

O QUE MAIS INFLUENCIA A DENSIDADE DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO DE *CEREUS JAMACARU* DC. SUBSP. *JAMACARU* (CACTACEAE): VARIAÇÃO ESPACIAL OU TEMPORAL?

DANIELLE M. SANTOS^{1*}, JOSIENE M.F.F. SANTOS¹, DIEGO N.N. SOUZA¹, JULIANA R. ANDRADE¹, KLEBER A. SILVA²,
WBANEIDE M. ANDRADE³ & ELCIDA L. ARAÚJO¹

¹ Laboratório de Ecologia Vegetal de Ecossistemas Naturais, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

*E-mail: danmelo_bio@hotmail.com.

² Centro Acadêmico de Vitória de Santo Antão, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil.

³ Departamento de Educação, Universidade do Estado da Bahia, Paulo Afonso, Bahia, Brasil.

Recebido em Maio de 2015. Aceito em Agosto de 2015. Publicado em Novembro de 2015.

RESUMO – Nas Florestas Tropicais Secas, diversos fatores têm sido apontados como moduladores do banco de sementes no solo. No entanto, essas informações estão disponíveis de forma generalizada, dificultando o entendimento sobre os processos em populações vegetais. Este trabalho teve como objetivo verificar a distribuição espacial (horizontal e vertical) e temporal (sazonal e anual) de *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* no banco de sementes do solo de uma Floresta Tropical Seca. Em um hectare da floresta, foram realizadas coletas de solo no início das estações seca e chuvosa, dos anos de 2009 a 2012, considerando diferenças de microhabitats e camada de solo e serrapilheira. As amostras foram levadas para casa de vegetação, irrigadas e monitoradas diariamente quanto à emergência de plântulas de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru*. A análise GLM constatou que a variação no espaço vertical e horizontal e a variação anual na precipitação, bem como a maior parte das suas interações explicaram as variações na emergência de plântulas do banco de sementes de solo de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru*. No entanto, os resultados deste estudo apontaram que a densidade recebe maior influência das variações espaciais do que das variações temporais.

PALAVRAS-CHAVE: Emergência de plântulas; Florestas Secas; microhabitats.

WHAT MOST INFLUENCES THE DENSITY OF THE SOIL SEED BANK OF *CEREUS JAMACARU* DC. SUBSP. *JAMACARU* (CACTACEAE): SPATIAL OR TEMPORAL VARIATION?

ABSTRACT – In Tropical Dry Forest, many factors have been suggested as modulators of the seed bank in the soil. However, this information is available across the board hindering the understanding about the processes in plant populations. This study aimed to determine the spatial distribution (horizontal and vertical) and temporal (seasonal and annual) of *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* the soil seed bank of a Tropical Dry Forest. In one hectare of forest, soil samples were taken at the beginning of the dry and wet seasons the years 2009 to 2012, considering differences in microhabitats and soil layer and litter. Samples were taken to a greenhouse, watered and monitored daily for emergency *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* seedlings. The GLM analysis found that the variation in the vertical and horizontal space and the annual variation in precipitation as well as most of their interactions explain the changes on the seedling emergence of *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* in the soil seed bank. However, the results of this study indicated that the density gets higher influence of spatial variations than temporal variations.

KEYWORDS: Seedling emergence; Dry Forests; microhabitats.

LO QUE MÁS INFLUYE EN LA DENSIDAD DEL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO DE *CEREUS JAMACARU* DC. SUBSP. *JAMACARU* (CACTACEAE): ¿VARIACIÓN ESPACIAL O TEMPORAL?

RESUMEN – En los Bosques Tropicales Secos, muchos factores se han sugerido como moduladores del banco de semillas en el suelo. Sin embargo, esta información está disponible de forma general, dificultando el entendimiento de los procesos en las poblaciones de plantas. Este trabajo tuvo como objetivo determinar la distribución espacial (horizontal y vertical) y temporal (estacional y anual) de *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* en el banco de semillas del suelo de un Bosque Tropical Seco. En una hectárea de bosque, se tomaron las muestras de suelo al comienzo de las estaciones secas y lluviosas de los años 2009 a 2012, considerando las diferencias en microhabitats, la capa del suelo y la hojarasca. Se llevaron las muestras a un invernadero con riego controlado todo los días y se observó la emergencia de las plântulas de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru*. El análisis GLM muestra que la variación espacial (vertical y horizontal) y la variación anual de las precipitaciones, así como la mayor parte de sus interacciones explican la variación de la emergencia de las plântulas de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* en el banco de semillas del suelo. Sin embargo, los resultados de este estudio indicaron que la densidad tiene mayor influencia de las variaciones espaciales que las variaciones temporales.

PALABRAS CLAVE: Emergencia de plântula; Bosques Tropicales Secos; microhábitats.

INTRODUÇÃO

As variações nas condições de estabelecimento de plântulas ocorrem tanto no sentido horizontal quanto no vertical. No sentido horizontal, as variações são caracterizadas pelos diferentes microhabitats (Quevedo-Robledo *et al.*, 2009; Pekas e Schupp, 2013; Erfanzadeth *et al.*, 2014), que modulam

parte da dinâmica do banco de sementes do solo (Santos *et al.*, 2013a). No sentido vertical, as variações são caracterizadas pelas diferentes camadas do solo, indo desde a deposição das sementes na serapilheira, até profundidades variadas do solo (Guo *et al.*, 1998; Costa e Araújo, 2003; López, 2003; Mayor *et al.*, 2007; Mamede e Araújo, 2008; Santos *et al.*, 2010; 2013a), estando, na serapilheira, o menor número de sementes em comparação com as camadas do solo (Loydi *et al.*, 2012).

