

RAFAEL DOMINGOS DE OLIVEIRA

**BANCO DE SEMENTES DO SOLO DE TRÊS
FITOFISIONOMIAS DA FLORESTA NACIONAL DO
ARARIPE, CEARÁ, BRASIL**

RECIFE

2013

RAFAEL DOMINGOS DE OLIVEIRA

**BANCO DE SEMENTES DO SOLO DE TRÊS
FITOFISIONOMIAS DA FLORESTA NACIONAL DO
ARARIPE, CEARÁ, BRASIL**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

Orientadora: Dra. Elcida de Lima Araújo (UFRPE).

Co-orientadores: Dr. Kleber Andrade da Silva (UFPE) e Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque (UFRPE).

RECIFE

2013

Ficha catalográfica

O48b

Oliveira, Rafael Domingos de
Banco de sementes do solo de três fitofisionomias da
Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil / Rafael Domingos
de Oliveira. – Recife, 2013.
64 f.: il.

Orientadora: Elcida de Lima Araújo.
Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia,
Recife, 2013.

Inclui referências e anexo(s).

1. Banco de sementes do solo 2. Cerrado 3. Regeneração
natural 4. Variação espaço-temporal I. Araújo, Elcida de Lima,
orientadora II. Título

CDD 574.5

RAFAEL DOMINGOS DE OLIVEIRA

**BANCO DE SEMENTES DO SOLO DE TRÊS
FITOFISIONOMIAS DA FLORESTA NACIONAL DO
ARARIPE, CEARÁ, BRASIL**

BANCA EXAMINADORA

Orientadora:

Profa. Dra. Elcida de Lima Araújo - UFRPE

Examinadoras:

Profa. Dra. Jarcilene Silva de Almeida Cortez - UFPE (Titular)

Profa. Dra. Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos - IFPE (Titular)

Profa. Dra. Margareth Ferreira de Sales - UFRPE (Titular)

Profa. Dra. Carmen Sílvia Zickel - UFRPE (Suplente)

RECIFE

2013

Ao meu sobrinho, Raul Marques Domingos,
por ser a nossa fonte de alegria,
harmonia e felicidade.

Dedico

“A Terra oferece o suficiente para satisfazer todas as necessidades do homem, mas não a ganância de todos os homens.”

Mahatma Gandhi

AGRADECIMENTOS

Após muito aprendizado, novas experiências, conflitos, alegrias, saudades, responsabilidades e amizades feitas, é finalizada uma etapa bastante desejada e é alcançada a conquista de um objetivo. Sozinho?! Não mesmo! Tenho que agradecer a todos que fizeram parte dessa vitória.

Agradeço à força maior que me guia e me sustenta e que, cada vez mais, eu tenho tido a certeza da sua atenção para que os meus caminhos sejam repletos de felicidades e paz. Obrigado meu Deus...

Aos meus pais, Francisco e Liduina, por apoiarem minhas decisões e me aconselharem sempre que necessário para que eu possa continuar seguindo o grande exemplo de caráter e integridade que são. “Não há glórias sem sacrifícios”, não é pai?!

Ao João Josino, que foi uma peça fundamental para que eu continuasse firme longe de casa e por ter me amparado em qualquer hora que estivesse precisando. Obrigado por estar ao meu lado sempre, por ser um companheiro muito especial.

Ao meu irmão Raniery, meu sobrinho Raul e minha cunhada e amiga Gaby, por me fazerem melhor e me injetarem ânimo simplesmente pelo fato de estarem sempre perto e dividirmos uma pura relação de amizade.

À minha orientadora, Dra. Elcida Araújo. Muito obrigado pela confiança depositada, pelo apoio e, principalmente, pelos valorosos ensinamentos que com certeza serão de grande importância para o meu crescimento.

Aos meus co-orientadores, Dr. Kleber Silva, por sempre estar disposto a ajudar e tirar dúvidas no que fosse preciso, pelos encaminhamentos muito bem colocados e pela companhia descontraída; e Dr. Ulysses Albuquerque, também pela confiança depositada, pelo exemplo de profissional que é e pelas importantes contribuições desde o início do curso.

Aos membros da banca, Dra. Jarcilene Cortez, Dra. Elba Ferraz Ramos, Dra. Margareth Sales e Dra. Carmen Zickel, pelas valiosas sugestões e contribuições para o aprimoramento das informações apresentadas nesta dissertação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado e auxílio financeiro para realização do estudo.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós Graduação em Ecologia (PPGE/UFRPE), pela oportunidade da minha formação. Agradeço em especial à Profa. Dra. Ana Carla Ásfora El-deir, coordenadora do PPGE, pelo seu empenho incondicional para o bom funcionamento do nosso curso e por ser a pessoa mais agradável e iluminada.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e à gerência da Floresta Nacional do Araripe (FLONA Araripe), por concederem oportunidade de realização da pesquisa na unidade de conservação. Agradeço aos funcionários da casa de apoio Santa Rita que tão bem nos acolheram: Sr. Luís, Tiago, Derislan (capitão) e, especialmente, ao Edvan (painho), Rivaldo (baxim) e Sr. Gilmário pela grande amizade, consideração, respeito e apoio nas atividades.

À Edilma (dilminha) e D. Neném, moradoras do entorno da FLONA Araripe na comunidade de Cacimbas, município de Jardim, Ceará, pela enorme hospitalidade e carinho, nos tratando muito bem e com toda atenção em todas as visitas a esta comunidade.

Aos amigos do Laboratório de Ecologia Vegetal de Ecossistemas Naturais (LEVEN) e do Laboratório de Etnobotânica Aplicada (LEA), pela ajuda extrema nas coletas e realização dos experimentos na casa de vegetação e pelos vários momentos felizes que vivemos juntos! Muito obrigado mesmo!

Aos colegas da taxonomia vegetal: James Lucas e Valéria Sampaio (UFPE) e Wallace São-Mateus (UFRN), pela ajuda na identificação de algumas espécies do banco de sementes.

Aos meus parceiros de mestrado: Alane, André, Bárbara, Carina, Hugo, Karina e Miguel, pelos momentos de aprendizagem, desabafos e descontração que tivemos juntos. Agradeço as minhas lindas amigas que amo muito e vou guardar sempre pertinho, dentro do coração: Carol, Clara e Ju, vocês são demais!

Às minhas grandes amigas: Letícia, Noelia e Simone, por me fazer bem todos os dias e pelos almoços e tardes agradáveis de “café com prosa”! Bom demais ter vocês por perto! Vou levar vocês comigo para sempre também...

Ao amigo Sandro Costa, pela inestimável ajuda nos trabalhos de campo, demonstrando sempre disposição e coragem em ajudar, e pela sua agradável companhia.

Aos meus amigos de república: Danilo, Fillipe e Márcio. A convivência com vocês foi maravilhosa e fundamental para o meu bem estar em Recife. Muitos bons momentos! Fernanda, você faz parte disso tudo também. Muito obrigado!

Aos meus amigos: Bruno Edson e Carlos Silva, pela constante preocupação durante e, principalmente, na reta final do mestrado, oferecendo seu apoio importantíssimo para essa concretização.

À D. Josimeuba Josino, por estar torcendo, me apoiando com palavras incentivadoras e por ter se demonstrado uma segunda mãe, que quer o bem do filho acima de tudo.

Às minhas conterrâneas em Recife: Carol, Déborah, Renata e Lia, que faziam me sentir em casa, pelos papos sempre cheios de risadas e pelo apoio em alguns momentos tensos que vivi. Adoro vocês!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 O banco de sementes do solo e suas características	14
2.2 Variações espaço-temporais no banco de sementes do solo	15
2.3 Banco de sementes do solo em cerrado <i>sensu lato</i>	20
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
Artigo: Variação espaço-temporal na riqueza e densidade de sementes no banco do solo entre fitofisionomias de Cerrado, Nordeste do Brasil	27
Resumo.....	28
Introdução.....	29
Material e métodos.....	31
Área de estudo.....	31
Amostragem do banco de sementes do solo.....	33
Análise dos dados.....	34
Resultados.....	35
<i>Riqueza de espécies versus fitofisionomia, estação climática e profundidade de deposição da semente no solo</i>	35
<i>Densidade de sementes versus fitofisionomia, estação climática e profundidade de deposição da semente no solo</i>	37
Discussão.....	39
<i>Variação da riqueza de espécies versus fitofisionomias, profundidades e estações</i>	39
<i>Variação na densidade de sementes versus fitofisionomias, profundidades e estações</i>	41
Agradecimentos.....	42
Referências.....	43
Legenda das Figuras.....	49
Tabelas.....	50
Figuras.....	56
Anexo.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição de espécies e densidade de sementes do banco do solo nas estações chuvosa e seca nas fitofisionomias cerrado, cerrado e mata úmida da Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil.....	50
Tabela 2. Sumário da análise do Modelo Linear Generalizado (GLM) para o efeito das fitofisionomias, profundidades de coleta e estação climática sobre a riqueza de espécies e densidade de sementes do banco de sementes do solo da Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Valores de F significativos estatisticamente ($P < 0,05$) são indicados por asteriscos.....	52
Tabela 3. Diferenças na riqueza média de espécies do banco de sementes do solo entre fitofisionomia, profundidade e estação climática na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Valores em negrito evidenciam diferenças significativas pelo teste de Tukey <i>a posteriori</i> ($p < 0,05$). * = valor da riqueza média.....	53
Tabela 4. Diferenças na densidade média de sementes do banco de sementes do solo entre fitofisionomia, profundidade e estação climática na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Valores em negrito evidenciam diferenças significativas pelo teste de Tukey <i>a posteriori</i> ($p < 0,05$). * = valor da densidade média.....	54
Tabela 5. Sumário do SIMPER apresentando as espécies que contribuíram com mais de 5% para a dissimilaridade entre as fitofisionomias, profundidades e estações na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil.....	55

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1.** Total mensal média mensal histórica de precipitação nas três fitofisionomias da Floresta Nacional do Araripe, Ceará. A seta com linha contínua indica a coleta das amostras realizada no final da estação chuvosa e a seta com linha pontilhada indica a coleta das amostras realizada no final da estação seca. Os dados de precipitação foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Estação Barbalha, Ceará, Brasil..... 56
- Fig. 2.** Diferenças entre fitofisionomias na riqueza média de espécie por profundidade de deposição da semente e por estação climática na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Letras diferentes entre fitofisionomias indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey..... 57
- Fig. 3.** Escalonamento multidimensional não métrico NMDS baseado no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis entre as fitofisionomias de cerrado na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil..... 58
- Fig. 4.** Diferenças entre fitofisionomias na densidade média de sementes por profundidade de deposição da semente e por estação climática na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Letras diferentes entre fitofisionomias indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey..... 59

Oliveira, Rafael Domingos de. MSc. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Fevereiro/2013. Banco de sementes do solo de três fitofisionomias da Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Elcida de Lima Araújo; Kleber Andrade da Silva; Ulysses Paulino de Albuquerque.

RESUMO

Devido à atual degradação das formações florestais, pesquisas têm sido realizadas para conhecer os processos naturais de regeneração dessas áreas. A regeneração a partir de sementes armazenadas no banco do solo é um importante artifício na dinâmica dos ecossistemas e pode apresentar-se diferente no tempo e no espaço, podendo variar em relação às diferentes fitofisionomias ou microhabitats existentes em uma determinada área, assim como por influência dos totais pluviométricos, em ambientes com marcada sazonalidade, por exemplo. Desse modo, o presente estudo pretende detectar a influência de variáveis como diferentes fitofisionomias, profundidades de deposição da semente no solo e estações climáticas e suas diferenças sobre a riqueza de espécies e densidade de sementes no banco de sementes do solo em três fitofisionomias da Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. A amostragem do banco de sementes do solo foi realizada em áreas de cerrado *sensu stricto*, cerradão e floresta estacional semidecidual (mata úmida) no final das estações chuvosa e seca onde, em cada uma delas, foram coletadas 50 amostras de serrapilheira e de solo (0-5 cm de profundidade). Para determinação da riqueza e composição de espécies e densidade do banco de sementes foi realizado o experimento de emergência de plântulas. A influência das fitofisionomias, profundidades e estações sobre a riqueza e densidade de sementes foi verificada através do GLM e para detectar diferenças nos valores médios de riqueza e densidade, foi aplicado o teste de Tukey *a posteriori* (5%). Para comparar a estrutura do banco de sementes entre fitofisionomias foi realizado um NMDS e a similaridade entre as amostras foi verificada através do teste ANOSIM. A função SIMPER foi utilizada para indicar o percentual de contribuição de cada espécie para a dissimilaridade entre as amostras. Foram registradas 24, 29 e 30 espécies e 174, 261 e 399 sem.m⁻² no banco de sementes do cerrado, cerradão e mata úmida, respectivamente. No cerrado e na mata úmida, tanto a riqueza de espécies quanto a densidade de sementes seja na serrapilheira ou no solo não diferiu entre estações climáticas. No cerradão, a riqueza de espécies e a densidade de sementes encontrada no solo foram significativamente diferentes entre as estações. A profundidade exerceu um maior poder de explicação sobre a variação de riqueza de espécies (50,63%) e densidade de sementes (22,73%), seguido da variável fitofisionomia (8,95% e 4,18%, respectivamente para a riqueza de espécies e densidade de sementes). Apenas a variável estação climática em um determinado ano não permitiu prever a variação da densidade de sementes e o seu baixo poder de influência sobre a riqueza de espécies leva a sugerir que a ocorrência de um padrão sazonal e sua interação com outras variáveis é complexa, dificultando a compreensão sobre a dinâmica do banco de sementes do solo das florestas.

Palavras-chave: Cerrado. Densidade. Riqueza. Regeneração natural. Variação espaço-temporal.

Oliveira, Rafael Domingos de. MSc. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Fevereiro/2013. Banco de sementes do solo de três fitofisionomias da Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Elcida de Lima Araújo; Kleber Andrade da Silva; Ulysses Paulino de Albuquerque.

ABSTRACT

Due to the current degradation of forests, researches have been performed to understand the natural regeneration process of these areas. Regeneration from seeds stored in the soil seed bank is an important strategy on the ecosystems dynamics. Soil seed bank can present different in time and space and vary in relation to the different phytophysiognomies or microhabitats in an area and vary in response to the influence of precipitation in environments with a high seasonality. Therefore, this study aims to detect the influence of variables like different phytophysiognomies, depths of seed deposition in the soil and climatic seasons on the species richness and seed density in the soil seed bank of three phytophysiognomies of Araripe National Forest, Ceará, Brazil. Soil seed bank samples was performed in cerrado *sensu strictu*, cerradão and semideciduous seasonal forest (humid forest) at the end of the rainy and dry seasons where, in each, it was collected 50 samples of litter and mineral soil (0-5 cm depth). To determine species richness and composition and seed bank density, it was performed the seedling emergence method. GLM was used to verify the influence of phytophysiognomies, depths and seasons on the richness and seed density. To detect differences in the mean values of richness and density it was performed a post-hoc Tukey test (5%). A NMDS was used to compare the seed bank structure between phytophysiognomies and the similarities was verified with ANOSIM test. SIMPER function was used to indicate the contribution percentage of each species for the dissimilarity between samples. It was registered 24, 29 e 30 species and 174, 261 and 399 seeds.m⁻² in cerrado, cerradão and humid forest seed banks, respectively. In cerrado and humid forest, both species richness and seed density, is in the litter or in the soil, did not differ among climatic seasons. In cerradão, both species richness and seed density observed in the mineral soil were significantly different among seasons. Depth shows a higher explanatory power on the variation of species richness (50.63%) and seed density (22.73%), followed by phytophysiognomy (8.95% and 4.18%, respectively for the species richness and seed density). Only the variable climatic season in a given year did not allow to predict the seed density variation and their low influence power on the species richness leads to suggest that the occurrence of a seasonal pattern and its interaction with others variables is complex, making it difficult to understand the soil seed bank dynamic in forests.

Keywords: Cerrado. Density. Natural regeneration. Richness. Spatial-temporal variation.

