, 1977. p. 892
- HOLL, K. D. Do Bird Perching Structures Elevate Seed Rain and Seedling Establishment in Abandoned Tropical Pasture? **Restoration Ecology**, v. 6, n. 3, p. 253–261, set 1998.
- HOLL, K. D. Factors Limiting Tropical Rain Forest Regeneration in Abandoned Pasture: Seed Rain, Seed Germination, Microclimate, and Soil. **Biotropica**, v. 31, n. 2, p. 229–242, jun 1999.

- Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...
- HOLTZAPFEL, C.; SCHMIDT, W.; SHMIDA, A. The role of seed bank and seed rain in the recolonization of disturbed sites along an aridity gradient. **Phytocoenologia**, v. 23, p. 561–580, 1993.
- HOPE, D.; GRIES, C.; WARREN, P.; *et al.* How do humans restructure the biodiversity of the Sonoran Desert? In: GOTTFRIED, G. J.; GEBOW, B. S.; ESKEW, L. G.; EDMINSTER, C. B. (Eds.). **Connecting mountain islands and desert seas: biodiversity and management of the Madrean Archipelago II**. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2005. p. 189–194.
- HOWE, H. F. Implications of seed dispersal by animals for tropical reserve management. **Biological Conservation**, v. 30, n. 3, p. 261–281, jan 1984.
- HOWE, H. F.; MIRITI, M. N. When seed dispersal matters. **BioScience**, v. 54, n. 7, p. 651, 2004.
- HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 13, n. 1, p. 201–228, nov 1982.
- JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, v. 104, n. 940, p. 501, jan 1970.
- JANZEN, D. H. Chihuahuan Desert Nopaleras: Defaunated big mammal vegetation. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, n. 1, p. 595–636, nov 1986.
- JORDANO, P. Fruits and Frugivory. In: FENNER, M. (ED. ). (Ed.). **Seeds: the ecology of regeneration inplant communities**. 2. ed. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2000. v. 89p. 125–166.
- JORDANO, P.; FORGET, P.-M.; LAMBERT, J. E.; *et al.* Frugivores and seed dispersal: mechanisms and consequences for biodiversity of a key ecological interaction. **Biology letters**, v. 7, n. 3, p. 321–3, 23 jun 2011.
- JORDANO, P.; GALETTI, M.; PIZO, M. A.; SILVA, W. R. Ligando Frugivoria e Dispersão de Sementes à Biologia da Conservação. In: DUARTE, C. F.; BERGALLO, H. G.; SANTOS, M. A. DOS (Eds.). **Biologia da conservação: essências**. São Paulo, Brasil: Editora Rima, 2006. p. 411–436.
- JORDANO, P.; SCHUPP, E. W. Seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Prunus mahaleb*. **Ecological Monographs**, v. 70, n. 4, p. 591–615, nov 2000.
- KEITT, T. H. Habitat conversion, extinction thresholds, and pollination services in agroecosystems. **Ecological Applications**, v. 19, n. 6, p. 1561–1573, set 2009.
- KIRIKA, J. M.; FARWIG, N.; BÖHNING-GAESE, K. Effects of local disturbance of tropical forests on frugivores and seed removal of a small-seeded afro-tropical tree. **Conservation biology : the journal of the Society for Conservation Biology**, v. 22, n. 2, p. 318–28, abr 2008.

- Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...
- LEAL, I. R. Dispersão de sementes por formigas na caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. DA (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. p. 593–624.
- LEAL, I. R.; SILVA, JO. M. C. DA; TABARELLI, M.; LACHER JR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, p. 139–146, 2005.
- LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. Seed dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of North-East Brazil. **Annals of botany**, v. 99, n. 5, p. 885–94, maio 2007.
- LEITE, A. V.; MACHADO, I. C. S. Biologia reprodutiva da “catingueira” (*Caesalpinia pyramidalis* Tul., Leguminosae-Caesalpinioideae), uma espécie endêmica da Caatinga. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 1, p. 79–88, mar 2009.
- LIMA, A. B.; RODAL, M. J. N.; LINS, A. C. B. Chuva de sementes em uma área de vegetação de caatinga no estado de Pernambuco. **Rodriguésia**, v. 59, n. 4, p. 649–658, 2008.
- LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 11, p. 1363–1373, nov 2010.
- LOPES, C. G. R.; FERRAZ, E. M. N.; CASTRO, C. C. DE; *et al.* Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. **Forest Ecology and Management**, v. 271, p. 115–123, maio 2012.
- MACHADO, I. C. S.; BARROS, L. M.; SAMPAIO, E. V. DE S. B. Phenology of Caatinga Species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. **Biotropica**, v. 29, n. 1, p. 57–68, mar 1997.
- MACHADO, I. C. S.; LOPES, A. V. Recursos florais e sistemas de polinização e sexuais em caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. MA. C. DA (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. p. 515–564.
- MACHADO, I. C. S.; LOPES, A. V.; SAZIMA, M. Plant sexual systems and a review of the breeding system studies in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. **Annals of botany**, v. 97, n. 2, p. 277–87, fev 2006.
- MAMEDE, M. A.; ARAÚJO, F. S. DE. Effects of slash and burn practices on a soil seed bank of caatinga vegetation in Northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 72, n. 4, p. 458–470, abr 2008.
- MARKL, J. S.; SCHLEUNING, M.; FORGET, P. M.; *et al.* Meta-Analysis of the Effects of Human disturbance on seed dispersal by animals. **Conservation biology : the journal of the Society for Conservation Biology**, p. 1–10, 12 set 2012.
- MARTÍNEZ-GARZA, C.; GONZALEZ-MONTAGUT, R. Seed rain from forest fragments into tropical pastures in Los Tuxtlas, Mexico. **Plant Ecology**, v. 145, p. 255–265, 1999.

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

MARTÍNEZ-GARZA, C.; OSORIO-BERISTAIN, M.; VALENZUELA-GALVÁN, D.; NICOLÁS-MEDINA, A. Intra and inter-annual variation in seed rain in a secondary dry tropical forest excluded from chronic disturbance. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 12, p. 2207–2218, dez 2011.

MARTÍNEZ-RAMOS, M.; SOTO-CASTRO, A. Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain forest. **Vegetatio**, v. 107/108, p. 299–318, jun 1993.

MEDINA, E. Diversity of life forms of higher plants in neotropical dry forest. In: MOONEY, H. A.; BULLOCK, S. H.; MEDINA, E. (Eds.). **Seasonally dry tropical forest**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 221–242.

MEIGS, P. **World distribution of arid and semi-arid homoclimates**. . Paris: [s.n.], 1952

MILES, L.; NEWTON, A. C.; DEFRIES, R. S.; *et al.* A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 491–505, mar 2006.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis**. Washington, DC: World Resources Institute, 2005.

MOLES, A. T.; ACKERLY, D. D.; WEBB, C. O.; *et al.* A brief history of seed size. **Science (New York, N.Y.)**, v. 307, n. 5709, p. 576–80, 28 jan 2005.

MOURA, A. C. DE A.; MCCONKEY, K. R. The capuchin, the howler, and the Caatinga: seed dispersal by monkeys in a threatened Brazilian forest. **American journal of primatology**, v. 69, n. 2, p. 220–6, fev 2007.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, n. 1, p. 67–88, nov 1986.

MURRELL, D. J.; PURVES, D. W.; LAW, R. Uniting pattern and process in plant ecology. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 16, n. 10, p. 529–530, out 2001.

MUSCARELLA, R.; FLEMING, T. H. The role of frugivorous bats in tropical forest succession. **Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 82, n. 4, p. 573–90, nov 2007.

NATHAN, R. Long-distance dispersal of plants. **Science (New York, N.Y.)**, v. 313, n. 5788, p. 786–8, 11 ago 2006.

NOY-MEIR, I. Deserts ecosystems environment and producers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 25–51, 1973.

OLESEN, J. M.; VALIDO, A. Lizards as pollinators and seed dispersers: an island phenomenon. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 18, n. 4, p. 177–181, abr 2003.

OUDTSHOORN, K. VAN R. VAN; ROOYEN, M. W. VAN. **Dispersal Biology of Desert Plants**. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1999. v. 49p. 242

- Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...
- PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, A. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: Perspectives from seasonally dry tropical forests. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, n. 1, p. 437–457, dez 2009.
- PESSOA, L. M. **Variação espacial e sazonal do banco de sementes do solo em uma área de caatinga, Serra Talhada, PE.** [S.l.]: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.
- PIJL, L. VAN DER. **Principles of Dispersal in Higher Plants.** 3. ed. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1982. p. 214
- PIVELLO, V. R.; PETENON, D.; JESUS, F. M. DE; *et al.* Chuva de sementes em fragmentos de Floresta Atlântica (São Paulo, SP, Brasil), sob diferentes situações de conectividade, estrutura florestal e proximidade da borda. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 845–859, dez 2006.
- POL, R. G.; PIRK, G. I.; MARONE, L. Grass seed production in the central Monte desert during successive wet and dry years. **Plant Ecology**, v. 208, n. 1, p. 65–75, 12 nov 2009.
- PRADO, D. E. As Caatingas da America do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. DA (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga.** Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. p. 83.
- PRICE, M. V.; JOYNER, J. W. What resources are available to desert granivores : Seed rain or soil seed bank ? **Ecology**, v. 78, n. 3, p. 764–773, 1997.
- PRIMACK, R. B. Relationships among flowers, fruits, and seeds. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 18, n. 1, p. 409–430, nov 1987.
- RAMÍREZ, N. Reproductive phenology, life-forms, and habitats of the Venezuelan Central Plain. **American journal of botany**, v. 89, n. 5, p. 836–42, 1 maio 2002.
- REIS, A. M. S.; ARAÚJO, E. L.; FERRAZ, E. M. N.; MOURA, A. N. Inter-annual variations in the floristic and population structure of an herbaceous community of “caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p. 497–508, set 2006.
- RUXTON, G. D.; SCHAEFER, H. M. The conservation physiology of seed dispersal. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v. 367, n. 1596, p. 1708–18, 19 jun 2012.
- SADEGHAYOBI, E.; BLAKE, S.; WIKELSKI, M.; *et al.* Digesta retention time in the Galápagos tortoise (*Chelonoidis nigra*). **Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology**, v. 160, n. 4, p. 493–7, dez 2011.
- SAFRIEL, U.; ADEEL, Z.; NIEMEIJER, D.; *et al.* Dryland Systems. In: ASSESSMENT, M. E. (Ed.). **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends.** Washington, DC: World Resources Institute, 2005. p. 623–662.
- SALLABANKS, R.; COURTNEY, S. P. Frugivory, seed predation, and insect-vertebrate interactions. **Annual review of entomology**, v. 37, n. 70, p. 377–400, jan 1992.

- Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...
- SAMPAIO, E. V. DE S. B. Overview of the Brazilian Caatinga. In: MOONEY, H. A.; BULLOCK, S. H.; MEDINA, E. (Eds.). **Seasonally dry tropical forest**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 35–63.
- SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; QUESADA, M.; RODRIGUEZ, J. P.; *et al.* Research Priorities for Neotropical Dry Forests. **Biotropica**, v. 37, n. 4, p. 477–485, dez 2005.
- SANTOS, M. J.; MACHADO, I. C. S.; LOPES, A. V. Biologia reprodutiva de duas espécies de *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) em caatinga, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 2, p. 361–373, jun 2005.
- SANTOS, P. S. DOS; SOUZA, J. T.; SANTOS, M. J. F. F.; SANTOS, D. M. DOS. Diferenças sazonais no aporte de serrapilheira em uma área de caatinga em Pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 94–101, 2011.
- SCHIMMEL, D. S. Drylands in the Earth system. **Science (New York, N.Y.)**, v. 327, n. 5964, p. 418–9, 22 jan 2010.
- SCHUPP, E. W.; JORDANO, P.; GÓMEZ, J. M. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. **The New phytologist**, v. 188, n. 2, p. 333–53, out 2010.
- 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, n. 2, p. 491–503, abr 1996.
- SILVA, M. C. N. . DA; RODAL, M. J. N. Padrões das síndromes de dispersão de plantas em áreas com diferentes graus de pluviosidade , PE , Brasil. **Acta bot. bras**, v. 23, n. 4, p. 1040–1047, 2009.
- SILVA, S. I.; BOZINOVIC, F.; JAKSIC, F. M. Frugivory and seed dispersal by foxes in relation to mammalian prey abundance in a semiarid thornscrub. **Austral Ecology**, v. 30, n. 7, p. 739–746, nov 2005.
- SOUZA, J. T. **Chuva de sementes em área abandonada após cultivo próxima a um fragmento preservado de caatinga em Pernambuco, Brasil**. [S.l.]: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.
- STAGGEMEIER, V. G.; GALETTI, M. Impacto humano afeta negativamente a dispersão de sementes de frutos ornitócoricos: uma perspectiva global. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 15, n. 2, p. 281–287, 2007.
- STILES, A.; SCHEINER, S. M. A multi-scale analysis of fragmentation effects on remnant plant species richness in Phoenix, Arizona. **Journal of Biogeography**, v. 37, n. 9, p. 1721–1729, 16 set 2010.
- TABARELLI, M.; VICENTE, A.; BARBOSA, D. C. A. Variation of seed dispersal spectrum of woody plants across a rainfall gradient in north-eastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 53, n. 2, p. 197–210, fev 2003.

- Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...
- TAKI, H.; KEVAN, P. G.; ASCHER, J. S. Landscape effects of forest loss in a pollination system. **Landscape Ecology**, v. 22, n. 10, p. 1575–1587, 6 set 2007.
- THOMPSON, J. N.; WILLSON, M. F. Disturbance and the dispersal of fleshy fruits. **Science (New York, N.Y.)**, v. 200, n. 4346, p. 1161–3, 9 jun 1978.
- THORNTON, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55–94, 1948.
- TOBY PENNINGTON, R.; PRADO, D. E. DE; PENDRY, C. A.; PENNINGTON, R. T. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**, v. 27, n. 2, p. 261–273, mar 2000.
- TURNER, M. G. Landscape Ecology: The Effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 20, n. 1, p. 171–197, nov 1989.
- UNEP, U. N. E. P. **World Atlas of Desertification**. 2nd. ed. London: UNEP, 1997. p. 182p
- UNESCO. **Map of the world distribution of arid regions**. . [S.l.: s.n.]. , 1977
- VALIDO, A.; OLESEN, J. M. The importance of lizards as frugivores and seed dispersers. In: DENNIS, A. J.; SCHUPP, E. W.; GREEN, R. J.; WESTCOTT, D. A. (Eds.). **SEED DISPERSAL Theory and its Application in a Changing World**. London: CAB International Press, 2007. p. 124–147.
- VENABLE, D. L.; BROWN, J. S. The selective interactions of dispersal, dormancy, and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. **American Naturalist**, v. 131, n. 3, p. 360–384, 1988.
- VENABLE, D. L.; FLORES-MARTINEZ, A.; MULLER-LANDAU, H. C.; BARRON-GAFFORD, G.; BECERRA, J. X. Seed dispersal of desert annuals. **Ecology**, v. 89, n. 8, p. 2218–27, ago 2008.
- VESTE, M.; BRECKLE, S.; EGGERT, K.; LITTMANN, T. Vegetation pattern in arid sand dunes controlled by biological soil crusts along a climatic gradient in the Northern Negev desert. **Basic and Applied Dryland Research**, v. 5, p. 1–16, 2011.
- WAIDE, R. B.; WILLIG, M. R.; STEINER, C. F.; *et al.* The relationship between productivity and species richness. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 30, n. 1, p. 257–300, nov 1999.
- WATSON, D. M. Mistletoea keystone resource in forests and woodlands worldwide. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 32, n. 1, p. 219–249, nov 2001.
- WEHRDEN, H. VON; WESCHE, K. Relationships between climate , productivity and vegetation in southern Mongolian drylands. **Basic and Applied Dryland Research**, v. 1, n. 2, p. 100–120, 2012.
- WENNY, D. G. Advantages of seed dispersal : A re-evaluation of directed dispersal. **Evolutionary Ecology Research**, v. 3, p. 51–74, 2001.

Souza, J. T. Predação pré-dispersão, chuva de sementes e dinâmica de saída do banco de sementes...

WHITE, R. P.; NACKONEY, J. **World resources institute drylands , p eople , and ecosystem g oods and s ervices: A Web-Based Geospatial Analysis (PDF Version )**. [S.l.]: World Resources Institute, 2003. p. 1–58

WILLSON, M. F. Dispersal mode, seed shadows, and colonization patterns. **Vegetatio**, v. 107/108, p. 261–280, 1993.

WILLSON, M. F.; RICE, B. L.; WESTOBY, M. Seed dispersal spectra: a comparison of temperate plant communities. **Journal of Vegetation Science**, v. 1, n. 4, p. 547–562, ago 1990.

WILLSON, M. F.; TRAVESET, A. The Ecology of Seed Dispersal. In: FENNER, M. (Ed.). **Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities**. 2. ed. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2000. p. 85–110.

WYDHAYAGARN, C.; ELLIOTT, S.; WANGPAKAPATTANAWONG, P. Bird communities and seedling recruitment in restoring seasonally dry forest using the framework species method in Northern Thailand. **New Forests**, v. 38, n. 1, p. 81–97, 18 fev 2009.

## CAPÍTULO 1

---

**Predação pré-dispersão, tamanho e massa de diásporos diferem entre populações de floresta madura semiárida e área de agricultura abandonada?**

**Manuscrito a ser submetido ao periódico: ECOLOGICAL RESEARCH**



**QUALIS = B1**

**FATOR DE IMPACTO= 1.55**

**Predação pré-dispersão, tamanho e massa de diásporos diferem entre populações de florestas madura e jovem de ambiente semiárido?**

Jefferson Thiago Souza<sup>1,4</sup>; Diego Nathan do Nascimento Souza<sup>1</sup>; Leonardo Brasil Mendes<sup>2</sup>; Ulysses Paulino de Albuquerque<sup>3</sup> e Elcida de Lima Araújo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Botânica, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

<sup>2</sup> Associação Caruaruense de Ensino Superior (ASCES), Campus I, Bairro Universitário, Caruaru, Pernambuco

<sup>3</sup> Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Área de Botânica, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco

<sup>4</sup>Autor para correspondência. E-mail: jeff-thiago@hotmail.com

**Ecological Research**

## Resumo

Tamanho de frutos e sementes e predação pré-dispersão influenciam fortemente o estabelecimento das populações. A conversão de florestas em áreas de agricultura pode afetar estes atributos e processo. Objetivou-se investigar como a conversão de uma floresta madura em uma floresta jovem pós uso para agricultura afeta a predação pré-dispersão e o tamanho e massa de frutos e sementes. Foram medidos e pesados frutos e sementes de *Mimosa arenosa* e *Croton blanchetianus* e verificadas evidências de predação pré-dispersão. A predação foi 18,8% e 4,3% para *M. arenosa* e *C. blanchetianus*, respectivamente na floresta madura e de 16% e 4,0%, respectivamente na floresta jovem, mostrando que a predação foi reduzida e semelhante entre florestas para ambas as espécies. Para *C. blanchetianus*, o tamanho ( $U = 167$ ;  $p = 0,02$ ) e a massa ( $U = 202$ ;  $p < 0,05$ ) de frutos, bem como a massa de sementes ( $U = 198$ ;  $p = 0,04$ ) diferiram entre as florestas madura e jovem, sendo maiores na floresta madura (frutos:  $29,9 \pm 4,33$  mm e  $93,9 \pm 25,8$  mg; sementes:  $19,6 \pm 7,4$  mg) que na floresta jovem (frutos:  $27,5 \pm 2,9$  mm e  $86,8 \pm 12,0$  mg; sementes:  $16,4 \pm 3,3$  mg). A predação de sementes de *M. arenosa* é influenciada pelo tamanho em ambas as florestas (jovem:  $\chi^2 = 37,6$ ;  $GL=1$ ;  $p > 0,001$ ; madura:  $\chi^2 = 11,0$ ;  $GL=1$ ;  $p > 0,001$ ), com maior probabilidade de predação em sementes grandes. Para *C. blanchetianus*, apenas as sementes da floresta madura ( $\chi^2 = 5,0$ ;  $GL=1$ ;  $p > 0,02$ ; Fig. 3) apresentaram efeito significativo do tamanho na predação pré-dispersão, com maior probabilidade de predação em sementes pequenas.

Palavras-Chave: Atributos de vida; caatinga; conversão de habitats; morfometria; processos ecológicos

## Introdução

A conversão de áreas de vegetação nativa em áreas agricultadas tem levado à perda de espécies e a alterações em processos ecológicos e em atributos chave da história de vida das populações (Söber e Ramula 2013). Muitas áreas de agricultura abandonada voltam a se regenerar possibilitando a formação de uma nova floresta, mas a taxa de predação pré-dispersão nessas florestas jovens é pouco documentada. Apesar disso, este processo é de fundamental importância na dinâmica das populações vegetais, pois atua como um fator de mortalidade (Janzen 1971; Xiao e Zhang 2006), reduz a quantidade de sementes viáveis no

banco do solo (Garwood 1989; Zhang e Chu 2013) e compromete a abundância, o ciclo de vida e o *status* competitivo das espécies (Crawley 1992; Bricker e Maron 2012). Além do mais, a predação pré-dispersão pode diferir entre as espécies, sendo algumas mais intensamente afetadas que outras (Magrath et al. 2011).

Diversos fatores podem influenciar direta ou indiretamente a predação pré-dispersão, tais como modificações nas condições ambientais (Donaldson 1993; Villaseñor-Sanchez et al. 2010; Magrath et al. 2011); presença de defesas químicas e barreiras físicas nos frutos e sementes (Lomônaco 1994; Chen et al. 2012; deslocamentos temporais no período reprodutivo em relação ao período de atividade do predador (Fenner et al. 2002); preferência alimentar do predador (Lietti et al. 2000; Pearson et al. 2011); tamanho floral (Augspurger 1981; Labouche e Bernasconi 2013); e densidade de sementes (Janzen 1971; Bricker et al. 2010). Entre os fatores, a preferência alimentar dos predadores pode variar de acordo com o tamanho, massa, forma, dureza do tegumento e qualidade das reservas das sementes (Fenner e Lee 1989; Alexander et al. 2001). Logo, o tamanho e as reservas das sementes são atributos importantes para entender a dinâmica de predação pré-dispersão e mantém relação com o sucesso do estabelecimento de plântulas, pois além de influenciar a competição intraespecífica das populações (Harper 1977; Moles et al. 2009), confere uma vantagem resultante do escape da predação (Lietti et al. 2000; Alexander et al. 2001).

Alterações ambientais podem atuar na predação de sementes (Crop et al. 2012) e no tamanho e a massa dos frutos e sementes (Westoby et al. 1992; Moles e Westoby, 2004; Moles et al. 2005). A literatura registra relação positiva entre tamanho das sementes e o sucesso no estabelecimento das plantas (Harper 1970; Castro et al. 1999; Honek e Martinkov, 2005; Lönnberg e Eriksson 2012), favorecendo a manutenção das espécies nos habitats (Hardwick et al. 1997; Hooper et al. 2005). Contudo, o tamanho e as reservas das sementes podem variar em função da variabilidade genética da população e da influência dos fatores ambientais, incluindo a perturbação do habitat (Luzuriaga et al. 2006; Bello-Bedoy et al. 2010; Völler et al. 2012), que altera as condições microclimáticas e as condições dos microhabitats. Em consequência, podem ocorrer modificações no tamanho das folhas e na taxa fotossintética das plantas (Zhang et al. 2013), resultando em menor quantidade de recurso para ser alocado entre crescimento e reprodução. Por exemplo, alguns estudos mostraram que o tamanho das sementes é frequentemente pequeno em habitats mais perturbados, ocorrendo alta variabilidade na dispersão no espaço e no tempo (Leishman et al. 2000; Westoby et al. 2002). Já em habitats mais preservados tende a ocorrer sementes de maiores tamanhos (Baskin e Baskin 1998; Moles et al. 2005), o que favorece a emergência e a performance das

plântulas (Söber e Ramula 2013). Tais evidências indicam que a velocidade de regeneração de áreas abandonadas pode ser influenciada pela frequência dos tamanhos de semente existente nas mesmas.

Diante do exposto, este estudo procurou responder as seguintes perguntas: 1) Predação pré-dispersão de frutos e sementes difere entre florestas madura e jovem? 2) De que maneira o tamanho e a massa de frutos e sementes se apresenta em florestas madura e jovem? 3) Como o tamanho de frutos e sementes e a idade da floresta influenciam a probabilidade de predação pré-dispersão? Para tais perguntas, hipotetizou-se que as populações vegetais de uma jovem floresta seca em regeneração após uso para agricultura, apresentem: 1) maior frequência de predação pré-dispersão; 2) frutos e sementes de menor tamanho e massa e 3) maior probabilidade de predação em função dos tamanhos, em relação à floresta seca madura.

## Material e métodos

### *Área de estudo*

O estudo foi realizado em áreas de floresta tropical seca do tipo caatinga hipoxerófila, localizadas na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA (08°14'18" S e 35°55'20" W), município de Caruaru, Pernambuco. O clima local é considerado do tipo Bsh semiárido, com temperaturas que vão desde 11 até 38°C e precipitação média anual (últimos 30 anos) de 682 mm. Cerca de 80% da pluviosidade anual ocorre entre março e agosto e a estação seca ocorre entre setembro e fevereiro (Alcoforado-Filho et al. 2003; Silva et al. 2013).

Na estação experimental, existem 30 ha de floresta madura de caatinga (com mais de 50 anos), com uma vegetação densa e de porte elevado, com elevada riqueza de espécies, isolada de outras áreas de vegetação madura de caatinga e rodeada por áreas de cultivos de milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), palma (*Opuntia ficus-indica* Mill.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (Alcoforado-Filho et al. 2003; Reis et al. 2006; Lopes et al. 2012).

Uma pequena parte da floresta madura (de apenas 3 ha) foi submetida à corte raso para implantação de um cultivo de palma, sem utilização de nenhum tipo de fertilizante, pesticida ou fogo na área. A área cultivada foi abandonada pós-cultivo e vem se regenerando naturalmente há 18 anos. Atualmente, a floresta jovem é separada da floresta madura por um

estreito corredor, de aproximadamente 3 m de distância e nela algumas espécies lenhosas e herbáceas voltaram a se restabelecer, existindo muitos indivíduos lenhosos jovens e algumas espécies com indivíduos adultos e em fase reprodutiva (Lopes et al. 2012; Santos et al. 2013; Souza et al. 2013).