Dentre os fatores que podem alterar significativamente as características do banco de sementes está a destruição de muitos dos habitats naturais que tem como consequência direta a perda da heterogeneidade espacial (Kanongdate *et al.*, 2012), levando às mudanças nos padrões de distribuição das populações vegetais, bem como contribuindo com o seu desaparecimento local (Markl *et al.*, 2012). Isso mostra o grau de dependência entre a existência de um microhabitat e a sobrevivência de uma população que tem preferência por condições de estabelecimento. Nas Florestas Tropicais Secas, várias espécies têm demonstrado essa relação direta entre a existência de microhabitat específico e a sua presença abundante (Rojas-Aréchiga e Vázquez-Yanes, 2000; Santos *et al.*, 2013b; García-Chavez *et al.*, 2014). Essa relação entre microhabitats e distribuição de uma população pode refletir diretamente sobre a distribuição das suas sementes.

No entanto, nas Florestas Tropicais Secas, além da diversidade de microhabitats, a variação pluviométrica tem sido apontada como fator de forte influência que afeta a densidade de sementes armazenadas no solo (Silva *et al.*, 2013). A densidade de sementes do solo é um atributo da população que varia em respostas às diferenças ocorrentes na distribuição da chuva entre estações climáticas (Costa e Araújo, 2003; Santos *et al.*, 2013a) e entre anos (Peters, 2002; López, 2003; Facelli *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2013). Assim, essa irregularidade na precipitação sazonal e anual pode determinar o quantitativo de sementes que chega ao solo dos microhabitats presentes nesses ambientes. Por outro lado, é preciso pontuar que, até o momento, os estudos de banco de sementes em Florestas Tropicais Secas, consideraram toda a comunidade vegetal e não tiveram o foco em populações, e informações mais específicas dentro desse contexto podem ser importantes, pois, sabe-se que algumas populações são mais sensíveis a períodos de escassez hídrica e reduzem ou mesmo desaparecem temporalmente do banco de sementes, enquanto que sementes de outras populações fazem parte do banco permanente (Santos *et al.*, 2013a).

Desse modo, pode-se afirmar que estudos sobre o papel dos microhabitats e a influência da precipitação sazonal e interanual sobre o banco de sementes são necessários para que se possam determinar os padrões de distribuição de densidade de sementes do banco no solo e entender qual desses fatores oferece maior influência sobre a capacidade de armazenamento de sementes de *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* (Cactaceae). Assim, baseado nas premissas de que variações espaciais e temporais numa área de Floresta Tropical Seca podem modular o tamanho das populações que formam o banco de sementes, este estudo tem como hipóteses que: (1) a densidade do banco de sementes de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* é significativamente diferente entre os microhabitats analisados, (2) a camada de solo é capaz de reter a maior densidade de sementes quando comparada a serapilheira, (3) a densidade de sementes de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* que germinam no banco de sementes do solo é significativamente maior durante os períodos de maior pluviosidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma área de Floresta Tropical Seca (Caatinga) localizada no Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), no município de Caruaru, Pernambuco, Brasil (8°14'18"S 35°55'20"O), com altitude estimada em 535 metros acima do nível do mar (Alcoforado-Filho *et al.*, 2003). A floresta possui cerca de 30 ha e sua vegetação vem sendo conservada por mais de 50 anos e, segundo Souza *et al.* (2014), é considerada uma floresta madura, sem ligação direta com outros fragmentos conservados e com proximidade de áreas de culturas experimentais, como milho (*Zea mays* L. – Poaceae), sorgo (*Sorghum* sp. – Poaceae) e palma gigante (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. - Cactaceae).

Essa floresta possui uma flora lenhosa dominada principalmente por espécies das famílias Fabaceae e Euphorbiaceae (Alcoforado-Filho *et al.*, 2003; Lopes *et al.*, 2012) e uma flora herbácea, sendo mais representativa e composta pelas famílias Asteraceae, Convolvulaceae, Malvaceae, Poaceae e Euphorbiaceae (Reis *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2013b). A vegetação estudada é considerada como floresta decídua ou caatinga hipoxerófila e possui um clima sazonal, com duas estações bem definidas, seca e chuvosa, manifestando-se esta última durante os meses de março a agosto. A média na precipitação anual na área de estudo é de 682 mm (considerando os últimos 30 anos) e a temperatura local varia de 19 a 38°C. A precipitação total dos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012 (anos deste estudo) variou de 350,8 mm a 1031,2 mm (**Figura 1**). O solo é considerado amarelo eutrófico podzólico e a área é drenada pelo Riacho Olaria (Alcoforado-Filho *et al.*, 2003).

A área de estudo apresenta alguns trechos de aclives e declives, afloramentos rochosos e trechos de mata ciliar, os quais são denominados de microhabitats (Araújo *et al.*, 2005). Esses trechos são denominados de microhabitats por apresentarem diferenças nas condições locais como, por exemplo, características do substrato, disponibilidade de água e a incidência de luz (Araújo *et al.*, 2005; Quevedo-Robledo *et al.*, 2009; Seifan *et al.*, 2010).

O microhabitat ciliar é mais inclinado, possui árvores de maiores portes e com dossel bem fechado, proporcionando mais sombra ao solo, o qual permanece úmido por mais tempo. O microhabitat plano é aquele com solo bem formado e distancia-se cerca de 150 metros do ciliar, possui árvores menos frondosas que o ciliar e não constitui um dossel fechado, o que permite uma maior incidência dos raios solares sobre a vegetação rasteira e a consequente redução na disponibilidade de água no solo em resposta a maior velocidade na evaporação. Já o microhabitat rochoso é formado por locais com afloramentos rochosos de até 5m² de extensão e cerca de dois metros de altura, as quais estão espalhadas por toda área, e alguns afloramentos de rocha estão totalmente sombreados enquanto que outros estão expostos ao sol.