1 INTRODUÇÃO

As atividades produtivas vêm exercendo pressão sobre a conservação dos ambientes naturais e se torna mais intensa em função dos padrões de consumo e tamanho das populações humanas (GEIST; LAMBIN, 2002). Tais atividades podem prejudicar a dinâmica de algumas espécies, com perda de biodiversidade em alguns casos, além de comprometer o funcionamento de alguns processos ecológicos de elevada importância para manutenção da diversidade dos habitats, entre eles a dinâmica do banco de sementes do solo, que possibilita a regeneração natural das florestas (PEREIRA et al., 2001).

Diversos estudos com banco de sementes tem sido feitos para elucidar muitos aspectos da dinâmica de comunidades vegetais (PARTRIDGE, 1989). A importância do banco de sementes para a regeneração das florestas tropicais relaciona-se ao estabelecimento de grupos ecológicos, como o das pioneiras, e com a restauração da riqueza de espécies arbóreo-arbustivas (BAIDER; TABARELLI; MANTOVANI, 1999), apresentando como principal vantagem a possibilidade de restabelecer no local degradado um ecossistema que se assemelha, pelas espécies contidas, àquele que existia antes da sua perturbação (SOUZA et al., 2006).

Deste modo, a compreensão da dinâmica de regeneração natural em ecossistemas florestais possibilita que sejam feitas estimativas de parâmetros populacionais imprescindíveis para a consecução do manejo florestal sustentável (CALEGÁRIO et al., 1993; DRUMOND et al., 1996; ALBUQUERQUE, 1999). Além disso, as informações obtidas por meio destes estudos são fundamentais para delinear os procedimentos mais adequados à restauração e manutenção da diversidade biológica das distintas florestas em situações de distúrbios (HÖZEL; OTTE, 2004; LUZURIAGA et al., 2005; SOUZA et al., 2006).

Existe, portanto, um grande interesse em conhecer o papel do banco de sementes nos processos de regeneração natural, como recolonização de ambientes perturbados (JONES; ESLER, 2004; LUZURIAGA et al., 2005; ROTUNDO; AGUIAR, 2005), assim como são comuns estudos que avaliam o banco de sementes de espécies de plantas daninhas em áreas de cultivos agrícolas (SEVERINO; CHRISTOFFOLETI, 2001; OSEM; PEREVOLOTSKY; KIGEL, 2006).

Além disso, a heterogeneidade espaço-temporal dos ambientes influencia significativamente tanto a dinâmica quanto a estrutura de comunidades ecológicas (WEITEROVÁ, 2008) e pode causar flutuações ou mudanças na composição, riqueza e densidade do banco de sementes do solo (PUGNAIRE; LÁZARO et al., 2005; SILVA et al.,

2013). Tais variações podem ocorrer no espaço horizontal entre fitofisionomias ou microhabitats (ESMAILZADEH et al., 2012; GOMAA, 2012) ou no espaço vertical, entre as diferentes camadas do solo ou sobre a serrapilheira (PEREIRA-DINIZ; RANAL, 2006; WASSIE; TEKETAY, 2006). No tempo, o banco de sementes pode variar entre estações climáticas ou entre anos com diferentes níveis de precipitação (WILLIAMS et al., 2005; MARTINS; ENGEL, 2007).

Nesse sentido, dentro de um mesmo tipo de vegetação e, às vezes, dentro de uma mesma localidade é possível ocorrer diferenças fisionômicas marcantes na vegetação em função do tipo de solo e das características climáticas da região, como ocorre, por exemplo, na Chapada do Araripe, no nordeste do Brasil. Nessa região, foram estabelecidas duas unidades de conservação: a Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe e a Floresta Nacional do Araripe, a qual abriga diferentes tipos vegetacionais, entre eles as fitofisionomias cerrado, cerradão e floresta estacional semidecidual. Tais fisionomias apresentam elevada riqueza de espécies vegetais com diversificada importância econômica (RIBEIRO-SILVA et al., 2012).

Portanto, levando em consideração a influência das variações espaço-temporais na dinâmica do banco de sementes do solo, este estudo pretende responder as seguintes perguntas: 1) Variações no espaço horizontal (fitofisionomias) e vertical (profundidades de deposição das sementes) podem modular diferenças na riqueza de espécies e densidade de sementes no banco do solo? 2) Existem diferenças na riqueza de espécies e densidade de sementes no banco do solo entre estações climáticas? 3) A riqueza de espécies e a densidade de sementes do banco do solo podem ser explicadas por características como diferentes fitofisionomias, profundidades do solo e estações climáticas?

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O banco de sementes do solo e suas características

O banco de sementes do solo pode ser citado como sendo um dos componentes responsáveis pelos processos de regeneração natural de vegetações (MOLES; WARTON; WESTOBY, 2003). Ele é composto por sementes viáveis de espécies herbáceas e/ou lenhosas que estão presentes na serrapilheira ou no solo, desde a camada superficial até as camadas mais profundas, em um determinado local e momento (LECK; PARKER; SIMPSON, 1989; BASKIN; BASKIN, 1998), potencialmente capazes de restabelecer uma vegetação desaparecida por causa natural ou por distúrbios antrópicos (BAKER, 1989).

A dinâmica de um banco de sementes é influenciada diretamente pela sucessão de entrada e saída de sementes ao longo do tempo (LECK; PARKER; SIMPSON, 1989; SEVERINO; CHRISTOFFOLETI, 2001). A entrada de sementes no sistema é determinada pela chuva de sementes (produzida pelas plantas), dispersão por diferentes grupos de animais ou por fatores como água, vento ou demais agentes mecânicos. A saída do sistema está ligada à germinação, predação, morte fisiológica por senescência ou transferência para camadas profundas do solo, onde a germinação torna-se improvável (HARPER, 1977; LECK; PARKER; SIMPSON, 1989).

Thompson (1992) sugeriu uma classificação dos tipos de banco de sementes referente à longevidade, período de permanência das sementes no banco: transitório (menos de um ano), persistente a curto prazo (um a cinco anos) e persistente a longo prazo (mais de cinco anos). Para Hölzel e Otte (2004) o banco pode ser transitório, quando as sementes germinam na primeira estação favorável após dispersão; ou persistente, quando as sementes permanecem não germinadas, porém viáveis após a primeira estação favorável. O período de tempo em que as sementes permanecem no banco é determinado por fatores fisiológicos (germinação, dormência e viabilidade) e ambientais, como a umidade, temperatura, luz, presença de predadores de sementes e patógenos (VIEIRA; REIS, 2003).

O estudo do banco de sementes disponibiliza informações sobre a densidade de sementes, composição florística e potencial regenerativo das sementes estocadas nos solos (WILLIAMS-LINERA, 1993). A regeneração a partir de sementes estocadas no banco de sementes do solo é um importante componente na dinâmica dos ecossistemas, particularmente em ambientes sujeitos a distúrbio em larga escala ou habitats onde, por grandes períodos de tempo, as condições ambientais podem ser desfavoráveis para o crescimento e sobrevivência

das plantas (MOLES; WARTON; WESTOBY, 2003). Segundo Garwood (1989), os principais meios de regeneração das espécies de plantas tropicais dá-se por meio da chuva de sementes (dispersão pela própria planta), do banco de sementes do solo (sementes estocadas no solo), do banco de plântulas (plântulas estabelecidas e suprimidas no chão da floresta) e da formação de bosque (emissão rápida de brotos e/ou raízes provenientes de indivíduos danificados).

Nas florestas tropicais, o banco de sementes do solo geralmente é formado por sementes de espécies de sucessão inicial ou de clareiras, tais como ervas, arbustos e árvores pioneiras, embora seja também encontradas sementes de espécies de sucessão avançada (UHL; CLARK; MURPHY, 1981; THOMPSON, 1992). A maioria das espécies pioneiras produz sementes que permanecem longos períodos no solo por apresentar algum tipo de dormência. As espécies pioneiras têm efetivos mecanismos de dispersão à longa distância e uma produção de sementes precoce e em grande escala, o que incrementa a entrada de sementes no solo via chuva de sementes (UHL; CLARK, 1983). As primeiras espécies que emergem do banco evitam a erosão e a perda de nutrientes do solo, além de fornecerem habitats adequados ao recrutamento, transformando o ambiente e dando condições de outras espécies, mais exigentes em relação à luminosidade e nutrientes, germinarem e se estabelecerem (BAIDER; TABARELLI; MANTOVANI, 1999; VIEIRA; REIS, 2003).

2.2 Variações espaço-temporais no banco de sementes do solo

O banco de sementes do solo tem sido investigado por diversos estudos em diferentes ambientes tropicais do mundo e apontam que a sua dinâmica é fortemente afetada por variações espaço-temporal. Tais estudos concentram esforços em entender, no espaço horizontal, as variações na riqueza e composição de espécies e na densidade de sementes estocadas no banco do solo.

Estas variações podem ocorrer em resposta as diferentes características de fitofisionomias em áreas de savanas tropicais (SASSAKI et al., 1999; OLIVEIRA, 2007) e de formações florestais decíduas (ESMAILZADEH et al., 2011); ou de acordo com os diversos *status* de regeneração dos ambientes, como em áreas de diferentes épocas de corte da vegetação ou em relação ao período que está sob preservação, podendo apresentar uma maior riqueza de espécies em regiões preservadas e maior densidade de sementes em locais recentemente perturbados (DAÏNOU et al., 2011).

Vegetações com diferentes gradientes de distúrbios também podem apresentar diferenças na riqueza e densidade do banco de sementes, promovendo o aumento da

densidade de sementes ora em ambientes mais degradados (WASSIE; TEKETAY, 2006; MARTINS; ENGEL, 2007) ora em situações de menor degradação (KASSAHUN; SNYMAN; SMIT 2009). A diminuição da riqueza em ambientes menos degradados também pode ser registrada (MARTINS; ENGEL, 2007; KASSAHUN; SNYMAN; SMIT, 2009).

Dainou et al. (2011) investigaram as características do banco de sementes em florestas semidecíduais com diferentes *status* de degradação em relação ao nível de abertura do dossel das florestas. A riqueza de espécies foi significativamente afetada pela cobertura do dossel, sendo maior na área protegida e menor na área que havia sofrido corte recentemente. A densidade de sementes não diferiu significativamente entre as florestas, no entanto, ela tende a ser maior em ambientes cortados mais recentemente. Os autores observaram que o banco de sementes estudado era rico em espécies herbáceas e lenhosas pioneiras, importantes para os processos de restabelecimento de vegetações.

Esmailzadeh et al. (2011) estudaram o banco de sementes em quatro comunidades de floresta decídua dominadas por *Fagus orientalis* no Irã e detectaram que a riqueza de espécies variou apenas entre a comunidade *Rusco hyrcani - Fagetum orientalis solidagoetosum* para com as demais e a densidade de sementes não diferiu entre as quatro comunidades estudadas, assim como a similaridade entre o banco de sementes e a vegetação não foi significativa. A ausência de efeito significativo do tipo de comunidade vegetal sobre essas variáveis pode ser atribuída em parte ao fato de que 27 das 41 espécies incluídas na análise compuseram 86,5% do total de emergentes das amostras de solo de todas as quatro comunidades. A maioria das espécies encontradas no banco de sementes pertencia a estágios iniciais de sucessão.

Kassahun, Snyman e Smit (2009) determinaram a riqueza de espécies e densidade do banco de sementes em três fitofisionomias que sofrem pastejo em um ecossistema árido no leste da Etiópia. Embora o número de espécies tenha sido quase similar entre as três fitofisionomias (41, 40 e 41 para o campo, savana aberta e savana densa, respectivamente), houve uma variação entre as classes de condições de degradação (diminuiu com o aumento no nível de degradação). O mesmo foi observado para a densidade de sementes, a qual foi significativamente maior na área de campo que na área de savana densa. É provado que o pastejo exerce um papel notável sobre a dinâmica do banco de sementes e, em condições mais severas, reduz a capacidade de produção das vegetações e, conseqüentemente, sua contribuição para o estoque de sementes no banco do solo.

Diferentes microhabitats também podem exercer influência sobre as características do banco de sementes como diques marginais a riachos, borda ou centro da floresta (PEREIRA-DINIZ; RANAL, 2006); ambientes salinizados, cultivados ou

influenciados por riachos provisórios em área de deserto (GOMAA, 2012); afloramento rochoso, plano ou ciliar (SANTOS et al., 2010); e presença de manchas arbustivas (PUGNAIRE; LÁZARO, 2000; CABALLERO et al., 2005; PEKAS; SCHUPP, 2013).

Estudando o banco de sementes do solo em um deserto no Egito, Gomaa (2012) percebeu que diferentes habitats influenciam significativamente a riqueza de espécies e a densidade de sementes no banco do solo. A composição de espécies do banco de sementes foi diferente entre os habitats, devido às condições específicas de cada um. Tanto a riqueza quanto a densidade de sementes foram maiores em uma área de deserto que havia sido cultivada, seguida pelo microhabitat entre vales onde correm riachos temporários e, por último, em ambientes com salinidade elevada. Segundo o autor, os maiores valores de riqueza e de densidade de sementes na área cultivada ocorreu devido à presença de sementes de espécies de deserto que já estava presente no solo antes de a área ser utilizada para cultivo, adicionadas as sementes de espécies dispersas pela vegetação natural das proximidades, além das sementes de plantas daninhas que estão associadas com as espécies cultivadas na área.

Pekas e Schupp (2013) avaliaram a influência de manchas arbustivas e de coberturas de uma grama perene sobre a riqueza e composição de espécies e densidade de sementes no banco do solo. Os microhabitats (abaixo e entre os arbustos) não demonstraram efeitos significativos na composição de espécies e, juntamente com a variável “nível de cobertura de grama” ou a interação entre elas não explicaram significativamente a variação de riqueza de espécies e densidade de sementes. Apenas a densidade de sementes de espécies arbustivas foi explicada pelo microhabitat, uma vez que a densidade abaixo dos arbustos foi significativamente maior que nos espaços entre eles.

No espaço vertical, as diferentes camadas do solo também podem promover diferenças no quantitativo de espécies e de sementes que são depositadas no banco do solo, podendo apresentar um maior número de espécies e sementes na serrapilheira (COSTA; ARAÚJO, 2003; PEREIRA-DINIZ; RANAL, 2006) ou nas camadas do solo (MAMEDE; ARAÚJO, 2008; SANTOS et al., 2010; SILVA et al., 2013). Decréscimos nos valores de riqueza e/ou densidade na medida em que ocorre o aumento da profundidade do solo também podem ser observados em diversos ambientes no mundo (SASSAKI et al., 1999; PEREIRA-DINIZ; RANAL, 2006; WASSIE; TEKETAY, 2006).

Em sete florestas secas montanas no norte da Etiópia, Wassie e Teketay (2006) avaliaram a riqueza e composição de espécies e sua relação com a flora local e a densidade de sementes presentes em diferentes camadas do solo. A riqueza de espécies e densidade de sementes diferiu significativamente entre as sete florestas. A maior riqueza foi encontrada na floresta em que o nível de degradação era maior e possuía um elevado número de espécies

herbáceas. A maior densidade foi observada na floresta localizada em uma maior altitude, onde, segundo os autores, a deterioração das sementes é menor devido às baixas temperaturas. As florestas apresentaram uma composição de espécies do banco de sementes própria, apresentando uma baixa similaridade entre elas, assim como entre as espécies lenhosas encontradas no banco de sementes e aquelas existentes na vegetação local. As camadas mais superficiais do solo apresentaram um maior quantitativo de espécies e de sementes, que diminuiu com o aumento da profundidade.

Em áreas de caatinga, Costa e Araújo (2003) e Mamede e Araújo (2008) observaram a influência das profundidades do solo sobre o quantitativo de sementes que fica estocado no solo. De acordo com seus estudos, a densidade pode variar, apresentando-se maior na serrapilheira ou na camada mais superficial do solo até 5 cm de profundidade, respectivamente. Acredita-se que, além da influência da profundidade, a densidade de sementes no banco, em áreas de caatinga, também varia em função da intensidade e duração do período chuvoso (COSTA; ARAÚJO, 2003).