### *Seleção de espécies*

*Mimosa arenosa* (Willd.) Poir. (Fabaceae) e *Croton blanchetianus* Baill. (Euphorbiaceae) foram utilizadas como modelos para testar as hipóteses formuladas, uma vez que apresentam um conjunto de características importantes, como rápida colonização em habitats perturbados (Sampaio et al. 1998), populações com elevada abundância de indivíduos (Pereira et al. 2003), alta capacidade de rebrota (Figueirôa et al. 2006), tipos de frutos distintos e elevada frutificação em ambas as florestas (Souza et al. 2013). Ambas as espécies formam populações numerosas na vegetação da caatinga, são eficientes na ocupação de áreas desmatadas e apresentam alta resistência à seca (Lorenzi e Matos 2002; Figueroa et al. 2006; Angélico 2011). Além disso, *C. blanchetianus* apresenta propagação vegetativa (Araújo et al. 2008) e dispersão secundária por formigas (Leal et al. 2007), o que pode favorecer a rápida regeneração de habitats antropizados.

*M. arenosa*, conhecida vulgarmente como calumbi preto, apresenta porte arbustivo com altura média de 4,5 m, flores pequenas, sésseis ou pediceladas, andróginas ou unissexuais e frutos do tipo craspédio, marrom escuro, com 5 a 8 sementes ovóides marrons, com tegumento rígido (Silva e Sales 2008). Seus diásporos são autocóricos e dispersos na estação seca, com maior pico no meio desta estação (Souza et al. 2013).

*C. blanchetianus*, popularmente conhecida como marmeleiro, apresenta porte arbustivo com altura média de 4 m, flores unissexuadas, de cor branca e frutos do tipo cápsulas esquizocárpicas, com deiscência explosiva e cor castanha, que se separam em três cocos uniloculadas com uma semente por lóculo (Silva et al. 2009). As sementes são elipsoides, lisas, enegrecidas e carunculadas (Silva et al. 2009) e dispersas no final da estação chuvosa (Souza et al. 2013).

### *Amostragem e coleta de dados*

Para cada floresta, um total de 25 plantas adultas reprodutivas, com diâmetro a nível do solo  $\geq 5$  cm foi selecionado para cada espécie. Para evitar a marcação de plantas originadas por propagação vegetativa foi adotado o critério de manter uma distância mínima de 20 m entre as plantas marcadas. A coleta dos frutos e sementes de ambas as espécies foi realizada durante a época de maior pico de frutificação e dispersão de seus diásporos, de outubro a dezembro para *M. arenosa*, correspondendo à estação seca, e de março a maio para *C. blanchetianus*, correspondendo à estação chuvosa. No caso de *M. arenosa* as análises foram realizadas apenas para as sementes porque essa espécie apresenta frutos do tipo craspédio, que ao ser coletado, fragmentam-se em artículos com uma semente.

Para avaliar se a predação pré-dispersão de frutos e sementes diferia entre as florestas madura e jovem foram coletados para *C. blanchetianus* um total de 1.039 frutos e 3.119 sementes, sendo 488 frutos e 1.464 sementes da floresta madura e 551 frutos e 1.655 sementes da jovem floresta. Já para *M. arenosa*, um total de 4.600 sementes foi coletado, sendo 2.100 sementes da floresta madura e 2.500 sementes da floresta jovem. Diferenças na quantidade de frutos e sementes coletados entre espécies ocorreram em consequência da diferença na capacidade produtiva das mesmas e da diferença no tamanho de suas populações em cada floresta.

Os frutos e as sementes foram separados em abortados e não abortados, sendo as evidências de predação pré-dispersão avaliadas apenas para as sementes (ambas as espécies) e frutos (apenas *C. blanchetianus*) não abortadas. Foi considerado como semente abortada, toda semente mal desenvolvida e como semente predada toda que apresentava evidência de danos, tais como orifício no tegumento (Lomônaco 1994). O percentual de sementes abortadas por espécie em cada floresta foi calculado para melhor caracterizar a influência da idade das florestas no sucesso reprodutivo das espécies.

No presente estudo, as espécies de predadores não foram identificadas, porém foram observados insetos da família Bruchidae (Coleoptera) emergindo do interior de algumas sementes.

Posteriormente, uma sub-amostra aleatória de frutos e sementes foi feita por planta para avaliar as diferenças no tamanho dos diásporos (frutos e sementes) das espécies entre as florestas. Para *M. arenosa* a subamostra foi de 1.500 sementes, sendo 750 sementes de cada floresta. Para *C. blanchetianus* a sub-amostra foi de 480 frutos e 1.092 sementes da floresta madura e 551 frutos e 1.298 sementes da floresta jovem. Foram mensurados o comprimento (distância polar), largura (distância equatorial) e a massa fresca dos frutos e sementes selecionados, utilizando paquímetro digital (0005"/0,01 mm) e balança analítica (0,0001 g),

respectivamente. Em seguida, considerou-se como medida de tamanho a área de frutos e sementes (formato elíptico), calculadas por meio da equação:

$$A = \pi \times r_{(comprimento)} \times r_{(largura)}$$

Onde:

A = Área da semente

$\pi$  = valor de Pi

$r_{(comprimento)}$  = Raio da distância polar da semente

$r_{(largura)}$  = Raio da distância equatorial da semente

Para verificar se a predação pré-dispersão dos frutos e sementes mantinha relação com o tamanho dos mesmos entre as florestas, foram verificadas as evidências de predação pré-dispersão para as sub-amostras, em cada floresta.

### *Análise de dados*

Para testar diferenças entre as florestas, na proporção de predação pré-dispersão em frutos e sementes das populações de cada espécie, foi utilizado o teste G com correção de Williams ( $G_w$ ). As diferenças nas medidas de tamanho e massa fresca dos frutos e sementes entre as florestas madura e jovem foram avaliadas separadamente para as populações de cada espécie, utilizando-se o teste de comparação de média não-paramétrico Mann-Whitney (U) (Zar 1996). Os dados de tamanho e massa dos frutos e sementes foram descritos por meio de mediana e desvios interquartílicos em virtude de suas distribuições anormais. As probabilidades de frutos e sementes serem predados em função de seus tamanhos e entre as florestas, foram analisados por meio de regressão logística nominal (função logit) com distribuição binomial e estimativas de máxima-verossimilhança. As análises foram realizadas com o auxílio dos softwares Bioestat 5.0 (Ayres et al. 2007) e Statistica 7.0 (Statsoft 2004).

## Resultados

### Predação pré-dispersão e idade das florestas

Do total de sementes de *Mimosa arenosa*, 17,8% estavam abortadas, ou seja, mal desenvolvidas, na floresta madura e 14,5% na floresta jovem. Das sementes bem desenvolvidas, 18,8% tinham evidências de predação pré-dispersão na floresta madura e de 16% na floresta jovem. Esses percentuais, não diferiram significativamente ( $G_w = 0,272$ ;  $p = 0,60$ ) entre as florestas. Portanto, independente da idade da floresta pelo menos 28% das sementes produzidas por *M. arenosa* foram inviabilizadas na fase pré-dispersão, seja por mal desenvolvimento ou por predação.

O percentual de sementes abortadas de *Croton blanchetianus* foi de 24,4% na floresta madura e 21,5% na floresta jovem. Os percentuais de predação dos frutos de *C. blanchetianus* foram baixos e não diferiram entre as florestas ( $G_w = 0,01$ ;  $p = 0,91$ ), sendo de apenas 4,3% na floresta madura e 4,0% na floresta jovem. De forma similar, as sementes de *C. blanchetianus* tiveram baixos percentuais de predação e também não diferiram ( $G_w = 0,03$ ;  $p < 0,84$ ) entre as florestas, com menos de 1% na floresta madura e 1,3% na floresta jovem. Logo, na fase pré-dispersão o aborto de sementes tem uma influência maior sobre o sucesso reprodutivo de *C. blanchetianus* que a predação e, independentemente da idade da floresta, pelo menos 23% das sementes produzidas pela espécie tornam-se inviáveis para germinação.

#### *Tamanho e massa de sementes vs idade das florestas*

Tanto o tamanho ( $U = 226$ ;  $p = 0,30$ ), quanto a massa ( $U = 234$ ;  $p = 0,38$ ) das sementes de *M. arenosa* não diferiram significativamente entre as florestas, apresentando tamanhos e massas de  $7,12 \pm 0,98$  mm e  $5,11 \pm 0,99$  mg na floresta madura e  $6,97 \pm 1,23$  mm e  $4,81 \pm 1,12$  mg na floresta jovem.

O tamanho ( $U = 167$ ;  $p = 0,02$ ) e a massa ( $U = 202$ ;  $p < 0,05$ ) dos frutos de *C. blanchetianus* foram significativamente maiores na florestas madura ( $29,9 \pm 4,33$  mm e  $93,9 \pm 25,8$  mg) que na floresta jovem ( $27,5 \pm 2,9$  mm e  $86,8 \pm 12,0$  mg) (Fig. 1). Para as sementes de *C. blanchetianus*, apenas a massa ( $U = 198$ ;  $p = 0,04$ ) diferiu significativamente entre as florestas, apresentando valores de  $19,6 \pm 7,4$  mg floresta madura, contra  $16,4 \pm 3,3$  mg na floresta jovem.

#### *Tamanho de sementes vs predação pré-dispersão e idade da floresta*

O modelo de regressão logística apresentou efeito significativo entre a predação e os tamanhos de sementes de *M. arenosa*, tanto na floresta jovem ( $x^2= 37,6$ ; GL=1;  $p > 0,001$ ), quanto na floresta madura ( $x^2= 11,0$ ; GL=1;  $p > 0,001$ ). Na floresta jovem, a probabilidade de predação das sementes com os menores tamanhos (1 mm<sup>2</sup>) foi de 5%, enquanto que as sementes com os maiores tamanhos (11 mm<sup>2</sup>) tiveram aproximadamente 59,1% de chance de serem predadas (Fig. 2A). Para a floresta madura, a probabilidade de predação em sementes com 1 mm<sup>2</sup> foi de 15,4% e em sementes com 12,5 mm<sup>2</sup> foi de 52,4% (Fig. 2B). Em comparação a floresta jovem, a probabilidade de predação de sementes com 11 mm<sup>2</sup> (maior tamanho registrado para a floresta jovem) foi de 46,6% na floresta madura (Fig. 2B).

Para *C. blanchetianus* a probabilidade de predação por tamanho dos frutos não foi significativa para nenhuma das florestas e o tamanho das sementes variou de 3,1 a 23,0 mm<sup>2</sup>, ocorrendo efeito significativo do tamanho da semente na probabilidade de predação apenas na floresta madura (Fig. 3A e B), com 9% de probabilidade de predação para as sementes de menor tamanho (3,1 mm<sup>2</sup>). À medida que a semente aumentava de tamanho ocorria redução da probabilidade de predação, chegando a 0,01% de predação nas sementes com tamanho maior ou igual a 16,4 mm<sup>2</sup> e nula (0%) nas sementes a partir de 19,9 mm<sup>2</sup>.

## Discussão

### *Predação pré-dispersão e idade das florestas*

A predação pré-dispersão foi reduzida e não se mostrou diferente entre as florestas madura e jovem, tanto para *M. arenosa*, quanto para *C. blanchetianus*. Modificações ambientais, como a retirada da vegetação por corte raso, podem levar a aumento na intensidade da predação de algumas populações da floresta que volta a se estabelecer na área modificada (Donaldson 1993; Villaseñor-Sanchez et al. 2010; Magrach et al. 2011). A ausência de efeito significativo no presente estudo, pode estar relacionada ao tipo de vegetação e à idade da floresta jovem (18 anos), pois áreas antropizadas da caatinga apresentam elevada resiliência e tendem a se recuperar rapidamente se a intensidade e a duração do uso não forem intensas (Sampaio et al. 1998; Lopes et al. 2012). A floresta jovem foi desmatada sem queima e o cultivo foi abandonado logo depois, o que pode ter favorecido

o recrutamento de sementes do banco do solo (Mendes 2012), a rebrota das plantas cortadas (Sampaio et al. 1998) e a rápida regeneração de algumas populações (Gandolfi et al. 2007).

Além disso, as características das espécies estudadas também podem influenciar a predação pré-dispersão. No processo de sucessão inicial em áreas da caatinga, populações de *C. blanchetianus* e de *Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir. colonizam os espaços e se desenvolvem rapidamente, apresentando vantagem competitiva em relação as demais espécies (Sampaio et al. 1998; Pereira et al. 2003; Lopes et al. 2012). O rápido crescimento das espécies, somado a sua capacidade competitiva pode proporcionar recuperação das defesas contra predadores em curto tempo, anulando as diferenças de predação em relação as florestas maduras.

As baixas proporções de predação (< 20%), tanto na floresta jovem, quanto na madura, divergem do que vem sendo registrado na literatura, que aponta valores de até 60% de predação pré-dispersão em floresta secas e 93% em habitats submetidos às atividades de agricultura (Crawley 1992; Wada et al. 1995; Villaseñor-sanchez et al. 2010), podendo em alguns casos chegar a 100% das sementes (Hosaka et al. 2011; Boieiro et al. 2010).

De acordo com Janzen (1971) e Crop et al. (2012), algumas espécies adotam estratégias de escape à predação, com curtos períodos de reprodução, o que reduz a oferta do recurso para seus predadores e controla seus tamanhos populacionais (Harper 1977). É possível que o baixo percentual de predação de *C. blanchetianus* e *M. arenosa* seja um reflexo de uma estratégia sazonal de escape à predação, pois *C. blanchetianus* repõe rapidamente as folhas com a chegada da estação chuvosa e floresce, frutifica e dispersa sementes em aproximadamente 45 dias (Araújo 1998), enquanto *M. arenosa* produz e dispersa sementes durante a estação seca (Souza et al. 2013), período que não é favorável ao ciclo de vida dos insetos predadores, principalmente insetos bruquídeos, que ocorrem com maior frequência na estação chuvosa na caatinga (Vasconcellos et al. 2010).

O display floral das espécies, considerando o tamanho, o número, o agrupamento e a coloração das flores, também influencia a predação pré-dispersão (Augsburger 1981; Bello-Bedoy et al. 2011). Existem relatos de que espécies com flores ou inflorescências de grande tamanho são mais vulneráveis a predação pré-dispersão (Brody e Mitchell 1997; Fenner 2002). As flores de *M. arenosa* (0,5–0,8 mm de cálice e de 2–2,3 × 0,9–1 mm de corola) e *C. blanchetianus* (flores estaminadas de 3-5 mm e de flores pistiladas de 5-7 mm) são pequenas (Silva e Sales 2008), sendo possível que o pequeno comprimento tenha contribuído para a baixa taxa de predação.

Apesar do percentual de aborto ter sido mais elevado que o de predação, a ausência de diferenças entre as florestas, mostra que predação e aborto talvez não sejam influenciados pelo idade da floresta.

#### *Tamanho e massa de sementes vs idade das florestas*

A redução no tamanho de frutos e na massa de frutos e sementes ocorreu apenas na população de *C. blanchetianus* na floresta jovem, indicando que mesmo após 18 anos de regeneração sem novos registros de intervenção antrópica, algumas populações vegetais da caatinga ainda não recuperam totalmente determinados atributos de seus diásporos. Tamanhos de frutos e sementes além de refletir a variabilidade genética da população (Wolfe 1995; Violle et al. 2009) podem ser alterados em áreas modificadas por ações humanas (Susko e Lovett-Doust, 2000; Völler et al. 2012) que apresentam condições microclimáticas, como temperatura, umidade do solo, luz e disponibilidade de nutrientes diferentes das encontradas nas florestas maduras (Susko e Lovett-Doust 2000; Pluess et al. 2005; Luzuriaga et al. 2006). Tais alterações influenciam o crescimento e a reprodução das plantas que voltam a recolonizar a área modificada, podendo ocorrer redução do tamanho dos frutos e sementes (Baskin e Baskin 1998; Leishman et al. 2000; Westoby et al. 2002; Moles et al. 2005; Söber e Ramula 2013).

Além do mais, o efeito das alterações ambientais sobre a sobrevivência e reprodução das plantas pode ser compensado ou atenuado por diferentes estratégias. De acordo com Violle et al. (2009), as plantas podem responder às alterações ambientais de forma passiva ou adaptativa. Diante da baixa disponibilidade de recursos, as plantas produzem menor número de sementes com menor massa (baixa qualidade) em resposta passiva, ou menor número de sementes com igual ou maior massa (melhor qualidade), no intuito de aumentar a probabilidade de sucesso no estabelecimento em respostas adaptativas. Apesar deste estudo não ter avaliado número de sementes produzidas, a massa das sementes de *C. blanchetianus* foi menor na floresta jovem, sugerindo que talvez essa espécie apresente resposta passiva à alteração ambiental. A influência do tamanho das sementes no estabelecimento das plantas é uma lacuna que ainda precisa ser investigada para melhor compreensão do processo de recuperação das florestas antropogênicas.

O efeito do tamanho das sementes e da idade da floresta na predação pré-dispersão de *M. arenosa*, aponta que conforme o tamanho das sementes aumenta, a probabilidade de predação também se torna maior dentro das duas florestas. Já entre as florestas, observa-se que a probabilidade de predação em sementes pequenas é maior na floresta madura e a probabilidade de predação em sementes grandes é maior na floresta jovem. Para *C. blanchetianus*, o tamanho das sementes influenciou a predação apenas no interior da floresta madura, com maiores probabilidades de predação em sementes pequenas.

Sementes de maiores tamanhos tendem a ser mais predadas (Fenner e Lee 1989; Boren et al., 1995) por apresentar maior conteúdo energético e/ou menores defesas químicas (Janzen 1969; Janzen 1971; Price 1991; Pearson et al. 2011). A maior predação de sementes com maiores tamanhos em *M. arenosa*, sugere preferência de seus predadores por sementes com maior recompensa energética, para compensar o gasto despendido na procura do alimento. Além disso, esta compensação pode ser uma estratégia desenvolvida por seus predadores, para minimizar o pequeno tamanho que as sementes de *M. arenosa* possuem, comparado a outras espécies da caatinga (Silva e Sales 2008; Maia 2004).

Por outro lado, a menor predação de sementes com maiores tamanhos em *C. blanchetianus*, sugere que apesar da maior recompensa energética contida em sementes grandes, estas provavelmente não são predadas por apresentarem algum tipo de defesa quando comparado às sementes pequenas. Alguns predadores apresentam preferência por sementes menores, principalmente em espécies com rigidez tegumentar em suas sementes, ao atuar como uma barreira mecânica, dificultando o acesso de predadores (Lomônaco 1994; Chen et al. 2012). Rigidez tegumentar é uma característica frequente nas espécies da caatinga que atravessam um período de seis a nove meses de seca (Prazeres, 1992; Araújo et al 2007). A dureza do tegumento impede a germinação e protege o embrião contra ataque de predadores na estação seca (Araújo et al. 2006; Albuquerque et al. 2012). Assim como outras espécies da caatinga, *C. blanchetianus* possui um tegumento rígido (Campos 1991; Araújo et al 2006), o que provavelmente influencia a predação de suas sementes, principalmente em sementes maiores.

Por fim, este estudo mostra que a forma de manejo da terra pode afetar os processos ecológicos das novas florestas que voltam a se estabelecer em áreas abandonadas porque algumas espécies, em respostas às modificações ambientais, podem apresentar redução no

tamanho de seus frutos e sementes e, conseqüentemente, influenciar a frequência de predação pré-dispersão.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro no projeto “Regeneração da vegetação da caatinga em áreas preservada e antropizada” pelo Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e tecnológico - CNPq/Processo: 477239/2009-9; a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES; ao Instituto agrônomo de Pernambuco - IPA pelo apoio logístico; e a Aline Almeida, Marciana B. de Moraes e Eveline P. de Aquino pela ajuda nas medições e pesagens dos frutos e sementes.

#### Referências Bibliográficas

Albinot Jr AA, Fleck NG, Agostinetto D, Rizzardi MA (2002) Predação de sementes de Plantas daninhas e áreas cultivadas. *Cienc. Rural* 32:707–714

Albuquerque, UP, Araújo, EL, Asfora-Eldeir, AC, Lima, ALA, SOUTO, A, Bezerra, BM, Ferraz, EMN, Freire, EMX, Sampaio, EVSB, Las-Casas, FMG., Moura, GJB Pereira, GA, Melo, JG., Ramos, MA, Rodal, MJN, Schiel, N, Lyra-Neves, RM, Alves, RRN, Azevedo-Junior, SM, Telino Junior, WR, Severi, W (2012) Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. *ScientificWorldJournal* 2012:1–18

Alcoforado-Filho FG, Sampaio EVSB, Rodal MJN (2003) Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. *Acta Bot Bras* 17:289–305

Alexander HM, Cummings CL, Kahn L, Snow AA (2001) Seed size variation and predation of seeds produced by wild and crop sunflowers. *Amer J Bot* 88:623–627

Amorim IL, Sampaio EVSB, Araújo EL (2009) Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do seridó, RN. *Rev Árv* 33:491–499

Angélico EC. (2011) Avaliação das atividades antibacteriana e antioxidante de *Croton heliotropifolius* Kuntze e *Croton blanchetianus* Baill. 86f. Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Campina Grande, Patos-PB

Araújo EL, Nogueira RJMC (2000) Tamanho de sementes e viabilidade de embriões em mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). *Naturalia* 25:139–148

Araújo EL, Barretto VT, Leite FVA, Lima VC, Canuto NN (2006) Germinação e protocolos de quebra de dormência de plantas do semi-árido. In: Giulietti AM (ed). *Recursos Genéticos do semi-árido*. v.5, Instituto do Milênio do Semi-árido, Recife, Brasil.

Araújo, EL, Albuquerque, UP, Castro, C.C. (2007) Dynamics of Brazilian caatinga - a review concerning the plants, environment and people. *Func Ecosyst Commun* 1:15–29

Araújo EL, Martins FR, Santos FAM (2008) Ontogenia e variações alométricas na relação comprimento-diâmetro do caule em plantas da caatinga. In: Moura, AN, Araújo EL, Albuquerque UP (eds). (2008) *Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos*. Recife: Comunigraf/Nupea, v.1, 361p

Augspurger CK (1981) Reproductive synchrony of a tropical shrub: experimental studies on effects of pollinators and seed predators on *Hybanthus prunifolius* (Violaceae). *Ecology* 62:775–788

Ayres M, Ayres M Jr, Ayres DL, Santos AS. (2007) *BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas de ciências biológicas e médicas*. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá – IDSM\ MCT\ CNPq, Belém. 364p

Baskin CS, Baskin JM (1998) *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press: London.

Bello-Bedoy R, Núñez-Farfán J (2010) Costs of inbreeding in resistance to herbivores in *Datura stramonium*. *Ann Botany* 105:747–753

Bello-Bedoy R, Cruz LL, Núñez-Farfán J (2011) Inbreeding alters a plant-predispersal seed predator interaction. *Evol Ecol* 25:815–829

Bewer SW (2001) Predation and dispersal of large and small seeds of a tropical palm. *Oikos* 92:245–255

Boeiro M, Serrano ARM, Rego C, Espandaler X (2010) Plant fecundity and pre-dispersal reproductive losses in a common and a rare Euphorbia species (Euphorbiaceae). *Ecol Res* 25:447–456

Boren JC, Lochmiller RL, Leslie DM, (1995) Amino acid concentrations in seed of preferred forages of bobwhites. *J Range Manage* 48:141–144

Botezelli L, Davide AC, Malavasi MM (2000) Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (baru). *Rev Cerne* 6:09–18

Bricker M, Pearson D, Maron J (2010) Small-mammal seed predation limits the recruitment and abundance of two perennial grassland forbs. *Ecol* 91(1) 85–92

Bricker M, Maron J (2012) Postdispersal seed predation limits the abundance of a long-lived perennial forb (*Lithospermum ruderale*). *Ecol* 93(3)532-543

Campos MA (1991) Aspectos morfo fisiológicos de plantas da Caatinga, durante períodos úmidos e de estresse hídrico. Dissertação (Mestrado em Botânica). Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco. 129p

Castro J, Gómez JM, García D, Zamora R, Hódar JA (1999) Seed predation and dispersal in relict Scots pine forests in southern Spain. *Plant Ecol* 145:115–123

Chen X, Cannon CH, Conklin-Brittan NL (2012) Evidence for a Trade-off strategy in stone oak (*Lithocarpus*) seeds between physical and chemical defense. *PLoS ONE* 7(3): e32890. doi:10.1371/journal.pone.0032890

- Crawley MJ (1992) Seed predators and plant population dynamics. In: Fenner, M. (ed). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. Wallingford, UK: CAB International, pp 157–191
- Crop ES, Brys R, Hoofman M (2012) The impact of habitat fragmentation on the interaction between *Centaurium erythraea* (Gentianaceae) and its specialized seed predator *Stenoptilia zophodactylus* (Pterophoridae, Lepidoptera). *Ecol Res* 27:967-974. DOI 10.1007/s11284-012-0975-z
- Donaldson JS (1993) Mast-seeding in the cycad genus *Encephalartos*: a test of the predator satiation hypothesis. *Oecol* 94:262–271
- Figuerôa JM, Pareyn FG, Araújo EL, Silva CE, Santos VF, Cutter DF, Baracat A, Gasson P (2006) Effects of cutting regimes in the dry and wet season on survival and sprouting of woody species from the semi-arid caatinga of northeast Brazil. *Forest Ecol Manag* 229:294 – 303
- Fenner M, Lee WG (1989) Growth of seedlings of pasture grasses and legumes deprived of single mineral nutrients. *J Appl Ecol* 26:223–232
- Fenner M, Cresswell J, Hurley R, Baldwin T (2002) Relationship between capitulum size and pre-dispersal seed predation by insect larvae in common Asteraceae. *Oecol* 130:72–79
- Gandolfi S, Rodrigues RR, Martins SV (2007) Theoretical bases of the forest ecological restoration. In: Rodrigues RR, Martins SV, Gandolfi S. (eds) *High diversity forest restoration in degraded areas: Methods and Projects in Brazil*. Nova Science publishers. Inc. New York, pp 27–60
- Garwood NC (1989) Tropical soil seeds banks: A review. In: Leck MA, Parker VT, Simpson R. *Ecology of soil seed banks*. Academic Press: London, pp 149–209
- Gomes APS (2006) Revisão das espécies sulamericanas de *Croton* L. subgen. *Croton* sect. *Argyroglossum* Baill. (Crotonoideae - Euphorbiaceae). 124f. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE

Hardwick K, Healley J, Elliott S, Garwood N, Anusarnsunthorn V (1997) Understanding and assisting natural regeneration processes in degraded seasonal evergreen forests in northern Thailand. *For Ecol Manage* 99:203–214

Harper JL (1970) The shapes and sizes of seeds. *Annu Rev Ecol Syst* 1:327–356.