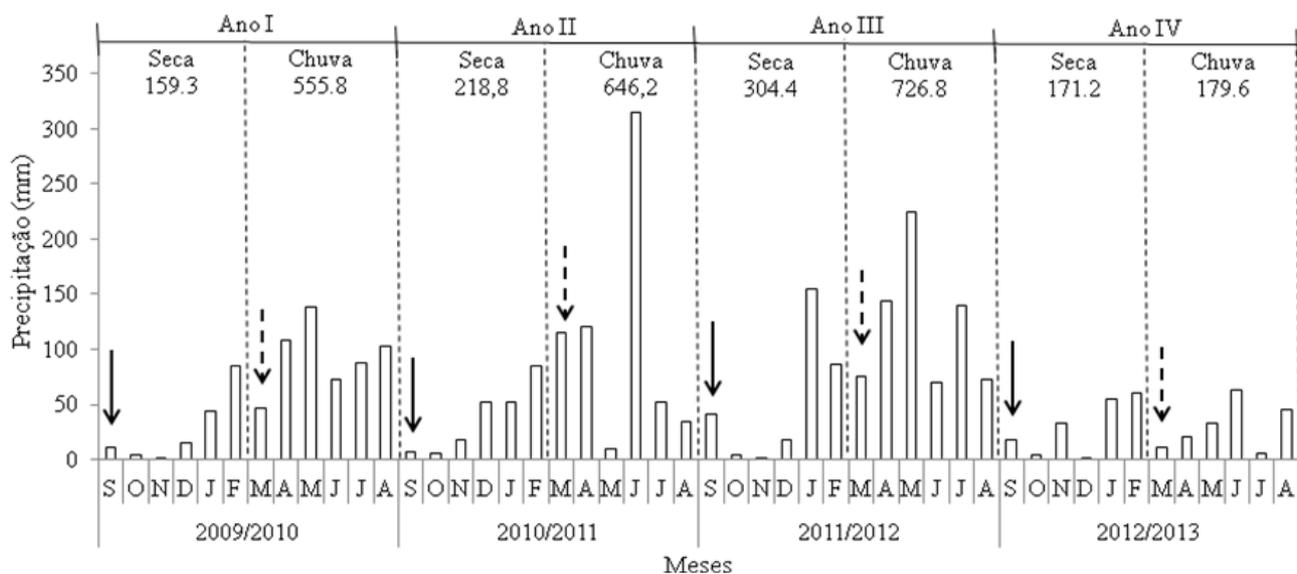


FIGURA 1. Precipitação mensal e total de precipitação durante a estação chuvosa e seca por quatro anos. Setas com linhas cheias indicam as amostras coletadas no final das estações chuvosas e setas com linhas tracejadas indicam amostras coletadas no final da estação seca. Dados fornecidos pela estação meteorológica do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) em Caruaru, Pernambuco, Brasil.

Espécie selecionada

Cereus jamacaru DC. subsp. *jamacaru*, conhecida localmente como mandacaru, pertencente à família Cactaceae e é classificado como um cacto colunar, largamente distribuído na região semiárida do Brasil. É utilizado pelo homem como planta ornamental e como matéria-prima na produção de ração para os animais (Taylor e Zappi, 2004; Andrade *et al.*, 2006), principalmente na época seca. Seus frutos podem servir de alimento e partes de seus caules e raízes são utilizados no tratamento de doenças respiratórias e renais (Mors *et al.*, 2000; Albuquerque e Andrade, 2002; Lorenzi e Matos, 2002).

Cereus jamacaru subsp. *jamacaru* apresenta distintas formas de troncos, com cerca de 60 cm de diâmetro e muitos ramos eretos, formando densas coroas com altura de até dez metros (Gomes *et al.*, 2014). Suas flores são brancas, solitárias e com antese noturna, e são potencialmente polinizadas por esfingídeos e morcegos (Quirino, 2006). Os frutos são bagas em forma de elipse, com até 12 cm de comprimento e diâmetro, com epicarpo vermelho e mesocarpo branco (Anderson, 2001), e as sementes possuem tegumento preto e podem apresentar dispersão secundária por formigas (Leal *et al.*, 2007), além de serem dispersadas primariamente por vários tipos de aves (Gomes *et al.*, 2014). A germinação das sementes de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* tem sucesso em diversas situações como estresse hídrico, temperaturas elevadas e alta luminosidade (Meiado *et al.*, 2010).

Coleta das amostras

Em um hectare da floresta, foram realizadas as coletas do banco de sementes. O solo foi coletado no início das estações seca e chuvosa dos anos de 2009 a 2012, totalizando oito coletas. Foram estabelecidas 35 parcelas-guia de 1x1m em cada um dos três microhabitats sendo estas parcelas, o ponto

referencial para a retirada da serrapilheira e do solo. Com a utilização de molduras confeccionadas com chapa galvanizada de 20x20 cm em cada lado da parcela foram realizadas duas coletas. Desta forma, as coletas eram feitas sempre na parcela-guia, mas não havendo a retirada do solo mais de uma vez do mesmo ponto (**Figura 2**). Foram retirados 5cm² de solo separando a camada de serrapilheira, seguindo a metodologia adotada na maioria dos trabalhos sobre banco de sementes do solo (Thopson e Grime, 1979; Costa e Araújo, 2003; Santos *et al.*, 2013a).