A sazonalidade em determinados ambientes e as variações interanuais dos quantitativos de precipitação também são variáveis que atuam sobre a riqueza de espécies e densidade de sementes encontradas no banco do solo. Tal riqueza pode apresentar-se maior na estação chuvosa ou época mais úmida (PUGNAIRE; LÁZARO, 2000; GROMBONE-GUARATINI; RODRIGUES, 2002; SANTOS et al., 2010; SILVA et al., 2013) ou na estação seca (WILLIAMS et al., 2005; SCOTT et al., 2010). A densidade de sementes também pode variar entre estações ou anos de maior ou menor precipitação (SILVA et al., 2013). Tal densidade pode apresentar-se maior na estação chuvosa (GROMBONE-GUARATINI; RODRIGUES, 2002; FACELLI; CHESSON; BARNES, 2005; OLIVEIRA, 2007; SANTOS et al., 2010) ou na estação seca (SASSAKI et al., 1999; WILLIAMS et al., 2005; MARTINS; ENGEL, 2007). Pode-se também não haver variação nos valores de densidade de sementes (LÓPEZ, 2003) e riqueza de espécies (PEREIRA-DINIZ; RANAL, 2006) encontradas no banco de sementes entre estações climáticas.

Caballero et al. (2005), em uma área de floresta seca na região central da Espanha, detectaram diferenças significativas tanto na riqueza de espécies quanto na densidade de sementes no solo, sendo maiores no outono que na primavera, devido a perda de sementes por morte ou emergência de plântulas nesta estação. Em ambas as estações, a composição de sementes foi principalmente controlada pelos diferentes microhabitats. As manchas arbustivas abrigam maiores quantitativos de espécies e de sementes, apresentando-se como microsítios favoráveis e desempenhando um importante papel na manutenção destes ecossistemas. Tal papel das manchas arbustivas também foi confirmado por Pugnaire e Lázaro (2000) em uma

floresta tropical seca no sudeste da Espanha: maiores densidades de sementes foram encontradas próximas a manchas arbustivas, o que pode estar relacionado aos arbustos atuarem como barreiras para o processo de dispersão de sementes e por propiciarem condições mais favoráveis ao estabelecimento de plântulas abaixo de sua copa. Além disso, foi observado que a riqueza de espécies está fortemente relacionada com a precipitação, uma vez que, no ano mais úmido, a riqueza de espécies foi maior.

A influência das variações sazonais, interanuais de precipitação e espaciais (profundidade de deposição das sementes no solo) sobre a riqueza de espécies e densidade do banco de sementes do solo foi analisada por Silva et al. (2013) em uma área de floresta seca (caatinga) no semiárido brasileiro. Em três anos, observou-se um decréscimo na riqueza de espécies do primeiro ao terceiro ano, apresentando-se maior na época chuvosa dos dois primeiros anos e maior no solo que na serrapilheira nos três anos. A profundidade, juntamente com a precipitação do ano anterior e a estação climática, são variáveis significativas para determinar a riqueza de espécies do banco de sementes. Tal riqueza está intimamente relacionada à precipitação entre anos, uma vez que ela apresentou-se maior em anos com mais chuvas. A densidade de sementes apresentou-se maior no solo que na serrapilheira e foi bastante variável entre as estações, sendo maior na seca do terceiro ano, maior na chuva do segundo ano e sem variação no primeiro ano, que podem ser explicadas pela relação com os períodos de dispersão (alta densidade pós-dispersão) e emergência de plântulas (baixa densidade pós-emergência) ou pela própria estocasticidade do banco de sementes.

Em uma floresta tropical seca (caatinga) no nordeste do Brasil, Santos et al. (2010) identificaram uma influência da variação espaço-temporal sobre o banco de sementes do solo. De uma forma geral, a riqueza de espécies e a densidade de sementes foram maiores na estação chuvosa, havendo uma redução sazonal significativa para a estação seca. A densidade de sementes encontrada foi significativamente maior no solo que na serrapilheira e entre essas profundidades de coleta houve diferença significativa na estação chuvosa. Também houve diferença significativa na densidade de sementes entre os microhabitats, sendo maior no ciliar, seguido do rochoso e do plano.

Facelli, Chesson e Barnes (2005) caracterizaram a dinâmica do banco de sementes em comunidades de plantas anuais numa área de floresta tropical seca no sul da Austrália. O estudo detectou a influência significativa da sazonalidade em relação à composição de espécies e densidade do banco de sementes, uma vez que um maior número de sementes foi encontrado durante períodos com mais chuva e comprovaram, em ambiente controlado, que havia uma relação entre a comunidade de plantas que emergia do banco de sementes com a quantidade de água e o nível de temperatura em que as amostras eram expostas.

Scherer e Jarenkow (2006) estudaram as diferenças sazonais na composição e densidade do banco de sementes do solo de espécies arbóreas, verificando a similaridade com a vegetação já estabelecida em uma floresta estacional. A diversidade obtida para as amostragens do banco de sementes refletiu o baixo número de espécies e houve uma grande concentração de indivíduos germinados em um pequeno número de espécies. A composição de espécies e a densidade foram relativamente similares para as duas estações e não houve similaridade com o levantamento fitossociológico do componente arbóreo.

2.3 Banco de sementes do solo em cerrado *sensu lato*

Estudos envolvendo banco de sementes do solo em áreas de cerrado foram realizados para avaliar os efeitos das variações temporais (GROMBONE-GUARATINI; RODRIGUES, 2002) sobre a riqueza e composição de espécies e densidade de sementes encontradas no solo. Foram também avaliados os efeitos destas variações juntamente com as variações espaciais, sejam em diferentes microhabitats dentro de um tipo fisionômico da vegetação (PEREIRA-DINIZ; RANAL, 2006) ou entre fitofisionomias distintas (OLIVEIRA, 2007; SASSAKI et al., 1999). Diferentes níveis de distúrbio também podem influenciar a dinâmica do banco de sementes do solo nesses ambientes (MARTINS; ENGEL, 2007), além das variações de microhabitats que naturalmente existem no interior das florestas.

Por exemplo, Pereira-Diniz e Ranal (2006) avaliaram o efeito da sazonalidade climática (começo e final da estação seca), microhabitats (diques marginais a riachos, borda e centro da floresta) e profundidades (serrapilheira e camadas do solo até 35 cm) sobre a riqueza de espécies e densidade de sementes no banco do solo de uma mata de galeria (fitofisionomia de cerrado), em Minas Gerais. Esses autores constataram que a sazonalidade e as características do microhabitats não foram suficientes para promover diferenças relevantes no banco de sementes. Apenas na camada de serrapilheira a densidade de sementes encontrada diferiu entre o começo (maior densidade) e o final da estação seca. Das três variáveis, a profundidade do solo foi mais efetiva em promover diferenças. Tanto a riqueza de espécies quanto a densidade de sementes diminuíram com o aumento da profundidade, sendo maiores na serrapilheira, nas duas estações. Espécies pioneiras predominaram no banco de sementes dessa floresta.

Oliveira (2007) comparou o banco de sementes em áreas de cerrado, cerradão e mata de galeria, avaliando a germinação e a viabilidade das sementes que compõem o banco de sementes do solo desses ambientes, ao final do período chuvoso e período seco. Uma

maior densidade de sementes foi encontrada ao final do período chuvoso, em ambiente de mata de galeria, seguido por cerradão e, por último, cerrado. A maioria das sementes presentes era de espécies herbáceas ou gramíneas e, após separação manual, verificou-se que as sementes que não germinaram, em sua maioria, estavam danificadas.

Em três fitofisionomias de cerrado em São Paulo, Sasaki et al. (1999) quantificaram o número de sementes no banco do solo em diferentes profundidades (0-5, 5-10, 10-15 cm) tanto na estação seca quanto na chuvosa. De uma maneira geral, a densidade de sementes foi maior na seca. No entanto, os autores não encontraram um padrão sazonal que influencie a densidade de sementes no solo das diferentes fitofisionomias, uma vez que, no cerrado, a densidade de sementes encontradas foi maior na seca, enquanto na mata de galeria foi observado o contrário. No cerradão, a densidade de sementes não variou em função das estações climáticas. No entanto, houve uma diminuição do quantitativo de sementes à medida que a profundidade do solo era maior, nas três fitofisionomias.

A caracterização do banco de sementes do solo realizada por Martins e Engel (2007) em dois fragmentos de floresta estacional semidecidual, com diferentes níveis de distúrbio no sudeste do Brasil, demonstrou que a riqueza e diversidade de espécies, assim como a densidade de sementes no banco do solo, foram maiores no fragmento florestal considerado mais perturbado e que mais sementes foram encontradas no final da estação seca em relação ao final da estação chuvosa. No entanto, o banco de sementes da floresta menos perturbada apresentou uma maior riqueza e abundância de espécies lenhosas pioneiras, possuindo, uma maior capacidade para regeneração natural de sua vegetação.

A composição e a densidade de sementes encontradas no banco do solo foram examinadas por Grombone-Guaratini e Rodrigues (2002) em uma floresta estacional semidecidual no sudeste do Brasil. Eles observaram que existe influência temporal e interanual sobre o banco de sementes, uma vez que a densidade de sementes não diferiu entre estações seca e chuvosa de um mesmo ano, mas foi significativamente menor na estação seca do ano anterior. O maior número de sementes encontrado na estação chuvosa pode ter sido determinado pela fenologia da floresta, uma vez que a dispersão de sementes na área coincide a essa época. A riqueza de espécies na estação chuvosa (39) foi maior que a encontrada na estação seca do mesmo ano (37), porém foi menor que a observada na seca do ano anterior (41). A composição de espécies entre as três épocas de coleta foi bastante similar e *Trema micrantera*, uma espécie arbórea característica de estágios primários de sucessão, foi a mais abundante em todas elas.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, S. G. de. Caatinga vegetation dynamics under various grazing intensities by steers in the semi-arid Northeast, Brazil. **Journal of Range Management**, v. 52, n. 3, p. 241-248, 1999.
- BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. O banco de sementes de um trecho de floresta atlântica montana (São Paulo, Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 59, n. 2, p. 319-328, 1999.
- BAKER, H. G. Some aspects of the natural history of seed banks. In: LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. (Eds.). **Ecology of soil seed banks**. New York: Academic Press, 1989, p. 9-21.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. New York: Academic Press, 1998.
- CABALLERO, I.; OLANO, J. M.; LUZURIAGA, A. L.; ESCUDERO, A. Spatial coherence between seasonal seed banks in a semi-arid gypsum community: density changes but structure does not. **Seed Science Research**, v. 15, p. 153-160, 2005.
- CALEGÁRIO, N.; SOUZA, A. L.; MARANGON, L. C.; SILVA, A. F. da. Parâmetros florísticos e fitossociológicos da regeneração natural de espécies arbóreas nativas no sub-bosque de povoamentos de Eucalyptus. **Revista Árvore**, v. 17, n. 1, p. 19-29, 1993.
- COSTA, R. C.; ARAÚJO, F. S. 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, 2003.
- DAÏNOU, K.; BAUDUIN, A.; BOURLAND, N.; GILLET, J-F.; FÉTÉKÉ, F.; DOUCET, J-L. Soil seed bank characteristics in Cameroonian rainforests and implications for post-logging forest recovery. **Ecological Engineering**, v. 37, p. 1499-1506, 2011.
- DRUMOND, M. A.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L.; SILVA, A. F.; MEIRA NETO, J. A. A. Alterações fitossociológicas e edáficas na mata atlântica em função das modificações da cobertura vegetal. **Revista Árvore**, v. 20, n. 4, 1996.
- ESMAILZADEH O.; HOSSEINI, S. M.; TABARI, M.; BASKIN, C. C.; ASADI, H. Persistent soil seed banks and floristic diversity in *Fagus orientalis* forest communities in the Hyrcanian vegetation region of Iran. **Flora**, v. 206, p. 365–372, 2011.
- FACELLI, J. M.; CHESSON, P.; BARNES, N. Differences in seed biology of annual plants in arid lands: a key ingredient of the storage effect. **Ecology**, v. 86, n. 11, p. 2998–3006, 2005.
- GARWOOD, N. C. Tropical Soil Seed Banks: a Review. In: LECK, M.A., PARKER, V.T.; SIMPSON, R. L. **Ecology of soil seed banks**. New York: Academic Press, 1989, p. 49-210.
- GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. **Bioscience**, v. 52, p. 143-150, 2002.

GOMAA, N. H. Soil seed bank in different habitats of the Eastern Desert of Egypt. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 19, p. 211-220, 2012.

GROMBONE-GUARATINI, M. T.; RODRIGUES, R. R. Seed bank and seed rain in a seasonal semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p. 759-774, 2002.

HARPER, J. L. **Population biology of plants**. New York: Academic Press, 1977.

HÖLZEL, N.; OTTE, A. Assessing soil seed bank persistence in flood-meadows: the search for reliable traits. **Journal of Vegetation Science**, v. 15, n. 1, p. 93-100, 2004.

JONES, F. E.; ESLER, K. J. Relationship between soil-stored seed banks and degradation in eastern Nama Karoo rangelands (South Africa). **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 2027-2053, 2004.

KASSAHUN, A.; SNYMAN, H. A.; SMIT, G. N. Soil seed bank evaluation along a degradation gradient in arid rangelands of the Somali region, eastern Ethiopia. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 129, p. 428-436, 2009.

LECK, M. A.; PARKER, T.; SIMPSON, R. L. **Ecology of soil seed banks**. New York: Academic Press, 1989.

LÓPEZ, R.P. Soil seed banks in the semi-arid Prepuna of Bolivia. **Plant Ecology**, v. 168, p. 85-92, 2003.

LUZURIAGA, A. L.; ESCUDERO, A.; OLANO, J. M.; LOIDI, J. Regenerative role of seed banks following an intense soil disturbance. **Acta Oecologica**, v. 27, p. 57-66, 2005.

MAMEDE, M. A.; ARAÚJO, F. S. Effects of slash and burn practices on a soil seed bank of caatinga vegetation in Northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 72, p. 458-470, 2008.

MARTINS, A. M.; ENGEL, V. L. Soil seed banks in tropical forest fragments with different disturbance histories in southeastern Brazil. **Ecological Engineering**, v. 31, p. 165-174, 2007.

MOLES, A. T.; WARTON, D. I.; WESTOBY, M. Seed size and survival in the soil in arid Australia. **Austral Ecology**, v. 28, p.575-585, 2003.

OLIVEIRA, S. F. 2007. 44 f. **Comparação do banco de sementes do solo de três fitofisionomias do bioma cerrado em áreas perturbadas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília, Brasília.

OSEM, Y.; PEREVOLOTSKY, A.; KIGEL, J. Similarity between seed bank and vegetation in a semi-arid annual plant community: The role of productivity and grazing. **Journal of Vegetation Science**, v. 17, p. 29-36, 2006.

PARTRIDGE, T. R. Soil seed banks of secondary vegetation on the Port Hills and Banks Peninsula, Canterbury, New Zealand, and their role in succession. **New Zealand Journal of Botany**, v. 27, p. 421-436, 1989.