Harper JL (1977) *Population biology of plants*. Academic Press: New York.

Hayes CN, Winsor JA, Stephenson AG (2004) Inbreeding influences herbivory in *Cucurbita pepo* ssp. *texana* (Cucurbitaceae). *Oecol* 140:601–608.

Honek A, Martinkova Z (2005) Pre-dispersal predation of *Taraxacum officinale* (dandelion) Seed *J Ecol* 93:335–344

Hooper E, Legendre P, Condit R (2005) Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. *J Appl Ecol* 42:1165–1174

Hosaka T, Yumoto T, Chen YY, Sun IF, Wright J, Noor NSM (2011) Abundance of insect seed predators and intensity of seed predation on *Shorea* (Dipterocarpaceae) in two consecutive masting events in Peninsular Malaysia. *J Trop Ecol* 27:651–655.  
DOI:10.1017/S0266467411000393

Janzen DH (1969) Seed-eaters versus seed size, number, toxicity and dispersal. *Evolution* 23:1–27

Janzen DH (1971) Seed predation by animals. *Annu Rev Ecol Syst* 2:465–492

Labouche AM, Bernasconi G (2013) Cost limitation through constrained oviposition site in a plant-pollinator/seed predator mutualism. *Funct Ecol* 27:509–521

Leal IR, Wirth R, Tabarelli M (2007) Seed dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of North-east Brazil. *Annals Bot* 99:885–894

Lietti M, Montero G, Faccini D, Nisensohn L (2000) Evaluación del consumo de semillas de malezas por *Notiobia (Anisotarus) cupripennis* (Germ.) (Coleoptera: Carabidae). Pesquisa Agropecuária Brasileira 35:331–340

Lima JLS (1996) Plantas Forrageiras da Caatinga – Usos e Potencialidades. Embrapa Semiárido: Petrolina, p24.

Lomônaco C (1994) Predação de sementes de leguminosas por bruquídeos (Insecta: Coleoptera) na Serra dos Carajás, Pará, Brasil. Acta Bot Bras 8:121–127

Lönnberg K, Eriksson O (2012) Seed size and recruitment patterns in a gradient from grassland to forest. Ecoscience 19:140–147

Lorenzi H, Matos FJA (2002) Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 512p.

Luzuriaga AL, Escudero A, Pérez-García F (2006) Environmental maternal effects on seed morphology and germination in *Sinapis arvensis* (Cruciferae). Weed Res 46:163–174

Magrach A, Guitián J, Larrinaga AR, Guitián J (2011) Land-use and edge effects unbalance seed dispersal and predation interactions under habitat fragmentation. Ecol Res 26: 851–861. DOI 10.1007/s11284-011-0846-z

Martins CC, Carvalho NM, Oliveira AP (1992) Quebra de dormência de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). Rev Bras Sementes 14:5–8

Moles AT, Westoby M (2004) Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. J Ecol 92:372–383

Moles AT, Ackerly DD, Webb CO, Tweddle JC, Dickie JB, Westoby M (2005) A brief history of seed size. Science 307:576–580. DOI: 10.1126/science.1104863

- Moles AT, Warton DI, Warman L, Swenson NG, Laffan SW, Zanne AE, Pitman A, Hemmings, FA, Leishman MR. Global patterns in plant height. *J Ecol* 97:923–932. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2009.01526.x
- Pearson DE, Callaway RM, Maron JL (2011) Biotic resistance via granivory: establishment by invasive, naturalized, and native asters reflects generalist preference. *Ecol* 92(9) 1748–1757.
- Pereira IM, Andrade LA, Sampaio EVSB, Barbosa MRV (2003) Use-history effects on structure and flora of caatinga. *Biotropica* 35:154–165
- Prazeres SM (1982) Morfologia e germinação de sementes e unidades de dispersão de espécies das caatingas. Dissertação (Mestrado em Botânica). Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Price PW (1991) The plant vigor hypothesis and herbivore attack. *Oikos* 6:244–251
- Reader RJ (1991) Control of seedling emergence by ground cover: a potential mechanism involving seed predation. *Can J Botany* 69:2084–2087
- Santos JMFF, Santos DM; Lopes CGR, Silva KA, Sampaio EVSB, Araújo EL (2013) Natural regeneration of the herbaceous community in a semiarid region in Northeastern Brazil. *Environ Monit Assess*, 185:1–16. DOI: 10.1007/s10661-013-3173-8
- Sampaio EVSB (1995) Overview of the Brazilian caatinga. In: Bullock S, Mooney HA, Medina E (eds). *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, New York.
- Sampaio EVSB, Araújo EL, Salcedo IH, Tiessen H (1998) Regeneração da vegetação de Caatinga após corte e queima, em Serra Talhada, PE. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 33:621–632
- Silva KA, Santos DM, Santos JMFF, Albuquerque UP, Ferraz EMN, Araújo EL (2013) Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecol* 46:25–32. DOI: 10.1016/j.actao.2012.10.008

Silva JS, Sales MF (2008) O Gênero *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae) na microrregião do Vale do Ipanema, Pernambuco. *Rodriguesia* 59: 435–448

Silva JS, Sales MF, Carneiro-Torres DS (2009) O gênero *Croton* (Euphorbiaceae) na microrregião do vale do Ipanema, Pernambuco, Brasil. *Rodriguesia* 60:879–901

Souza, J. T, Ferraz, E. M. N, Albuquerque, U. P, Araujo, E. L. (2013) Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate? *Plant Biology*, DOI: 10.1111/plb.12120.

Statsoft, Inc. (2004) Statistica: data analysis software system, version 7.

Stephenson AG, Leyshon B, Travers SE, Hayes CN, Winsor JA (2004) Interrelationships among inbreeding, herbivory, and disease on reproduction in a wild gourd. *Ecology* 85:3023–3034.

Swanton CJ, Swanton JT, Griffith HE, Cromar BD (1999) Booth, Pre- and post-dispersal weed seed predation and its implications to agriculture Proceedings of the Brighton. Crop Protection Conference Weeds, pp 829–834.

Susko DJ, Lovett-Doust L (2000) Patterns of seed mass variation and their effects on seedling traits in *Alliaria petiolata* (Brassicaceae). *Amer J Bot* 87:56–66.

Uhl C, Buschbacher R, Serrão EAS (1988) Abandoned pastures in eastern Amazonia. I Patterns of plant succession. *J Ecol* 76:663–681.

Vasconcellos A, Andreazze R, Almeida AM, Araújo HFP, Oliveira ES, Oliveira U (2010) Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. *Rev Bras Entomol* 54(3): 471–476.

Villaseñor-Sánchez EI, Dirzo R, Rento K (2010) Importance of the lilac-crowned parrot in pre-dispersal seed predation of *Astronium graveolens* in a Mexican tropical dry forest. *J Trop Ecol* 26:227–236. DOI:10.1017/S0266467409990447

- Violle C, Castro H, Richarte J, Navas ML (2009) Intraspecific seed trait variations and competition: passive or adaptive response? *Func Ecol* 23:612–620. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2009.01539.x
- Völler E, Auge H, Prati D, Fischer M, Hemp A, Bossdorf O (2012) Geographical and land-use effects on seed-mass variation in common grassland plants. *Basic and Appl Ecol* 13:395–404
- Wada N, Narita K, Kumar S, Furukawa A (1995) Impact of overgrazing on seed predation by rodents in the Thar desert, northwestern India. *Ecol Res* 10:217–221
- Westoby M, Jurado E, Leishman M (1992) Comparative evolutionary ecology of seed size. *Tree* 7:368–372
- Westoby M, Falster DS, Moles AT, Vesk PA, Wright IJ (2002) Plant ecological strategies: Some leading dimensions of variation between species. *Annu Rev Ecol Syst* 33:125–59. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150452
- Wilson MF (1992) The ecology of seed dispersal. In: Fenner M (ed) *The ecology of regeneration in plants communities*. Wallingford: CABI Publishing, pp 61–85.
- Wolfe LM (1995) The genetics and ecology of seed size variation in a biennial plant, *Hydrophyllum appendiculatum* (Hydrophyllaceae). *Oecol* 101:343–352
- Xiao ZS, Zhang ZB (2006) Nut predation and dispersal of Harland Tanoak *Lithocarpus harlandii* by scatter-hoarding rodents. *Acta Oecol* 29, 205–213.
- Zar JH (1996) *Biostatistical analysis*. Third editions Prentice-Hall International Editions, New Jersey
- Zhang H, Chu LM (2013) Changes in soil seed bank composition during early succession of rehabilitated quarries. *Ecol Eng* 55:43-50.

Zhang S, Fan D, Wu Q, Yan H, Xu X (2013) Eco-physiological adaptation of dominant tree species at two contrasting karst habitats in southwestern China. *F1000Research* 2:122. Doi: 10.12688/f1000research.2-122.v1

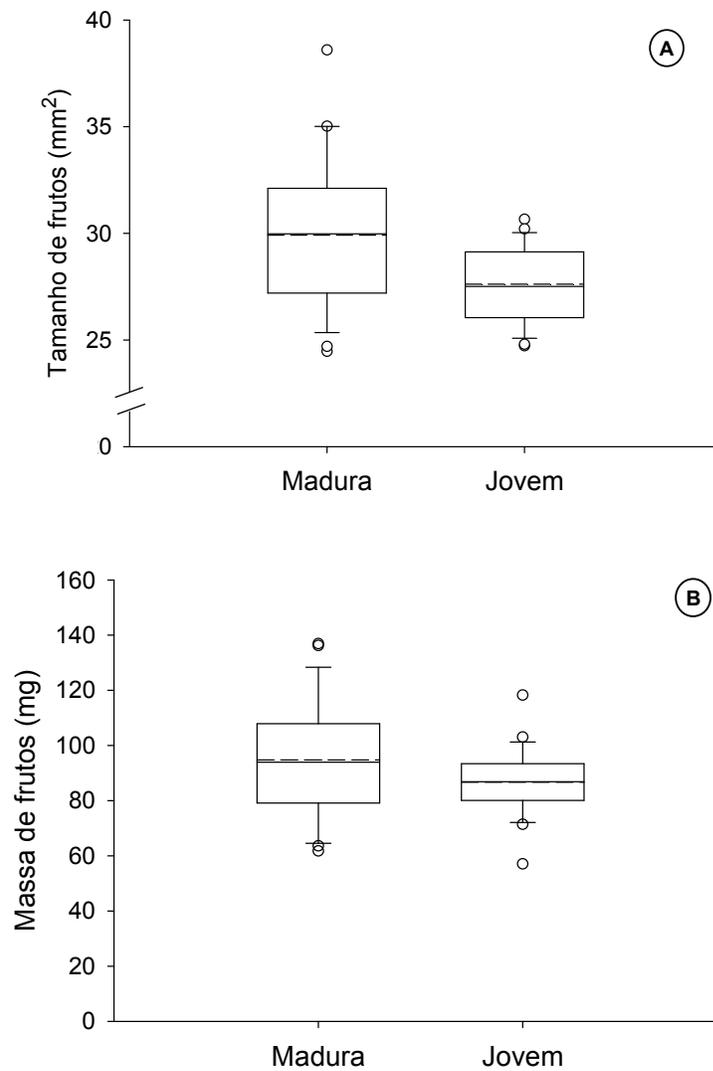


Fig. 1. Tamanho (A) e massa (B) de frutos de *Croton blanchetianus* entre florestas secas com idade madura e jovem, Caruaru, Pernambuco, Brasil. Média (---); Mediana (—); Quartis 25%-75% (□); Mín-máx. (⊥); Valores discrepantes (○)

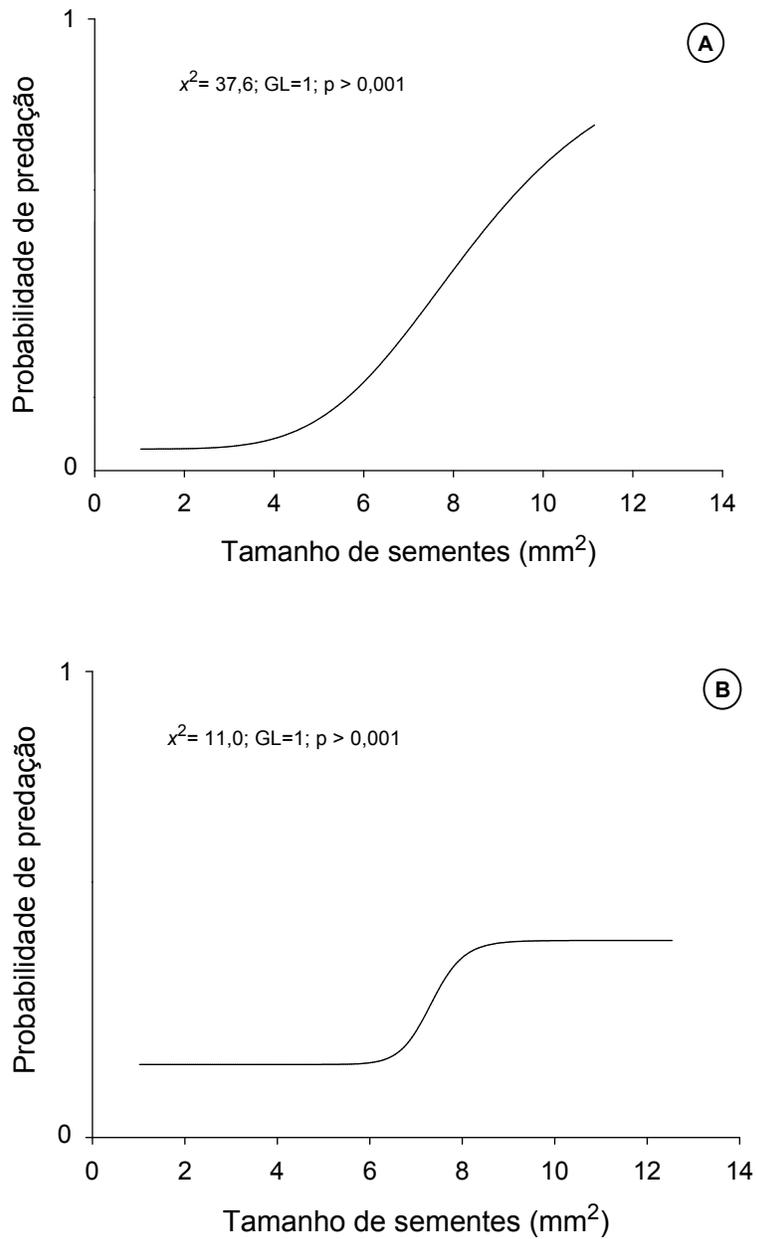


Fig. 2. Probabilidade de predação em função dos tamanhos de sementes de *Mimosa arenosa* em florestas secas com idade jovem (A) e madura (B), Caruaru, Pernambuco, Brasil.

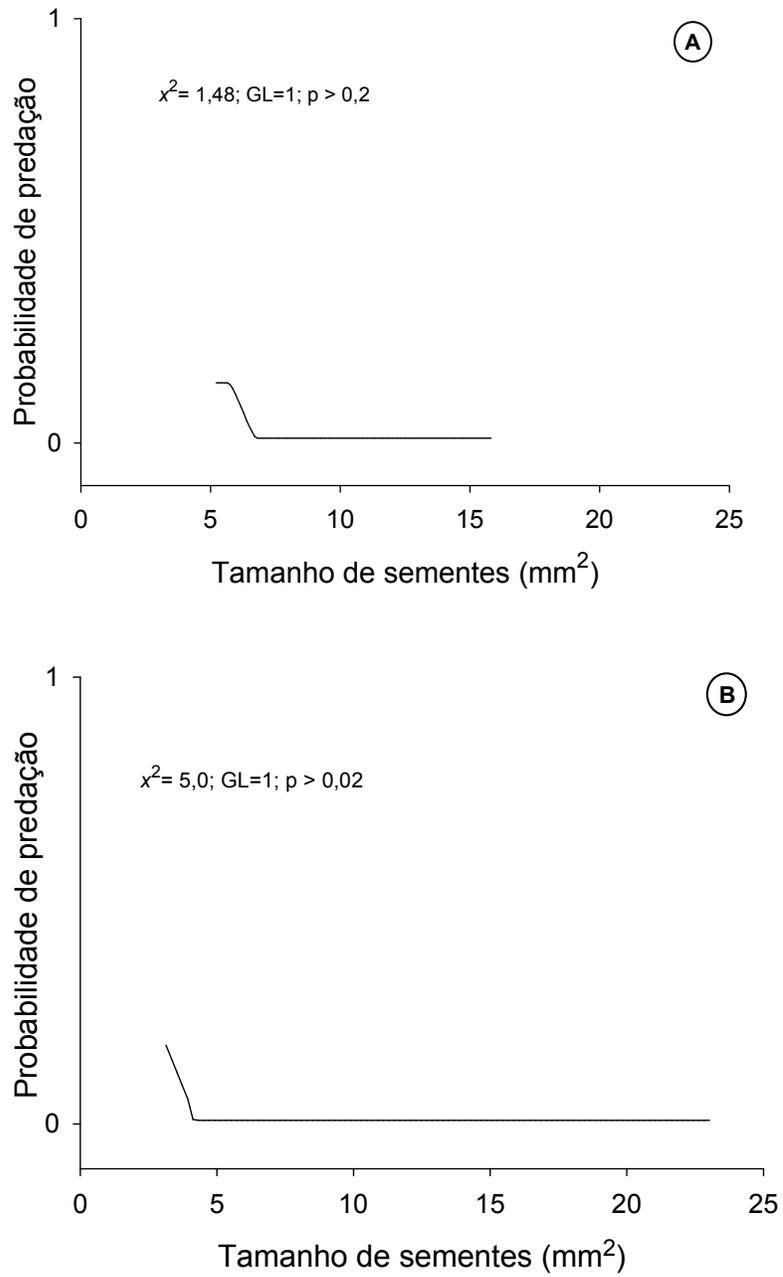


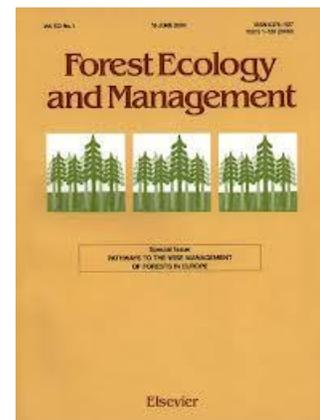
Fig. 3. Probabilidade de predação em função dos tamanhos de sementes de *Croton blanchetianus* em florestas secas com idade jovem (A) e madura (B), Caruaru, Pernambuco, Brasil.

## CAPÍTULO 2

---

**Como a chuva de sementes de florestas madura e jovem responde as variações intra e interanuais de ambientes semiárido?**

**Manuscrito a ser submetido ao periódico: FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT**



**QUALIS = A1**

**FATOR DE IMPACTO= 2.76**

**Como a chuva de sementes de florestas madura e jovem responde as variações intra e interanuais de ambientes semiárido?**

Jefferson Thiago Souza<sup>1,4</sup>; Ulysses Paulino de Albuquerque<sup>2</sup>; Elcida de Lima Araújo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Botânica, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

<sup>2</sup> Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Área de Botânica, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco

<sup>4</sup>Autor para correspondência. E-mail: jeff-thiago@hotmail.com

**Manuscrito a ser enviado a Forest Ecology and Management**

## Resumo

Objetivou-se verificar os efeitos anuais, sazonais e dos modos de dispersão na riqueza, densidade e composição de espécies da chuva de sementes de duas florestas (madura e jovem), em Caruaru, Pernambuco, Brasil. Foram estabelecidos 105 coletores de sementes em cada floresta. A chuva de sementes apresentou 68 espécies, sendo 12 morfoespécies na floresta madura e 64 espécies, sendo nove morfoespécies na Floresta jovem. As densidades de sementes das chuvas foram de  $52,3 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  e  $188,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  nas florestas madura e jovem, respectivamente. No ano I, a floresta madura apresentou 52 espécies e  $60,1 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ , enquanto que a floresta jovem teve 49 espécies e  $165,5 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ . No ano II, a floresta madura registrou 49 espécies e  $44,6 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  e a floresta jovem apresentou 54 espécies e  $211,9 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ , sendo, em ambos os anos, maior na floresta jovem. Riqueza e densidade de sementes diferiram entre estações, sendo maiores na estação seca, tanto dentro quanto entre anos. Riqueza e densidade de sementes da floresta madura também diferiram entre os modos de dispersão, ocorrendo 25 espécies anemocóricas com  $19,9 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ , 24 espécies autocóricas com  $25,6 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  e sete espécies zoocóricas com  $1,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ , além das 12 morfoespécies com  $5,1 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ . Na floresta jovem, a respectiva riqueza de espécies autocóricas, anemocóricas e zoocóricas, além das morfoespécies sem modo de dispersão identificado foram de 25, 21, 10 e nove com densidades de  $159 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ ,  $16,5 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ ,  $2,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  e  $10,5 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ , respectivamente. A similaridade florística foi de 0,79 entre florestas, sendo que no ano I foi de 0,75 e no ano II foi 0,68. Entre estações, a similaridade foi de 0,79 na estação seca e 0,45 na estação chuvosa do ano I, enquanto o ano II teve similaridade de 0,44 na estação seca e de 0,66 na estação chuvosa.

Palavras- Chave: Caatinga, Dispersão de sementes, Diásporos; Sazonalidade climática,

## Introdução

A substituição de florestas por áreas para usos agropastoris ocorre amplamente em todo o mundo e tem levado a formação de mosaicos de paisagens, constituídos por remanescentes de florestas nativas em meio a áreas antropogênicas (Brooks et al., 2002; Dirzo e Raven, 2003; Chazdon et al., 2007). Com o tempo, algumas dessas áreas antropogênicas são abandonadas devido à perda em sua produtividade e voltam a se regenerar, formando jovens florestas (Bowen et al., 2007). A regeneração dessas florestas é lenta e frequentemente limitada por diversos fatores, dependendo do tipo de uso e o do tempo de abandono da área (Kennard et al., 2002; Maza-Villalobos et al., 2011). Como consequência, florestas jovens tendem a apresentar modificações em seus processos ecológicos, que por sua vez, desencadeiam padrões distintos dos encontrados em florestas maduras (Guariguata and Ostertag, 2001; Colón e Lugo, 2006; Griscom et al., 2009).

Entre os processos ecológicos necessários para a regeneração das florestas, a dispersão de sementes tem sido apontada como fundamental (Holl, 1999; Wijdeven and Kuzee, 2000; Schupp et al., 2010), pois permite a entrada de novas espécies e indivíduos na área (Eriksson, 2000), modifica a estrutura (Carrière et al., 2002), composição e distribuição espacial das assembleias de plantas (Dungan et al., 2001), possibilita o fluxo gênico entre locais, restabelece as interações com animais frugívoros (Jordano et al., 2006, 2011) e renova o estoque de sementes do banco do solo (Donald e Drake, 1998; García-Núñez et al., 2001).

Todavia, em ambientes submetidos a atividades antropogênicas, o fluxo de sementes, ou chuva de sementes (Nathan et al., 2008) tende a apresentar: redução do número de espécies e de sementes (Ceccon e Hernández, 2009; Martínez-Garza et al., 2011); diminuição dos vetores de dispersão biótica (Jordano et al., 2011), com consequente perda de diásporos adaptados a este modo de dispersão (Staggemeier and Galetti, 2007; Markl et al., 2012); mudanças na composição de espécies da chuva de sementes, com dominância por poucas espécies e baixa similaridade com florestas em estágio de sucessão mais avançado (Ceccon e Hernández, 2009).

Atualmente, em ambientes semiáridos, muitas das áreas de vegetação são formadas por florestas jovens com diferentes idades (Dirzo et al., 2011; Griscom e Ashton, 2011), sendo a regeneração considerada naturalmente mais lenta devido à menor produtividade de sementes que reflete as irregularidades da precipitação (Safriel et al., 2005). Além disso, as fortes variações temporais dos ambientes semiáridos, sejam intranuais ou interanuais (Rotenberg e Yakir, 2010), determinam padrões de chuva de sementes distintos dos registrados na literatura em ambientes úmidos (Toby Pennington et al., 2000; Howe e Miriti, 2004). Grande parte das espécies das áreas semiáridas tende a dispersar sementes na estação

seca, as quais apresentam características morfológicas para a dispersão pelo vento (Martínez-Garza et al., 2011). Com a perda de folhas na estação seca, a vegetação se torna mais aberta, o que possibilita maior velocidade dos ventos e sucesso de diásporos anemocóricos (Ceccon e Hernández, 2009). Por outro lado, diásporos zoocóricos tendem a ter menores frequências nesses ambientes porque os dispersores evitam os locais abertos (Howe e Miriti, 2004).

As modificações nos padrões de dispersão de sementes dos ambientes antropogênicos aliadas às características do processo de regeneração dos ambientes semiáridos levam-nos a esperar que florestas jovens de ambientes antropogênicos apresentem também diferenças acentuadas nos padrões da chuva de sementes quando comparadas a florestas maduras.

Assim, este estudo procurou responder aos seguintes questionamentos: (i) Quais são as diferenças da chuva de sementes de florestas madura e jovem? (ii) Como a chuva de sementes destas florestas responde aos efeitos interanuais da precipitação? (iii) De que forma, a sazonalidade climática atua na chuva de sementes de ambas as florestas? (iv) De que maneira, os modos de dispersão da chuva de sementes se apresentam entre as florestas? (v) O quão similar é a composição de espécies da chuva de sementes entre as florestas, anos e estações? Perante tais questões apresentadas, este estudo tem como hipóteses que (i) A floresta madura apresenta maior riqueza e maior densidade de sementes que a floresta jovem; (ii) Diferenças interanuais na chuva de sementes ocorrem em ambas as florestas; (iii) A riqueza e densidade de sementes é maior na estação seca em ambas as florestas; (iv) Há predominância de anemocoria tanto na floresta madura quanto na jovem e (v) A composição de espécies da chuva de sementes é pouco similar entre florestas, anos e estações climáticas.