Na casa de vegetação do Programa de Pós-Graduação em Botânica, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, cada amostra foi colocada em uma bandeja de isopor (20x38x5 cm) e irrigada diariamente com água potável por seis meses, já que o objetivo era estimular a germinação de todas as sementes de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru*. Após esse período, o experimento era substituído pelas próximas coletas referente à estação climática seguinte. O monitoramento do experimento foi durante seis meses, por ser o tempo médio de duração de cada estação climática na área de coleta, possibilitando a comparação do efeito da sazonalidade nas amostras.

Foram colocadas bandejas controle (contendo solo esterilizado) na casa de vegetação, a fim de detectar possíveis contaminações causadas por sementes dispersas pelo vento, mas durante o estudo não foi verificado nenhum tipo de contaminação.

A determinação da densidade de sementes no banco do solo foi realizada pelo método da emergência de plântulas, sendo seu quantitativo expresso por metro quadrado para possibilitar comparações com outros estudos (Brown, 1992; Warr *et al.*, 1993).

Diariamente, as plântulas emergentes de cada amostra do solo foram contadas e marcadas, anotando-se a data de germinação, número da parcela-guia coletada e microhabitat onde a coleta havia sido realizada.

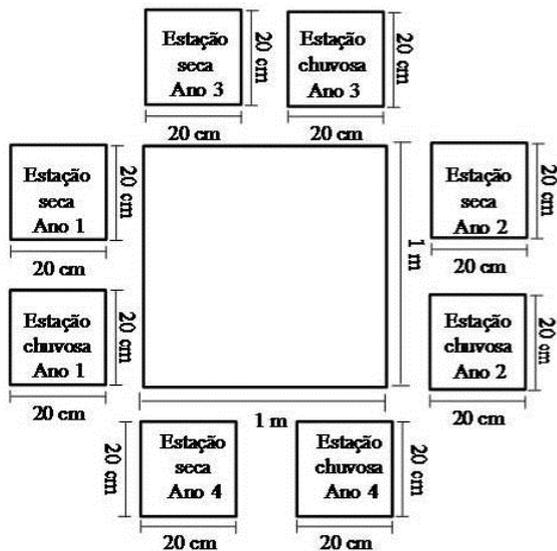


FIGURA 2. Visão esquemática da coleta do banco de sementes do solo (parcelas de 20x20x5 cm) no entorno das parcelas fixas de 1x1 m em uma região semiárida no Nordeste do Brasil.

Análise dos dados

Diferenças na densidade de sementes do banco do solo de *C. jamaru* subsp. *jamaru* entre as variações espaciais (espaço vertical e horizontal) e temporais (variações climáticas – seca e chuvosa e anuais na precipitação) foram verificadas através de uma análise GLM (Modelo Linear Generalizado), com o teste a posteriori de Tukey. Todas as análises foram realizadas no programa STATISTICA 7.0.

RESULTADOS

Com a análise GLM foi possível constatar que a variação no espaço vertical (serrapilheira e solo 0-5 cm) e horizontal (microhabitats) e a variação anual na precipitação, bem como a maior parte das suas interações explicaram as variações na emergência de plântulas do banco de sementes de solo de *C. jamaru* subsp. *jamaru*, com poder de explicação variando de 0,46 a 2,15% (Tabela 1).

TABELA 1. Análise GLM (Modelo Linear Generalizado – ANOVA) mostrando o efeito do ano, da estação climática, do espaço horizontal (microhabitats plano, rocha e ciliar), do espaço vertical (serrapilheira e solo 0-5 cm) e suas interações sobre a densidade de germinantes do banco de sementes de *Cereus jamaru* DC. subsp. *jamaru* (Cactaceae) em área de Caatinga, Caruaru, Pernambuco Brasil. GL = Graus de Liberdade; SQ = Soma dos Quadrados; p = Significância; R = Explicação. Diferença significativa para valores de $p < 0,05$. Valores de P em negrito denotam diferença significativa.

	SQ	GL	MS	F	P	R
Intercept	2,9167	1	2,9167	40,5748	0,0000	
Ano	0,6119	3	0,2039	2,8375	0,0368	0,4971
Estação Climática	0,0214	1	0,0214	0,2981	0,5851	0,0166
Espaço Vertical	1,8667	1	1,8667	25,9678	< 0,0001	1,4461
Espaço Horizontal	1,1619	2	0,5809	8,0818	0,0003	0,9001
Ano*Estação	0,3167	3	0,1056	1,4684	0,2213	0,2453
Ano*Espaço Vertical	0,4714	3	0,1571	2,1861	0,0878	0,3652
Estação*Espaço Vertical	0,0381	1	0,0381	0,5299	0,4667	0,0295
Ano*Espaço Horizontal	2,7810	6	0,4635	6,4478	< 0,0001	2,1544
Estação*Espaço Horizontal	0,0143	2	0,0071	0,0994	0,9054	0,0111
Espaço Vertical*Espaço Horizontal	0,6048	2	0,3024	4,2065	0,0151	0,4685
Ano*Estação*Espaço Vertical	0,2714	3	0,0905	1,2586	0,2871	0,2102
Ano*Estação*Espaço Horizontal	1,0905	6	0,1817	2,5283	0,0194	0,8448
Ano*Espaço Vertical*Espaço Horizontal	2,0714	6	0,3452	4,8027	0,0001	1,6047
Estação*Espaço Vertical*Espaço Horizontal	0,0333	2	0,0167	0,2319	0,7931	0,0258
Ano*Estação*Espaço Vertical*Espaço Horizontal	0,4143	6	0,0690	0,9605	0,4506	0,3209
Error	117,3143	1632	0,0719			
Total	129,0833	1679				

No banco de sementes do solo de *C. jamaru* subsp. *jamaru*, durante os quatro anos de estudo, emergiram 16,66 sem.m⁻². No espaço vertical, emergiram 1,66 sem.m⁻² na serrapilheira e 15 sem.m⁻² no solo na profundidade de 0-5 cm. O número de sementes foi significativamente maior no microhabitat ciliar em comparação com os demais microhabitats

(Figura 3). As análises também constataram que o número de sementes de *C. jamaru* subsp. *jamaru* foi significativamente maior no solo 0-5 cm em comparação com a serrapilheira (Figura 4). No espaço horizontal, 5,24 sem.m⁻² foram registradas no microhabitat plano, 1,42 sem.m⁻² no microhabitat rochoso e 10 sem.m⁻² no ciliar.