- PEKAS, K. M.; SCHUPP, E. W. Influence of aboveground vegetation on seed bank composition and distribution in a Great Basin Desert sagebrush community. **Journal of Arid Environments**, v. 88, p. 113-120, 2012.
- PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; COSTA, J. R. M.; DIAS, J. M. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste Paraibano. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 3, p. 413-426, 2001.
- PEREIRA-DINIZ, S. G.; RANAL, M. A. Germinable soil seed bank of a gallery forest in Brazilian Cerrado. **Plant Ecology**, v. 183, p. 337-348, 2006.
- PUGNAIRE, F. I.; LÁZARO, R. Seed bank and understorey species composition in a semi-arid environment: the effect of shrub age and rainfall. **Annals of Botany**, v. 86, p. 807-813, 2000.
- RIBEIRO-SILVA, S.; MEDEIROS, M. B.; GOMES, B. M.; SEIXAS, E. N. C.; SILVA, M. A. P. Angiosperms from the Araripe National Forest, Ceará, Brazil. **Check List**, v. 8, n. 4, p. 744-751, 2012.
- ROTUNDO, J. L.; AGUIAR, M. R. Litter effects on plant regeneration in arid lands: a complex balance between seed retention, seed longevity and soil-seed contact. **Journal of Ecology**, v. 93, p. 829-838, 2005.
- SANTOS, D. M.; SILVA, K. A.; SANTOS, J. M. F. F.; LOPES, C. G. R.; PIMENTEL, R. M. M.; ARAÚJO, E. L. Variação espaço-temporal do banco de sementes em uma área de floresta tropical seca (caatinga) - Pernambuco. **Revista de Geografia**, v. 27, p. 234-253, 2010.
- SASSAKI, R. M.; RONDON, J. N.; ZAIDAN, L. B. P.; FELIPPE, G. M. Number of buried seeds and seedlings emergence in cerradão, cerrado and gallery forest soils at Pedregulho, Itirapina (SP), Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, p. 147-152, 1999.
- SCHERER, C.; JARENKOW, J. A. Banco de sementes de espécies arbóreas em floresta estacional no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 1, p. 67-77 2006.
- SCOTT, K.; SETTERFIELD, S.; DOUGLAS, M.; ANDERSEN, A. Soil seed banks confer resilience to savanna grass-layer plants during seasonal disturbance. **Acta Oecologica**, v. 36, p. 202-210, 2010.
- SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas em solos cultivados com adubos verdes. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 201-204, 2001.
- SILVA, K. A.; SANTOS, D. M.; SANTOS, J. M. F. F.; ALBUQUERQUE, U. P.; FERRAZ, E. M. N.; ARAÚJO, E. L. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. **Acta Oecologica**, v. 46, p. 25-32, 2013.
- SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V. Avaliação do banco de sementes contido na serrapilheira de um fragmento visando recuperação de áreas degradadas. **Cerne**, v. 12, n. 1, p. 56-67, 2006.

THOMPSON, K. The Functional Ecology of Soil Seed Banks. In: FENNER, M. **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford: CAB International, 1992, p. 231-258.

UHL, C.; CLARK, K. Seed ecology of selected Amazon Basin successional species. **Botanical Gazett**, v. 144, n. 3, p. 419-425, 1983.

UHL, C.; CLARK, K.; MURPHY, P. Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazon Basin. **Journal of Ecology**, v. 69, n. 2, p. 631-649, 1981.

VIEIRA, N. K.; REIS, A. **O papel do banco de sementes na restauração de áreas degradadas**. Disponível em: <<http://www.sobrade.com.br/eventos/2003/seminario/Trabalhos/028.pdf>>. Acesso em: 25 de abril de 2011.

WASSIE, A.; TEKETAY, D. Soil seed banks in church forests of northern Ethiopia: implications for the conservation of woody plants. **Flora**, v. 201, p. 32-43, 2006.

WEITEROVÁ, I. Seasonal and spatial variance of seed bank species composition in an oligotrophic wet meadow. **Flora**, v. 203, p. 204-214, 2008.

WILLIAMS, P. R.; CONGDON, R. A. GRICE, A. C.; CLARKE, P. J. Germinable soil seed banks in a tropical savanna: seasonal dynamics and effects of fire. **Austral Ecology**, v. 30, p. 79-90, 2005.

WILLIAMS-LINERA, G. Soil seed banks in four lower montane forests of Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, n. 3, p. 321-337, 1993.

Artigo

**Variação espaço-temporal na riqueza e densidade de sementes no banco do solo entre
fitofisionomias de Cerrado, Nordeste do Brasil**

Artigo a ser submetido ao periódico Flora

(Normas para publicação - Anexo)

Variação espaço-temporal na riqueza e densidade de sementes no banco do solo entre fitofisionomias de Cerrado, Nordeste do Brasil

Rafael Domingos de Oliveira^{a,*}, Kleber Andrade da Silva^b, Ulysses Paulino de Albuquerque^a,
Elcida de Lima Araújo^a

^aDepartamento de Biologia, Área de Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 52.171-900, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil.

^bLaboratório de Biodiversidade, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 55.608-680, Alto do Reservatório, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil.

*Autor para correspondência.

Endereços de e-mail:

rafaeldomingos99@yahoo.com.br (R. D. Oliveira)

kleberandradedasilva@hotmail.com (K. A. Silva)

upa@db.ufrpe.br (U. P. Albuquerque)

elcida@db.ufrpe.br (E. L. Araújo)

RESUMO

A dinâmica do banco de sementes do solo pode ser influenciada por variações espaço-temporal ocorrentes nas vegetações, o que afeta a riqueza de espécies e a densidade de sementes encontradas no solo. Embora isso ocorra, este estudo admite ser possível visualizar padrões na dinâmica do banco de sementes entre distintas fitofisionomias (cerrado, cerradão e mata úmida) em ambientes sazonais. Assim, este estudo objetiva avaliar diferenças na composição e riqueza de espécies, bem como na densidade de sementes do banco do solo, dentre e entre fitofisionomias, em função das estações climáticas e da profundidade de deposição da semente no solo. Amostras de serrapilheira e solo (0-5 cm) foram coletadas no final das estações chuvosa e seca nas três fitofisionomias. Foram registradas 24, 29 e 30 espécies e 174, 261 e 399 sem.m⁻² no banco de sementes do cerrado, cerradão e mata úmida, respectivamente. A variável profundidade exerceu um maior poder de explicação (50,63% e 22,73%) sobre a variação de riqueza de espécies e densidade de sementes, respectivamente. Apenas a variável estação climática observada em um determinado ano não permite prever a variação da densidade de sementes e o seu baixo poder de influência sobre a riqueza de espécies leva a sugerir que a ocorrência de um padrão sazonal e sua interação com outras variáveis é complexa, dificultando a compreensão sobre a dinâmica do banco de sementes do solo das florestas.

Palavras-chave:

Biodiversidade, Emergência de plântulas, Regeneração natural, Sazonalidade.

Introdução

O banco de sementes do solo reflete a dinâmica de funcionamento das distintas formações vegetacionais, bem como as perturbações naturais ou induzidas por atividades antrópicas (Agra e Ne'eman, 2012), podendo ocorrer diferenças na composição de espécies entre o banco de sementes e a assembléia de plantas estabelecida acima do solo (Hopfensperger, 2007; Pekas e Schupp, 2013). As sementes do banco do solo são potencialmente capazes de restabelecer uma vegetação já desaparecida (Baker, 1989; Esmailzadeh et al., 2011), possibilitando a renovação das populações e a continuidade das florestas. Logo, evidenciar as características quali-quantitativas do banco de sementes possibilita projetar o potencial de renovação e manutenção da biodiversidade das florestas, a qual mundialmente vem sendo continuamente ameaçada pelas demandas sociais (Wright, 2005).

Anualmente, a chuva e a dispersão das sementes renovam o estoque de sementes armazenado no banco do solo (Moles et al., 2003; Salazar et al. 2012), seja sobre a serrapilheira ou nas distintas camadas do solo (Leck et al., 1989; Baskin e Baskin, 1998). Todavia, a renovação do banco de sementes pode ser influenciada por fatores bióticos e abióticos e variar no tempo e no espaço (Caballero et al., 2005; Valdez-Hernández et al., 2010; Salazar et al., 2012; Aguado et al., 2012), sendo tais variações extremamente evidentes em ambientes semiáridos, com marcante sazonalidade climática (Silva et al., 2013). No Brasil, por exemplo, as vegetações de cerrado e de caatinga apresentam florestas estacionais que refletem não apenas o efeito da variável sazonalidade, mas também as variações ocorrentes na topografia, nos tipos de solo e nas características biológicas das espécies que compõem a vegetação (Salazar et al., 2012; Silva et al. 2013). Todas essas variáveis, conseqüentemente, vão influenciar a riqueza de espécies e o quantitativo de sementes que ficam armazenados no banco do solo, tornando-o heterogêneo no tempo e no espaço.

No espaço horizontal, a densidade de sementes e a composição de espécies do banco do solo variam em função das diferentes fitofisionomias em áreas de savanas tropicais, como campos, savanas abertas e savanas densas (Sasaki et al., 1999; Kassahun et al., 2009) e de distintas formações florestais decíduas (Esmailzadeh et al., 2011); da distância da planta matriz (Dalling et al., 1998; García-Núñez et al., 2001); da presença de manchas de vegetação arbustiva (Weiterová, 2008); e da ocorrência de interferência antrópica (Mamede e Araújo, 2008; Agra e Ne’eman, 2012). No espaço vertical, o banco de sementes pode variar de acordo com a profundidade de deposição da semente na serrapilheira e nas camadas do solo (Costa e Araújo, 2003; Luzuriaga et al., 2005; Scherer e Jarenkow, 2006; Silva et al., 2013).

No tempo, as variações sazonais e interanuais (López, 2003; Jones e Esler, 2004) influenciam as respostas fenológicas e a produtividade de sementes das plantas (Valdez-Hernández et al., 2010; Salazar et al., 2012; Silva et al., 2013), bem como podem modificar as características do habitat, tornando-o, por exemplo, temporalmente inundável (Hölzel e Otte, 2004).

Todas essas variações, sem dúvida, afetam a dinâmica do banco de sementes do solo. Assim, caracterizar a heterogeneidade espaço-temporal do banco de sementes do solo é de extrema importância para compreensão do funcionamento das florestas, por auxiliar na elaboração de predições sobre a manutenção ou ocorrência de mudanças nas características das florestas, no que diz respeito à composição, distribuição e dominância de espécies das assembleias de plantas (Parker e Kelly, 1989).

Embora heterogeneidade espaço-temporal induza variação na riqueza e na densidade de sementes do banco do solo dentre e entre tipos vegetacionais, este estudo admite ser possível visualizar padrões na dinâmica do banco de sementes entre distintas fitofisionomias em ambientes sazonais. Assim, objetiva-se avaliar diferenças na composição e riqueza de espécies, bem como na densidade de sementes do banco do solo, dentre e entre três fitofisionomias, em função das estações climáticas e da profundidade de deposição da

semente sobre o solo. Espera-se encontrar um padrão sazonal (maior riqueza e densidade de sementes no banco do solo na estação chuvosa) e um padrão espacial (menor quantitativo de espécies e sementes na serrapilheira) nas características do banco de sementes, independente das diferenças ocorrentes entre os tipos de vegetação.

Material e métodos

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Floresta Nacional do Araripe (FLONA Araripe), uma unidade de conservação localizada entre as latitudes 07°11'42" S e 07°28'38" S e longitudes 39°13'28" W e 39°36'33" W (Austregésilo-Filho, 2001; Ribeiro-Silva et al., 2012) e altitude em torno de 900 m (IBAMA, 2004). Em sua área total, de 38.262,33 hectares, abrange os municípios de Crato, Barbalha, Jardim e Santana do Cariri, região do Cariri, no sul do estado do Ceará (IBAMA, 2004). O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen (Peel et al., 2007), com temperatura média anual de 26°C e precipitação média anual oscilando entre 900,6 e 1526,4 mm, com maiores quantidades de chuva entre os meses de janeiro e maio (estação chuvosa; Fig. 1), segundo dados obtidos a partir das informações registradas para os últimos dez anos (2002-2011) na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Barbalha, distante cerca de 15 Km das áreas estudadas. No ano do estudo, a precipitação anual registrada para a região foi 1.463,9 mm, sendo 1.088,4 mm distribuídos na estação chuvosa (entre os meses de janeiro a maio) e 375,5 mm na estação seca (entre os meses de junho a dezembro; Fig. 1).

De maneira geral, a FLONA Araripe apresenta cobertura florestal com predomínio de espécies nativas. Segundo Toniolo e Kazmierczak (1998), esta FLONA abriga diferentes fitofisionomias, sendo cerca de 42% de sua totalidade representada por cerrado *sensu stricto* (daqui em diante referido apenas como cerrado), 37% por cerradão, 12% por

floresta estacional semidecidual (chamada localmente de mata úmida, designação que também será adotada neste estudo) e 7% por carrasco.

As fitofisionomias cerrado e cerradão ocorrem sobre solos do tipo latossolos distróficos (Ribeiro-Silva et al., 2012) e a mata úmida está estabelecida sobre solos do tipo litossolos distróficos e eutróficos (Toniolo e Kazmierczak, 1998; Ribeiro-Silva et al., 2012).

O cerrado é uma formação savânica composta por um estrato contínuo de espécies herbáceas que recobrem o solo, entremeadas por árvores e arbustos de 2-8 m de altura, relativamente esparsos, que não constituem um dossel contínuo (Ratter et al., 1997). A riqueza florística registrada nesta fitofisionomia é de 72 espécies, com predomínio das famílias Fabaceae e Asteraceae, com 13 e 7 espécies, respectivamente (Ribeiro-Silva et al., 2012). O cerradão é uma formação florestal, estruturalmente formada por três estratos: um superior, com árvores de 15-18 m, um mediano, formado por arbustos ou arvoretas que atingem até 3 m, e, finalmente, um reduzido estrato inferior herbáceo (Alencar et al., 2007). A riqueza florística registrada nesta fitofisionomia é de 87 espécies, com predomínio das famílias Fabaceae, Myrtaceae e Flacourtiaceae, com 17, 4 e 4 espécies, respectivamente (Ribeiro-Silva et al., 2012). A mata úmida (floresta estacional semidecidual) é uma formação florestal densa, que apresenta um dossel com cerca de 20 m de altura, localizada nas encostas norte e nordeste da FLONA Araripe (Toniolo e Kazmierczak, 1998; Ribeiro-Silva et al., 2012). A riqueza florística registrada nesta fitofisionomia é de 65 espécies, com predomínio das famílias Fabaceae e Rubiaceae, com 11 espécies cada (Ribeiro-Silva et al., 2012).

A execução desta pesquisa na FLONA Araripe foi autorizada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, por meio do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO, com o registro de número 33472-1.

Amostragem do banco de sementes do solo

As coletas do banco de sementes foram realizadas em três fitofisionomias: cerradão, cerrado e mata úmida, as quais distam cerca de 5 km entre si. Dentro de cada fitofisionomia, 50 parcelas contíguas de 10 x 10 m foram demarcadas. No canto superior esquerdo de cada uma das parcelas foram retiradas amostras do banco de sementes do solo de duas profundidades: serrapilheira e camada de 0-5 cm do solo, com o auxílio de um molde de metal (20 x 20 cm), conforme metodologia adotada por Cubiña e Aide (2001); Costa e Araújo (2003); Santos et al. (2010), totalizando 50 amostras por profundidade em cada fitofisionomia (cerradão, cerrado e mata úmida). As coletas do banco de sementes do solo foram realizadas no final do período chuvoso (junho) e no final do período seco (janeiro; Fig. 1) sempre no canto superior esquerdo da parcela, porém em pontos diferentes (vizinhos) para cada estação, totalizando 600 amostras. Todas as amostras foram colocadas em sacos plásticos e devidamente identificadas.

O método da emergência de plântulas foi adotado para estimar a composição de espécies e densidade de sementes do banco do solo, sendo esta última expressa em sem.m⁻². Tal método é usualmente utilizado e consiste em realizar sensos periódicos, observando a germinação de sementes e o surgimento de plântulas (Dalling et al., 1994; Pereira-Diniz e Ranal, 2006; Silva et al., 2013). Para isso, as amostras de serrapilheira e de solo de cada fitofisionomia e de cada estação climática foram levadas à casa de vegetação, dispostas em bandejas de isopor (260 x 260 x 42 mm) furadas ao fundo e irrigadas diariamente durante 150 dias. Bandejas contendo areia lavada esterilizada em autoclave foram colocadas como um controle entre as outras bandejas com as amostras para monitorar a possível ocorrência de contaminação. Nenhuma plântula germinou nas bandejas controle, assegurando que as espécies registradas no banco realmente eram das áreas de coleta do solo. A emergência de plântulas do banco de sementes foi monitorada semanalmente, sendo as plântulas

contabilizadas e identificadas. Plântulas morfologicamente distintas, cuja identificação taxonômica não foi possível, foram consideradas como morfoespécies.