## Material e métodos

### *Área de estudo*

O estudo foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA (8° 14' 18" S e 35° 55' 20" W), localizada no município de Caruaru, nordeste do Brasil. O clima local é do tipo estacional, com a normal climatológica (no período de 1983-2012) de 682,1 mm e temperaturas oscilando desde 11 até 38 °C (Estação Meteorológica do IPA). Cerca de 80% da pluviosidade anual ocorre entre os março e agosto (estação chuvosa) e a estação seca predomina entre setembro e fevereiro (Alcoforado-Filho et

al., 2003; Silva et al., 2013). Os solos são do tipo Podzólico amarelo eutrófico, com textura franco-arenosa (Alcoforado-Filho et al., 2003).

A estação experimental possui duas pequenas áreas com vegetação nativa remanescente, uma floresta madura (30 ha) e uma floresta jovem (6 ha), em regeneração após corte, ambas isoladas na paisagem por áreas de cultivo e separadas entre si por um corredor de 3 m de largura. Na floresta madura, nenhuma atividade de corte raso tem sido registrada há mais de 50 anos. Esta floresta abriga 174 espécies, sendo 74 lenhosas e 100 herbáceas, mas 35 destas espécies não foram identificadas a nível específico. As famílias Fabaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Asteraceae e Poaceae apresentam elevada riqueza de espécies na floresta madura (Alcoforado-Filho et al., 2003; Araújo et al., 2005; Reis et al., 2006; de Lucena et al., 2007; Oliveira et al., 2007). A área da floresta jovem integrava a floresta madura até 1994, quando vegetação sofreu corte e foi plantada palma (*Opuntia ficus-indica*), sem a utilização de fertilizante, pesticida ou fogo no preparo da terra. Após o plantio, o cultivo foi abandonado e a vegetação voltou a se regenerar e não sofreu novas intervenções antrópicas. Atualmente, a floresta jovem apresenta algumas plantas ainda jovens e de porte baixo, muitas clareiras, ausência de dossel e alguns indivíduos de *Opuntia* que quais sobreviveram depois do abandono do cultivo. A floresta jovem abriga 116 espécies, sendo 32 lenhosas e 84 herbáceas, com predomínio das famílias Fabaceae, Asteraceae, Malvaceae, Poaceae, Euphorbiaceae, Mimosaceae e Caesalpiniaceae (Souza, 2010; Lopes et al., 2012; Santos et al., 2013).

### *Desenho amostral*

Para avaliar a chuva de sementes das florestas madura e jovem, foram estabelecidos em cada floresta 10 transectos paralelos, separados por 15 m (Figura 1). Ao longo de cada transecto foram estabelecidos coletores de sementes, a distâncias de 10 m, perfazendo 105 coletores em cada floresta. Os coletores consistem em recipientes de polietileno, de 81 cm de circunferência (cerca de 25 cm de diâmetro) e 30 cm de altura. Foram colocados diretamente no solo e fixados com o auxílio de estacas de madeira. A área total de amostragem dos coletores foi de 5,48 m<sup>2</sup> em cada floresta. Na parte interna dos coletores foram colocadas finas malhas, do tipo voal, com dimensões de 1 mm<sup>2</sup> de abertura de malha, fixadas na porção aberta superior do coletor e suspensa em seu interior, com o intuito de atenuar o impacto da queda dos diásporos, evitando, assim, que estes saltassem para fora dos coletores. No fundo dos

coletores foram feitos orifícios, como forma de evitar o acúmulo de água da chuva, facilitar o seu escoamento e, conseqüentemente, não comprometer os diásporos captados. Na parte externa dos coletores, foi aplicada uma camada de graxa para prevenir o acesso de pequenos invertebrados e evitar, assim, a predação e remoção dos diásporos coletados.

O material capturado nos coletores foi monitorado e processado mensalmente, ao longo de dois anos. Os diásporos coletados foram separados de outros materiais, como folhas, gravetos e resíduos e foram identificados até o menor taxonômico possível, com o auxílio de bibliografias específicas (Barroso et al., 1999; Kissman e Groth, 1999, 2000; Maia, 2004), consultas aos herbários Professor Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) e Dárdano de Andrade Lima (IPA), bem como por comparação com diásporos coletados a cada mês nas florestas madura e jovem. As espécies não identificadas foram rotuladas e enumeradas como morfoespécies. Com base na morfologia dos diásporos, as espécies foram classificadas quanto ao modo de dispersão em: autocoria (que inclui a dispersão balística e a barocórica), anemocoria e zoocoria (Van der Pijl, 1982). Nenhuma morfoespécie foi classificada quanto ao modo de dispersão.

#### *Análise de dados*

Foi utilizado o teste de Análise de Variância de Medidas de Repetidas (Zar, 1996), separadamente para a riqueza de espécies e para a densidade de sementes, nos seguintes tratamentos: (1) por idade da floresta com dois níveis (madura e jovem), (2) por estações climáticas com dois níveis (seca e chuvosa) e (3) por modos de dispersão com três níveis (autocoria, anemocoria e zoocoria) para 2 anos de monitoramento da chuva de sementes (como fator de efeito dentro do grupo). Os dados de densidade de sementes foram transformados em escala  $\text{Log}_{(10)} + 1$  para atender as suposições de normalidade e homocedasticidade da ANOVA, mas no texto são informados em escala linear.

Adicionalmente, para determinar a similaridade na composição de espécies da chuva de sementes entre as florestas (madura e jovem), os anos (I e II) e as estações (chuva e seca), foi utilizado o índice de similaridade de Sørensen, sendo considerado somente as espécies identificadas a nível específico. Todas as análises foram realizadas no programa Statistica 7.0 (Statsoft, 2004).

## Resultados

### *Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade de florestas*

A chuva de sementes da floresta madura apresentou um total de 21 famílias, 49 gêneros e 68 espécies (Tabela 1). Dentre estas, duas foram identificadas apenas ao nível de família, 10 ao nível de gênero e 12 ao nível de morfoespécie. No geral, o total de sementes da floresta madura foi de 6.887, com uma média de  $52,3 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ . Aproximadamente 54 % foram sementes de *Myracondruon urundeuva* (22,4%), *Croton blanchetianus* (16,9 %) e *Mimosa arenosa* (15,4 %).

Na floresta jovem, a chuva de sementes esteve representada por um total de 18 famílias, 49 gêneros e 64 espécies, dentre as quais quatro foram identificadas ao nível de família, cinco ao nível de gênero e nove ao nível de morfoespécie (Tabela 2). O total de sementes registradas nessa floresta foi de 24.828, com média de  $188,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  e maior contribuição de *M. arenosa* (42,1 %), *Lippia alba* (30,1 %) e *Croton blanchetianus* (4,9 %).

A riqueza de espécies não foi significativamente diferente entre as florestas, mas a densidade de sementes foi significativamente maior na floresta jovem (Tabela 3).

### *Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade de florestas e por ano*

A floresta madura apresentou riqueza de 52 espécies e densidade de  $60,1 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  para o ano I, sendo registradas 49 espécies e  $44,6 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  para o ano II. Enquanto que, para a floresta jovem, o ano I apresentou uma riqueza de 49 espécies e densidade de  $165,5 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  e o ano II com riqueza e densidade de 54 espécies e  $211,9 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ , respectivamente. Para ambas as florestas, não ocorreram diferenças significativas na riqueza e densidade entre anos (Tabela 3), apesar da densidade de sementes em ambos os anos ser maior na floresta jovem.

### *Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade de florestas, estações climáticas e anos*

Na floresta madura, estiveram presentes nos coletores da chuva de sementes, durante o ano I, um total de 45 espécies no decorrer da estação seca, com  $64,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ . A estação chuvosa do ano I esteve representada por 29 espécies e  $55,4 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ . Para o ano II, a floresta madura apresentou 31 espécies e  $66,3 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  na estação seca e 37 espécies e  $22,9 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  na estação chuvosa.

Na floresta jovem, a estação seca do ano I teve uma riqueza de 43 espécies e densidade de  $251,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ , enquanto que na estação chuvosa teve 25 espécies e densidade de  $79,4 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ . Para o ano II foram encontradas 41 espécies com  $249,1 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  na estação seca e 38 espécies com  $174,8 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  na estação chuvosa.

Nas duas florestas o número de sementes e de espécies da chuva de sementes foi significativamente diferente entre as estações climáticas (Tabela 3). De modo geral, intra e interanualmente (Figura 1) o número de espécies e de sementes foi maior na estação seca (Seca/ano I =  $6,41 \pm 3,6$  espécies e  $1,13 \pm 0,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ ; Seca/ano II =  $4,75 \pm 3,5$  espécies e  $1,08 \pm 0,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ ) quando comparado à estação chuvosa (chuvosa/ano I =  $2,97 \pm 2,2$  espécies e  $0,83 \pm 0,6 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ ; chuvosa/ano II =  $3,94 \pm 2,4$  espécies e  $0,88 \pm 0,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ ).

#### *Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade de floresta, modos de dispersão e anos*

Dentre os modos de dispersão registrados na chuva de sementes da floresta madura, 25 espécies e  $19,9 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  são dispersos por anemocoria, 24 espécies e  $25,6 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  por autocoria e sete espécies e  $1,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  por zoocoria. A densidade de sementes das 12 morfoespécies foi de  $5,1 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  (Tabela 1). Já para a floresta jovem, a riqueza foi de 25 espécies autocóricas, 21 anemocóricas e 10 zoocóricas, sendo suas densidades de 159, 16,5 e  $2,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ , respectivamente. A densidade de sementes das 9 morfoespécies foi de  $10,5 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  (Tabela 2). Ambas as variáveis, riqueza de espécies e a densidade de sementes, diferiram significativamente entre os modos de dispersão (Figura 2; Tabela 3). Houve predominância de autocoria ( $7,20 \pm 3,2$  espécies e  $86,1 \pm 16,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ ), seguida por anemocoria ( $4,58 \pm 3,3$  espécies e  $15,5 \pm 5,7 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ ) e zoocoria ( $2,29 \pm 1,8$  espécies e  $2,2 \pm 0,6 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ ) para o ano I. Este mesmo padrão se repetiu para o ano II, tanto para riqueza (autocoria:  $6,58 \pm 2,7$  espécies; anemocoria:  $4,83 \pm 2,4$  espécies; zoocoria:  $1,62 \pm 1,4$  espécies), quanto para densidade (autocoria:  $98,5 \pm 27,2 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ ; anemocoria:  $20,9 \pm 6,2 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$  e zoocoria:  $2,2 \pm 0,6 \text{ sem} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mês}^{-1}$ ).

Houve uma interação entre os modos de dispersão e a idade das florestas apenas para a densidade de sementes, com efeito significativo (Tabela 3). No ano I o modo de dispersão autocórico destacou-se nas florestas madura (autocoria:  $35,6 \pm 6,6 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ; anemocoria:  $14,1 \pm 8,1 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$  e zoocoria:  $2,1 \pm 0,8 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ) e jovem (autocoria:  $136,7 \pm 25,6 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ; anemocoria:  $17,5 \pm 8,3 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$  e zoocoria:  $2,3 \pm 0,8 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ). Este padrão se repetiu no ano II tanto na floresta madura (autocoria:  $15,7 \pm 3,4 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ; anemocoria:  $25,7 \pm 11,5 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$  e zoocoria:  $1,2 \pm 0,6 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ) quanto na floresta jovem (autocoria:  $181,3 \pm 43,0 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ; anemocoria:  $16,1 \pm 5,0 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$  e zoocoria:  $3,2 \pm 1,0 \text{ sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ).

#### *Similaridade na composição da chuva de sementes por idade de florestas, anos e estações climáticas*

A floresta madura teve oito espécies exclusivas e a floresta jovem 11 espécies exclusivas. As florestas compartilharam 36 espécies e tiveram 0,79 de similaridade florística na chuva de sementes.

Ao considerar as semelhanças entre anos na composição de espécies da chuva de sementes das florestas madura e jovem foi verificado uma similaridade de 0,75 no ano I e 0,68 no ano II. Ao comparar a semelhança intranual da composição de espécies de cada floresta constatou-se uma similaridade de 0,74 na floresta madura e de 0,77 na floresta jovem. Para a floresta madura, 26 espécies foram comuns entre os anos, 10 espécies foram exclusivas do ano I e oito foram exclusivas do ano II. Enquanto que para a floresta jovem, 31 espécies foram comuns entre os anos, oito espécies foram exclusivas do ano I e 11 foram exclusivas do ano II.

Quando considerado a composição de espécies da chuva de sementes das florestas madura e jovem entre estações climáticas, dentro e entre anos, foi verificada uma similaridade entre as florestas de 0,79 na estação seca e 0,45 na estação chuvosa do ano I. Na estação seca do ano I foram registradas 25 espécies comuns, sete exclusivas na floresta madura e nove exclusivas na floresta jovem. Já na estação chuvosa do ano I, nove espécies foram comuns e 11 espécies foram exclusivas em cada floresta.

Na estação seca do ano II a similaridade entre as florestas foi de 0,44, com 12 espécies comuns, 10 e 20 espécies exclusivas para as florestas madura e jovem, respectivamente. Na

estação chuvosa do ano II a similaridade entre as florestas foi de 0,66, com 19 espécies comuns e sete exclusivas na floresta madura e 13 exclusivas na floresta jovem.

## Discussão

### *Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade das florestas*

A idade da floresta influenciou apenas a densidade da chuva de sementes ocorrendo 3,6 vezes mais sementes na floresta jovem, confirmando parcialmente nossas expectativas. Talvez, a maior densidade de sementes da floresta jovem justifique-se pelo fato de que áreas em fase inicial de sucessão apresentam muitos espaços vazios acima do solo, o que favorece a colonização e ocupação por espécies colonizadoras iniciais, enquanto florestas maduras apresentam menos espaços e uma maior competição e dificuldade de ocupação (Guariguata e Ostertag, 2001). Em geral, espécies que ocupam inicialmente áreas abertas apresentam como forte característica a alta dispersão de seus diásporos, enquanto espécies mais tardias tendem a ter menor produção de sementes, e elevada vantagem competitiva (Guariguata, 2000; Maza-Villalobos et al., 2011).

Neste estudo, a maior densidade de sementes na floresta madura foi de *M. urundeuva*, espécie com característica de colonização mais intermediária ou mesmo tardia, com porte arbóreo, crescimento lento, dioicida, dispersão pelo vento e sementes recalcitrantes (Griz e Machado, 2001). Na floresta jovem, a maior densidade foi de *M. arenosa*, espécie que coloniza ambientes mais abertos, hermafrodita, autocórica, alta produção e dispersão de diásporos (Souza et al., 2013). Tais evidências exemplificam as distintas estratégias de ocupação do espaço entre as florestas jovem e madura, explicando as diferenças na densidade de diásporos na chuva de sementes das florestas.

Além do mais, áreas antropogênicas próximas de áreas doadoras de diásporos tendem a recuperar rapidamente sua riqueza de espécies. (Guariguata e Ostertag, 2001), devido à contribuição da chuva de sementes das florestas próximas (Aide e Cavelier, 1994; Holl, 1999; Souza et al., 2013), favorecendo ao surgimento de uma nova floresta. Adicionalmente, áreas antropogênicas com baixa intensidade de uso tendem a não comprometer fortemente o banco de sementes do solo, o que possibilita o recrutamento e o ressurgimento das espécies na regeneração da floresta (Guariguata, 2000; Dungan et al., 2001; Mamede e Araújo, 2008).

Tais evidências auxiliam justificar a riqueza da floresta jovem, pois a distância entre as florestas madura e jovem compreende um pequeno corredor de três a cinco metros de largura, o que proporciona o fluxo de diásporos entre estas florestas (Souza et al., 2013) e, além disso, o histórico de perturbação foi pouco intenso (um único corte sem queima) e provavelmente manteve o banco de sementes existente, contribuindo com a riqueza de espécies que hoje é registrada na floresta jovem.

#### *Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade das florestas, estações climáticas e anos*

O fator ano isoladamente não influenciou a riqueza e a densidade da chuva de sementes, contrariando as hipóteses. Esta tendência vai contra as evidências registradas em outros de ambientes sazonalmente secos, as quais apontam que a irregularidade na precipitação entre anos ocasiona mudanças na frutificação e dispersão, em resposta ao acúmulo de água em órgãos de reserva (Borchert, 1994; Martínez-Garza et al., 2011). Contudo, a interação entre ano e estação climática influenciou significativamente a riqueza de espécies, demonstrando que as variações interanuais são fortemente influenciadas pelas variações intranuais. A ANOVA também mostrou que isoladamente a sazonalidade climática afetou significativamente tanto a riqueza quanto a densidade de sementes, confirmando as expectativas de maior riqueza e densidade nas estações seca.

Em ambientes sazonalmente secos, a marcada irregularidade na precipitação proporciona uma redução na quantidade de água disponível para as plantas (Bullock et al., 1995; Dirzo et al., 2011), induzindo as espécies a desenvolver estratégias para minimizar os efeitos da sazonalidade climática (Bullock et al., 1995; Caetano et al., 2008). Uma destas estratégias consiste em lançar seus diásporos no final da estação seca para se antecipar em relação à chegada da estação chuvosa (Bullock, 1995; Souza et al., 2013). Tal estratégia é principalmente adotada por espécies herbáceas terófitas (Selwyn e Parthasarathy, 2006), que possuem ciclo de vida anual, alta produção de diásporo e atravessam a estação desfavorável sob a forma de sementes no banco do solo (Araújo et al., 2007; Silva et al., 2013). Vale destacar que tanto na floresta jovem (Souza et al., 2013) quanto na floresta madura (Souza: dados não publicados) há grande contribuição de espécies terófitas na riqueza e densidade da chuva de sementes. Desse modo, os efeitos sazonais registrado na chuva de sementes das floresta madura e jovem são reflexos das mudanças na disponibilidade de água e da grande contribuição de espécies herbáceas terófitas.

Em adição, a chuva de sementes de ambientes sazonais é bastante influenciada pelos modos de dispersão, com espécies anemocóricas lançando seus diásporos principalmente durante a estação seca, espécies zoocóricas liberando seus diásporos, sobretudo, na estação chuvosa e espécies autocóricas dispersando diásporos em ambas as estações (Howe e Smallwood, 1982; Griz e Machado, 2001; Selwyn e Parthasarathy, 2007; Ceccon e Hernández, 2009; Martínez-Garza et al., 2011; Souza et al., 2013), tendência que foi confirmada neste estudo.

#### *Riqueza e densidade da chuva de sementes por idade das florestas e modos de dispersão*

Muitos estudos apontam anemocoria como o modo de dispersão predominante em florestas secas ao longo do mundo (Dungan et al., 2001; Griz e Machado, 2001; Ceccon e Huante, 2006; Bonvissuto e Busso, 2007; Martínez-Garza et al., 2011), em virtude das condições ambientais que são favoráveis aos diásporos anemocóricos, tais como, maior velocidade dos ventos, maior abertura do dossel e menor umidade. Todavia, o destaque da anemocoria não foi confirmado neste estudo. Realmente, os modos de dispersão influenciaram significativamente a riqueza e densidade da chuva de sementes, mas evidenciaram uma predominância de autocoria em ambas as florestas e em ambos os anos. A ANOVA também mostrou efeito significativo na interação entre os modos de dispersão e idade da floresta (Figura 2), com maior densidade de sementes autocóricas na floresta jovem, apesar da autocoria também ter sido predominante na floresta madura.

O fato da autocoria ter predominado em florestas de ambientes semiáridos já havia sido registrado em outros estudos (Lima et al., 2008; Souza et al., 2013) e até mesmo zoocória (Griz e Machado, 2001; Martínez-Garza et al., 2011). Estes contrastes têm sido atribuídos a fatores como o grau de aridez da área (Safriel et al., 2005), os hábitos predominantes na vegetação (Medina, 1995), a composição da vegetação (Barbosa et al., 2003), nível de perturbação (Chazdon, 2003) e presença frugívoros dispersores (Bronstein et al., 2007).

A zoocoria geralmente predomina em áreas menos áridas, com predominância de árvores, elevada ocorrência de famílias predominantemente zoocóricas (ex: Cactaceae), com baixo nível de perturbação e presença de frugívoros dispersores (Barbosa et al., 2003; Ceccon and Hernández, 2009; Markl et al., 2012). Já a predominância de autocoria, geralmente ocorre em áreas com aridez moderada, estrato arbustivo dominante, alta ocorrência de representantes

da família Fabaceae, com nível de perturbação intermediário e redução ou mesmo ausência de animais dispersores.

As florestas abrigam vegetação de caatinga hipoxéfila *sensu* Andrade-Lima, ou seja, caatinga que estão mais próximas do litoral e, por isso, são menos áridas. Apresentam como família de maior número de espécies Fabaceae (13 espécies na madura e 16 na jovem; Tabela 1 e 2) e, no caso da floresta jovem como já comentando, apresenta histórico de baixa intensidade de uso, características que justificam a predominância de espécies autocóricas.

### *Similaridade na composição da chuva de sementes por idade das florestas, anos e estações climáticas*

Ao contrário das expectativas, a composição de espécies foi bastante similar entre as florestas (jovem e madura), anos (I e II) e estações (seca e chuvosa). A composição de espécies de florestas secas é influenciada pelo histórico de uso e pela proximidade de florestas maduras (Guariguata e Ostertag, 2001). Em áreas usadas para pastagem, com uso de queima e cultivado por um longo tempo a recuperação da composição de espécies é mais lenta que a áreas usadas apenas para a agricultura, sem o uso de queimas e cultivadas por um curto tempo (Burgos e Maass, 2004; Griscom e Ashton, 2011). Tal diferença ocorre em virtude do comprometimento do banco de sementes do solo, que por sua vez, possui sementes das espécies que foram cortadas e retiradas da área (Hopfensperger, 2007; Mamede e Araújo, 2008). De forma semelhante, áreas em regeneração próximas a florestas maduras aumentam sua composição de espécies em menor tempo que áreas distantes à florestas (Guariguata e Ostertag, 2001), devido a entrada de espécies originadas da floresta por meio da chuva de sementes (Cubina and Aide, 2001; Souza et al., 2013). O presente estudo admite que a similar composição de espécies entre as florestas madura e jovem seja uma consequência do baixo histórico de uso da área que hoje abriga uma floresta jovem, aliada a contribuição da floresta madura para a chuva de sementes da floresta jovem.

### Conclusão

A similaridade florística da chuva de sementes entre as florestas pode variar entre anos, mas em geral ela tende a ser alta, indicando uma boa recuperação da riqueza nos 18

anos do processo de regeneração natural. A nova floresta não apresenta limites de sementes para sua recuperação, mas a elevada densidade de sementes, quando comparado a densidade de sementes da floresta madura, indica que ela ainda está em fase de sucessão inicial, ou seja, os 18 anos de abandono ainda não foram suficientes para completa resiliência da floresta, mesmo numa condição que pode ser considerada ideal, isto é, baixa nível de perturbação antrópica e proximidade de uma floresta madura. Existe heterogeneidade sazonal na chuva de sementes de ambas as florestas, com predomínio da dispersão autocórica, cujo alcance da distância dos diásporos tende a ser menor em relação anemocoria e zoocoria, sugerindo poder ocorrer lentidão para completa restauração da floresta jovem.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro no projeto “Regeneração da vegetação da caatinga em áreas preservada e antropizada” pelo Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e tecnológico - CNPq/Processo: 477239/2009-9; a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES; ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA pelo apoio logístico.

#### Referências bibliográficas

- Aide, T.M., Cavelier, J., 1994. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restor. Ecol.* 2, 219–229.
- Alcoforado-Filho, F.G., Sampaio, E.V. de S.B., Rodal, M.J.N., 2003. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. *Acta Bot. Brasilica* 17, 287–303.
- Araújo, E. de L., Silva, K.A. da, Ferraz, E.M.N., Sampaio, E.V. de S.B., Silva, S.I. da, 2005. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru, PE, Brasil. *Acta Bot. Brasilica* 19, 285–294.
- Araújo, E.L., Castro, C.C., Albuquerque, U.P., 2007. Dynamics of Brazilian Caatinga – A Review concerning the plants, environment and people. *Funct. Ecosyst. Communities* 1, 15–28.
- Barbosa, D. carvalho de A., Barbosa, M.C. de A., Lima, L.C.M. de, 2003. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga, in: Leal, I.R., Tabarelli, M., Da Silva, J.M.C. (Eds.),

- Ecologia E Conservação Da Caatinga. Editora Universitária da UFPE, Recife, pp. 657–694.
- Barroso, G.M., Amorim, M.P., Peixoto, A.L., Ichaso, C.L.F., 1999. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas, ... Universidade Federal de ... Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Bonvissuto, G.L., Busso, C.A., 2007. Seed rain in and between vegetation patches in arid Patagonia, Argentina. *Phyton (B. Aires)*. 76, 47–54.
- Borchert, R., 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* 75, 1437–1449.
- Bowen, M.E., McAlpine, C. a., House, A.P.N., Smith, G.C., 2007. Regrowth forests on abandoned agricultural land: A review of their habitat values for recovering forest fauna. *Biol. Conserv.* 140, 273–296.
- Bronstein, J.L., Izhaki, I., Nathan, R., Tewksbury, J.J., Spiegel, O., Lotan, A., Altstein, O., 2007. Fleshy-Fruited plants and frugivores in Desert ecosystems, in: Dennis, A.J., Schupp, E.W., Green, R.J., Westcott, D.A. (Eds.), *Seed dispersal theory and its application in a changing world*. CAB International Press, London, pp. 148–177.
- Brooks, T.M., Mittermeier, R. a., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G. a. B., Rylands, A.B., Konstant, W.R., Flick, P., Pilgrim, J., Oldfield, S., Magin, G., Hilton-Taylor, C., 2002. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conserv. Biol.* 16, 909–923.
- Bullock, S.H., 1995. Plant reproduction in neotropical dry forest, in: Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E. (Eds.), *Seasonally dry tropical forest*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 277–303.
- Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E., 1995. *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Burgos, A., Maass, J.M., 2004. Vegetation change associated with land-use in tropical dry forest areas of Western Mexico. *Agric. Ecosyst. Environ.* 104, 475–481.
- Caetano, S., Prado, D., Pennington, R.T., Beck, S., Oliveira-Filho, a, Spichiger, R., Naciri, Y., 2008. The history of seasonally dry tropical forests in eastern South America: inferences from the genetic structure of the tree *Astronium urundeuva* (Anacardiaceae). *Mol. Ecol.* 17, 3147–59.
- Carrière, S.M., Letourmy, P., McKey, D.B., 2002. Effects of remnant trees in fallows on diversity and structure of forest regrowth in a slash-and-burn agricultural system in southern Cameroon. *J. Trop. Ecol.* 18, 375–396.
- Ceccon, E., Hernández, P., 2009. Seed rain dynamics following disturbance exclusion in a secondary tropical dry forest in Morelos, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 57, 257–69.
- Ceccon, E., Huante, P., 2006. Abiotic factors influencing tropical dry forests regeneration. *Brazilian Arch. Biol.* 49, 305–312.