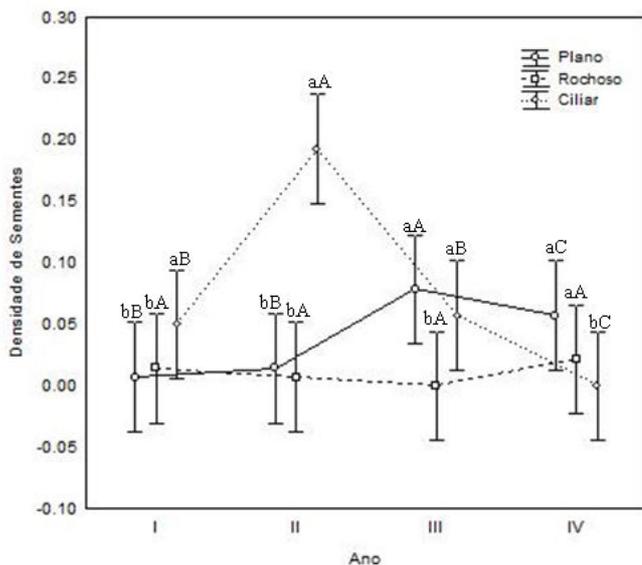


FIGURA 3. Variação no espaço horizontal (microhabitats) no número de sementes do banco de solo de *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* (Cactaceae) ($F_{(2, 1632)} = 8,0818$; $p = 0,00032$) em área de caatinga, Caruaru, Pernambuco Brasil. Letras maiúsculas diferentes entre anos e letras minúsculas diferentes entre os microhabitats plano, rochoso e ciliar denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

Além disso, também foram encontradas diferenças significativas entre o microhabitat plano e o rochoso (Figura 3). O poder de explicação considerando as variações no espaço vertical foi de 1,44%, já os diferentes microhabitats foram responsáveis por explicar 2,15% da densidade encontrada nas sementes de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru*.

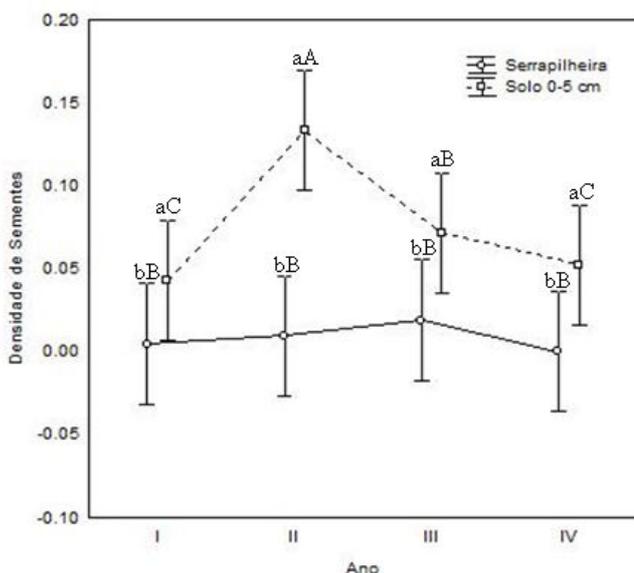


FIGURA 4. Variação no espaço vertical (serrapilheira e solo 0-5 cm) no número de sementes do banco de solo de *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* (Cactaceae) ($F_{(1, 1632)} = 25, 968$; $p = 0,000000$) em área de caatinga, Caruaru, Pernambuco Brasil. Letras maiúsculas diferentes entre anos e letras minúsculas diferentes entre a serrapilheira e o solo 0-5 denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

As análises isoladas das estações climáticas demonstraram que emergiram um total de 7,61 sem.m⁻² nas estações chuvosas e 9,04 sem.m⁻² nas estações secas. Analisando as variações sazonais, foi possível constatar que não houve diferença significativas no número de plântulas que emergiram entre as estações climáticas (Figura 5), mostrando que a mesma não pode ser considerada sozinha como fator preditivo da densidade de sementes. Considerando cada ano isoladamente, o número de emergência de plântulas foi maior significativamente apenas no segundo ano deste estudo, mas o poder de explicação foi baixo (0,49%) (Figura 6).

DISCUSSÃO

Estudos têm demonstrado que a variação espacial contribui positivamente para a distribuição das espécies e estrutura da comunidade (Hutchinson, 1959; Grubb, 1977) e em Florestas Tropicais Secas, a diversidade de microhabitats têm proporcionado condições favoráveis para a deposição de sementes e o estabelecimento de determinadas espécies (Brooks, 1999; Araújo *et al.*, 2005). Assim, era esperado que as diferenças na densidade das sementes de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* fosse influenciada pelas condições de estabelecimento. Todavia, tal hipótese pode ser confirmada, porque houve diferença na densidade entre os três microhabitats analisados, com o ciliar concentrando o maior número de sementes.

O microhabitat ciliar apresenta árvores com copas mais densas e de maior altura, que fornece melhores locais para nidificação de muitas espécies de aves, as quais são as principais dispersoras das sementes de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* em área de floresta tropical seca (Godinez-Alvarez *et al.*, 2002; Gomes *et al.*, 2014; Naranjo *et al.*, 2003; Rengifo *et al.*, 2007).