Para facilitar o reconhecimento das espécies do banco de sementes do solo, material botânico de espécies ocorrentes nas parcelas de 10 x 10 m foi coletado, herborizado, identificado e incorporado ao acervo dos herbários Professor Vasconcelos Sobrinho da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e Herbário Caririense Dárdano de Andrade Lima da Universidade Regional do Cariri (URCA). As identificações foram feitas por meio de comparações com exsicatas de herbários e/ou através de consultas a especialistas.

Análise dos dados

A influência das fitofisionomias (cerradão, cerrado e mata úmida), das profundidades (serrapilheira e solo) e das estações (chuvosa e seca) sobre a variação de riqueza de espécies e densidade de sementes germinadas foi verificada através do Modelo Linear Generalizado (GLM), sendo o poder de explicação das variáveis fitofisionomias, profundidades e estações determinado pela razão entre o valor da soma dos quadrados (SS) da variável, dividido pela soma dos valores de SS das demais variáveis. Diferenças nos valores médios de riqueza e densidade entre as fitofisionomias, profundidades e estações foram avaliadas pelo teste de Tukey *a posteriori*, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas no programa Statistica 7.0.

Para comparar a estrutura do banco de sementes das diferentes fitofisionomias, foi realizada uma análise de ordenação para dados biológicos (Escalonamento Multidimensional Não Métrico - NMDS). Em seguida, a similaridade entre as amostras foi verificada através do teste ANOSIM unidirecional. O resultado desse teste gera valores de R que variam entre 0 e 1, sendo R = 0 (ausência de diferença entre os grupos) e R = 1 (diferença total). Além disso, foi utilizada a função Percentual de Similaridade (SIMPER) para indicar o percentual de contribuição de cada espécie (dentro de cada fitofisionomia, profundidade e estação) para a

dissimilaridade entre essas áreas. Antes das análises acima descritas, os dados foram transformados por raiz quadrada e a matriz de semelhança construída com base na similaridade de Bray-Curtis. As análises foram realizadas no programa Primer 6.0 (Clarke e Gorley, 2005).

Resultados

Riqueza de espécies versus fitofisionomia, estação climática e profundidade de deposição da semente no solo

O total de espécies encontrado nas três fitofisionomias foi de 39, sendo 12 destas identificadas apenas como morfoespécies. Desse total, duas espécies ocorreram apenas no cerrado; três espécies ocorreram somente no cerradão; cinco espécies ocorreram exclusivamente na mata úmida; e quinze espécies foram comuns as três fitofisionomias. Os hábitos das espécies foram distribuídos da seguinte forma: 17 ervas, sete árvores, cinco arbustos, quatro trepadeiras e seis morfoespécies não tiveram seu hábito determinado (Tabela 1).

Isoladamente, o total de espécies registrado no banco de sementes do solo do cerrado, cerradão e mata úmida foi de 24 (6 morfoespécies), 29 (5 morfoespécies) e 30 (7 morfoespécies), respectivamente. O total de ervas, árvores, arbustos e trepadeiras, respectivamente, foi de 11, 5, 3 e 3 no cerrado; de 13, 6, 4 e 2 no cerradão; e de 11, 8, 5 e 3 na mata úmida. No cerrado, cerradão e mata úmida um total de 2, 4 e 3 morfoespécies não tiveram hábito determinado (Tabela 1).

As variáveis fitofisionomia, profundidade e estação climática influenciaram significativamente a riqueza média de espécies do banco de sementes do solo, mas o poder de explicação da estação climática sobre a variação de riqueza foi baixo (1,63%), existindo interação significativa apenas entre fitofisionomia e profundidade, mas com baixo poder de

explicação (1,76%). Isoladamente, as variáveis tiveram maior poder de explicação sobre a variação da riqueza média de espécies do banco de semente do solo, sendo a profundidade de deposição da semente a variável que melhor explicou (50,63%) a variação na riqueza de espécies (Tabela 2).

No cerradão, excetuando-se a riqueza média de espécies registrada na serrapilheira entre estações climáticas, houve diferença significativa na riqueza média de espécies do solo, tanto dentro de uma mesma estação climática quanto entre estações (Tabela 3). No cerrado e na mata úmida, a riqueza de espécies seja na serrapilheira ou no solo não diferiu entre estações climáticas, indicando uma tendência de inexistência de um padrão florístico sazonal dentro de uma mesma fitofisionomia. Todavia, ao se comparar a riqueza de espécies entre a serrapilheira e o solo, tanto entre quanto dentro estações, foram encontradas diferenças significativas (Tabela 3), confirmando que a profundidade de deposição da semente pode induzir grande variação na riqueza média de espécies no banco de sementes do solo (Tabela 2).

Ao se comparar a riqueza média de espécies de cada profundidade (serrapilheira e solo) entre fitofisionomias, mas dentro de uma mesma estação climática constatou-se que, na estação chuvosa, a riqueza de espécies da mata úmida diferiu apenas da riqueza do cerrado, tanto no solo quanto na serrapilheira. Todavia, a riqueza de espécies da serrapilheira não diferiu entre o cerrado e o cerradão, mas no solo a riqueza encontrada para o cerradão diferiu da registrada para o cerrado. Já na estação seca só foram registradas diferenças na riqueza de espécies entre fitofisionomias no solo (Fig. 2).

A análise do escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) revelou que as fitofisionomias de cerrado e mata úmida tendem a formar grupos distintos, quanto à composição e abundância das espécies. Já a estrutura da fitofisionomia cerradão possui características semelhantes às áreas de cerrado e mata úmida (Fig. 3). A análise de similaridade ANOSIM indicou uma diferença na composição de espécies do banco de

sementes do solo em relação às fitofisionomias, porém com baixo valor global de similaridade ($R = 0,092$; $p = 0,01$), sendo a similaridade entre cerrado e mata úmida ($R = 0,168$; $p = 0,01$) menor quando comparada à similaridade encontrada entre cerradão e mata úmida ($R = 0,069$; $p = 0,01$) e cerradão e cerrado ($R = 0,04$; $p = 0,01$).

Miconia albicans foi a única espécie que ocorreu nas três fitofisionomias, nas duas profundidades de coleta e nas duas estações climáticas. Os resultados do SIMPER mostraram que a dissimilaridade entre fitofisionomias ocorreu devido a um baixo número de espécies (5), sendo *M. albicans* a de maior representatividade entre cerrado e cerradão e *Vismia guianensis* a de maior representatividade entre cerrado e mata úmida e entre cerradão e mata úmida. A dissimilaridade entre solo e serrapilheira e entre as estações chuvosa e seca também ocorreu devido a um baixo número de espécies (5), sendo *M. albicans* a de maior representatividade entre as profundidades de deposição da semente (serrapilheira e solo) e *V. guianensis* a de maior representatividade entre as estações climáticas (Tabela 5).

Densidade de sementes versus fitofisionomia, estação climática e profundidade de deposição da semente no solo

A densidade de sementes germinadas do banco do solo foi de 399 sem.m⁻² na mata úmida (60 sem.m⁻² na serrapilheira e 339 sem.m⁻² no solo), de 261 sem.m⁻² no cerradão (30,5 sem.m⁻² na serrapilheira e 230,5 sem.m⁻² no solo) e de 174 sem.m⁻² no cerrado (28 sem.m⁻² na serrapilheira e 146 sem.m⁻² no solo).

Na estação chuvosa, a densidade de sementes germinadas foi de 204 sem.m⁻² na mata úmida (36 sem.m⁻² na serrapilheira e 168 sem.m⁻² no solo), de 157,5 sem.m⁻² no cerradão (20,5 sem.m⁻² na serrapilheira e 137 sem.m⁻² no solo) e de 95,5 sem.m⁻² no cerrado (12 sem.m⁻² na serrapilheira e 83,5 sem.m⁻² no solo). Na estação seca, a densidade de sementes germinadas foi de 195 sem.m⁻² na mata úmida (24 sem.m⁻² na serrapilheira e 171 sem.m⁻² no

solo), de 103,5 sem.m⁻² no cerradão (10 sem.m⁻² na serrapilheira e 93,5 sem.m⁻² no solo) e de 78,5 sem.m⁻² no cerrado (16 sem.m⁻² na serrapilheira e 62,5 sem.m⁻² no solo).

Apenas as variáveis fitofisionomia e profundidade influenciaram significativamente a densidade média de sementes que germinaram do banco do solo, existindo interação significativa entre as elas, mas com baixo poder de explicação (2,06%). De forma similar ao registrado para a riqueza de espécies, isoladamente as variáveis tiveram maior poder de explicação sobre a variação da densidade média de sementes do banco de sementes do solo, sendo a profundidade de deposição da semente a variável que melhor explicou (22,73%) a variação na densidade (Tabela 2).

No cerradão, entre estações climáticas, só não houve diferença na densidade média de sementes na serrapilheira. Além disso, ao se comparar densidade de sementes entre serrapilheira e solo, tanto dentro de uma mesma estação quanto entre estações, houve diferença significativa (Tabela 4). No cerrado e na mata úmida, a densidade de sementes da serrapilheira e do solo não diferiram entre estações climáticas, indicando uma tendência de inexistência de um padrão sazonal nestas fitofisionomias. Contudo, ao se comparar a densidade de sementes entre a serrapilheira e o solo, tanto entre quanto dentro estações, foram encontradas diferenças significativas (Tabela 4), indicando que a profundidade de deposição da semente pode induzir grande variação no recrutamento de plântulas da floresta.

Ao se comparar as fitofisionomias quanto à densidade média de sementes de cada profundidade (serrapilheira e solo), dentro de uma mesma estação climática, constatou-se que, na estação chuvosa, a densidade média de sementes da serrapilheira não diferiu entre fitofisionomias, mas no solo a densidade de sementes da mata úmida diferiu da registrada para o cerrado. Todavia, entre o cerrado e o cerradão não houve diferença na densidade de sementes encontradas no solo. Já na estação seca, só foram registradas diferenças na densidade de sementes entre fitofisionomias no solo, sendo apenas a densidade de sementes da mata úmida diferente do cerrado e cerradão (Fig. 4).

Discussão

Variação da riqueza de espécies versus fitofisionomias, profundidades e estações

Parte da variação na riqueza de espécies do banco de sementes pode ser determinada pelo tipo de vegetação estabelecida, confirmando as diferenças florísticas registradas nos estudos de vegetação (Pereira-Diniz e Ranal, 2006; Martins e Engel, 2007; Daïnou et al., 2011). Contudo, alguns estudos vêm registrando diferenças florísticas entre o banco de sementes e o tipo de vegetação estabelecida sobre o solo (Hopfensperger, 2007; Pekas e Schupp, 2013) e, por isto talvez, o poder de explicação da variável fitofisionomia tenha sido baixo (8,9%) neste estudo.

A variável profundidade apresentou poder de explicação (50,6%) sobre a variação da riqueza de espécies cerca de seis vezes maior quando comparado a variável fitofisionomia, sendo a riqueza média significativamente maior no solo, confirmando o que vem sendo registrado em outros tipos de vegetação de ambientes semiáridos (Mamede e Araújo, 2008; Silva et al., 2013). Contudo, tal evidência ainda não pode ser considerada como um comportamento padrão por existirem relatos de maior riqueza de espécies na serrapilheira (Costa e Araújo, 2003; Pereira-Diniz e Ranal, 2006).

Apesar de significativa, a sazonalidade foi a variável que exerceu menor influência sobre a variação de riqueza de espécies (1,6%), sendo esta um pouco maior na estação chuvosa, o que confirma a expectativa da existência de um padrão sazonal independente do tipo fisionômico considerado. Padrões sazonais na riqueza de espécies vêm sendo registrados em vários estudos (Santos et al., 2010; Scott et al., 2010; Salazar et al., 2012; Silva et al., 2013), podendo ser maior na estação chuvosa (Pugnaire e Lázaro, 2000; Grombone-Guaratini e Rodrigues, 2002) ou na estação seca (Williams et al., 2005; Martins e Engel, 2007; Scott et al., 2010).

Contudo, também existem estudos que evidenciam ausência de diferenças sazonais na riqueza de espécies (Pereira-Diniz e Ranal, 2006), indicando que existem outros fatores que podem estar influenciando a riqueza em ambientes sazonais, como variações interanuais nos totais pluviométricos (Aguado et al., 2012), podendo a riqueza de espécies do banco de sementes ser melhor explicada por totais pluviométricos de anos passados que por totais pluviométricos de anos presentes (Silva et al., 2013), porque, em resposta à precipitação, a chuva de sementes pode variar entre anos e influenciar o estoque de sementes do banco do solo (Salazar et al., 2012).

No que diz respeito à estrutura das fitofisionomias, a análise NMDS indicou uma tendência para a formação de grupos diferentes entre cerrado e mata úmida. Já a fitofisionomia cerradão apresentou-se distribuída entre cerrado e mata úmida (Fig. 3). Apesar das características florística-estruturais das fitofisionomias estudadas serem diferentes (Alencar et al., 2007; Ribeiro-Silva et al., 2012), quase metade da flora registrada no banco de sementes foi comum às três áreas (Tabela 1). O teste ANOSIM evidenciou alta similaridade florística entre as fitofisionomias, e, isto talvez ocorra porque a flora do cerradão apresenta espécies características de cerrado *sensu strictu* e de matas de galeria e/ou mesofíticas (Ribeiro e Walter, 1998; Felfili et al., 2002).

De forma geral, *M. albicans*, *Cecropia* sp., *V. guianensis* e *C. grandiflora* foram as espécies que predominaram nas fitofisionomias estudadas. Tais espécies apresentam longo período de frutificação e de dispersão de sementes e, em alguns estudos, são indicadas como espécies pioneiras, ocorrendo nos estágios iniciais de sucessão das comunidades vegetais (Mônaco et al., 2003; Higuchi et al., 2011). Segundo Garwood (1989), espécies pioneiras dominam o banco e a chuva de sementes em regiões tropicais e subtropicais e, além disso, estudos têm demonstrado que sementes de espécies pioneiras e secundárias iniciais podem sobreviver muitos anos no solo da floresta (Daïnou et al., 2011) o que pode justificar o predomínio das espécies, acima mencionadas, nas áreas estudadas.

Variação na densidade de sementes versus fitofisionomias, profundidades e estações

Os valores observados para a densidade de sementes germinadas nas três fitofisionomias (174-399 sem.m⁻²) encontram-se entre os registrados para ambientes áridos e semiáridos do mundo (Costa e Araújo, 2003; Caballero et al., 2005; Souza et al., 2006; Wassie e Teketay, 2006; Martins e Engel, 2007; Mamede e Araújo, 2008; Kassahun et al., 2009; Santos et al., 2010; Scott et al., 2010; Dainou et al., 2011; Gomaa, 2012; Silva et al., 2013), que variaram de 58 sem.m⁻² em uma savana tropical no nordeste da Austrália (Williams et al., 2005) a 28.155 sem. m⁻² em uma área árida degradada de savana na Namíbia (Dreber e Esler, 2011).

A variação na densidade de sementes do banco do solo pode ser influenciada por muitas variáveis e algumas delas, como diferenças no tipo fitofisionômico, nas características do microhabitats, no *status* de preservação, sazonalidade e profundidade da deposição da semente, podem explicar de forma significativa às diferenças de densidade de sementes encontradas nos habitats (Martins e Engel, 2007; Dreber e Esler, 2011; Gomaa, 2012; Salazar et al. 2012; Silva et al. 2013).