- Chazdon, R.L., 2003. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 6, 51–71.
- Chazdon, R.L., Letcher, S.G., van Breugel, M., Martínez-Ramos, M., Bongers, F., Finegan, B., 2007. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 362, 273–89.
- Colón, S.M., Lugo, A.E., 2006. Recovery of a subtropical dry forest after abandonment of different land uses. *Biotropica* 38, 354–364.
- Cubina, A., Aide, T.M., 2001. The Effect of Distance from Forest Edge on Seed Rain and Soil Seed Bank in a Tropical Pasture. *Biotropica* 33, 260–267.
- Dirzo, R., Raven, P.H., 2003. Global state of biodiversity and loss. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 28, 137–167.
- Dirzo, R., Young, H.S., Mooney, H.A., Ceballos, G., 2011. *Seasonally dry tropical forests: ecology and conservation*. Island Press, Washington DC.
- Donald, R., Drake, D.R., 1998. Relationships among the seed rain, seed bank and vegetation of a Hawaiian forest. *J. Veg. Sci.* 9, 103–112.
- Dungan, R.J., Norton, D.A., Duncan, R.P., 2001. Seed rain in successional vegetation, Port Hills Ecological District, New Zealand. *New Zeal. J. Bot.* 39, 115–124.
- Eriksson, O., 2000. Seed dispersal and colonization ability of plants — Assessment and implications for conservation. *Folia Geobot.* 35, 115–123.
- García-Núñez, C., Azócar, A., Silva, J.F., 2001. Seed production and soil seed bank in three evergreen woody species from a neotropical savanna. *J. Trop. Ecol.* 17, 563–576.
- Griscom, H.P., Ashton, M.S., 2011. Restoration of dry tropical forests in Central America: A review of pattern and process. *For. Ecol. Manage.* 261, 1564–1579.
- Griscom, H.P., Griscom, B.W., Ashton, M.S., 2009. Forest Regeneration from Pasture in the Dry Tropics of Panama: Effects of Cattle, Exotic Grass, and Forested Riparia. *Restor. Ecol.* 17, 117–126.
- Griz, L.M.S., Machado, I.C.S., 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *J. Trop. Ecol.* 17, 303–321.
- Guariguata, M.R., 2000. Seed and seedling ecology of tree species in neotropical secondary forests: management implications. *Ecol. Appl.* 10, 145–154.
- Guariguata, M.R., Ostertag, R., 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *For. Ecol. Manage.* 148, 185–206.
- Holl, K.D., 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotropica* 31, 229–242.

- Hopfensperger, K.N., 2007. A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. *Oikos* 116, 1438–1448.
- Howe, H.F., Miriti, M.N., 2004. When seed dispersal matters. *Bioscience* 54, 651.
- Howe, H.F., Smallwood, J., 1982. Ecology of seed dispersal. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 13, 201–228.
- Jordano, P., Forget, P.-M., Lambert, J.E., Böhning-Gaese, K., Traveset, A., Wright, S.J., 2011. Frugivores and seed dispersal: mechanisms and consequences for biodiversity of a key ecological interaction. *Biol. Lett.* 7, 321–3.
- Jordano, P., Galetti, M., Pizo, M.A., Silva, W.R., 2006. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação, in: Duarte, C.F., Bergallo, H.G., Dos Santos, M.A. (Eds.), *Biologia da conservação: Essências*. Editora Rima, São Paulo, Brasil, pp. 411–436.
- Kennard, D., Gould, K., Putz, F., Fredericksen, T., Morales, F., 2002. Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. *For. Ecol. Manage.* 162, 197–208.
- Kissman, K.G., Groth, D., 1999. *Plantas infestantes e nocivas – Tomo II*, 2ª ed ed, Vasa. BAST, São Paulo, Brasil.
- Kissman, K.G., Groth, D., 2000. *Plantas infestantes e nocivas – Tomo III*, 2ª ed ed. São Paulo, Brasil.
- Lima, A.B., Rodal, M.J.N., Lins, A.C.B., 2008. Chuva de sementes em uma área de vegetação de caatinga no estado de Pernambuco. *Rodriguésia* 59, 649–658.
- Lopes, C.G.R., Ferraz, E.M.N., Castro, C.C. De, Lima, E.N. De, Santos, J.M.F.F. Dos, Santos, D.M. Dos, Araújo, E.D.L., 2012. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. *For. Ecol. Manage.* 271, 115–123.
- Lucena, R.F.P., de Lima Araújo, E., de Albuquerque, U.P., 2007. Does the local availability of woody caatinga plants (Northeastern Brazil) Explain Their Use Value. *Econ. Bot.* 61, 347–361.
- Maia, G.N., 2004. *Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades*, 1ª Ed. ed, Maia, G. N. D&Z, São Paulo, Brasil.
- Mamede, M.A., Araújo, F.S. de, 2008. Effects of slash and burn practices on a soil seed bank of caatinga vegetation in Northeastern Brazil. *J. Arid Environ.* 72, 458–470.
- Markl, J.S., Schleuning, M., Forget, P.M., Jordano, P., Lambert, J.E., Traveset, A., Wright, S.J., Böhning-Gaese, K., 2012. Meta-analysis of the effects of human disturbance on seed dispersal by animals. *Conserv. Biol.* 1–10.

- Martínez-Garza, C., Osorio-Beristain, M., Valenzuela-Galván, D., Nicolás-Medina, A., 2011. Intra and inter-annual variation in seed rain in a secondary dry tropical forest excluded from chronic disturbance. *For. Ecol. Manage.* 262, 2207–2218.
- Maza-Villalobos, S., Balvanera, P., Martínez-Ramos, M., 2011. Early regeneration of tropical dry forest from abandoned pastures: Contrasting chronosequence and dynamic approaches. *Biotropica* 43, 666–675.
- Medina, E., 1995. Diversity of life forms of higher plants in neotropical dry forest, in: Mooney, H.A., Bullock, S.H., Medina, E. (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forest*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 221–242.
- Nathan, R., Schurr, F.M., Spiegel, O., Steinitz, O., Trakhtenbrot, A., Tsoar, A., 2008. Mechanisms of long-distance seed dispersal. *Trends Ecol. Evol.* 23, 638–47.
- Oliveira, R.L.C., Lins Neto, E.M.F., Araújo, E.L., Albuquerque, U.P., 2007. Conservation priorities and population structure of woody medicinal plants in an area of caatinga vegetation (Pernambuco State, NE Brazil). *Environ. Monit. Assess.* 132, 189–206.
- Van der Pijl, L., 1982. *Principles of dispersal in higher plants*, 3rd ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Reis, A.M.S., Araújo, E.L., Ferraz, E.M.N., Moura, A.N., 2006. Inter-annual variations in the floristic and population structure of an herbaceous community of “caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil. *Rev. Bras. Botânica* 29, 497–508.
- Rotenberg, E., Yakir, D., 2010. Contribution of semi-arid forests to the climate system. *Science* 327, 451–4.
- Safriel, U., Adeel, Z., Niemeijer, D., Puigdefabregas, J., White, R., Lal, R., Winslow, M., Prince, S., Archer, E., King, C., Shapiro, B., Wessels, K., Nielsen, T., Portnov, B., Reshef, I., Lachman, E., McNab, D., El-kassas, M., Ezcurra, E., 2005. Dryland Systems, in: Assessment, M.E. (Ed.), *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends*. World Resources Institute, Washington, DC, pp. 623–662.
- Santos, J.M.F.F., Santos, D.M., Lopes, C.G.R., Silva, K. a, Sampaio, E.V.S.B., Araújo, E.L., 2013. Natural regeneration of the herbaceous community in a semiarid region in Northeastern Brazil. *Environ. Monit. Assess.*
- Schupp, E.W., Jordano, P., Gómez, J.M., 2010. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytol.* 188, 333–53.
- Selwyn, M.A., Parthasarathy, N., 2006. Reproductive traits and phenology of plants in tropical dry evergreen forest on the Coromandel Coast of India. *Biodivers. Conserv.* 15, 3207–3234.
- Selwyn, M.A., Parthasarathy, N., 2007. Fruiting phenology in a tropical dry evergreen forest on the Coromandel coast of India in relation to plant life-forms, physiognomic groups, dispersal modes, and climatic constraints. *Flora - Morphol. Distrib. Funct. Ecol. Plants* 202, 371–382.

- Silva, K.A., Santos, D.M., Santos, J.M.F.F., Albuquerque, U.P., Ferraz, E.M.N., Araújo, E. de L., 2013. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecologica* 46, 25–32.
- Souza, J.T., 2010. Chuva de sementes em área abandonada após cultivo próxima a um fragmento preservado de caatinga em Pernambuco, Brasil.
- Souza, J.T., Ferraz, E.M.N., Albuquerque, U.P., Araújo, E.L., 2013. Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate? *Plant Biol.* n/a–n/a.
- Staggemeier, V.G., Galetti, M., 2007. Impacto humano afeta negativamente a dispersão de sementes de frutos ornitocóricos: uma perspectiva global. *Rev. Bras. Ornitol.* 15, 281–287.
- Statsoft, I., 2004. Statistica: data analysis software system.
- Toby Pennington, R., Prado, D.E. DE, Pendry, C.A., Pennington, R.T., 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *J. Biogeogr.* 27, 261–273.
- Wijdeven, S.M.J., Kuzee, M.E., 2000. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. *Restor. Ecol.* 8, 414–424.
- Zar, J.H., 1996. Biostatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey.

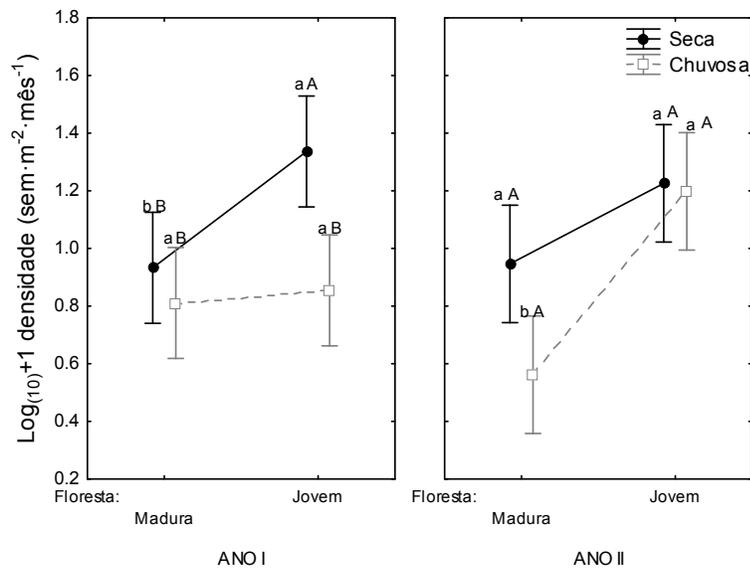


Figura 1. Log<sub>(10)</sub>+1 da densidade da chuva de sementes em estações climáticas (seca e chuvosa); entre anos (I e II) e entre florestas (madura e jovem) em caruaru, Pernambuco, Brasil. Barras verticais representam intervalo de confiança de 95%. Letras minúsculas iguais denotam ausência de diferenças significativas (teste de Tukey) entre as florestas e dentro de uma mesma estação e ano. Letras maiúsculas iguais denotam ausência de diferenças significativas entre as estações climáticas e dentro de uma mesma floresta.

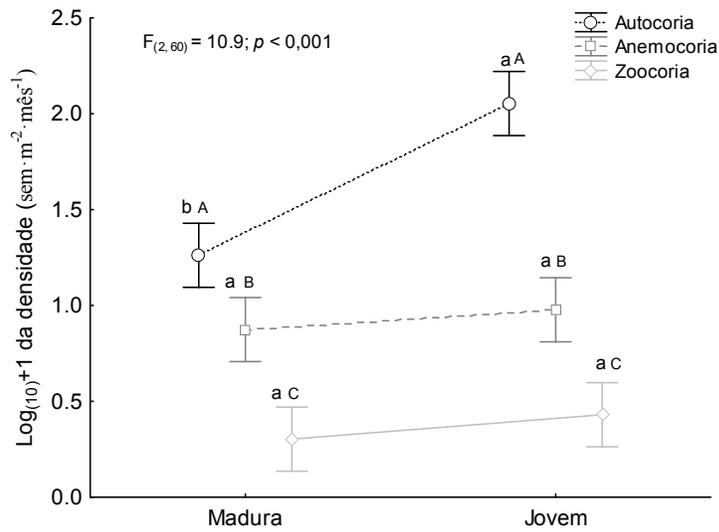


Figura 2. Log<sub>(10)</sub>+1 da densidade da chuva de sementes entre os modos de dispersão (autocoria, anemocoria e zoocoria) e entre as florestas (madura e jovem) em caruaru, Pernambuco, Brasil. Barras verticais representam intervalo de confiança de 95%. Letras minúsculas iguais denotam ausência de diferenças significativas (teste de Tukey) entre as florestas e dentro de um mesmo modo de dispersão. Letras maiúsculas iguais denotam ausência de diferenças significativas entre os modos de dispersão dentro de uma mesma floresta.

Tabela 1. Espécies, famílias, modos de dispersão (autocoria, anemocoria e zoocoria) e densidade ( $\text{sem}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mês}^{-1}$ ) por espécie e total da chuva de sementes da floresta madura, Caruaru, Pernambuco Brasil.

<b>Espécies</b>	<b>Famílias</b>	<b>Modos de dispersão</b>	<b>Densidade</b>
<i>Acacia paniculata</i>	Fabaceae	Autocoria	0,65
<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	Anemocoria	0,08
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Fabaceae	Autocoria	0,27
<i>Bauhinia cheilantha</i>	Fabaceae	Autocoria	0,26
Bignoniaceae 1	Bignoniaceae	Anemocoria	0,03
<i>Caesalpinia leiostachya</i>	Fabaceae	Autocoria	0,01
<i>Capsicum</i> sp.	Solanaceae	Zoocoria	0,40
<i>Cardiospermum</i> sp.	Sapindaceae	Anemocoria	0,02
<i>Centrosema brasilianum</i>	Fabaceae	Autocoria	0,27
<i>Centrosema sagittatum</i>	Fabaceae	Autocoria	0,10
<i>Cnidocolus urens</i>	Euphorbiaceae	Autocoria	0,03
<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Anemocoria	2,05
<i>Combretum</i> sp.	Combretaceae	Anemocoria	0,25
<i>Commiphora leptophloeos</i>	Burseraceae	Zoocoria	0,09
<i>Cordia trichotoma</i>	Boraginaceae	Anemocoria	0,04
<i>Coutarea hexandra</i>	Rubiaceae	Anemocoria	0,01
<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	Autocoria	8,87
<i>Croton rhamnifolius</i>	Euphorbiaceae	Autocoria	0,08
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Poaceae	Anemocoria	0,03
<i>Dalechampia scandens</i>	Euphorbiaceae	Autocoria	0,51
<i>Delilia biflora</i>	Asteraceae	Anemocoria	0,05
<i>Desmodium glabrum</i>	Fabaceae	Anemocoria	0,02
<i>Digitaria insulares</i>	Poaceae	Anemocoria	0,25
<i>Dioscorea cf. bemarivensis</i>	Dioscoriaceae	Anemocoria	0,02
<i>Eclipta alba</i>	Asteraceae	Anemocoria	0,01
<i>Guapira laxa</i>	Nyctaginaceae	Zoocoria	0,22
<i>Herisantia crispa</i>	Malvaceae	Anemocoria	0,04
<i>Heteropterys</i> sp.	Malpighiaceae	Anemocoria	1,36
<i>Lantana câmara</i>	Verbenaceae	Zoocoria	0,14
<i>Lippia alba</i>	Verbenaceae	Autocoria	1,56
<i>Phthirusa ovata</i>	Loranthaceae	Zoocoria	0,02
<i>Macroptilium lathyroides</i>	Fabaceae	Autocoria	0,21
Malvaceae 1	Malvaceae	Autocoria	0,17
<i>Maprounea guinensis</i>	Euphorbiaceae	Autocoria	0,77
<i>Merremia</i> sp.	Convolvulaceae	Anemocoria	0,09
<i>Mimosa arenosa</i>	Fabaceae	Autocoria	8,09
<i>Myracondruon urundeuva</i>	Anacardiaceae	Anemocoria	11,78
<i>Pappophorum pappiferum</i>	Poaceae	Anemocoria	0,01
<i>Phaseolus</i> sp.	Fabaceae	Autocoria	0,02
<i>Piptadenia stipulaceae</i>	Fabaceae	Autocoria	2,52
<i>Pithecoctenium echinatum</i>	Bignoniaceae	Anemocoria	0,08
<i>Poincianella pyramidalis</i>	Fabaceae	Autocoria	0,44
<i>Ptilochaeta bahiensis</i>	Malpighiaceae	Anemocoria	3,31

(continuação)

<b>Espécies</b>	<b>Famílias</b>	<b>Modos de dispersão</b>	<b>Densidade</b>
<i>Ruellia asperula</i>	Acanthaceae	Autocoria	0,62
<i>Ruellia banhensis</i>	Acanthaceae	Autocoria	0,10
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	Anacardiaceae	Anemocoria	0,08
<i>Sebastiania jacobinensis</i>	Euphorbiaceae	Autocoria	0,08
<i>Sidastrum micranthum</i>	Malvaceae	Zoocoria	0,43
<i>Tabebuia</i> sp.	Bignoniaceae	Anemocoria	0,08
<i>Tilandsia loliacea</i>	Bromeliaceae	Anemocoria	0,07
<i>Tournefortia rubicunda</i>	Boraginaceae	Zoocoria	0,41
<i>Tragia volubilis</i>	Euphorbiaceae	Autocoria	0,01
<i>Uroclhoa maxima</i>	Poaceae	Anemocoria	0,17
<i>Uroclhoa</i> sp.	Poaceae	Anemocoria	0,01
<i>Vigna</i> sp.	Fabaceae	Autocoria	0,05
<i>Wissadula contracta</i>	Malvaceae	Autocoria	0,03
Morfoespécie 1	-	-	0,56
Morfoespécie 2	-	-	0,21
Morfoespécie 3	-	-	2,79
Morfoespécie 5	-	-	0,28
Morfoespécie 6	-	-	0,41
Morfoespécie 7	-	-	0,03
Morfoespécie 8	-	-	0,02
Morfoespécie 9	-	-	0,02
Morfoespécie 11	-	-	0,03
Morfoespécie 12	-	-	0,68
Morfoespécie 13	-	-	0,01
Morfoespécie 14	-	-	0,01
<b>TOTAL</b>			<b>52,3</b>

Tabela 2. Espécies, famílias, modos de dispersão (autocoria, anemocoria e zoocoria) e densidade (sem·m<sup>-2</sup>·mês<sup>-1</sup>) por espécie e total da chuva de sementes da floresta jovem, Caruaru, Pernambuco Brasil.

<b>Espécies</b>	<b>Famílias</b>	<b>Modos de dispersão</b>	<b>Densidade</b>
<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	Anemocórica	1,46
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Fabaceae	Autocórica	0,77
<i>Bauhinia cheilantha</i>	Fabaceae	Autocórica	0,14
<i>Bidens bipinnata</i>	Asteraceae	Zoocórica	0,02
Bignoniaceae 1	Bignoniaceae	Anemocórica	0,36
<i>Caesalpinia leiostachya</i>	Fabaceae	Autocórica	0,18
<i>Cardiospermum</i> sp.	Sapindaceae	Anemocórica	0,02
<i>Centrosema brasilianum</i>	Fabaceae	Autocórica	1,19
<i>Centrosema sagittatum</i>	Fabaceae	Autocórica	0,02
<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Anemocórica	0,02
<i>Combretum</i> sp.	Combretaceae	Anemocórica	0,02
<i>Cordia trichotoma</i>	Boraginaceae	Anemocórica	0,02
<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	Autocórica	0,86
<i>Croton rhamnifolius</i>	Euphorbiaceae	Autocórica	9,41
<i>Dalechampia scandens</i>	Euphorbiaceae	Autocórica	4,55
<i>Delilia biflora</i>	Asteraceae	Anemocórica	1,20
<i>Desmodium glabrum</i>	Fabaceae	Anemocórica	1,32
<i>Digitaria insulares</i>	Poaceae	Anemocórica	0,16
<i>Eclipta alba</i>	Asteraceae	Anemocórica	0,19
<i>Euphorbia insulana</i>	Euphorbiaceae	Autocórica	0,33
Fabaceae 2	Fabaceae	Autocórica	0,02
<i>Gomprena vaga</i>	Amaranthaceae	Zoocórica	0,04
<i>Guapira laxa</i>	Nyctaginaceae	Zoocórica	0,08
<i>Herisantia crispa</i>	Malvaceae	Anemocórica	0,29
<i>Indigofera suffruticosa</i>	Fabaceae	Autocórica	0,24
<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	Zoocórica	0,15
<i>Lippia alba</i>	Verbenaceae	Autocórica	0,13
<i>Macroptilium lathyroides</i>	Fabaceae	Autocórica	56,96
Malvaceae 1	Malvaceae	Autocórica	0,02
<i>Mascagnia sepium</i>	Malpighiaceae	Anemocórica	0,04
<i>Mimosa arenosa</i>	Fabaceae	Autocórica	79,58
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Anacardiaceae	Anemocórica	0,44
<i>Nicandra physaloides</i>	Solanaceae	Zoocórica	0,04
<i>Pappophorum pappiferum</i>	Poaceae	Anemocórica	1,82
<i>Phaseolus</i> sp.	Fabaceae	Autocórica	0,04
<i>Phthirusa ovata</i>	Loranthaceae	Zoocórica	0,30
<i>Piptadenia stipulaceae</i>	Fabaceae	Autocórica	4,03
Poaceae 1	Poaceae	Anemocórica	0,14
<i>Poincianella pyramidalis</i>	Fabaceae	Autocórica	0,22
<i>Pseudoabutilon spicatum</i>	Malvaceae	Autocórica	0,03

(continuação)

<b>Espécies</b>	<b>Famílias</b>	<b>Modos de dispersão</b>	<b>Densidade</b>
<i>Ptilochaeta bahiensis</i>	Malpighiaceae	Anemocórica	0,05
<i>Ruelia asperula</i>	Acanthaceae	Autocórica	0,43
<i>Ruellia banhensis</i>	Acanthaceae	Autocórica	0,08
<i>Sapium lanceolatum</i>	Euphorbiaceae	Autocórica	0,01
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	Anacardiaceae	Anemocórica	0,94
<i>Sida rhombifolia</i>	Malvaceae	Zoocórica	0,12
<i>Sidastrum micranthum</i>	Malvaceae	Zoocórica	0,98
<i>Stylosanthes scabra</i>	Fabaceae	Zoocórica	0,17
<i>Tabebuia</i> sp.	Bignoniaceae	Anemocórica	0,03
<i>Tilandsia loliacea</i>	Bromeliaceae	Anemocórica	0,02
<i>Tournefortia rubicunda</i>	Boraginaceae	Zoocórica	0,33
<i>Tragia volubilis</i>	Euphorbiaceae	Autocórica	0,05
<i>Uroclhoa maxima</i>	Poaceae	Anemocórica	7,48
<i>Uroclhoa</i> sp.	Poaceae	Anemocórica	0,40
<i>Wissadula contracta</i>	Malvaceae	Autocórica	0,53
Morfoespécie 1	-	-	1,18
Morfoespécie 2	-	-	0,11
Morfoespécie 3	-	-	3,85
Morfoespécie 5	-	-	0,14
Morfoespécie 6	-	-	0,02
Morfoespécie 7	-	-	0,02
Morfoespécie 9	-	-	4,97
Morfoespécie 10	-	-	0,01
Morfoespécie 15	-	-	0,03
<b>TOTAL</b>			<b>188,7</b>

Tabela 3. Análise de variância de medidas repetidas da riqueza de espécies e densidade de sementes por dois anos (2010 - 2012), duas idades de floresta (madura e jovem), duas estações climáticas (seca e chuvosa), três modos de dispersão (autocoria, anemocoria e zoocoria) e suas interações na chuva de sementes das florestas madura e jovem, Caruaru, Pernambuco, Brasil.