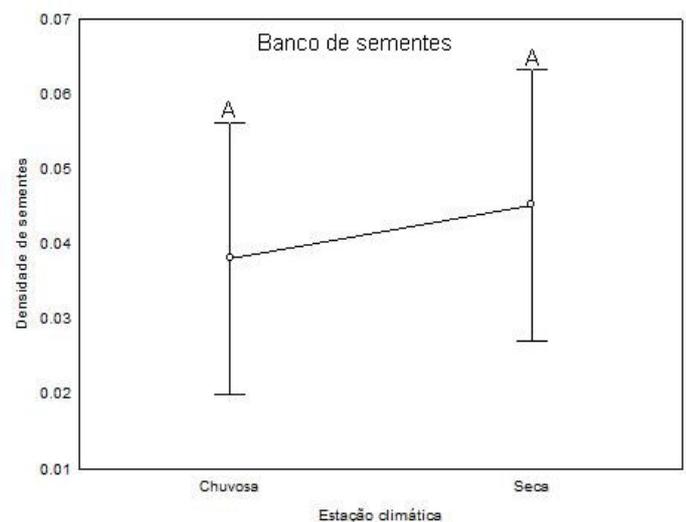


FIGURA 5. Variação sazonal no número de sementes do banco de solo de *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* (Cactaceae) ($F_{(1, 1632)} = 29810$; $p = 0,058515$) durante quatro anos consecutivos em área de caatinga, Caruaru, Pernambuco Brasil. Letras iguais entre estações chuvosa e seca não denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

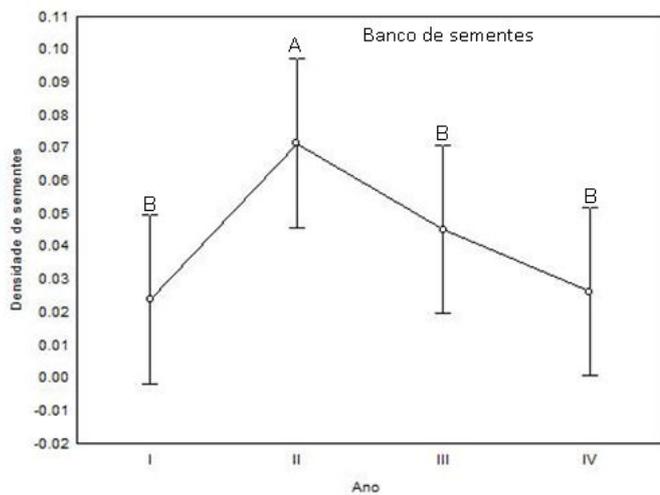


FIGURA 6. Variação anual no número de sementes do banco de solo de *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* (Cactaceae) ($F_{(3, 1632)} = 2, 8375$; $p = 0,03685$) durante quatro anos consecutivos em área de caatinga, Caruaru, Pernambuco Brasil. Letras diferentes entre os anos de estudo denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

Além disso, as formigas também são importantes no papel de dispersoras secundárias das sementes de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* (Leal *et al.*, 2007; Gomes *et al.*, 2014). Esta forma de dispersão das sementes, aliadas às condições específicas do ciliar, pode explicar a maior densidade de sementes armazenadas nesse solo que, neste estudo, funcionou como um ambiente guardião das sementes. Esses resultados destacam a importância da presença de microhabitats dentro das florestas tropicais como um fator de influência para assegurar a manutenção das populações vegetais (DeMalach *et al.*, 2014) através do armazenamento de suas sementes.

Apesar de ser comum o estabelecimento de plantas de cactos sobre afloramentos rochosos (Bowers, 2000), a maior parte de suas sementes, na área de estudo, não está depositada nesse local. Talvez, isso seja um reflexo da diferença entre a forma de dispersão e consequente deposição de sementes de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* e as condições necessárias a sua germinação. É preciso considerar também que o microhabitat rochoso, possui características físicas que podem interferir quantitativamente nesse processo de deposição, como por exemplo, solo raso e poucas fendas.

As diferenças encontradas na distribuição de sementes de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* entre as camadas de solo e serrapilheira também confirmaram a hipótese sobre variação no espaço vertical. A camada de serrapilheira, que é mais exposta porque está na superfície do solo não retém a maioria das sementes (Hopfensperger, 2007; Yu *et al.*, 2008; Brito e Araújo, 2009; Santos *et al.*, 2010; 2013a; Araújo *et al.*, 2014) como já era esperado. Isso porque além dos fatores abióticos como vento e chuva auxiliarem na deposição dos elementos que estão acima do solo, fazendo com que as sementes que estejam em sua superfície sejam deslocadas para camadas mais inferiores, com a exposição, elas também se tornam mais

visíveis aos predadores naturais (Hopfensperger, 2007; Yu *et al.*, 2008; Santos, 2015), sendo removidas pelos mesmos.

Todavia, mesmo não havendo forte influência da variação pluviométrica, quando considerada isoladamente, acredita-se que a resposta obtida neste estudo sobre a hipótese de variação de sementes no espaço horizontal e vertical, pode estar diretamente relacionada à sazonalidade climática. Na área de estudo, o microhabitat ciliar está localizado numa área mais baixa, durante a estação chuvosa, as sementes depositadas inicialmente nos outros microhabitats podem ser carregadas através da força da água da chuva e por gravidade até o local, onde ficam armazenadas na camada mais profunda do solo. Por outro lado, quando o efeito da variação na estação climática foi considerado em conjunto com variação entre anos e diferentes microhabitats, houve poder de explicação baixo (0,84%), porém significativo. Normalmente, esse fator ambiental é responsável por variações na densidade de sementes que são dispersas pelas plantas e armazenadas no banco do solo (Santos *et al.*, 2013a). Logo, os resultados apontam para uma espécie capaz de formar banco de sementes persistente, ou seja, independente da estação climática, sugerindo que a estação seca também pode ser um período necessário à manutenção da população de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru*.