Entretanto, neste estudo, excetuando-se a densidade média de sementes encontradas no solo do cerrado, a sazonalidade não influenciou significativamente a densidade média de sementes germinadas, diferindo do que vem sendo relatado em outros estudos que registraram um padrão de emergência sazonal, com maior densidade de sementes ora na estação chuvosa (Grombone-Guaratini e Rodrigues, 2002; Santos et al., 2010; Silva et al., 2013) ora na estação seca (Sasaki et al., 1999; Williams et al., 2005; Martins e Engel, 2007). Assim, este estudo evidencia que apesar do quantitativo de sementes ser maior na estação chuvosa pode ocorrer ausência de padrão sazonal na emergência de plântulas, o que também já havia sido registrado por Pereira-Diniz e Ranal (2006).

A variável fitofisionomia explicou parte da variação da densidade de sementes do banco do solo e, talvez, o baixo valor de explicação (4,1%) seja justificado por existir

diferenças na densidade de sementes que emergem do solo entre e dentro fitofisionomias (Sasaki et al., 1999; Oliveira, 2007).

A profundidade da deposição da semente foi a variável mais efetiva (22,7%) para explicar a variação na densidade do banco de sementes do solo, mas seu poder de explicação sobre a densidade de sementes é menor quando comparado a sua explicação sobre a riqueza de espécies. A influência da profundidade de deposição da semente sobre a densidade de plântulas que emergem do banco do solo já havia sido evidenciada em outros estudos (Wassie e Teketay, 2006; Silva et al., 2013). Nas três fitofisionomias deste estudo, a densidade de sementes germinadas do banco do solo foi seis vezes maior na camada de 0-5 cm de profundidade, apesar de existir estudos com registros de maior densidade de sementes na serrapilheira (Costa e Araújo, 2003). O menor registro de sementes na serrapilheira talvez ocorra porque nela os propágulos estão mais sujeitos ao carreamento para outras áreas, predação ou germinação antes de sua incorporação ao banco do solo (Leck et al., 1989), o que não foi mensurado neste estudo.

Por fim, esse estudo mostrou que apenas a variável estação climática, observada em um determinado ano, não permite prever a variação da densidade de sementes do solo, e o seu baixo poder de influência sobre a riqueza de espécies leva a sugerir que a ocorrência de um padrão sazonal sobre riqueza de espécies talvez seja complexa e sua interação com outras variáveis (pelo menos com a variável profundidade) dificulte compreender o comportamento da riqueza e densidade de sementes do banco do solo das florestas.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao PRONEM-FACEPE (APQ 126642.05/10) e ao PNPd-CAPES (AUXE 288/2010) pelo auxílio financeiro; ao CNPq e CAPES pela concessão de bolsas para os pesquisadores; ao ICMBio e aos funcionários da FLONA Araripe, pela permissão de realização do trabalho na unidade de conservação e apoio na

execução do mesmo; aos pesquisadores do Laboratório de Etnobotânica Aplicada e Laboratório de Ecologia Vegetal de Ecossistemas Naturais pelo auxílio na coleta e processamento dos dados.

Referências

- Agra, H., Ne'eman, G., 2012. Composition and diversity of herbaceous patches in woody vegetation: the effects of grazing, soil seed bank, patch spatial properties and scale. *Flora* 207, 310-317.
- Aguado M., Vicente M.J., Franco J.A., Martínez-Sánchez J.J., 2012. The role of the soil seed bank in the unpredictable habitat of *Anthemis chrysantha* J. Gay, a critically endangered species. *Flora* 207, 903-907.
- Alencar, A.L., Silva, M.A.P., Barros, L.M., 2007. Florística e fitossociologia de uma área de cerrado na Chapada do Araripe - Crato - CE. *Revista Brasileira de Biociências* 5, 18-20.
- Austregésilo-Filho, P.T., Silva, J.A.A., Meunier, I.M.J., Ferreira, R.L.C., 2001. Fisionomias da cobertura vegetal da Floresta Nacional do Araripe, estado do Ceará. *Brasil Floresta* 71, 13-21.
- Baker, H.G., 1989. Some aspects of the natural history of seed banks. In: Leck, M.A., Parker, V.T., Simpson, R.L. (Eds.), *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, New York, pp. 9-21.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M., 1998. *Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, New York.
- Caballero, I., Olano, J.M., Luzuriaga, A.L., Escudero, A., 2005. Spatial coherence between seasonal seed banks in a semi-arid gypsum community: density changes but structure does not. *Seed Science Research* 15, 153-160.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N., 2005. *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E Ltd., Plymouth, UK.

- Costa, R.C., Araújo, F.S., 2003. 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* 17, 259-264.
- Cubiña, 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.
- Daïnou, K., Bauduin, A., Bourland, N., Gillet, J-F., Fétéké, F., Doucet, J-L., 2011. Soil seed bank characteristics in Cameroonian rainforests and implications for post-logging forest recovery. *Ecological Engineering* 37, 1499-1506.
- Dalling, J.W., Swaine, M.D., Garwood, N.C., 1994. Effect of soil depth on seedling emergence in tropical soil seed bank investigations. *Functional Ecology* 9, 119-121.
- Dalling, J.W., Swaine, M.D., Garwood, N.C., 1998. Dispersal patterns and seed bank dynamics of pioneer trees in moist tropical forest. *Ecology* 79, 564-578.
- Dreber, N., Esler, K.J., 2011. Spatio-temporal variation in soil seed banks under contrasting grazing regimes following low and high seasonal rainfall in arid Namibia. *Journal of Arid Environments* 75, 174-184.
- Esmailzadeh O., Hosseini, S.M., Tabari, M., Baskin, C.C., Asadi, H., 2011. Persistent soil seed banks and floristic diversity in *Fagus orientalis* forest communities in the Hyrcanian vegetation region of Iran. *Flora* 206, 365-372.
- Felfili, J.M., Nogueira, P.E., Silva-Júnior, M.C., Marimon, B.S., Delitti, W.B.C., 2002. Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Água Boa, MT. *Acta Botanica Brasilica* 16, 103-112.
- 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* 7, 563-576.

- Garwood, N.C., 1989. Tropical soil seed banks: a review. In: Leck, M.A., Parker, V.T., Simpson, R.L. (Eds.), *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, New York, pp. 49-210.
- Gomaa, N.H., 2012. Soil seed bank in different habitats of the Eastern Desert of Egypt. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19, 211-220.
- Grombone-Guaratini, M.T., Rodrigues, R.R., 2002. Seed bank and seed rain in a seasonal semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 18, 759-774.
- Higuchi, P., Silva, A.C., van den Berg, E., Pifano, D.S., 2011. Associações espaciais entre indivíduos de diferentes espécies de *Miconia* spp. Ruiz & Pav. (Melastomataceae). *Revista Árvore* 35, 381-389.
- Hölzel, N., Otte, A., 2004. Assessing soil seed bank persistence in flood-meadows: the search for reliable traits. *Journal of Vegetation Science* 15, 93-100.
- Hopfensperger, K.N., 2007. A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. *Oikos* 116, 1438-1448.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2004. *Plano de Manejo da Floresta Nacional do Araripe*. IBAMA, Brasília.
- Jones, F.E., Esler, K.J., 2004. Relationship between soil-stored seed banks and degradation in eastern Nama Karoo rangelands (South Africa). *Biodiversity and Conservation* 13, 2027-2053.
- Kassahun, A., Snyman, H.A., Smit, G.N., 2009. Soil seed bank evaluation along a degradation gradient in arid rangelands of the Somali region, eastern Ethiopia. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 129, 428-436.
- Leck, M.A., Parker, T., Simpson, R.L., 1989. *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, New York.
- López, R.P., 2003. Soil seed banks in the semi-arid Prepuna of Bolivia. *Plant Ecology* 168, 85-92.

- Luzuriaga, A.L., Escudero, A., Olano, J.M., Loidi, J., 2005. Regenerative role of seed banks following an intense soil disturbance. *Acta Oecologica* 27, 57–66.
- Mamede, M.A., Araújo, F.S., 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.
- Martins, A.M., Engel, V.L., 2007. Soil seed banks in tropical forest fragments with different disturbance histories in southeastern Brazil. *Ecological Engineering* 31, 165-174.
- Moles, A.T., Warton, D.I., Westoby, M., 2003. Seed size and survival in the soil in arid Australia. *Austral Ecology* 28, 575-585.
- Mônaco, L.M., Mesquita, R.C.G., Williamson, G.B., 2003. Banco de sementes de uma floresta secundária amazônica dominada por *Vismia*. *Acta Amazônica* 33, 41-52.
- Oliveira, S.F., 2007. Comparação do banco de sementes do solo de três fitofisionomias do bioma cerrado em áreas perturbadas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- Parker, V.T., Kelly, V.R., 1989. Seed bank in California chaparral and other Mediterranean climate shrublands. In: Leck, M.A., Parker, V.T., Simpson, R.L. (Eds.), *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, New York, pp. 231-256.
- Peel, M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11, 1633-1644.
- Pekas, K.M., Schupp, E.W., 2012. Influence of aboveground vegetation on seed bank composition and distribution in a Great Basin Desert sagebrush community. *Journal of Arid Environments* 88, 113-120.
- Pereira-Diniz, S.G., Ranal, M.A., 2006. Germinable soil seed bank of a gallery forest in Brazilian Cerrado. *Plant Ecology* 183, 337-348.
- Pugnaire, F.I., Lázaro, R., 2000. Seed bank and understory species composition in a semi-arid environment: the effect of shrub age and rainfall. *Annals of Botany* 86, 807-813.

- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F., Bridgewater, S., 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80, 223-230.
- Ribeiro, J.F., Walter, B.M.T., 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M., Almeida, S.P. (Eds.), *Cerrado: ambiente e flora*. EMBRAPA/CEPAC, Planaltina, pp. 86-166.
- Ribeiro-Silva, S., Medeiros, M.B., Gomes, B.M., Seixas, E.N.C., Silva, M.A.P., 2012. Angiosperms from the Araripe National Forest, Ceará, Brazil. *Check list* 8, 744-751.
- Salazar, A., Goldstein, G., Franco, A.C., Miralles-Wilhelm, F., 2012. Seed limitation of woody plants in Neotropical savannas. *Plant Ecology* 213, 273-287.
- Santos, D.M., Silva, K.A., Santos, J.M.F.F., Lopes, C.G.R., Pimentel, R.M.M., Araújo, E.L., 2020. Variação espaço-temporal do banco de sementes em uma área de floresta tropical seca (caatinga) - Pernambuco. *Revista de Geografia* 27, 234-253.
- Sasaki, R.M., Rondon, J.N., Zaidan, L.B.P., Felipe, G.M., 1999. Number of buried seeds and seedlings emergence in cerradão, cerrado and gallery forest soils at Pedregulho, Itirapina (SP), Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 22, 147-152.
- Scherer, C., Jarenkow, J.A., 2006. Banco de sementes de espécies arbóreas em floresta estacional no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 29, 67-77.
- Scott, K., Setterfield, S., Douglas, M., Andersen, A., 2010. Soil seed banks confer resilience to savanna grass-layer plants during seasonal disturbance. *Acta Oecologica* 36, 202-210.
- Silva, K.A., Santos, D.M., Santos, J.M.F.F., Albuquerque, U.P., Ferraz, E.M.N., Araújo, E.L., 2013. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecologica* 46, 25-32.
- Souza, P.A., Venturin, N., Griffith, J.J., Martins, S.V., 2006. Avaliação do banco de sementes contido na serrapilheira de um fragmento visando recuperação de áreas degradadas. *Cerne* 12, 56-67.

- Toniolo, E.R., Kazmierczak, M.L., 1998. Relatório técnico - Mapeamento da Floresta Nacional do Araripe (Flona-Araripe). MMA/IBAMA, Brasília.
- Valdez-Hernández, M., Andrade, J.L., Jackson, P.C., Rebolledo-Vieyra, M., 2010. Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatan, Mexico: effects of environmental and physiological factors. *Plant and Soil* 329, 155-171.
- Wassie, A., Teketay, D., 2006. Soil seed banks in church forests of northern Ethiopia: implications for the conservation of woody plants. *Flora* 201, 32-43.
- Weiterová, I., 2008. Seasonal and spatial variance of seed bank species composition in an oligotrophic wet meadow. *Flora* 203, 204-214.
- Williams, P.R., Congdon, R.A., Grice, A.C., Clarke, P.J., 2005. Germinable soil seed banks in a tropical savanna: seasonal dynamics and effects of fire. *Austral Ecology* 30, 79-90.
- Wright, S.J., 2005. Tropical forests in a changing environment. *Trends in Ecology and Evolution* 20, 553-560.

Fig. 1. Total mensal e média mensal histórica de precipitação nas três fitofisionomias da Floresta Nacional do Araripe, Ceará. A seta com linha contínua indica a coleta das amostras realizada no final da estação chuvosa e a seta com linha pontilhada indica a coleta das amostras realizada no final da estação seca. Os dados foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Estação Barbalha, Ceará, Brasil.

Fig. 2. Diferenças entre fitofisionomias na riqueza média de espécie por profundidade de deposição da semente e por estação climática na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Letras diferentes entre fitofisionomias indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Fig. 3. Escalonamento multidimensional não métrico NMDS baseado no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis entre as fitofisionomias de cerrado na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil.

Fig. 4. Diferenças entre fitofisionomias na densidade média de sementes por profundidade de deposição da semente e por estação climática na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Letras diferentes entre fitofisionomias indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 1. Composição de espécies e densidade de sementes do banco do solo nas estações chuvosa e seca nas fitofisionomias cerrado, cerrado e mata úmida da Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil.

Família/Espécie	Hábito	Fitofisionomia/Estação					
		Cerradão		Cerrado		Mata úmida	
		Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca
Amaryllidaceae							
<i>Hippeastrum</i> sp.	erva	-	3	-	-	-	-
Apocynaceae							
<i>Mandevilla scabra</i> (Hoffmanns. ex Roem. & Schult.) K.Schum.	trepadeira	1	3	-	2	5	1
Asteraceae							
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight	erva	-	3	-	2	-	1
<i>Gnaphalium</i> sp.	erva	10	5	8	5	5	2
Caryocaraceae							
<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.	árvore	-	-	-	-	1	-
Cyperaceae							
<i>Cyperus sesquiflorus</i> (Torr.) Mattf. & Kük.	erva	4	4	15	1	1	-
<i>Scleria secans</i> (L.) Urb.	erva	2	1	2	2	-	-
Euphorbiaceae							
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	árvore	4	-	3	-	2	1
Fabaceae							
<i>Crotalaria vitellina</i> Ker Gawl.	arbusto	1	-	-	-	2	1
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	árvore	3	6	-	-	1	-
Hypericaceae							
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	árvore	59	30	8	16	138	182
Lamiaceae							
<i>Hyptis suaveolens</i> Poit.	erva	1	-	1	1	-	-
Malpighiaceae							
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	árvore	1	1	12	4	14	7
Malvaceae							
<i>Sida cordifolia</i> L.	arbusto	-	-	-	-	1	-

Família/Espécie	Hábito	Fitofisionomia/Estação					
		Cerradão		Cerrado		Mata úmida	
		Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca
Melastomataceae							
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	arbusto	90	42	82	89	30	51
Poaceae							
<i>Aristida longifolia</i> Trin.	erva	9	2	21	2	1	-
<i>Homolepis isocalycia</i> (G.Mey.) Chase	erva	4	-	1	3	10	-
<i>Panicum venezuelae</i> Hack.	erva	44	34	3	2	4	-
<i>Pappophorum pappiferum</i> (Lam.) Kuntze	erva	-	4	-	-	4	4
Poaceae sp1	erva	1	-	-	-	-	-
Rubiaceae							
<i>Richardia</i> sp.	erva	-	4	-	-	-	4
<i>Sabicea cinerea</i> Aubl.	trepadeira	-	-	3	1	19	7
Salicaceae							
<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.	árvore	49	47	11	20	122	77
Sapindaceae							
<i>Serjania lethalis</i> A.St.-Hil.	trepadeira	-	1	-	-	-	1
Solanaceae							
<i>Solanum</i> sp.	arbusto	4	-	2	-	1	2
<i>Solanum stipulaceum</i> Willd. ex Roem. & Schult.	arbusto	5	1	-	1	6	7
Urticaceae							
<i>Cecropia</i> sp.	árvore	12	9	10	5	28	32
Morfoespécie 1	indeterminado	7	2	-	-	9	4
Morfoespécie 2	erva	1	-	4	-	1	-
Morfoespécie 3	trepadeira	-	-	1	-	-	-
Morfoespécie 4	indeterminado	3	-	1	-	-	-
Morfoespécie 5	erva	-	-	2	-	-	-
Morfoespécie 6	erva	-	-	-	-	1	1
Morfoespécie 7	indeterminado	-	-	-	-	1	-
Morfoespécie 8	erva	-	-	1	-	1	-

Família/Espécie	Hábito	Fitofisionomia/Estação					
		Cerradão		Cerrado		Mata úmida	
		Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca
Morfoespécie 9	indeterminado	-	-	-	1	-	-
Morfoespécie 10	erva	-	4	-	-	-	4
Morfoespécie 11	indeterminado	-	-	-	-	-	1
Morfoespécie 12	indeterminado	-	1	-	-	-	-
TOTAL		315	207	191	157	408	390

Tabela 2. Sumário da análise do Modelo Linear Generalizado (GLM) para o efeito das fitofisionomias, profundidades de coleta e estação climática sobre a riqueza de espécies e densidade de sementes do banco de sementes do solo da Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Valores de F significativos estatisticamente ($P < 0,05$) são indicados por asteriscos.