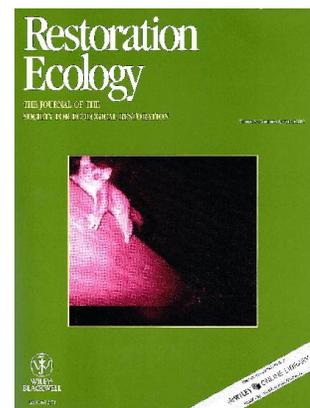
<b>Fator(g)</b>	<b>Riqueza</b>		<b>Densidade</b>	
	<b>F</b>	<b>p</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Idade <sub>(1)</sub>	2.41	0.13	24.95	0.00
Estação <sub>(1)</sub>	25.53	0.00	13.88	0.00
Modos de dispersão <sub>(2)</sub>	46.14	0.00	120.15	0.00
Idade*Estação <sub>(1)</sub>	0.32	0.58	0.00	0.99
Idade*Modos de dispersão <sub>(2)</sub>	0.07	0.94	10.93	0.00
Estação*Modos de dispersão <sub>(2)</sub>	2.10	0.13	1.94	0.15
Idade*Estação*Modos de dispersão <sub>(2)</sub>	0.64	0.53	1.67	0.20
Error <sub>(60)</sub>				
Ano <sub>(1)</sub>	1.00	0.32	0.00	0.99
Ano*Idade <sub>(1)</sub>	2.44	0.12	2.65	0.11
Ano*Estação <sub>(2)</sub>	14.48	0.00	0.44	0.51
Ano*Modos de dispersão <sub>(2)</sub>	0.74	0.48	1.77	0.18
Ano*Idade*Estação <sub>(1)</sub>	0.04	0.84	6.21	0.02
Ano*Idade*Modos de dispersão <sub>(2)</sub>	0.56	0.57	1.10	0.34
Ano*Estação*Modos de dispersão <sub>(2)</sub>	0.05	0.95	0.66	0.52
Ano*Idade*Estação*Modos de dispersão <sub>(2)</sub>	0.84	0.44	0.16	0.85
Error <sub>(60)</sub>				

## CAPÍTULO 3

---

**Sucesso ou fracasso: dinâmica de saída de sementes do banco do solo em florestas jovem e madura de ambientes semiáridos**

**Manuscrito a ser submetido ao periódico: RESTORATION ECOLOGY**



**QUALIS = A2**

**FATOR DE IMPACTO= 1.93**

**Sucessos ou fracasso: dinâmica de saída de sementes do banco do solo em florestas  
jovem e madura de ambientes semiáridos**

Jefferson Thiago Souza<sup>1,3</sup>; Ulysses Paulino de Albuquerque<sup>2</sup> e Elcida de Lima Araújo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Botânica, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

<sup>2</sup> Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Área de Botânica, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco

<sup>3</sup>Autor para correspondência. E-mail: jeff-thiago@hotmail.com

**Manuscrito a ser enviado Restoration Ecology**

## Resumo

Objetivou-se investigar o efeito da idade de florestas, sazonalidade climática e deposição superficial e profunda no sucesso e fracasso na saída de sementes do banco do solo. O estudo foi realizado em uma floresta jovem e uma floresta madura em ambiente semiárido. Sementes de três espécies lenhosas foram colocadas em sacos de malha e dispostas na superfície ou enterradas no solo (0-5 cm), nas estações seca e chuvosa e monitoradas mensalmente, quanto ao sucesso (germinação) e fracassos (predação, ataque de patógeno e dessecação) na saída do banco do solo. O fracasso na saída de sementes de *M. arenosa* sofreu efeito significativo apenas da idade da floresta ( $F= 18,6$ ;  $GL= 1$ ;  $p< 0,001$ ), sendo na estação chuvosa. Para *C. blanchetianus*, a idade das florestas não influenciou o fracasso na saída do banco, mas a sazonalidade ( $F= 4,85$ ;  $GL= 1$ ;  $p= 0,03$ ) e a deposição influenciaram ( $F= 4,6$ ;  $GL= 1$ ;  $p< 0,03$ ), com maior fracasso em sementes enterradas na estação seca. A sazonalidade afetou o sucesso na saída de sementes do banco do solo de *M. arenosa* ( $F= 4,09$ ;  $GL= 1$ ;  $p= 0,04$ ) e *C. blanchetianus* ( $F= 4,85$ ;  $GL= 1$ ;  $p= 0,03$ ), sendo maior na estação chuvosa para *M. arenosa* e na seca para *C. blanchetianus*. Ambos os fracassos e sucessos na saída de sementes de *P. stipulacea* não foram influenciados pela idade das florestas, a sazonalidade climática e a deposição em relação ao solo, não influenciaram significativamente o fracasso na saída de sementes do banco do solo.

Palavras-Chave: Caatinga; Germinação, Predação, Regeneração, Semiárido

## Introdução

A conversão de florestas em áreas de agricultura, com posterior abandono, tem levado à formação de áreas de vegetação secundária (Dirzo & Raven 2003; Letcher & Chazdon 2009; Lopes et al. 2012), cuja regeneração depende da disponibilidade de sementes para o recrutamento de novos indivíduos (Ceccon & Hernández 2009; Honek et al. 2009).

As semente podem estar no banco de sementes do solo ou chegar na área através da chuva de sementes (Holtzapfel et al. 1993; Holl et al. 2000; Cubina & Aide 2001; Souza et al. 2013), renovando o estoque do banco do solo. A saída da semente do banco do solo pode

ocorrer por diferentes vias, mas só a germinação possibilita chance de renovação das populações. As saídas de sementes por meio de predação, ataque de patógenos, senescência e dessecação resultam no fracasso do recrutamento (González-Rivas et al. 2009; Griscom & Ashton 2011). Todas as vias de saída de sementes do banco do solo podem ser afetadas por ações antropogênicas que podem alterar o processo de predação, as doenças e a germinação das sementes (Mamede & Araújo 2008; Ekeleme et al. 2000).

Outro fator que influencia a saída de sementes do banco do solo é a deposição das sementes na superfície ou em diferentes profundidades do solo (Wijdeven & Kuzee 2000). Sementes profundamente enterradas podem não conseguir germinar devido a pouca entrada de luz ou germinar sem que as plântulas consigam crescer o suficiente para emergir do solo (González-Rivas et al. 2009). Sementes mais superficiais ficam mais expostas aos fatores ambientais e interações com animais e doenças (Honek et al. 2009). Grande parte dos estudos aponta que camadas de solo mais profundas apresentam mais sementes que camadas superficiais, não sendo ainda totalmente elucidado o papel da estratificação vertical das sementes, principalmente em florestas secas (Donald & Drake 1998; Du et al. 2007; Mamede & Araújo 2008).

Em florestas maduras de ambientes secos, a forte sazonalidade climática induz diferentes respostas na maioria dos processos ecológicos, incluindo a dinâmica do banco de sementes do solo (Bullock 1995; Pennington et al. 2009; Silva et al. 2013). Alguns estudos apontam um número maior de germinação de sementes na estação seca (García-Núñez et al. 2001), enquanto outros apontam número maior de germinação de sementes na estação chuvosa (Cubina & Aide 2001; Santos et al. 2013ab). Todavia, em florestas jovens, que voltam a se reestabelecer em áreas de agricultura abandonada dos ambientes semiáridos, ainda não se sabe como se comporta a dinâmica de saída de sementes do banco do solo (Griscom & Ashton 2011), impossibilitando avaliar a contribuição do banco de sementes para resiliências de áreas antropogênicas que vêm aumentando assustadoramente no mundo inteiro.

As florestas jovens diferem de maduras quanto abertura de dossel, espaços vazios, condições microclimáticas e outros fatores que potencialmente possam afetar a dinâmica do banco de sementes do solo (José et al. 1992; Holtzapfel et al. 1993; Souza et al. 2013), a qual tende ser mais intensa na estação climática de maior disponibilidade de água (Honek et al. 2009). Além disso, também existem evidências de que sementes sobre o solo são mais expostas à luminosidade, dessecação, temperatura elevada e interações com predadores (Honek et al. 2009). Assim, para ambientes semiáridos, com forte sazonalidade na precipitação e ocorrência de sementes nas diferentes camadas do solo hipotetizamos que 1) A

idade da floresta influencie a dinâmica de sementes do banco do solo, com maiores saídas de sementes no banco do solo da floresta jovem. 2) A deposição de sementes afete a dinâmica de sementes do banco do solo independentemente da idade da floresta, com maior saída das sementes depositadas sobre o solo e 3) A sazonalidade climática atue na dinâmica de sementes do banco do solo, havendo maior saída de sementes na estação chuvosa independentemente da idade da floresta.

## Material e métodos

### *Área de estudo*

O estudo foi desenvolvido na região nordeste do Brasil, mas especificamente em áreas da Estação experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA (08°14'18"S e 35°55'20"W), localizadas no município de Caruaru, Pernambuco. O clima local é do tipo Bsh semiárido, com temperaturas que variam entre 11 e 38 °C. A média histórica anual da precipitação (1983 - 2012) é de 682,1 mm e são concentradas em sua maioria (cerca de 80%) na estação chuvosa, que vai de março a agosto. Já os períodos secos, que ocorrem entre setembro e fevereiro, frequentemente pode apresentar ausência completa de precipitação (Estação Meteorológica do IPA). Os solos são do tipo Podzólico amarelo eutrófico, com textura franco-arenosa (Alcoforado-Filho et al. 2003).

Na estação experimental, existem duas áreas de vegetação seca do tipo caatinga, ambas isoladas na paisagem por áreas de cultivo e separadas entre si por um estreito corredor de 3 m de largura. A primeira área é uma floresta madura, com aproximadamente 30 ha e mais de 50 anos sem registros de corte e retirada completa da vegetação. A floresta madura possui cerca de 174 espécies vegetais e apresenta árvores com altura média em torno de 5m (Alcoforado-Filho et al. 2003; Araújo et al. 2005; Reis et al. 2006; Oliveira et al. 2007; Lucena et al. 2007).

Um trecho desta floresta madura foi submetido à corte raso em 1994 para implantação de um cultivo de palma (*Opuntia ficus-indica*), sem uso de fertilizantes, pesticidas ou fogo. Após o plantio o cultivo foi abandonado e vem se regenerando naturalmente, constituindo-se a segunda área deste estudo que hoje abriga uma jovem floresta, a qual não sofreu novas intervenções antrópicas. A floresta jovem apresenta uma riqueza de 116 espécies vegetais,

sem um dossel formado, com muitas clareiras, plantas jovens e alguns indivíduos de *Opuntia* que sobreviveram (Lopes et al. 2012; Santos et al. 2013; Souza et al. 2013).

### *Espécies selecionadas*

Para o estudo foram selecionadas três espécies: *Croton blanchetianus* Baill., *Mimosa arenosa* (Willd.) Poir. e *Piptadenia stipulaceae* (Benth.) Duckee. Os critérios de seleção das espécies foram: ocorrência nas florestas madura e jovem, rápida colonização, elevada abundância de indivíduos e alta produção e dispersão de diásporos.

*Croton blanchetianus* Baill. (Euphorbiaceae) é um arbusto lenhoso que pode atingir cerca de 4 m de altura e 15 cm de diâmetro (Alcoforado-Filho et al. 2003). Possui frutos do tipo cápsulas, com sementes possuindo uma carúncula e polimorfismo em relação à forma, cor e tamanho (Machado et al. 1997; Araújo 1998; Leal et al. 2007). Apresenta dispersão primária do tipo balística e dispersão secundária por mirmecocoria, que vai da estação chuvosa até o início da estação seca (Machado et al. 1997; Araújo 1998; Leal et al. 2007; Souza et al. 2013). Sua reprodução pode ser sexuadamente ou assexuadamente (propagação vegetativa e/ou agamospermia), produzindo sementes viáveis. As sementes apresentam dormência e germinam no início da chuva do ano posterior a sua liberação (Araújo 1998).

*Mimosa arenosa* (Willd.) Poir. (Fabaceae) é um arbusto de ampla ocorrência na região das caatingas, principalmente locais antropogênicos, devido à sua alta capacidade de rebrota e consequente ocupação dos espaços. Apresenta altura média de 4,5 m, fruto do tipo craspédio, marrom escuro, com 5 a 8 sementes ovóides marrons (Silva & Sales 2008). Seus diásporos são autocóricos e dispersos na estação seca, com maior pico no meio desta estação (Souza et al. 2013).

*Piptadenia stipulaceae* (Benth.) Duckee (Fabaceae) é uma árvore bastante frequente em áreas de caatinga. Possui fruto do tipo legume, deiscente, de coloração marrom-clara, disperso na estação seca (Silva & Rodal 2009; Souza et al. 2013).

### *Desenho experimental*

A entrada de sementes no banco do solo foi simulada com a finalidade de estimar a dinâmica de saída de sementes em florestas madura e jovem. Considerou-se como sucessos as

sementes que saiam do banco do solo via germinação através da emergência da radícula (Ferreira e Borghetti, 2004). Como saída do banco e fracasso para a regeneração da floresta, foram considerados as seguintes vias: 1) ataque de patógeno - presença de contaminação por fungos, mesmo que estes não levassem a morte do embrião; 2) Dessecação – redução visual do tamanho da semente, com evidente aspecto de murcha e sem aberturas no seu tegumento e 3) Predação por pequenos invertebrados – sementes com danos ou desaparecidas.

As sementes utilizadas neste experimento foram coletadas de 50 plantas de cada espécie de uma só vez, sendo 25 plantas da floresta madura e 25 da floresta jovem, de modo a abranger uma boa variabilidade genética (Bracalioni et al. 2009). Para reduzir os riscos de coletar indivíduos geneticamente semelhantes e provenientes de propagação vegetativa, as plantas selecionadas estavam a distâncias mínimas de 20 m. Com auxílio de lupa estereoscópica as sementes sadias foram separadas das que apresentavam orifícios ou que estivessem mal formadas.

Um total de 1200 sementes sadias por espécie de cada floresta, sendo 48 sementes de cada planta selecionada, foi estocado em saco de papel até início do experimento. Para avaliar a dinâmica do banco de sementes do solo das florestas, em cada estação climática (chuvosa e seca) as sementes de cada espécie foram aleatoriamente separadas em lotes de 10, colocadas separadamente em sacos de malha, com 1 mm<sup>2</sup> de abertura e 15 x 10 cm, lacrados com abraçadeiras de plástico e dispostos aos pares no interior de 30 parcelas de 1 m<sup>2</sup>, estabelecidas aleatoriamente em cada floresta, sendo 15 sacos colocados na superfície do solo e 15 enterrados a 5cm de profundidade em cada parcela, totalizando 300 sementes por espécie.

Uma vez por mês, durante um ano, todos os sacos foram monitorados, contando-se as saídas do banco solo via germinação (representando sucesso para regeneração), ou via ataque de patógeno, dessecação ou predação por invertebrados (fracasso para regeneração). As sementes com sucesso ou fracasso foram retiradas e as restantes foram recolocadas nos sacos, que foram fechados e recolocados no ponto em que estavam.

### *Análise de dados*

Para investigar os efeitos da idade da floresta, deposição e sazonalidade climática na dinâmica de sucessos e fracassos na saída de sementes do banco do solo de espécies lenhosas, foram utilizados análise de variância multifatorial (ANOVA), sendo usados como variáveis preditoras: idade da floresta com dois níveis (jovem e madura), deposição de sementes com

dois níveis (superficial e solo 0-5 cm) e sazonalidade climática com dois níveis (chuvosa e seca). Como variáveis respostas foram utilizados o número de sementes saídas por vias de sucesso (germinação) ou de fracasso (predação, ataque de patógeno e dessecação) para cada espécie separadamente. Todas as análises foram realizadas no Statistica 7.0 (Statsoft 2004).

## Resultados

### *Saída de sementes do banco do solo via dessecação, predação e ataque de patógenos*

As saídas de sementes do banco do solo de *M. arenosa*, negativas para regeneração das florestas, foram de 1,2% na floresta jovem e 10,2% na floresta madura (Tabela 1), com efeito significativo da idade da floresta ( $F= 18,6$ ;  $GL= 1$ ;  $p < 0,001$ ; Tabela 2) sobre a dinâmica de sementes do banco do solo. A sazonalidade climática, bem como a deposição superficial e profunda das sementes no solo não afetou significativamente as saídas negativas de sementes do banco do solo de *M. arenosa* (Tabela 2), indicando que estas variáveis não parecem funcionar como fatores que impliquem no fracasso da renovação desta população nas florestas.

Para *C. blanchetianus*, a idade das florestas não influenciou as saídas negativas de suas sementes do banco do solo (Tabela 3), mas a sazonalidade climática teve influência significativa ( $F= 4,85$ ;  $GL= 1$ ;  $p= 0,03$ ; Tabela 3), sendo maior na estação seca nas duas florestas (jovem: 3,2%; madura: 4,9%) quando comparado à estação chuvosa (jovem: 1,1%; madura: 0,2%; Tabela 1). A deposição de sementes também afetou significativamente a saída negativa de sementes de *C. blanchetianus* ( $F= 4,6$ ;  $GL= 1$ ;  $p < 0,03$ ; Tabela 3), sendo os percentuais de perdas mais elevados em sementes enterradas do que superficiais.

Para *P. stipulacea*, a idade das florestas, a sazonalidade climática e a deposição em relação ao solo, não influenciaram significativamente a saída de sementes do banco do solo por dessecação, predação ou ataque de patógenos, indicando que estas variáveis não explicam o fracasso ou insucesso da renovação dessa população (Tabela 4).

### *Saída de sementes do banco do solo via germinação*

A saída de sementes do banco do solo de *M. arenosa* via germinação sofreu efeito significativo da sazonalidade climática ( $F= 4,09$ ;  $GL= 1$ ;  $p= 0,04$ ; Tabela 2), sendo a estação chuvosa mais favorável para o sucesso da renovação dessa população. Por outro lado, a idade das florestas e a deposição da semente no solo não apresentaram efeito significativo na germinação de sementes do banco do solo de *M. arenosa* (Tabela 2).

Para *C. blanchetianus*, a ocorrência de germinação de sementes do banco foi significativamente influenciada pela sazonalidade ( $F= 4,85$ ;  $GL= 1$ ;  $p= 0,03$ ; Tabela 3), com maior sucesso da saída de sementes na estação seca. A idade da floresta e a deposição de sementes não afetaram a ocorrência de germinação em *C. blanchetianus* (Tabela 3).

A saída de sementes de *P. stipulacea* do banco solo via germinação também não foi influenciada pelos fatores idade das florestas, sazonalidade climática e deposição da semente (Tabela 4).

### Discussão

A influência da idade da floresta, estações climáticas e profundidade de deposição das sementes sobre o solo dependem da espécie considerada. A sazonalidade climática influenciou a germinação de *M. arenosa* e de *C. blanchetianus*, mostrando que variações de precipitações precisam ser consideradas para o sucesso do recrutamento dessas populações. No caso de *C. blanchetianus*, a sazonalidade também influenciou o percentual de perdas de sementes, indicando que a variável precipitação tem um papel importante na dinâmica das populações desta espécie.

A idade da floresta influenciou apenas o fracasso no recrutamento das sementes de *M. arenosa*, mas as perdas de sementes foram maiores na floresta madura, sugerindo que a idade da floresta tem um efeito tardio sobre a dinâmica do banco de sementes de algumas populações. Florestas maduras apresentam menos espaços vazios e maior cobertura de copa (Lopes et al. 2012; Souza et al. 2013) que pode promover maior sombreamento e umidade ao solo, favorecendo ao ataque de patógenos e também possibilitando mais esconderijos para que os predadores de sementes não se exponham aos seus próprios predadores (Howe & Smallwood 1982; Wijdeven & Kuzee 2000; Myster 2013).

Apesar da idade da floresta influenciar apenas a dinâmica do banco de sementes de *M. arenosa*, tais resultados permitem fazer algumas inferências sobre o efeito dos fatores analisados sobre a saída de sementes do banco do solo de espécies lenhosas de ambientes semiáridos, que experimentam efeitos das chuvas sazonais (Mamede & Araújo 2008; Silva et al. 2013), com padrões de sucesso, via emergência das sementes, ou de fracasso, devido a mortalidade da semente por vias de interação com animais e patógenos ou morte por fatores fisiológicos (Donald & Drake 1998; Du et al. 2007).

De maneira geral, o sucesso da saída via germinação tem sido relacionada à duração da estação chuvosa, pois a maioria das espécies do banco do solo germinam ao longo dessa estação (Ekeleme et al. 2000; Santos et al. 2013ab). As vias de insucesso têm mostrado diferentes tendências, às vezes com predomínio de perdas na estação chuvosa, devido ao ataque de patógenos e a predação (Holl 1999; Honek et al. 2009) e às vezes com predomínio de morte das sementes na estação seca devido à dessecação (González-Rivas et al. 2009). Tais tendências têm sido justificadas pela maior disponibilidade de predadores e patógenos na estação chuvosa e das maiores temperaturas e perda de água na estação chuvosa (Myster 2013).

A saída das sementes *C. blanchetianus* do banco do solo por germinação predominou na estação seca. Tal comportamento é o oposto dos achados que apontam maior saída do banco por germinação na estação chuvosa (Aide & Cavelier 1994; Holl et al. 2000; Buisson et al. 2006; Silva et al. 2013; Santos et al. 2013b). Contudo, vale ressaltar que *C. blanchetianus* apresenta dispersão de sementes no final da estação chuvosa e suas sementes apresentam dormência tegumentar e permanecerem no solo por toda a estação seca. Todavia, a ocorrência de chuvas erráticas dentro da estação seca pode promover a germinação desta espécie, resultando em perdas para a dinâmica da população, se as chuvas erráticas ocorrerem nos primeiros meses da estação seca, ou sucesso se as chuvas ocorrerem no final da estação seca, pois as plântulas terão mais tempo para crescer e se estabelecer na estação chuvosa subsequente. No período do estudo ocorreram chuvas durante a estação seca o que explicou a saída de sementes de *C. blanchetianus* do banco do solo nesta estação.

A ocorrência de germinação na estação seca não é fato muito incomum em ambientes semiáridos, pois as espécies vegetais investem em diferentes estratégias reprodutivas (Bullock 1995; Selwyn & Parthasarathy 2006), podendo seus diásporos serem lançados para o banco do solo na estação chuvosa, na estação seca ou na transição de estações chuvosa/seca ou seca/chuvosa (Griz & Machado 2001; Souza et al. 2013). Tais estratégias, são acompanhadas por um conjunto de características da semente que auxiliam sua sobrevivência (Araújo et al.

2007). Uma destas estratégias é a de dormência, seja exógena ou endógena, muito ocorrente em espécies que apresentam sementes dispersas no final da estação chuvosa e início da estação seca (Albuquerque et al. 2012), pois esta característica permite que as sementes presentes no solo enfrentem a estação desfavorável e no final desta e início das chuvas, possam germinar rapidamente em relação às outras espécies (González-Rivas et al. 2009).

Os resultados também apontam influência da deposição das sementes de *C. blanchetianus*, induzindo perdas mais acentuadas para as sementes enterradas. A interação com animais também pode influenciar os padrões de saída de sementes do solo de algumas populações. Como exemplo, espécies que possuem estruturas acessórias em suas sementes, como arilos e carúnculas das euforbiáceas, são frequentemente procuradas tanto na superfície, quanto no solo da floresta (Davidson & Morton 1984). Semente de *C. blanchetianus* apresentam carúncula e podem ser dispersas secundariamente por formigas (Leal et al. 2007). A presença de carúncula ou outros atrativos nas sementes são características que tende a favorecer a saída de sementes do banco do solo, seja por relocação ou mesmo predação (Dáttilo et al. 2009). Dessa forma, o fato da influência da deposição ter sido registrada apenas para *C. blanchetianus* pode ser atribuída à atratividade de recurso para as formigas da floresta que podem funcionar como seus dispersores secundários.

#### Implicações para a prática

1. O plantio de espécies como *M. arenosa*, deve ser feito em áreas de sucessão inicial, tendo em vista que os fatores que levam ao fracasso do recrutamento das sementes do banco são mais presentes com o avançar da sucessão

2. A semeadura de sementes de *C. blanchetianus* em projetos de recuperação de áreas antrópicas na vegetação da caatinga deve ser conduzida no fim do período de seca e em camadas mais superficiais do solo.

3. O elevado percentual de germinação de *P. stipulaceae* nas florestas possibilita utilizá-la na recuperação de áreas antrópicas que adotem a técnica de semeadura direta de semente.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro no projeto “Regeneração da vegetação da caatinga em áreas preservada e antropizada” pelo Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e tecnológico - CNPq/Processo: 477239/2009-9; a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES; ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA pelo apoio logístico.

## Referências bibliográficas

- Aide, T.M., & Cavelier, J. 1994. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology* 2: 219–229.
- Albuquerque, U.P. de, de Lima Araújo, E., El-Deir, A.C.A., de Lima, A.L.A., Souto, A., Bezerra, B.M., Ferraz, E.M.N., Maria Xavier Freire, E., Sampaio, E.V.D.S.B., Las-Casas, F.M.G., de Moura, G.J.B., Pereira, G.A., de Melo, J.G., Alves Ramos, M., Rodal, M.J.N., Schiel, N., de Lyra-Neves, R.M., Alves, R.R.N., de Azevedo-Júnior, S.M., Telino Júnior, W.R., & Severi, W. 2012. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *The Scientific World Journal*. doi: 10.1100/2012/205182
- Alcoforado-Filho, F.G., Sampaio, E.V. de S.B., & Rodal, M.J.N. 2003. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. *Acta Botanica Brasilica* 17: 287–303.
- Araújo, E. de L. 1998. Aspectos da dinâmica populacional em floresta tropical seca (Caatinga) no nordeste do Brasil. 95.
- Araújo, E.L., Castro, C.C., & Albuquerque, U.P. 2007. Dynamics of Brazilian Caatinga – A review concerning the plants, environment and people. *Functional Ecosystems and Communities* 1: 15–28.
- Araújo, E. de L., Silva, K.A. da, Ferraz, E.M.N., Sampaio, E.V. de S.B., & Silva, S.I. da. 2005. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19: 285–294.
- Buisson, E., Dutoit, T., Torre, F., Römermann, C., & Poschlod, P. 2006. The implications of seed rain and seed bank patterns for plant succession at the edges of abandoned fields in Mediterranean landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 115: 6–14.

- Bullock, S.H. 1995. Plant reproduction in neotropical dry forest. In Bullock, S.H., Mooney, H.A., & Medina, E. (eds.), *Seasonally dry tropical forest*, pp. 277–303. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ceccon, E., & Hernández, P. 2009. Seed rain dynamics following disturbance exclusion in a secondary tropical dry forest in Morelos, Mexico. *Revista de biología tropical* 57: 257–69.
- Cubina, A., & Aide, T.M. 2001. The effect of distance from forest edge on seed rain and soil seed bank in a tropical pasture. *Biotropica* 33: 260–267.
- Dáttilo, W., Marques, E.C., Falcão, J.C.D.F., & Oliveira, D.D. De. 2009. Interações Mutualísticas Entre Formigas e Plantas. *Entomobrasilis* 2 (2): 32-36.
- Davidson, D.W., & Morton, S.R. 1984. Dispersal adaptations of some *Acacia* species in the Australian arid zone. *Ecology* 65: 1038.
- Dirzo, R., & Raven, P.H. 2003. Global state of biodiversity and loss. *Annual Review of Environment and Resources* 28: 137–167.
- Donald, R., & Drake, D.R. 1998. Relationships among the seed rain, seed bank and vegetation of a Hawaiian forest. *Journal of Vegetation Science* 9: 103–112.
- Du, X., Guo, Q., Gao, X., & Ma, K. 2007. Seed rain, soil seed bank, seed loss and regeneration of *Castanopsis fargesii* (Fagaceae) in a subtropical evergreen broad-leaved forest. *Forest Ecology and Management* 238: 212–219.
- Ekeleme, F., Okezie Akobundu, I., Isichei, A.O., & Chikoye, D. 2000. Influence of fallow type and land-use intensity on weed seed rain in a forest/savanna transition zone. *Weed Science* 48: 604–612.
- García-Núñez, C., Azócar, A., & Silva, J.F. 2001. Seed production and soil seed bank in three evergreen woody species from a neotropical savanna. *Journal of Tropical Ecology* 17: 563–576.
- González-Rivas, B., Tigabu, M., Castro-Marín, G., & Odén, P.C. 2009. Seed germination and seedling establishment of Neotropical dry forest species in response to temperature and light conditions. *Journal of Forestry Research* 20: 99–104.
- Griscom, H.P., & Ashton, M.S. 2011. Restoration of dry tropical forests in Central America: A review of pattern and process. *Forest Ecology and Management* 261: 1564–1579.
- Griz, L.M.S., & Machado, I.C.S. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 17: 303–321.
- Holl, K.D. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotropica* 31: 229–242.