CONCLUSÃO

Em síntese, este estudo apontou uma maior influência da variação espacial sobre a densidade de sementes de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru*, sendo significativamente maior no microhabitat ciliar em comparação com o plano e o rochoso. Além disso, a camada de solo deteve o maior número de sementes em comparação com a serrapilheira, o que pode proporcionar uma maior proteção para as sementes de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru*. Por outro lado, a variação temporal, caracterizada neste estudo pela sazonalidade climática e pelos anos, parece não serem fatores de forte influência na formação do banco de sementes, quando consideradas isoladamente. Apesar de ter sido registrado uma densidade elevada no segundo ano, acredita-se que isso tenha sido mais uma resposta ao ambiente ciliar, uma vez que este ano não foi atípico com relação à média de chuvas em comparação aos demais anos e os outros microhabitats mantiveram estáveis as suas densidades.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Pesquisa Agrônômica (IPA), pelo apoio logístico; ao Laboratório de Ecologia Vegetal e Ecossistemas Naturais, do Departamento de Biologia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo auxílio na coleta do solo e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão de bolsas de pós-graduação e pós-doutoramento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque UP e Andrade LHC. 2002. Uso de recursos vegetais da caatinga: o caso do agreste do estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil). **Interciência**, 27(7): 336-346.
- Alcoforado-Filho FG, Sampaio EVSB e Rodal MJN. 2003. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em caruaru, Pernambuco. **Acta Botanica Brasílica**, 17: 287-303.
- Anderson EF. 2001. **The Cactus Family**. Portland: Timber Press.
- Andrade CTS, Marques JGW e Zappi DC. 2006. Utilização medicinal de cactáceas por sertanejos baianos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 8: 36-42.
- Araújo EL, Silva KA, Ferraz EMN, Sampaio EVSB e Silva SI. 2005. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, 19: 285-294.
- Araújo VKR, Santos DM, Santos JMFF, Lima KA, Souza DNN e Araújo EL. 2014. Influência do *status* da floresta e da variação sazonal sobre o banco de sementes no semiárido brasileiro. **Gaia Scientia**, 8(1): 136-149.
- Bowers JE. 2000. Does *Ferocactus wislizeni* (Cactaceae) have a between-year seed bank? **Journal of Arid Environmental**, 45: 197-205.
- Brito LBM e Araújo FS. 2009. Banco de sementes de *Cordia oncocalyx* Allemão em uma área de Caatinga sobre planossolo. **Revista Caatinga**, 22(2): 206-212.
- Bromn D. 1992. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. **Canadian Journal Botany**, 70: 1603-1612.
- Brooks ML. 1999. Habitat invasibility and dominance by alien annual plants in the western Mojave Desert. **Biological Invasions**, 1: 325-337.
- Costa RC e Araújo FS. 2003. Densidade, germinação e flora do banco de sementes do solo no final da estação seca, em uma área de caatinga, Quixadá, CE. **Acta Botanica Brasílica**, 17: 259-264.
- DeMalach N, Kigel J, Voet H e Ungar ED. 2014. Are semiarid shrubs resilient to drought and grazing? Differences and similarities among species and habitats in a long-term study. **Journal of Arid Environments**, 102: 1-8.
- Erfanzadeh R, Shahbazian R e Zali H. 2014. Role of plant patches in preserving flora from the soil seed bank in an overgrazed high-mountain habitat in Northern Iran. **Journal of Agricultural Science and Technology**, 16(1): 229-238.
- Facelli JM, Chesson P e Barnes N. 2005. Differences in seed biology of annual plants in arid lands: a key ingredient of the storage effect. **Ecology**, 86(11): 2998-3006.
- García-Chavez JH, Montaña C, Perroni Y, Sosa VJ e García-Licona JB. 2014. The relative importance of solar radiation and soil origin in cactus seedling survivorship at two spatial scales: plant association and microhabitat. **Journal of Vegetation Science**, 25: 668-680.
- Godinez-Alvarez H, Valiente-Banuet A e Rojas-Martinez A. 2002. The role of seed dispersers in the population dynamics of the columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo*. **Ecology**, 83: 2617-2629.
- Gomes VGN, Quirino ZGM e Araújo HFP. 2014. Frugivory and seed dispersal by birds in *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) in the Caatinga of Northeastern Brazil. **Braz. Journal of Biology**, 74(1): 32-40.
- Grubb PJ. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. **Biological Reviews**, 52:107-145.
- Guo Q, Rundel PW e Goodall DW. 1998. Horizontal and vertical distribution of desert seed banks: patterns, causes, and implications. **Journal of Arid Environments**, 38: 465-478.
- Hopfensperger KN. 2007. A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. **Oikos**, 116: 1438-1448.
- Hutchinson GE. 1959. Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals? **The America Naturalist**, 93(870): 145-159.
- Kanongdate K, Schmidt M, Krawczynski R e Wiegleb G. 2012. Has implementation of the precautionary principle failed to prevent biodiversity loss at the national level? **Biodiversity and Conservation**, 21:3307-3322.
- Leal IR, Wirth R e Tabarelli M. 2007. Seed dispersal by ants in semi-arid Caatinga of Northeast Brazil. **Annals of Botany**, 99: 885-894.
- Lopes CGR, Ferraz EMN, Castro CC, Lima EN, Santos JMFF, Santos DM e Araújo EL. 2012. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. **Forest Ecology Management**, 271: 115-123.
- López RP. 2003. Soil seed bank in the semi-arid Prepuna of Bolivia. **Plant Ecology**, 168: 85-92.
- Lorenzi H e Matos FJAM. 2002. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. São Paulo: Nova Odessa, 512 p.
- Loydi A, Zalba SM e Distel RA. 2012. Viable seed banks under grazing and exclosure conditions in Montane Mesic grasslands of Argentina. **Acta Oecologica**, 43: 1-5.
- Mamede MA e Araújo FS. 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.
- Markl JS, Schleuning M, Forget PM, Jordano P, Lambert JE, Traveset A, Wright SJ e Böhring-Gaese K. 2012. Meta-Analysis of the Effects of Human Disturbance on Seed Dispersal by Animals. **Conservation Biology**, 26(6): 1072-1081.
- Mayor MD, Bóo RM, Pelaéz DV, Elía OR e Tomás MA. 2007. Influence of shrub cover on germination, dormancy and viability of buried and unburied seeds of *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hackel. **Journal of Arid Environments**, 68: 509-521.
- Meiado MV, Albuquerque LSC, Rocha EA, Rojas-Aréchiga M e Leal IR. 2010. Seed germination responses of *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) to environmental factors. **Plant Species Biology**, 25: 120-128.
- Mors WB, Rizinni CT e Pereira NA. 2000. **Medicinal Plants of Brazil**. Michigan: Reference Publications, Inc. Algonac, 501p.
- Naranjo ME, Rengifo GC e Soriano PJ. 2003. Effect of ingestion by bats and birds on seed germination of *Stenocereus griseus* and *Subpilocereus repandus* (Cactaceae). **Journal of Tropical Ecology**, 19: 19-25.
- Pekas KM e Schupp EW. 2013. Influence of aboveground vegetation on seed bank composition and distribution in a Great Basin desert sage brush community. **Journal of Arid Environments**, 88: 113-120.