	Riqueza					Densidade			
	DF	SS	R ²	F	P	SS	R ²	F	P
Intercepto	1	1326,10		992,45	0,00	4637,04		284,84	0,00
Fitofisionomia	2	118,82	8,95	44,46*	0,00	514,92	4,18	15,81*	0,00
Profundidade	1	486,00	50,63	363,72*	0,00	2376,06	22,73	145,95*	0,00
Estação	1	23,20	1,63	17,37*	0,00	42,67	0,33	2,62	0,11
Fitofisionomia x Profundidade	2	25,10	1,76	9,39*	0,00	259,24	2,06	7,96*	0,00
Fitofisionomia x Estação	2	1,70	0,12	0,64	0,52	23,05	0,18	0,71	0,49
Profundidade x Estação	1	1,13	0,08	0,84	0,35	12,33	0,10	0,76	0,38
Fitofisionomia x Profundidade x Estação	2	4,26	0,65	1,59	0,20	26,45	0,21	0,81	0,44
Erro	588	785,68				9572,24			

DF = Grau de liberdade; SS = Soma dos quadrados; R² = Percentual do poder de explicação da variável ou da interação entre as variáveis sobre a riqueza de espécies e densidade de sementes no banco do solo.

Tabela 3. Diferenças na riqueza média de espécies do banco de sementes do solo entre fitofisionomia, profundidade e estação climática na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Valores em negrito evidenciam diferenças significativas pelo teste de Tukey *a posteriori* ($p < 0,05$). * = valor da riqueza média.

Fitofisionomia	Profundidade	Estação	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
			0,70*	0,34*	2,80*	2,08*	0,38*	0,26*	1,86*	1,28*	1,14*	0,70*	3,22*	3,08*
{1}	cerradão	serrapilheira	chuvosa											
{2}	cerradão	serrapilheira	seca	0,92										
{3}	cerradão	solo	chuvosa	0,00	0,00									
{4}	cerradão	solo	seca	0,00	0,00	0,05								
{5}	cerrado	serrapilheira	chuvosa	0,97	1,00	0,00	0,00							
{6}	cerrado	serrapilheira	seca	0,76	1,00	0,00	0,00	1,00						
{7}	cerrado	solo	chuvosa	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00					
{8}	cerrado	solo	seca	0,33	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,33				
{9}	mata úmida	serrapilheira	chuvosa	0,76	0,03	0,00	0,00	0,05	0,01	0,08	1,00			
{10}	mata úmida	serrapilheira	seca	1,00	0,92	0,00	0,00	0,97	0,76	0,00	0,33	0,76		
{11}	mata úmida	solo	chuvosa	0,00	0,00	0,81	0,00							
{12}	mata úmida	solo	seca	0,00	0,00	0,99	0,00	1,00						

Tabela 4. Diferenças na densidade média de sementes do banco de sementes do solo entre fitofisionomia, profundidade e estação climática na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Valores em negrito evidenciam diferenças significativas pelo teste de Tukey *a posteriori* ($p < 0,05$). * = valor da densidade média.

Fitofisionomia	Profundidade	Estação	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
			0,82*	0,40*	5,48*	3,74*	0,48*	0,64*	3,34*	2,50*	1,44*	0,96*	6,72*	6,84*
{1}	cerradão	serrapilheira	chuvosa											
{2}	cerradão	serrapilheira	seca	1,00										
{3}	cerradão	solo	chuvosa	0,00	0,00									
{4}	cerradão	solo	seca	0,01	0,00	0,05								
{5}	cerrado	serrapilheira	chuvosa	1,00	1,00	0,00	0,00							
{6}	cerrado	serrapilheira	seca	1,00	1,00	0,00	0,01	1,00						
{7}	cerrado	solo	chuvosa	0,08	0,01	0,25	1,00	0,02	0,04					
{8}	cerrado	solo	seca	0,63	0,28	0,01	0,93	0,05	0,05	1,00				
{9}	mata úmida	serrapilheira	chuvosa	1,00	0,98	0,00	0,16	0,99	1,00	0,44	0,98			
{10}	mata úmida	serrapilheira	seca	1,00	1,00	0,00	0,03	1,00	1,00	0,12	0,75	1,00		
{11}	mata úmida	solo	chuvosa	0,00	0,00	0,93	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
{12}	mata úmida	solo	seca	0,00	0,00	0,87	0,00	1,00						

Tabela 5. Sumário do SIMPER apresentando as espécies que contribuíram com mais de 5% para a dissimilaridade entre as fitofisionomias, profundidades e estações na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil.

Fitofisionomia Profundidade Estação A/B	Espécies	Abundância média		Dissim. média	Dissim./ DesvPad	Contr. (%)	Contr. Cum. (%)
		A	B				
Cerradão / Cerrado	<i>Miconia albicans</i>	0,39	0,47	23,98	0,81	25,73	25,73
	<i>Vismia guianensis</i>	0,34	0,11	14,55	0,60	15,62	41,35
	<i>Casearia grandiflora</i>	0,31	0,09	11,05	0,53	11,85	53,20
	<i>Panicum venezuelae</i>	0,24	0,03	7,82	0,42	8,39	61,59
	<i>Gnaphalium</i> sp.	0,07	0,06	4,66	0,32	5,01	66,59
Cerradão / Mata úmida	<i>Vismia guianensis</i>	0,34	0,82	21,76	0,90	24,64	24,64
	<i>Casearia grandiflora</i>	0,31	0,55	14,84	0,79	16,81	41,46
	<i>Miconia albicans</i>	0,39	0,31	13,05	0,69	14,79	56,24
	<i>Cecropia</i> sp.	0,10	0,26	7,49	0,49	8,48	64,73
	<i>Panicum venezuelae</i>	0,24	0,02	5,40	0,38	6,12	70,84
Cerrado / Mata úmida	<i>Vismia guianensis</i>	0,11	0,82	23,65	0,92	25,45	25,45
	<i>Miconia albicans</i>	0,47	0,31	17,75	0,73	19,10	44,55
	<i>Casearia grandiflora</i>	0,09	0,55	14,13	0,75	15,20	59,75
	<i>Cecropia</i> sp.	0,07	0,26	8,45	0,49	9,09	68,84
	<i>Byrsonima sericea</i>	0,06	0,10	4,87	0,33	5,24	74,07
Serrapilheira / Solo	<i>Miconia albicans</i>	0,10	0,68	21,28	0,79	22,64	22,64
	<i>Vismia guianensis</i>	0,17	0,68	19,58	0,81	20,83	43,47
	<i>Casearia grandiflora</i>	0,05	0,59	14,98	0,72	15,93	59,40
	<i>Cecropia</i> sp.	0,07	0,22	6,42	0,47	6,83	66,23
	<i>Panicum venezuelae</i>	0,02	0,17	4,83	0,34	5,14	71,38
Chuvosa / Seca	<i>Vismia guianensis</i>	0,46	0,39	19,03	0,77	21,08	21,08
	<i>Miconia albicans</i>	0,41	0,38	18,49	0,72	20,49	41,57
	<i>Casearia grandiflora</i>	0,33	0,31	12,84	0,66	14,23	55,80
	<i>Cecropia</i> sp.	0,15	0,14	6,62	0,45	7,34	63,14
	<i>Panicum venezuelae</i>	0,11	0,08	4,62	0,33	5,12	68,26

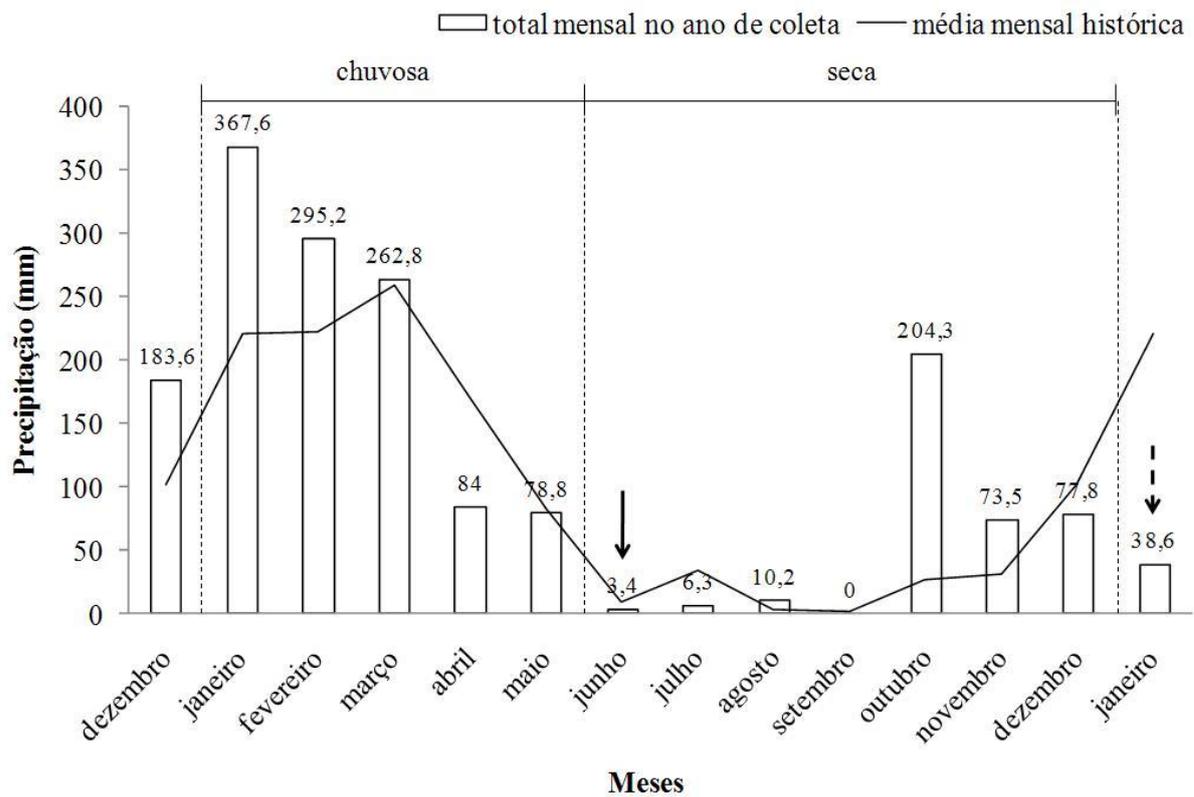


Fig. 1. Total mensal e média mensal histórica de precipitação nas três fitofisionomias da Floresta Nacional do Araripe, Ceará. A seta com linha contínua indica a coleta das amostras realizada no final da estação chuvosa e a seta com linha pontilhada indica a coleta das amostras realizada no final da estação seca. Os dados foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Estação Barbalha, Ceará, Brasil.

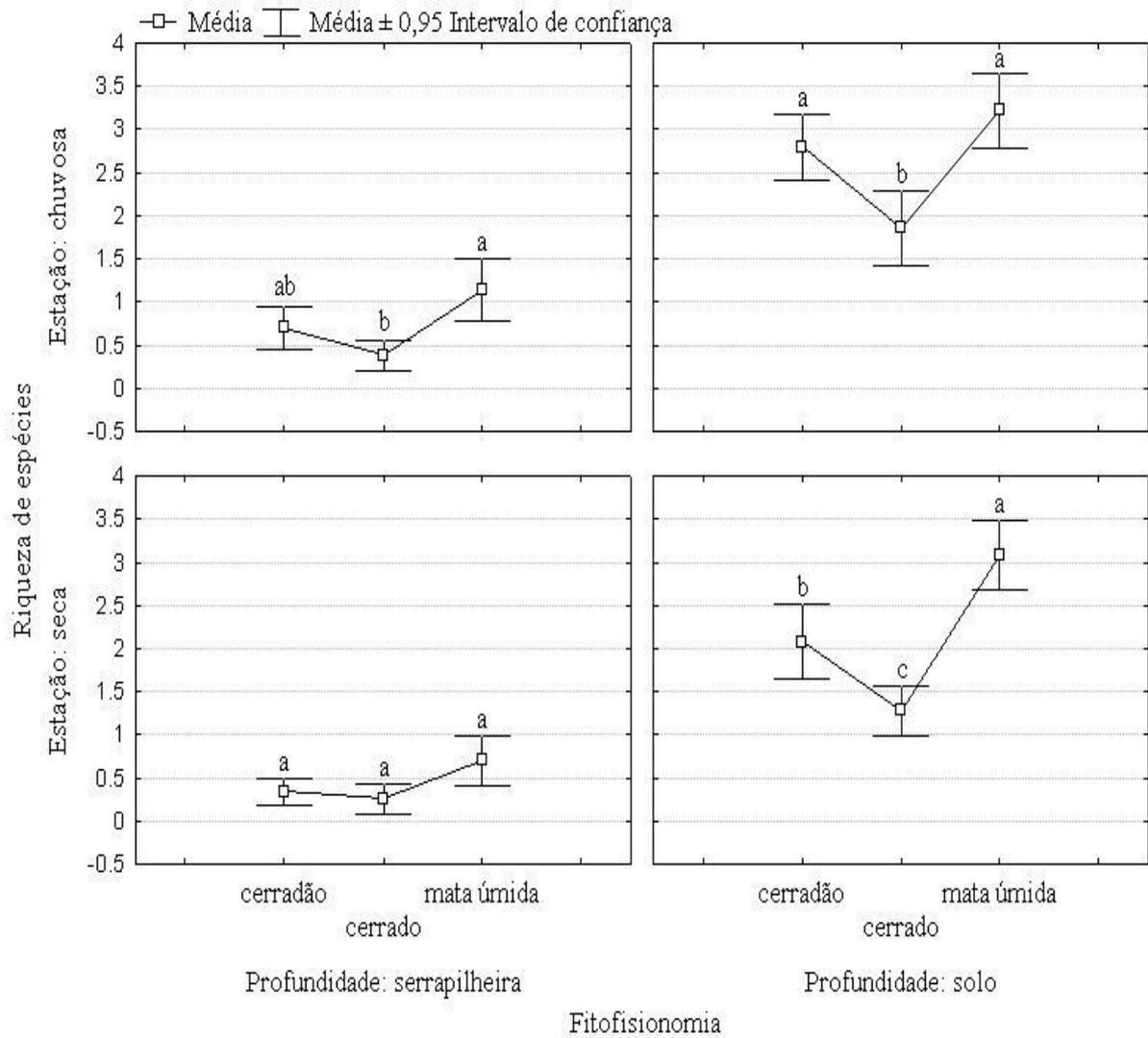


Fig. 2. Diferenças entre fitofisionomias na riqueza média de espécie por profundidade de deposição da semente e por estação climática na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Letras diferentes entre fitofisionomias indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