- Holl, K.D., Loik, M.E., Lin, E.H. V., & Samuels, I. a. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: Overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* 8: 339–349.
- Holtzapfel, C., Schmidt, W., & Shmida, A. 1993. The role of seed bank and seed rain in the recolonization of disturbed sites along an aridity gradient. *Phytocoenologia*
- Honek, A., Martinkova, Z., Saska, P., & Koprdoва, S. 2009. Role of post-dispersal seed and seedling predation in establishment of dandelion (*Taraxacum* agg.) plants. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 134: 126–135.
- Hopfensperger, K.N. 2007. A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. *Oikos* 116: 1438–1448.
- Howe, H.F., & Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201–228.
- José, G., Rico-Gray, V., & García-Franco, J.G. 1992. Vegetation and soil seed bank of successional stages in tropical lowland deciduous forest. *Journal of Vegetation Science* 3: 617–624.
- Leal, I.R., Wirth, R., & Tabarelli, M. 2007. Seed dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of North-East Brazil. *Annals of botany* 99: 885–94.
- Letcher, S.G., & Chazdon, R.L. 2009. Rapid Recovery of Biomass, Species Richness, and Species Composition in a Forest Chronosequence in Northeastern Costa Rica. *Biotropica* 41: 608–617.
- Lopes, C.G.R., Ferraz, E.M.N., Castro, C.C., Lima, E.N., Santos, J.M.F.F., Santos, D.M., Araújo, E. L., 2012. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. *Forest Ecology and Management* 271, 115-123.
- Lucena, R.F.P., de Lima Araújo, E., & de Albuquerque, U.P. 2007. Does the local availability of woody Caatinga plants (Northeastern Brazil) explain their use value. *Economic Botany* 61: 347–361.
- Machado, I.C.S., Barros, L.M., & Sampaio, E.V. de S.B. 1997. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. *Biotropica* 29: 57–68.
- Mamede, M.A., & Araújo, F.S. de. 2008. Effects of slash and burn practices on a soil seed bank of caatinga vegetation in Northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments* 72: 458–470.
- Martínez-Ramos, M., & Soto-Castro, A. 1993. Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain forest. *Vegetatio*. doi: 10.1007/BF00052231
- Myster, R.W. 2013. The role of seed predation in the maintenance of the Cross Timbers ecotone of Oklahoma, USA. *Journal of Plant Interactions* 8: 134–139.

- Oliveira, R.L.C., Lins Neto, E.M.F., Araújo, E.L., & Albuquerque, U.P. 2007. Conservation priorities and population structure of woody medicinal plants in an area of caatinga vegetation (Pernambuco State, NE Brazil). *Environmental monitoring and assessment* 132: 189–206.
- Pennington, R.T., Lavin, M., & Oliveira-Filho, A. 2009. Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally dry tropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40: 437–457.
- Reis, A.M.S., Araújo, E.L., Ferraz, E.M.N., & Moura, A.N. 2006. Inter-annual variations in the floristic and population structure of an herbaceous community of “caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 29: 497–508.
- Sampaio, E.V. de S.B. 1995. Overview of the Brazilian Caatinga. In Mooney, H.A., Bullock, S.H., & Medina, E. (eds.), *Seasonally dry tropical forest*, pp. 35–63. Cambridge University Press, Cambridge.
- Santos, J.M.F.F., Santos, D.M., Lopes, C.G.R., Silva, K. a, Sampaio, E.V.S.B., & Araújo, E.L. 2013a. Natural regeneration of the herbaceous community in a semiarid region in Northeastern Brazil. *Environmental monitoring and assessment*. doi: 10.1007/s10661-013-3173-8
- Santos D.M, Silva K.A, Albuquerque U.P, Santos J.M.F.F, Lopes C.G.R, Araújo E.L. 2013b. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in northeastern Brazil? *Flora* 208, 445-452
- Selwyn, M.A., & Parthasarathy, N. 2006. Reproductive traits and phenology of plants in tropical dry evergreen forest on the Coromandel Coast of India. *Biodiversity and Conservation* 15: 3207–3234.
- Silva, M.C.N. da, & Rodal, M.J.N. 2009. Padrões das síndromes de dispersão de plantas em áreas com diferentes graus de pluviosidade, PE, Brasil. *Acta bot. bras* 23: 1040–1047.
- Silva, J. santos, & Sales, Ma.F. 2008. O gênero *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae) na microrregião do vale do Ipanema, Pernambuco. *Rodriguésia* 59: 435–448.
- Silva, K.A., Santos, D.M., Santos, J.M.F.F., Albuquerque, U.P., Ferraz, E.M.N., & Araújo, E. de L. 2013. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecologica* 46, 25-32.
- Souza, J.T., Ferraz, E.M.N., Albuquerque, U.P., & Araújo, E.L. 2013. Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate? (J. Arroyo, Ed.). *Plant Biology* n/a–n/a.
- Statsoft, I. 2004. Statistica: data analysis software system.
- Wijdeven, S.M.J., & Kuzee, M.E. 2000. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. *Restoration Ecology* 8: 414–424.

Tabela 1. Vias de saída de sementes do banco do solo de *Mimosa arenosa*, *Piptadenia stipulacea* e *Croton blanchetianus* entre florestas (jovem e madura), estações climáticas (chuva e seca) e deposição em relação ao solo (superfície e enterrada), em Caruaru, Pernambuco, Brasil.

	Floresta Jovem				Floresta Madura			
	Chuvosa		Seca		Chuvosa		Seca	
	Enterrada	Superfície	Enterrada	Superfície	Enterrada	Superfície	Enterrada	Superfície
<i>Mimosa arenosa</i>								
Vias de sucesso	125	104	158	91	151	112	43	32
Vias de fracasso	1	1	12	1	33	17	39	34
Permanência no banco	174	195	130	208	116	111	218	234
<i>Croton blanchetianus</i>								
Vias de sucesso	13	1	18	4	57	19	94	46
Vias de fracasso	12	2	3	0	15	24	21	38
Permanência no banco	275	297	279	296	228	257	185	216
<i>Piptadenia stipulacea</i>								
Vias de sucesso	195	169	202	127	180	148	144	140
Vias de fracasso	21	35	11	66	43	31	27	28
Permanência no banco	184	96	87	107	77	121	129	132

Tabela 2. Análise de variância multifatorial de saídas de sementes do banco do solo de *Mimosa arenosa*, com sucessos e fracassos por idades de floresta (madura e jovem), estações climáticas (seca e chuvosa), deposições de sementes (superfície e enterrada) e suas interações em Caruaru, Pernambuco, Brasil.

Fator	Fracassos					Sucesso			
	GL	SS	MS	F	p	SS	MS	F	p
Intercepto	1	397	397	30,4	0,00	605	605	122,4	0,00
Floresta	1	243	243	18,6	0,00	6	6	1,3	0,26
Estação	1	24	24	1,8	0,18	20	20	4,1	0,05
Deposição	1	21	21	1,6	0,21	3	3	0,5	0,48
Floresta*Estação	1	3	3	0,2	0,63	8	8	1,5	0,22
Floresta*Deposição	1	2	2	0,2	0,69	0	0	0,1	0,79
Estação*Deposição	1	0	0	0,0	1,00	0	0	0,0	0,93
Floresta*Estação*Deposição	1	10	10	0,8	0,38	0	0	0,1	0,81
Error	40	522	13			198	5		
Total	47	825				235			

Tabela 3. Análise de variância multifatorial de saídas de sementes do banco do solo de *Croton blanchetianus*, com sucessos e fracassos por idades de floresta (madura e jovem), estações climáticas (seca e chuvosa), deposições de sementes (superfície e enterrada) e suas interações em Caruaru, Pernambuco, Brasil.

Fator	Fracassos					Sucesso			
	GL	SQ	MQ	F	p	SQ	MQ	F	p
Intercepto	1	1323	1323	23,3	0,00	275.5	275.5	9,8	0,00
Floresta	1	108	108	1,9	0,18	1.7	1.7	0,1	0,81
Estação	1	675	675	11,9	0,00	136.7	136.7	4,9	0,03
Deposição	1	261	261	4,6	0,04	3.5	3.5	0,1	0,73
Floresta*Estação	1	65	65	1,2	0,29	20.0	20.0	0,7	0,40
Floresta*Deposição	1	3	3	0,1	0,82	4.7	4.7	0,2	0,69
Estação*Deposição	1	75	75	1,3	0,26	31.7	31.7	1,1	0,29
Floresta*Estação*Deposição	1	1	1	0,0	0,88	0.0	0.0	0,0	0,98
Error	40	2268	57			1125.2	28.1		
Total	47	3457				1323.5			

Tabela 4. Análise de variância multifatorial de saídas de sementes do banco do solo de *Piptadenia stipulacea*, com sucessos e fracassos por idades de floresta (madura e jovem), estações climáticas (seca e chuvosa), deposições de sementes (superfície e enterrada) e suas interações em Caruaru, Pernambuco, Brasil.

Fator	Fracassos					Sucesso			
	GL	SQ	MQ	F	p	SQ	MQ	F	p
Intercepto	1	1430	1430	20,7	0,00	35479	35479	17,5	0,00
Floresta	1	0	0	0,0	0,94	136	136	0,1	0,80
Estação	1	0	0	0,0	0,97	130	130	0,1	0,80
Deposição	1	70	70	1,0	0,32	391	391	0,2	0,66
Floresta*Estação	1	33	33	0,5	0,49	1	1	0,0	0,98
Floresta*Deposição	1	133	133	1,9	0,17	88	88	0,0	0,84
Estação*Deposição	1	61	61	0,9	0,35	9	9	0,0	0,95
Floresta*Estação*Deposição	1	16	16	0,2	0,63	123	123	0,1	0,81
Error	40	2766	69			81255	2031		
Total	47	3080				82135			

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi verificar o reestabelecimento dos processos de predação pré-dispersão, chuva de sementes e saída de sementes do banco do solo de uma floresta jovem em regeneração há de 18 anos após uso para agricultura, comparando os achados com o que ocorre na floresta madura. Após as investigações conclui-se:

De maneira que as taxas de predação são menores que 25%, sendo consideradas baixas. Para algumas populações, o tamanho e a massa das sementes ainda não foram totalmente reestabelecidos na floresta jovem. Enquanto para outras populações, o tamanho já se equiparou ao da floresta madura. O tamanho das sementes tem efeitos na predação pré-dispersão, com populações com maiores predação em diásporos grandes, enquanto outras apresentam maior predação em diásporos pequenos.

A chuva de sementes das florestas jovem e madura mostrou que a riqueza de espécies da floresta jovem foi praticamente recuperada. Talvez, a rápida recuperação da riqueza seja consequência do baixo impacto sofrido na área que hoje abriga uma jovem floresta, isto é apenas pelo corte, sem queima e cultivado por curto tempo. Por outro lado, a densidade de sementes ainda é elevada na floresta jovem, o que talvez reflita o próprio estágio sucessional da floresta. A floresta jovem apresenta ainda espécies que podem ser consideradas pioneiras no processo sucessional, com alta produção de diásporos para ocupação dos espaços. Já a floresta madura já possui espécies com menor investimento em produção de diásporos e talvez por isso, tenha apresentado menor densidade de sementes.

Variações de precipitação interanuais não foram influentes sobre a chuva de sementes, mas influenciaram sazonalmente, com maior dispersão na estação seca, seguindo o padrão que vem sendo registrado em outras florestas do mundo. Entre os modos de dispersão, autocoria predominou na chuva de sementes de ambas as florestas, como consequência da composição de espécies dominadas por espécies da família Fabaceae. A similaridade entre as florestas foi alta, mostrando que a floresta jovem apresenta não apenas boa riqueza, mas também composição similar com a floresta madura, o que pode ser reflexo da proximidade entre as áreas e do baixo histórico de uso.

A saída do banco de solo por meio de germinação ou por meio de fatores que levam ao fracasso no recrutamento, como predação, dessecação e ataque de patógenos, ocorrem diferentemente entre as espécies. A idade da floresta atuou apenas no fracasso de sementes de

*M. arenosa*, enquanto a deposição atua apenas no fracasso de *C. blanchetianus*. Tanto as saídas do banco por meio de sucesso quanto por meio de fracassos são influenciados pela sazonalidade em *C. blanchetianus*, sendo maiores na estação seca, em que os fracassos são respostas da remoção/predação sofrida pela espécie e os sucessos refletem a germinação no fim do período seco e início do chuvoso.

Conclui-se que áreas com baixa intensidade de uso, sem novas intervenções e próximas a áreas doadoras de diásporos apresentam recuperação de vários aspectos da regeneração.

**ANEXOS**

## Instructions for Authors

### GENERAL

"Ecological Research" is the official English-language journal of the Ecological Society of Japan, publishing original research papers, reviews, technical reports, notes and comments, and data papers covering all aspects of ecology and ecological sciences.

- **Awards for excellent papers**  
Of the papers published in each volume of "Ecological Research", approximately three will be chosen by members of the Editorial Board as "Excellent Papers."
- **Review process**  
The acceptance criteria for all papers are quality and originality of research and its significance to our readership. Final acceptance or rejection rests with the Editorial Board. Authors are required to suggest a candidate to be the handling editor from the list of Editorial Board members. They should also submit the names and e-mail addresses of five ecologists who are suitable referees.

Manuscripts that are returned to the authors for revision should be submitted to the editorial office within 2 months; otherwise the manuscript will be regarded as a new submission. Authors should retain backup copies of submitted manuscripts and correspondence.

### SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

All articles submitted to the journal must comply with these instructions. Failure to do so will result in the return of the manuscript and a possible delay in publication.

Manuscripts should be written so that they are intelligible to the professional reader who is not a specialist in the particular field. All manuscripts are subject to copy editing. Authors must state in a cover letter that the content has not been published or submitted for publication elsewhere in any language, that all authors have contributed significantly, and that all authors are in agreement with the content of the manuscript. When animals are used for experimentation, authors should state at the end of the acknowledgments section that they have complied with ethical standards in the treatment of their animals, adhering to the pertinent national guidelines, and to specific national laws where applicable.

- **Nucleotide sequences**  
New nucleotide data must be submitted and deposited in the DDBJ/EMBL/GenBank databases and an accession number obtained before the paper can be accepted for publication. Submission to any one of the three collaborating databanks is sufficient to ensure data entry in all. The accession number should be included in the manuscript as a footnote on the title page: (Note: Nucleotide sequence data reported are available in the DDBJ/EMBL/GenBank databases under their accession numbers). If requested, the database will withhold release of data until publication.
- **Copyright**  
Papers accepted for publication become copyright of the Ecological Society of Japan. The author(s) guarantee(s) that the manuscript will not be published elsewhere in any language without the consent of the copyright owner (The Ecological Society of Japan), that the rights of third parties will not be violated, and that the publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation. Authors wishing to include figures or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.
- **Online manuscript submission**  
Authors must submit their articles to "Ecological Research" online to facilitate quick and efficient processing. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing time and shortens overall publication time.

Please log directly onto the link below and upload your manuscript following the instructions given on screen. In case you encounter any difficulties while submitting your manuscript online, click on Help in the upper left corner.

- [Submit Online](#)  
**DATA PAPERS**

The aim of data papers is to contribute significantly to the development of ecology by electronically archiving excellent research data and accompanying metadata of any ecological process. Only the abstract and keywords are published in Ecological Research, and the data and metadata are available on a separate web site (or JaLTER database.). To prepare data and metadata, please refer to the guidelines for data papers.

- [Guidelines for data papers \(pdf, 134 kB\)](#)  
**PREPARATION OF THE MANUSCRIPT**

Manuscripts should be typed in double-line spacing throughout with at least 3-cm margins. All pages should be numbered consecutively at the bottom, beginning with the title page. To facilitate the review process, please use line numbers on each page, if the word processing software has that function.

- **Style**

SI units should be used throughout except where non-SI units are more common. Abbreviations should be defined at first mention in the abstract and again in the main body of the text and used consistently thereafter. Upon its first use in the title, abstract, and text, the common name of a species or an infraspecific taxon should be followed by the scientific name (Genus, species, and subspecies and/or variety) in parentheses. However, for well-known species, the scientific name may be omitted from the article title. If no common name exists in English, only the scientific name should be used. Genus, species, and infraspecific names should be in italics. At the first mention of a chemical substance, give the generic name.

- **Formulae**

Standard mathematical notation should be used. Single letters that denote mathematical constants, variables, and unknown quantities should be set in italic type in text and in equations. Simple equations can be written as normal text. Use the solidus (/) instead of a horizontal line, e.g. Xp/Ym. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Equations appear on separate lines are numbered consecutively.

- **Parts of the manuscript**

Manuscripts should be presented in the following order: (i) title page, (ii) abstract and keywords, (iii) text, (iv) acknowledgments, (v) references, (vi) figure legends, (vii) tables (each table complete with title and footnotes), and (viii) figures. Footnotes to the text are not allowed; any such material should be incorporated into the text as parenthetical matter.

#### Title page

The title page should contain:

- A concise and informative title.
- The name(s) of the author(s).
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s).
- The e-mail address, telephone, and fax numbers of the communicating author.

The present address of any author, if different from that where the work was carried out, should be supplied in a footnote.

#### Abstract and key words

Each paper must be preceded by an abstract presenting the purpose of the research, the most important results, and conclusions in no more than 250 words for original and review papers, 100 words for technical reports, notes and comments, and 350 words for data papers. The abstract should not contain references. Five key words should be supplied after the Abstract for indexing purposes. For data papers, 10 key words should be supplied.

#### Text

Authors should use subheadings to divide the sections of their manuscript, if appropriate: Introduction, Methods, Results, Discussion, Acknowledgments, References.

#### Acknowledgments

These should be as brief as possible. Any grant that requires acknowledgement should be mentioned. The names of funding organizations should be written in full.

#### Funding

Authors are expected to disclose any commercial or other associations that might pose a conflict of interest in connection with submitted material. All funding sources supporting the work and institutional or corporate affiliations of the authors should be acknowledged.

#### REFERENCES

Literature citations in the text should indicate the author's surname with the year of publication in parentheses, e.g. Carlin (1992); Brooks and Carlin (1992). If there are more than two authors, only the first should be named, followed by "et al." References at the end of the paper should be listed in alphabetical order by the first author's name. If there is more than one work by the same author or team of authors in the same year, a, b, etc. is added to the year, both in the text and in the list of references. Cite the names of all authors. Journal titles should be abbreviated in accordance with international practice.

Examples:

<b>Journal papers:</b>	<b>Nansen C, Phillips TW, Palmer MW (2004) Analysis of the insect community in a stored-maize facility. <i>Ecol Res</i> 19:197–207</b>
	If available, the Digital Object Identifier (DOI) can be added at the end of the reference in question.
	Kimura MT (2004) Cold and heat tolerance of drosophilid flies with reference to their latitudinal distributions. <i>Oecologia</i> 140:442–449. DOI 10.1007/s00442-004-1605-4
A paper published online but not yet in print can be cited using the DOI:	Abrams PA, Matsuda H (2004) Consequences of behavioral dynamics for the population dynamics of predator-prey systems with switching. <i>Popul Ecol</i> . DOI 10.1007/s10144-003-0168-2
Single contributions in a book:	Endler JA (1991) Interactions between predators and prey. In: Krebs JR, Davies NB (eds) <i>Behavioural ecology</i> . Blackwell Science, Oxford, pp 169–196
Books:	Körner C (2003) <i>Alpine plant life</i> , 2nd edn. Springer, Berlin Heidelberg New York.

Personal communications, unpublished data, and publications from informal meetings are not to be listed in the reference list but should be listed in the text (e.g. Smith A 2000, unpublished data).

Responsibility for the accuracy of bibliographic data rests entirely with the author.

For EndNote users: please use style for Archives of Microbiology or download the style file.

#### Appendices

These should be placed at the end of the paper and referred to in the text. If there is more than one appendix, they should be numbered in Arabic numerals. If written by a person other than the author of the main text, the writer's name should be included below the title.

- [EndNote style file \(zip, 17 kB\)](#)

## **TABLES AND FIGURES**

All tables and figures (photographs, graphs, or diagrams) should be cited in the text, and each numbered consecutively with Arabic numerals.

Tables should be self-contained and complement, but not duplicate, information contained in the text. They should be typed on a separate page and should have a title and a legend explaining any abbreviation used in that table. Vertical lines should not be used to separate columns. Column headings should be brief, with units of measurement in parentheses. Footnotes to tables should be indicated by superscript lowercase letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Statistical measures such as SD or SEM should be identified in the headings. The table, its legend, and its footnotes should be understandable without reference to the text.

Figure parts should be identified by lowercase roman letters (a, b, etc.). If illustrations are supplied with uppercase labeling, lowercase letters will still be used in the figure legends and citations. The figures should either match the width of the column (8.6 cm) or be 13.1 cm or 17.6 cm wide. The maximum length is 23.4 cm.

The publisher reserves the right to reduce or enlarge illustrations.

Inscriptions should be legible, with initial capital letters and appropriately scaled to the size of the drawing. Magnification should be indicated by scale bars.

Plates. Several figures or figure parts should be grouped in a plate on one page.

Figure legends must be brief, self-sufficient explanations of the illustrations. The legends should be placed at the end of the text.

Color figures will always be published in color in the online version. In print, however, they will appear in color only if the author agrees to make a contribution (JPY 152 000 per article) to printing costs. Otherwise the figures will be printed in black and white. Please note that, in such cases, it is authors' responsibility to prepare figures to be illustrative enough to convey the necessary information even after they are converted into black and white.

## **FILES FOR PRODUCTION**

The preferred figure formats are EPS for vector graphics exported from a drawing program and TIFF for halftone illustrations. EPS files must always contain a preview of the figure in TIFF format.

The file name (one file for each figure) should include the figure number. Figure legends should be included in the text and not in the figure file.

To create an EPS or a TIFF file, please use graphic programs such as Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Macromedia Freehand, Corel Draw or Corel Photopaint.

Note: Almost all common graphic programs are capable of saving files in EPS and in TIFF format. This option can normally be found under the "Save As..." or "Export..." commands in the "File" menu.

### Scan resolution

Scanned line drawings should be digitized with a minimum resolution of 800 dpi relative to the final figure size. For digital halftones, 300 dpi is usually sufficient.

### Color illustrations

Store color illustrations as RGB (8 bits per channel) in TIFF format.

### Vector graphics

Fonts used in vector graphics must be included or outlined. Please do not use hairlines. The minimum line width is 0.2 mm (i.e., 0.567 pt) relative to the final size.

- Artwork Guidelines

**ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL**

Electronic supplementary material (ESM) for an article in the journal will be published on SpringerLink provided the material is submitted to the editors in electronic form together with the paper and is subject to peer review, and is accepted by the journals editors. ESM may consist of: information that cannot be printed, e.g., animations, video clips, and sound recordings; information that is more convenient in electronic form, e.g., sequences or spectral data.; large original data that relate to the paper, e.g., additional tables, illustrations (color and black and white). After acceptance by the journal editors ESM will be published as received from the author in the online version only. Reference will be made to the ESM in the printed version.

**PAGE CHARGES**

Research papers longer than 10 printed pages and technical reports, notes and comments longer than 4 printed pages will incur a levy of ¥18,000 per printed page. (Three typed pages reduce to about one printed page, which corresponds to approximately 760 words of text.)

**AFTER ACCEPTANCE**

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice. Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs. You will also receive a separate e-mail for ordering offprints and printing of figures in color.

- **Open Choice**

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

- **Copyright transfer**

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, they agree to the Springer Open Choice Licence.

- **Offprints**

Fifty offprints of each contribution are supplied free of charge, except for data papers. Additional offprints can be ordered by the corresponding author.

- **Color illustrations**

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

- **Proof reading**

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

- **Online First**

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

- [Springer Open Choice](#)

# NORMAS PARA A PUBLICAÇÃO NA REVISTA FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT

## FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT

Science to Sustain the World's Forests

### AUTHOR INFORMATION PACK

#### TABLE OF CONTENTS

- Description
- Audience
- Impact Factor
- Abstracting and Indexing
- Editorial Board
- Guide for Authors

ISSN: 0378-1127

#### DESCRIPTION

Forest Ecology and Management publishes scientific articles that link forest ecology with forest management, and that apply biological and ecological knowledge to the management and conservation of man-made and natural forests. The scope of the journal includes all forest ecosystems of the world. A refereeing process ensures the quality and international interest of the manuscripts accepted for publication. The journal aims to encourage communication between scientists in disparate fields who share a common interest in ecology and forest management, and to bridge the gap between research workers and forest managers in the field to the benefit of both. The editors encourage submission of papers that will have the strongest interest and value to the Journal's international readership. Some key features of papers with strong interest include: 1. Clear connections between the ecology and management of forests; 2. Novel ideas or approaches to important challenges in forest ecology and management; 3. Studies that address a population of interest beyond the scale of single research sites (see the editorial, Three key points in the design of forest experiments, *Forest Ecology and Management* 255 (2008) 2022-2023); 4. Review Articles on timely, important topics. Authors are encouraged to contact one of the editors to discuss the potential suitability of a review manuscript. We now receive many more submissions than we can publish. Many papers are rejected because they do not fit within the aims and scope detailed above. Some examples include:

1. Papers in which the primary focus is, for example, entomology or pathology or soil science or remote sensing, but where the links to, and implications for, forest management are not clear and have not been strongly developed;
2. Model-based investigations that do not include a substantial field-based validation component;
3. Local or regional studies of diversity aimed at the development of conservation policies;
4. The effects of forestry practices that do not include a strong ecological component (for example, the effects of weed control or fertilizer application on yield);
5. Social or economic or policy studies (please consider our sister journal, 'Forest Policy and Economics').