- Peters DPC. 2002. Plant species dominance at a grassland-Shrubland ecotone: and individual-based gap dynamics model of herbaceous and species woody. **Ecological Modeling**, 152: 5-32.
- Quevedo-Robledo L, Pucheta E e Ribas-Fernandéz Y. 2009. Influences of interyear plants in a Sandy Monte Desert. **Journal of Arid Environments**, 74: 167-172.
- Quirino ZGM. 2006. **Fenologia, Síndromes de Polinização e Dispersão e Recursos Florais de uma Comunidade de Caatinga no Cariri Paraibano**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. 164 p. Tese de Doutorado em Biologia Vegetal.
- Reis AMS, Araújo EL, Ferraz EMN e Moura AN. 2006. Inter-annual in the floristic and population structure of an herbaceous community of “caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, 29: 497-508.
- Rengifo GC, Naranjo ME e Soriano PJ. 2007. Fruit Consumption by Birds and Bats on Two Species of Columnar Cacti in a Semi-Arid Andean Enclave of Venezuela. **Caribbean Journal of Science**, 43: 254-259.
- Rojas-Aréchiga M e Vázquez-Yanes C. 2000. Cactus seed germination: a review. **Journal of Arid Environments**, 44: 85-104.
- Santos DM. 2015. **Banco de sementes do solo e dinâmica de duas populações herbáceas em anos consecutivos em áreas de Caatinga no Nordeste brasileiro**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco. 202p. Tese de Doutorado em Botânica.
- Santos DM, Silva KA, Santos JMFF, Lopes CGR, Pimentel RMM e Araújo EL. 2010. Variação espaço-temporal do banco de sementes em uma área de floresta tropical seca (caatinga) – Pernambuco. **Revista de Geografia**, 27(1): 234-253.
- Santos DM, Silva KA, Albuquerque UP, Santos JMFF, Lopes CGR e Araújo EL. 2013a. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil? **Flora**, 208(7): 445-452.
- Santos JMFF, Santos DM, Lopes CGR, Silva KA, Sampaio EVSB e Araújo EL. 2013b. Natural regeneration of the herbaceous community in a semiarid region in Northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, 185: 8287-8302.
- Seifan M, Seifan T, Ariza C e Tielbörger K. 2010. Facilitating an importance index rainfall variability and microhabitat on the germinable seed bank of annual. **Journal of Ecology**, 98: 356-361.
- Silva KA, Santos DM, Santos JFF, Albuquerque UP, Ferraz EMN e Araújo EL. 2013. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. **Acta Oecologica** 46: 25-32.
- Souza JT, Ferraz EMN, Albuquerque UP e Araújo EL. 2014. Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate? **Plant Biology**, 16: 748-756.
- Taylor NP e Zappi DC. 2004. **Cacti of Eastern Brazil**. London: Royal Botanic Gardens, Kew, 499p.
- Thompson K e Grime JP. 1979. Seasonal variation in the seed bank of herbaceous species in ten contrasting habitats. **Journal of Ecology**, 67: 893-921.
- Wang N, Jiao J, Jia Y e Zhang X. 2009. Soil seed bank composition and distribution on eroded slopes in the hill-gully Loess Plateau region (China): influence on natural vegetation colonization. **Earth Surface Processes and Landforms**, 36: 1825-1835.
- Warr SJ, Thompson K e Kent M. 1993. Seed banks as a neglected area of biogeographic research: a review of literature and sampling techniques. **Progress in Physical Geography**, 17: 329-347.
- Yu S, Bell D, Sternberg M e Kutiel P. 2008. The effect of microhabitats on vegetation and its relationships with seedlings and soil seed bank in a Mediterranean coastal sand dune community. **Journal of Arid Environments**, 72: 2040-2053.