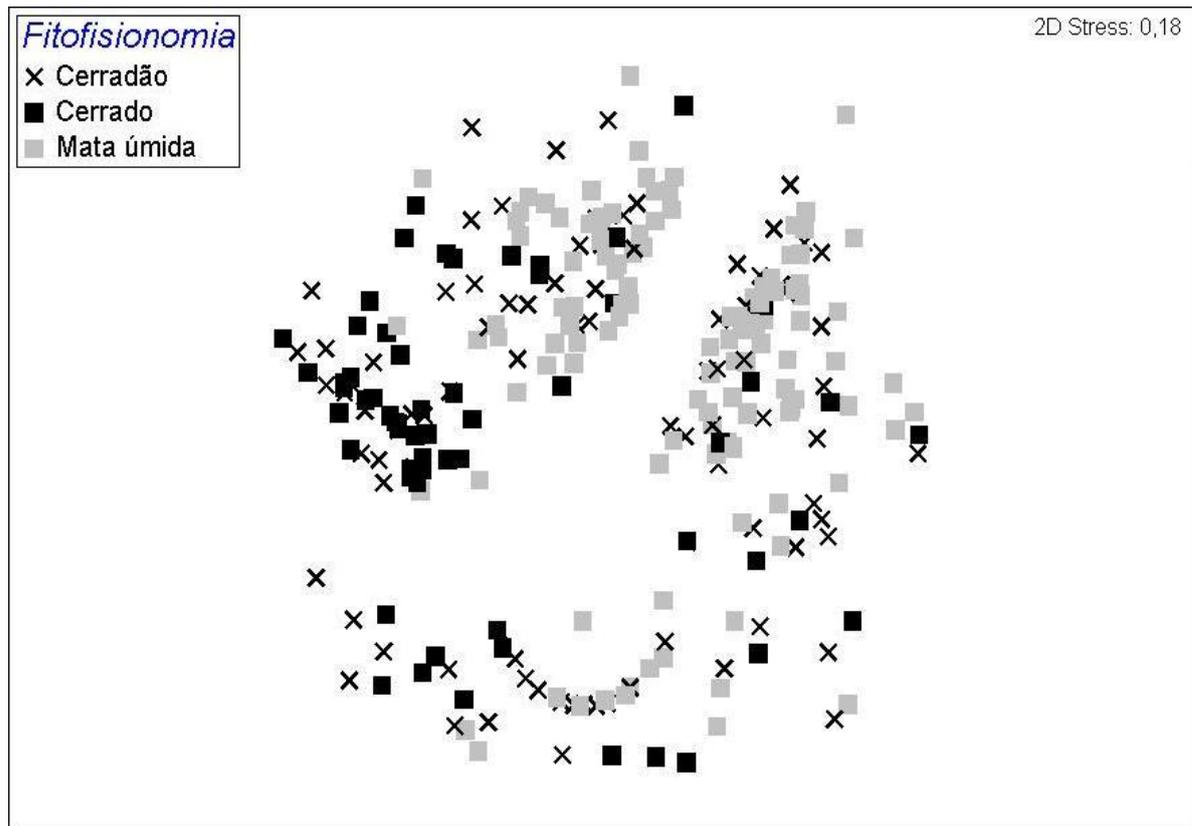


Fig. 3. Escalonamento multidimensional não métrico NMDS baseado no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis entre as fitofisionomias de cerrado na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil.

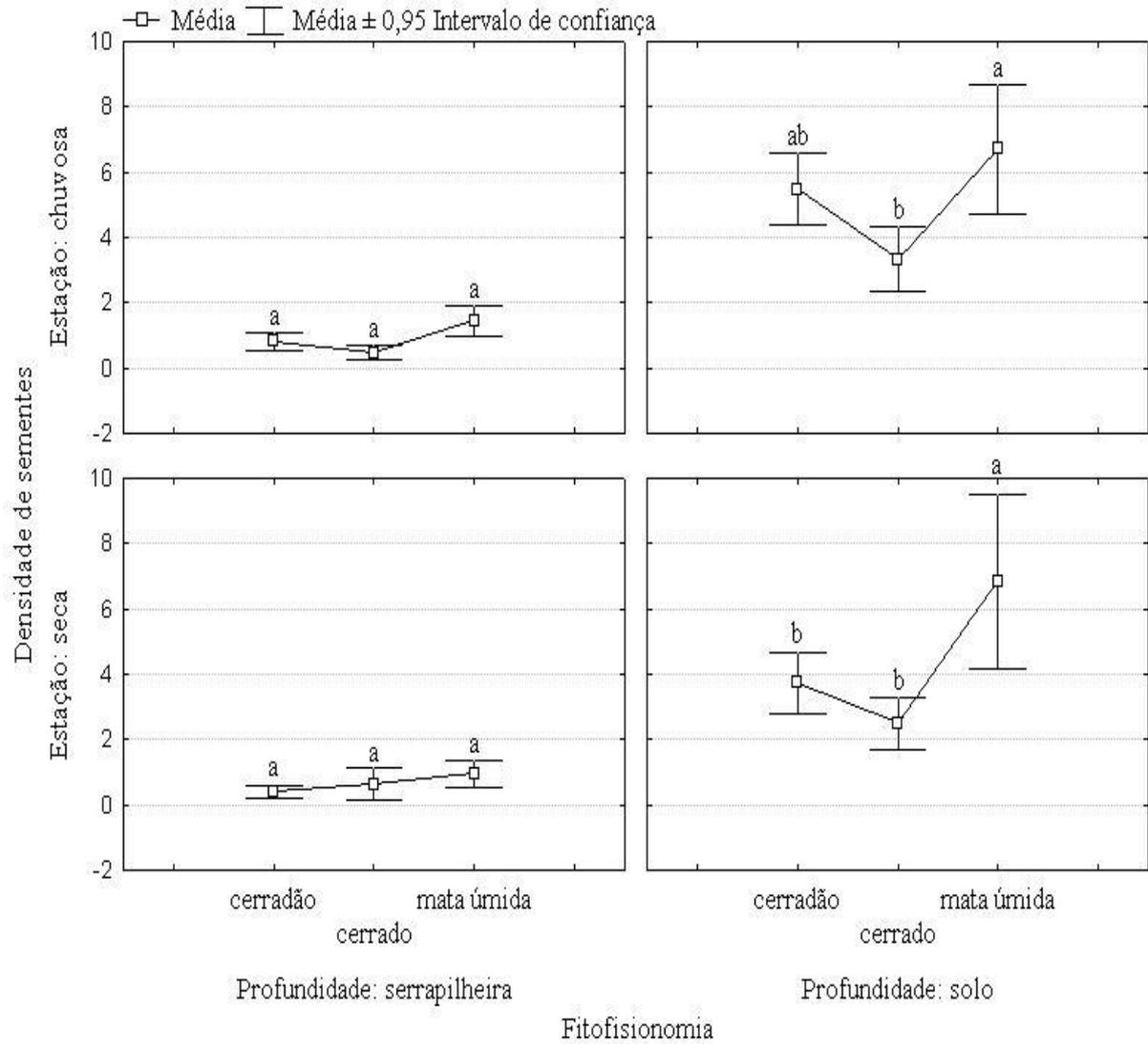


Fig. 4. Diferenças entre fitofisionomias na densidade média de sementes por profundidade de deposição da semente e por estação climática na Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Brasil. Letras diferentes entre fitofisionomias indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

ANEXO

Flora – Instructions to Authors

1. FLORA publishes regular articles and reviews, the latter solicited by the editors. Only contributions will be accepted which have not been published previously.

Manuscripts should be submitted either as .doc files by email attachment or as printout in triplicate to the Editor-in-Chief: Prof. i.R. Dr. Rainer Lösch, Neben-Steingasse 1, D-63739 Aschaffenburg, Germany, e-mail: Loesch.Rainer@t-online.de. Correspondence between authors and editor occurs by preference via e-mail.

2. **Copyright.** Once a paper is accepted, authors will be asked to transfer copyright (for more information on copyright, see <http://www.elsevier.com/authorsrights>). A form facilitating transfer of copyright will be provided after acceptance. If material from other copyrighted works is included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article.

3. **Open Access.** This journal offers you the option of making your article freely available to all via the ScienceDirect platform. To prevent any conflict of interest, you can only make this choice after receiving notification that your article has been accepted for publication. The fee of \$3,000 excludes taxes and other potential author fees such as color charges. In some cases, institutions and funding bodies have entered into agreement with Elsevier to meet these fees on behalf of their authors. Details of these agreements are available at <http://www.elsevier.com/fundingbodies>. Authors of accepted articles, who wish to take advantage of this option, should complete and submit the order form (available at <http://www.elsevier.com/locate/openaccessform.pdf>). Whatever access option you choose, you retain many rights as an author, including the right to post a revised personal version of your article on your own website. More information can be found here: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

4. The manuscript will be **reviewed** by two referees, at least one of them being a FLORA Editorial Board member. Decision about acceptance of a manuscript is based upon these reviews.

5. Manuscripts should be written in **English** or **German**; publication in English is recommended. Publication in French or Spanish is possible in exceptional cases by appointment of the editor-in-chief. Authors not using their mother tongue are strongly advised to have the text reviewed by a native speaker before submission. Manuscripts should be **submitted in final form** and prepared in accordance with the journal's accepted practice, form and content. Manuscripts should be checked carefully to exclude the need for corrections in proof. They should be typed double-spaced throughout, on one side of the paper only and with wide margins.

6. The first page (**title page**) should contain the full title of the paper, the full name(s) and surname(s) of the author(s), name of laboratory where the study was carried out, and the address (incl. e-mail) of the author(s).

7. Each manuscript must be preceded by an **English title** and an **English abstract** which presents briefly the major results and conclusions of the paper. In case of not-English-written papers this summary must be more extensive as normal and may be as long as maximally 1½ printed pages. Immediately following the abstract, up to six English **key words** should be supplied indicating the scope of the paper. **Legends of figures and tables** must be given also **in English** in the case of non-English papers.

8. Papers should be written as concise as possible; as a rule, the total length of an article must not exceed 10 printed pages; exceptions are possible only upon explicit consent of the editors. The main portion of the paper should preferably be divided into four sections: **Introduction, Materials and methods, Results, and Discussion**, followed by **Acknowledgements** (if necessary) and **References**. Each section and sub-section must bear a heading.

9. **Text marking:** Names of Authors should not be written in capitals. Scientific names up to the genus are to be written in italics (*Viola alba* subsp. *alba*); plant community names are not to be printed in italics (Seslerietum, but *Sesleria*-slope). The SI-System of units must be used wherever possible.

10. The beginning of a paragraph should be indented. The section "References", captions for illustrations and tables will be printed in small print (petit).

11. Each **table** should be typed on a separate sheet of paper resp. on a separate page of a file. Tables should be numbered consecutively in Arabic numerals, e.g. "Table 1, Table 2", etc., and attached to the end of the text. Tables should be supplied with headings, kept as simple as possible.

12. **Figures** (including photographic prints, line drawings and maps) should be numbered consecutively in Arabic numerals, e.g. "Fig. 1, Fig. 2", etc. and attached to the text after the tables. Legends for figures should be listed consecutively on a separate page. Plan all figures to suit a column width of 8.8 cm or a page width of 18.2 cm. Figures, in particular photographs, may be combined to a maximum plate size of 18.2 cm x 24.3 cm. Submit illustration **files** separately from text files. Files for full color images must be in a RGB color space for online publication (e.g. at ScienceDirect). Usually, the RGB files will be converted to the CMYK color space for the print process. Elsevier recommends that only TIFF, EPS or PDF formats are used for electronic artwork. MS Office files (Word, Excel and Powerpoint) are also accepted. Journal quality reproduction will require greyscale and color files at resolutions yielding approximately 300 dpi. Bitmapped line art should be submitted at resolutions yielding 600-1200 dpi.

13. **Photographs** should be black-and-white, high-contrast, sharp glossy prints of the original negative and in a square or rectangular format. **Free colour reproduction.** If, together with your accepted article, you submit usable colour figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in colour on the web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in colour in the printed version. Colour figures can be printed only if the costs are covered by the author (€ 250.00 (+VAT) for first colour figure, € 200.00 (+VAT) for every following colour figure). For further information on the preparation of electronic artwork, please see www.elsevier.com/locate/authorartwork. Magnification of microphotographs should be indicated by a scale bar. Inscriptions, marks, and scale bars should preferably be drawn neatly in black ink in an appropriate size on the face of the illustrations, or appropriate fonts should be used when preparing the electronic file. When several pictures are used to produce a single plate, please ensure that they fit each other in size, are of equal contrast, and that they correspond to the caption in number and description.

14. **Line drawings** (incl. maps) should be large enough in all their details to permit a suitable reduction. Important points to note are thickness of lines, size of inscriptions, size of symbols, adequate spacing of shaded and dotted areas.

15. Figures and tables should always be mentioned in the text in numerical order. The author should mark in the margin of the manuscript where figures and tables are to be inserted.

16. When quoting **references** in the text, the following format should be used: Meyer (1999) resp. (Meyer, 1999), Meyer and Smith (1995) resp. (Meyer and Smith, 1995) or Meyer et al. (1990) resp. (Meyer et al., 1990). Several papers by the same author(s) published in the same year should be differentiated in the text, and in the list of references, by a, b, c following the year of publication. “et al.” should be used in the text in the case of more than two authors. Quotations of references from different authors within one pair of brackets must be separated by semicolons, commas are to be put between the years of publication of papers of the same author: (Meyer, 1992, 1999; Meyer and Smith, 1995; Jones et al., 1998a, b).

References should be listed alphabetically. Listings of several works by the same author should be grouped in chronological order. Then, papers of this author each with another one will follow according to the alphabetical order of the second author names, papers with three and more authors (“et al.” in the text) will then be arranged again in the chronological order. The style to be used is shown in the following examples:

a. Papers published in periodicals:

Akhalkatsi, M., Wagner, J., 1996. Reproductive phenology and seed development of *Gentianella caucasea* in different habitats in the Central Caucasus. *Flora* 191, 161–168.

Zotz, G., Patiño, S., Tyree, M.T., 1997. CO₂ gas exchange and the occurrence of CAM in tropical woody hemiepiphytes. *Flora* 192, 143–150.

b. Books:

Takhtajan, A., 1959. *Die Evolution der Angiospermen*. G. Fischer, Jena.

c. Papers published in multiauthor books:

Mathes, U., Feige, G.B., 1983. Ecophysiology of lichen symbiosis. In: Lange, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B., Ziegler, H. (Eds.), *Physiological Plant Ecology. II. Responses to the Chemical and Biological Environment. Encyclopedia of Plant Physiology. New Series*, vol. 12C, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, pp. 423–467.

The titles of books and papers in periodicals should always be quoted completely and exactly. Titles of periodicals should be abbreviated according to the usual rules listed e.g. in the *World List of Scientific Periodicals* or in *Biological Abstracts*. The number of the volume should be given in Arabic numerals.

17. When papers are cited which were originally published in languages which use alphabets other than Latin (e.g. Russian Cyrillic etc.), then the author, title of the paper and the periodical name itself must be **transliterated** using standards like ISO 1 or ISO 2 (cf. *Taxon* **30**: 168–183).

18. FLORA is produced directly in **page set**. Consequently the author only receives the final page proofs for checking and approval. *Extended corrections are not more possible at this stage*.

19. Publication of an article of normal size and without color photographs in FLORA is **free of charge** to the author(s). In exchange, the **Copyright** of the article is transferred to the publisher. However, the author(s) will be free to use single figures or tables of the article in subsequent own work. The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. The PDF file is watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use. Additional offprints may be ordered when proofs are returned. Until publication of the print edition, corrected proofs will be available at online first (www.sciencedirect.com).

20. **Funding body agreements and policies.** Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors who publish in Elsevier journals 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>.

21. **Linking to and depositing data at PANGAEA.** Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00105-9](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(95)00105-9). Please use PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).