#### LIST OF REVIEWERS 2011

Please bookmark this page as: <http://www.elsevier.com/locate/foreco>

AUTHOR INFORMATION PACK 15 Feb 2014 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 2

For more information/suggestions/comments please contact [AuthorSupport@elsevier.com](mailto:AuthorSupport@elsevier.com)

#### AUDIENCE

.

Research Workers, Managers and Policy Makers in forestry, natural resources, ecological conservation and related fields.

#### IMPACT FACTOR

.

2012: 2.766 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2013

#### ABSTRACTING AND INDEXING

.

#### BIOSIS

Biological & Agricultural Index

Current Advances in Ecological Sciences

Current Contents/Agriculture, Biology & Environmental Sciences

EMBiology

Ecological Abstracts

Elsevier BIOBASE

Environmental Abstracts

Environmental Periodicals Bibliography

Forestry Abstracts

GEOBASE

Referativnyi Zhurnal VINTI-RAN (Russian Academy of Sciences)

Scopus

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

D. Binkley, Colorado State University, Fort Collins, CO, USA, Email:  
dan.binkley@colostate.edu

Editors

M. Adams, University of Sydney, Eveleigh, NSW, Australia

T.S. Fredericksen, Ferrum College, Ferrum, VA, USA

J-P. Laclau, INRA-CIRAD, Piracicaba SP, Brazil

C.E. Prescott, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada

H. Sterba, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Vienna, Austria

Founding Editor

L.L. Roche†,

Editorial Advisory Board

S.R. Abella, Las Vegas, NV, USA

P.M.S. Ashton, Yale University, New Haven, CT, USA

P. Attiwill, University of Melbourne, Ringwood, VIC, Australia

C.L. Beadle, CSIRO (The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization),  
Hobart, TAS, Australia

J-P. Bouillet, ESALQ/USP, Piracicaba (SP), Brazil

J.R. Boyle, Oregon State University, Corvallis, OR, USA

J. Chen, University of Toledo, Toledo, OH, USA

C. Cieszewski, Athens, GA, USA

J. Cortina Segarra, Universidad de Alicante, Alicante, Spain

T.J. Dean, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA

B. du Toit, University of Stellenbosch, Matieland, South Africa

B. Ewers, University of Wyoming, Laramie, WY, USA

C.J. Fettig, Pacific Southwest Research Station, Davis, CA, USA

C. Greenberg, U.S. Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Asheville, NC, USA

M.R. Guariguata, Center for International Forestry Research, Lima, Peru

M.E. Harmon, Oregon State University, Corvallis, OR, USA

AUTHOR INFORMATION PACK 15 Feb 2014 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 3

H. Hasenauer, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Wien, Austria

L.S. Heath, U.S. Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Durham, NH, USA

H-S. Helmisaari, University of Helsinki, Helsinki, Finland

N. Higuchi, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia (INPA), Manaus, AM, Brazil

R. Jandl, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und, Wien, Austria

D. Kashian, Wayne State University, Detroit, MI, USA

R. Keenan, University of Melbourne, Creswick, VIC, Australia

P.K. Khanna, Institute of Soil Science and Forest Nutrition, Göttingen, Germany

T.E. Kolb, Northern Arizona University, Flagstaff, AZ, USA

B.M. Kumar, Kerala Agricultural University, Kerala, India

K. Ma, Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing, China

J.E. Macías-Sámano, ECOSUR, Tapachula, Chiapas, Mexico

A. Makela, University of Helsinki, Helsinki, Finland

D.C. Malcolm, University of Edinburgh, Edinburgh, UK

C.R. McKinley, Oklahoma State University, Stillwater, OK, USA

F. Montagnini, Yale University, New Haven, CT, USA

J.F. Negrón, U.S. Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Fort Collins, CO, USA

J.A. Parrotta, U.S. Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Arlington, VA, USA

R.F. Powers, U.S. Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Redding, USA

S.W. Simard, Vancouver, BC, Canada

P. Sist, INRA-CIRAD, Montpellier Cedex 5, France

J.A. Stanturf, Southern Hardwoods Laboratory, Stoneville, MS, USA

O.J. Sun, Beijing Forestry University, Beijing, PR, China

H. Temesgen, Oregon State University, Corvallis, OR, USA

L. Vesterdal, University of Copenhagen, Frederiksberg C, Denmark

X. Wei, University of British Columbia, Kelowna, BC, Canada

D. Weise, U.S. Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Riverside, CA, USA

T.B. Wigley, NCASI, Clemson, SC, USA

R.D. Yanai, Syracuse, NY, USA

AUTHOR INFORMATION PACK 15 Feb 2014 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 4

GUIDE FOR AUTHORS

## Your Paper Your Way

ppyw-gfa-banner.gifyour paper your way

### INTRODUCTION

Forest Ecology and Management publishes scientific articles that link forest ecology with forest management, and that apply biological, ecological and social knowledge to the management and conservation of man-made and natural forests. The scope of the journal includes all forest ecosystems of the world. A refereeing process ensures the quality and international interest of the manuscripts accepted for publication. The journal aims to encourage communication between scientists in disparate fields who share a common interest in ecology and forest management, and to bridge the gap between research workers and forest managers in the field to the benefit of both. Authors should demonstrate a clear link with forest ecology and management. For example, papers dealing with remote sensing are acceptable if this link is demonstrated, but not acceptable if the main thrust is technological and methodological. Similarly, papers dealing with molecular biology and genetics may be more appropriate in specialized journals, depending on their emphasis. The journal does not accept articles dealing with agro-forestry. The journal does not recognize 'short communications' as a separate category. The editors encourage submission of papers that will have the strongest interest and value to the Journal's international readership. Some key features of papers with strong interest include:

1. Clear connections between the ecology and management of forests;
2. Novel ideas or approaches to important challenges in forest ecology and management;
3. Studies that address a population of interest beyond the scale of single research sites (see the editorial), Three key points in the design of forest experiments, *Forest Ecology and Management* 255 (2008) 2022-2023);
4. Review Articles on timely, important topics. Authors are encouraged to contact one of the editors to discuss the potential suitability of a review manuscript. We now receive many more submissions than we can publish. Many papers are rejected because they do not fit within the aims and scope detailed above. Some examples include:
  1. Papers in which the primary focus is, for example, entomology or pathology or soil science or remote sensing, but where the links to, and implications for, forest management are not clear and have not been strongly developed;
  2. Model-based investigations that do not include a substantial field-based validation component;
  3. Local or regional studies of diversity aimed at the development of conservation policies;

4. The effects of forestry practices that do not include a strong ecological component (for example, the effects of weed control or fertilizer application on yield);
5. Social or economic or policy studies (please consider our sister journal, 'Forest Policy and Economics').

#### Types of paper

1. Regular papers. Original research papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.
2. Review articles. Review articles are encouraged. The most useful reviews go beyond summarizing the literature and focus on synthesizing key insights that will be most useful to readers. Authors are encouraged to discuss potential review topics with one of the Journal's editors.
3. Papers for Special Issues. Forest Ecology and Management publishes several Special Issues each year to explore major topics in the field in depth. If your paper has been invited by a Guest Editor for a Special Issue, please identify the special issue in the "article type" entry in the submission process, and note the special issue name on the title page. Contact details for submission

T.S. Fredericksen

Ferrum College, Life Science Division

80 Wiley Drive

AUTHOR INFORMATION PACK 15 Feb 2014 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 5

Ferrum, VA 24088, USA

E-mail: [tfredericksen@ferrum.edu](mailto:tfredericksen@ferrum.edu)

D.Binkley

Colorado State University

Department of Ecosystem Science and Sustainability

Fort Collins, CO 80523

USA

E-mail: [Dan.Binkley@Colostate.edu](mailto:Dan.Binkley@Colostate.edu)

J-P. Laclau

CIRAD/USP,ESALQ-LCF

Caixa Postal 9 Cep

Cep 13418-900 Piracicaba SP

Brazil

E-mail: [laclau@cirad.fr](mailto:laclau@cirad.fr)

Mark Adams  
University of Sydney  
Level 4, Biomedical Building  
2015 Eveleigh, NSW  
Australia  
mark.adams@sydney.edu.au

Cindy Prescott  
University of British Columbia  
Fac. of Forestry  
2005-2424 Main Mall  
V6T1Z4 Vancouver, BC  
Canada  
cindy.prescott@ubc.ca

Hubert Sterba  
Universitat fr Bodenkultur Wien (BOKU)  
Dept. of Forest and Soil Sciences  
Peter Jordan Strasse 82  
A-1190, Vienna  
Austria  
hubert.sterba@boku.ac.at

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethicsand> <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>. 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](http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923). Submission declaration 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/postingpolicy>), 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 including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder. AUTHOR INFORMATION PACK 15 Feb 2014 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 6 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. Article transfer service This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. More information about this can be found here: <http://www.elsevier.com/authors/article-transfer-service>. Copyright

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open Access and Subscription.

For Subscription articles

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 reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>). Retained author rights As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for: Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>. Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>. 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. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

AUTHOR INFORMATION PACK 15 Feb 2014 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 7

Funding body agreements and policies Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies 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 their research funder

#### Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)
- No Open Access publication fee All articles published Open Access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses: Creative Commons Attribution (CC BY): lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to 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-ShareAlike (CC BY-NC-SA): for noncommercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA). Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND): for noncommercial 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. To provide Open Access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published Open Access. Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles. The publication fee for this journal is \$3300, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>. 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. Full Online Submission

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 source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail. AUTHOR INFORMATION PACK 15 Feb 2014 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 8 All submissions must be accompanied by a cover letter detailing what you are submitting. Please indicate:

- The author to whom we should address our correspondence (in the event of multiple authors, a single 'Corresponding Author' must be named)
- A contact address, telephone/fax numbers and e-mail address
- Details of any previous or concurrent submissions. Please see our Authors' Rights section for more copyright information.
- It is also useful to provide the Editor-in-Chief with any information that will support your submission (e.g. original or confirmatory data, relevance, topicality).

Submit your article Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/foreco/>

Referees Authors are required to identify four persons who are qualified to serve as reviewers. Authors are requested not to suggest reviewers with whom they have a personal or professional relationship, especially if that relationship would prevent the reviewer from having an unbiased opinion of the work of the authors. A working e-mail address for each reviewer is essential for rapid review in the event that reviewer is selected from those that are identified by the authors. You may also select reviewers you do not want to review your manuscript, but please state your reason for doing so.

## 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. Please ensure the text of your paper is double-spaced and has consecutive line numbering - this is an essential peer review requirement. 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.

AUTHOR INFORMATION PACK 15 Feb 2014 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 9

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

## Results

Results should be clear and concise.

## Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined

## Results

and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

## Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

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. Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name),

please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was

done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case 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 phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be 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 (not longer than 400 words). 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

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial

form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images

that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a

separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum

AUTHOR INFORMATION PACK 15 Feb 2014 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 10

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 also 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 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.

### Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page

of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first

mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

## 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.).

## Units

SI (Système International d'unités) should be used for all units except where common usage dictates

otherwise. Examples of non-SI that may be more appropriate (depending on context) in many

ecological and forestry measurements are ha rather than m<sup>2</sup>, year rather than second. Use Mg ha<sup>-1</sup>,

not tonnes ha<sup>-1</sup>, and use µg g<sup>-1</sup>, not ppm (or for volume, µL L<sup>-1</sup> or equivalent). Tree diameter will

generally be in cm (an approved SI unit) rather than m. Units should be in the following style:

kg

ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, kg m<sup>-3</sup>. Non-SI units should be spelled in full (e.g. year). Do not insert 'non-units' within

compound units: for example, write 300 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen (or N), not 300 kg N ha<sup>-1</sup>.

## Math formulae

Present simple formulae in the line of 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

wordprocessors 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. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

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:

AUTHOR INFORMATION PACK 15 Feb 2014 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 11

<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.

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 on the Web (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 on the Web only. For further information on the

preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which 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 (noton 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

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables

below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be

sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results

described elsewhere in the article.

## 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.

### 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.

AUTHOR INFORMATION PACK 15 Feb 2014 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 12

### 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

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, 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 which is described below.

### 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.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations:

<http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>.

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 50 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.

AUTHOR INFORMATION PACK 15 Feb 2014 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 13

## 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 data

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>.

## 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
- Telephone

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 Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge)

and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print

- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied 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 ProofCentral 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.

AUTHOR INFORMATION PACK 1

# NORMAS PARA A PUBLICAÇÃO NA REVISTA RESTORARION ECOLOGY

## Author Guidelines

*Restoration Ecology* is a peer-reviewed bi-monthly journal published for the Society for Ecological Restoration by Wiley Periodicals, Inc.

### Scope

The journal publishes on all aspects of ecological restoration, defined as assisting the recovery of an ecosystem that has been degraded, damaged, or destroyed (SER Science and Policy Working Group, 2002). Contributions may span the natural sciences, including ecological and biological aspects, as well as restoration of soil, air and water when set in an ecological context; and the social sciences, including cultural, philosophical, political, educational, economic, and historical aspects. *Restoration Ecology* will not distinguish between basic and applied research and encourages all contributors to consider both the practical and the more fundamental implications of their work. When case studies are presented they should be used to illustrate broad principles. All ecosystem types are considered including terrestrial, aquatic and marine.

### Submission Type and Length

The high rate of submission to *Restoration Ecology* necessitates careful attention to length. The word limit for each manuscript category (outlined below) includes all text from the Introduction through the Literature Cited; it does not include legends for tables and figures or the body of tables. Typically manuscripts will be returned prior to review that exceed the word limit. We emphasize the necessity for concise and non-overlapping Introductions and Discussions, and the limitation of references to the most pertinent. Articles longer than the maximum lengths may be considered for publication under exceptional circumstances but authors need to provide justification for exceeding the length guidelines. Authors have the option of designating portions of their manuscript as digital supplements which are directly linked to the publication in the on-line version of the journal.

Manuscripts in the following categories are welcome:

1. **Research Papers** (<5000 words) that present research on restoration and ecological principles that help explain restoration processes, and on the socio-ecological aspects of restoration.
2. **Review Papers** (<5000 words) that comprehensively summarize the literature on specialized aspects of restoration.
3. **Opinion Papers** (<3000 words) that provide well argued commentary or analysis and may be more speculative than research papers, but documented by literature. They may offer personal perspectives and aim to stimulate debate rather than provide a comprehensive review of a topic.
4. **Setbacks and Surprises Papers** (<5000 words) that document setbacks and surprise findings encountered during restoration research.
5. **Technical Reports** (<3000 words) that describe techniques the author has pioneered and that are likely to be of use to other practicing restorationists.
6. **Short Communications** (<1500 words) that report concise, but independent research that makes a significant contribution to restoration ecology; it is not intended for the publication of preliminary results.

Book Reviews are solicited by the Book Review Editor. All books for possible review should be sent directly to Jelte van Andel (j.van.andel@rug.nl).

## **Editorial Practice**

Authors submitting a manuscript do so on the understanding that:

1. the work has not been published before,
2. it is not being considered for publication elsewhere, and
3. it has been read and approved by **all** authors.

There is no guarantee that a submission will be sent out for peer review. Manuscripts will be assessed and sent out for review only at the discretion of the Editors. The potential reviewers that authors suggest must not have close professional or personal relationships with any of the authors, and the identity of reviewers is kept confidential.

Papers in the Opinion and Review categories are given high priority in the publication process.

## **Submitting a Manuscript**

Authors with Internet connections should submit manuscripts, including figures, to the Restoration Ecology submission website (<http://mc.manuscriptcentral.com/rec>). By accessing this website you will be guided stepwise through the creation and uploading of files; the system automatically generates an electronic PDF proof which is used for reviewing. For assistance, contact Scholar One technical support at 434-817-2040 or email: [support@scholarone.com](mailto:support@scholarone.com).

All correspondence, including the Editor's decision and request for revisions, will be by e-mail. Any queries should be directed to Dr Susan Yates, Managing Editor, Restoration Ecology, School of Plant Biology M090, The University of Australia, 35 Stirling Highway, Crawley, WA 6009, Australia or [restoration.ecology@uwa.edu.au](mailto:restoration.ecology@uwa.edu.au). If accepted, papers become copyright of the Journal and the Society. Authors must give signed consent for publication by submitting a Copyright Transfer Agreement Form, but permission to use material elsewhere (e.g., in Review articles, Book chapters) will normally be granted on request.

All text must be double-spaced; number all pages and lines - starting at 1 on each page. All accepted papers will routinely be copyedited by the publisher, but upon acceptance and final revision authors are to ensure the manuscript conforms to the journal style by consulting a recent issue of the journal or viewing the [Restoration Ecology Style Guide](#).

The journal to which you are submitting your manuscript uses iThenticate to screen submissions for content published elsewhere. By submitting your manuscript to this journal, you accept that your manuscript may be screened against previously published works.

## **Presentation of Manuscripts**

Manuscripts should be assembled in the following order: title page, abstract, key words, text, acknowledgements, literature cited, tables, figure legends, figures. Electronic appendices should be in a separate file. These sections are detailed below.

### ***Title Page***

The title page must contain: the title of the paper – which should be brief and include words useful for indexing and information retrieval; keywords; manuscript submission category; all authors' full names and affiliations; and identification of the corresponding author with full contact details.

### ***Abstract***

Manuscripts in all submission categories must contain an Abstract that does not exceed 250 words, and be complete without reference to the text. The abstract should state concisely the goals, methods, principal results, and major conclusions of the paper.

### **Keywords**

Key words are required for use by Abstract Services. A list of five to eight keywords are required which should be in alphabetical order and not duplicate words in the title.

### **Text**

All text should use only American English spelling. Authors whose native language is not English are encouraged to seek the assistance of a native English-speaking colleague to edit their manuscript prior to submission.

Footnotes should not be used. Original data research papers should contain five sections:

1. The **Introduction** should summarize briefly the background and aims of the study, including how it specifically addresses restoration objectives or hypotheses;

2. The **Methods** section should contain sufficient detail so that all procedures can be repeated (in conjunction with cited references). It should include a site description with latitude and longitude, if appropriate, and relevant contextual data, e.g., average monthly or seasonal precipitation and temperature and average values for the duration of the study, soil profile descriptions and taxonomic identification, river flooding frequency, depth of standing water etc. A site map should be included only if the information cannot be obtained from a standard atlas; and experimental design maps are published only if the design cannot be sufficiently described in words. Detailed methodology or site information and contextual data can be submitted as Electronic Supplementary Material.

3. The **Results** section should include all results presented as succinctly as possible, and should not have the same data presented in different ways (e.g., both in a table and a figure). It should not include extended lines of inference, arguments or speculations. The Results must be separate from the Discussion.

4. The **Discussion** should include the author's interpretation of the results and what they might mean in a wider context. It should cite international literature appropriate to the topic, and consider the broader implications of the work and its relevance in the context of other ecosystem types and/or geographical locations. It should contain clear statements of the main conclusion(s) of the research.

5. A box on '**Implications for Practice**' should summarize in dot points and in plain English implications of the work that may interest practitioners. This section should not simply provide a dot point summary of the paper or reiterate findings or issues from the paper that do not have implications for practice. Rather the points should highlight how key findings should be used or taken into account for practical purposes.

Review and Opinion papers are not required to follow a set format, but must be supported by published international literature. These papers should also include a box on 'Implications for Practice', as in (5) above.

### **Acknowledgements**

The acknowledgements, for example, of financial support should be brief.

### **Literature Cited**

Only articles that have been published or are 'in press' may be included in the Literature Cited. In the text, unpublished studies should be referred to as such or as a personal communication and should include an affiliation. Example: (R. Davis 2009, Harvard University, Boston, MA, personal communication). Citation of theses, reports and web-based information in the reference list is permissible. However, excessive or exclusive use of grey literature is discouraged if used as a sole source of information; it should only be used in a limited manner and when no other source of information is available. URLs should be cited where possible.

References in the text should be inserted in parentheses, in chronological order as follows: (Johnson & Van Hoot 2005; Cairns 2008; Plafkin et al. 2009). The reference list should be in alphabetical order according to first-named author. Papers with two authors should follow those of the first-named author, arranged in alphabetical order according to the name of the second author. Papers with more than two authors should follow in chronological

order. All authors' names, dates, title of book or article, publisher and place of publication must be included. Do not use abbreviations. The following are examples:

Keto, J. 1982. The recovery of Lake Vesijärvi after sewage diversion. *Hydrobiologia* **86**:195-199.

Keto, J., and I. Sammalkorpi. 1988. A fading recovery: a conceptual model for Lake Vesijärvi management and research. *Aqua Fennica* **18**:193-204.

Leverenz, J. W., and D.J. Lev. 1987. Effects of carbon dioxide-induced climate changes in the natural ranges of six major commercial tree species in the western United States. Pages123-155 in W. E. Shands and J. S. Hoffman, editors. *The greenhouse effect, climate change, and U.S. forests*. The Conservation Foundation, Washington, D.C.

McKneeley, J.A. 1995. The interaction between biological diversity and cultural diversity. International Conference on Indigenous Peoples, Environment, and Development, Zurich, 15-18 May 1995. International Union for the Conservation of Nature, Gland, Switzerland.

Newmark, W. D. 1986. Mammalian richness, colonization and extinction in western North American national parks. Dissertation. University of Michigan, Ann Arbor.

Plafkin, J. L., M. T. Barbour, K. D. Porter, S. K. Gross, and R. M. Hughes. 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macro-invertebrates and fish. EPA/444/ 4-89-001. United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Stockwell, C. A., G. C. Bateman, and J. Berger. 1991. Conflicts in national parks: helicopters, big horn sheep, and Grand Canyon. *Biological Conservation*. (In press.)

National Oceanic and Atmospheric Administration, National Climatic Data Center, 2006-2010.

URL <http://www.erh.noaa.gov/iln/climate.htm> [accessed on 13 February 2010]

\*\* Cross-check all references cited in the text with those listed in the Literature Cited before submitting the manuscript.

### ***Supporting Information***

Supporting Information can be a useful way for an author to include important but ancillary information with the online version of an article. Examples of Supporting Information include additional tables, data sets, figures, movie files, audio clips, 3D structures, and other related nonessential multimedia files. Supporting Information should be cited within the article text, and a descriptive legend should be included. It is published as supplied by the author, and a proof is not made available prior to publication; for these reasons, authors should provide any Supporting Information in the desired final format.

For further information on recommended file types and requirements for submission, please visit: <http://authorservices.wiley.com/bauthor/suppinfo.asp>

### ***Tables and Figures***

Figures and tables should be consecutively numbered within the manuscript and all must be called out within the text.

Tables must be typed double-spaced, without vertical rules, and should not duplicate material in the text or figures. Tables and figures should be self-explanatory and captions should be able to be understood using the

information provided without reference to the text. All abbreviations and terms unique to your paper must be defined in the caption; common statistical notations do not need to be defined.

Figures include line drawings and photographs and should be supplied to fit within either a single column or across the full page. All illustrations, including lettering, should be capable of 66 to 50% reduction without loss of clarity or legibility. When possible, show statistical significance directly on tables and figures, this will make interpretation easier for readers.

Photographs of research sites are encouraged for inclusion in articles since they are especially relevant in restoration ecology. Color photographs will be printed in black and white unless authors indicate their willingness to pay for color printing; however, there is no charge to authors for color images in the online version.

Photographs may be submitted as separate figures or in sets with a narrow white border between each photograph.

For review purposes place all figures and tables at the end of the text in a single document whenever possible. Upon acceptance you will be asked to provide all line artwork (vector graphics) as Encapsulated Postscript (EPS) and bitmap files (halftones or photographic images) as Tagged Image Format (TIFF), with a resolution of at least 300 dpi at final size. High quality PDFs are also acceptable. Do not send native file formats. More detailed information on the submission of electronic artwork will be provided upon acceptance of the manuscript and can be found at <http://authorservices.wiley.com/bauthor/illustration.asp>.

#### **Taxonomic Names**

For organisms, cite scientific name (in italics) followed by common name in parentheses. If no common name is available, include family name in parentheses. Thereafter, either the scientific name or common name may be cited if used consistently. The genus name can be abbreviated after the first use.

#### **Cover Photograph**

Authors may submit high resolution color photographs with a descriptive legend for possible use for the cover of the Journal. The same illustrations may be used as a figure in the text.

#### **Proofs**

Authors are expected to proofread their article promptly and carefully, correcting any printer's errors. Proofs should be returned within 48 hours of receipt. Changes to typeset text are expensive, and therefore authors making excessive changes will be invoiced by the Publisher.

#### **Page Charges (US\$)**

There are no page charges for those without institutional or grant support for them. Page charges of \$150 per page will be assessed for those with grants or institutional support for publication costs, \$35 for those with limited support, \$10 per page for those without grant support, but willing to pay at this rate. These charges will be collected by the Publisher. An author's inability to pay will in no way influence whether his or her paper will be accepted for publication. There is a non-waivable \$900 charge per page for color figures.

#### **CC-BY for all OnlineOpen authors**

If your paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an email prompting them to login into Author Services; where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be able to complete the license agreement on behalf of all authors on the paper.

### **For authors signing the copyright transfer agreement**

If the OnlineOpen option is not selected the corresponding author will be presented with the copyright transfer agreement (CTA) to sign. The terms and conditions of the CTA can be previewed in the samples associated with the Copyright FAQs below:

CTA Terms and Conditions [http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs\\_copyright.asp](http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp)

### **For authors choosing OnlineOpen**

If the OnlineOpen option is selected the corresponding author will have a choice of the following Creative Commons License Open Access Agreements (OAA):

Creative Commons Attribution License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial -NoDerivs License OAA

To preview the terms and conditions of these open access agreements please visit the Copyright FAQs hosted on Wiley Author Services [http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs\\_copyright.asp](http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp) and visit <http://www.wileyopenaccess.com/details/content/12f25db4c87/Copyright--License.html>.

If you select the OnlineOpen option and your research is funded by The Wellcome Trust and members of the Research Councils UK (RCUK) you will be given the opportunity to publish your article under a CC-BY license supporting you in complying with Wellcome Trust and Research Councils UK requirements. For more information on this policy and the Journal's compliant self-archiving policy please visit: <http://www.wiley.com/go/funderstatement>.

### **Offprints**

The Publisher will supply the author with a free PDF offprint. A link to an offprint order form will be included with the page proofs, and authors may order hardcopy offprints in lots of 100.

*Revised April 2013*