

Potencial de indivíduos arbóreos como facilitadoras da formação de banco de sementes em um ecótono de Cerrado e Caatinga

 [Rodrigo Ferreira de Morais](#)^{1,4},  [Marta Ferreira Belo](#)¹,  [Maria Thereza Dantas Gomes](#)¹,
 [Nadine D'Assila do Vale Silva](#)¹,  [José Ribamar Sousa Júnior](#)²,
 [Evaldo Benedito de Souza](#)³ e  [Hermeson dos Santos Vitorino](#)¹

Como citar: Morais, R.F., Belo, M.F., Gomes, M.T.D., Silva, N.D'A.V., Sousa Júnior, J.R., Souza, E.B., Vitorino, H.S. Potencial de indivíduos arbóreos como facilitadoras da formação de banco de sementes em um ecótono de Cerrado e Caatinga. Hoehnea 49: e652020. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-65/2020>

ABSTRACT – (Potential of arboreal individuals as facilitators of seed bank formation in a Cerrado and Caatinga ecotone). This study verified the differences in richness, density and species composition of the seed bank under the canopy of tree species and the adjacent field area and the relationship of total stem height and crown area to density and richness of seed bank. The seed bank was collected under the canopy of 10 individuals of each species (*Curatella americana* L., *Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Duckee, *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore)), and at 10 points in an adjacent field area. The density and richness of the seed bank was larger under the crowns of the species. The total stem height showed a positive relationship with richness and density of the seed bank, and a canopy area negative relationship. The tree species studied enhance the generation of seed bank, increasing its richness and density. They also influence species distribution and local diversity.

Keyword: ecological succession, facilitation, germination

RESUMO – (Potencial de indivíduos arbóreos como facilitadoras da formação de banco de sementes em um ecótono de Cerrado e Caatinga). Este estudo verificou as diferenças na riqueza, densidade e composição de espécies do banco de sementes sob a copa das espécies arbóreas e a área de campo adjacentes e a relação entre altura total do caule e área da copa com a densidade e riqueza do banco de sementes. Foram coletados o banco de sementes sob a copa de 10 indivíduos de cada espécie (*Curatella americana* L., *Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Duckee, *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore)), e em 10 pontos em área de campo adjacente. A densidade e riqueza do banco de sementes foram maiores sob as copas das espécies. A altura do caule apresentou relação positiva com riqueza e densidade do banco de sementes e, área da copa relação negativa. As espécies arbóreas estudadas potencializam a formação de banco de sementes, aumentando a riqueza e densidade. Também influenciam na distribuição das espécies e na diversidade local.

Palavras-chave: facilitação, germinação, sucessão ecológica

Introdução

As relações entre as plantas, incluindo principalmente as de competição e facilitação, são importantes forças motrizes da sucessão ecológica em comunidades vegetais (Montesinos 2015, Zhang 2015). Tais interações podem

influenciar fortemente a estrutura e dinâmica da comunidade, podendo também influenciar na ocorrência e substituição das espécies em uma comunidade (Padilla & Pugnaire 2006). Na facilitação ecológica uma espécie pode melhorar a sobrevivência, o crescimento ou a aptidão de plantas vizinhas (Callaway & Walker 1997, Montesinos 2015),

1. Universidade Estadual do Piauí, Curso de Ciências Biológicas, Laboratório de Botânica, Avenida Dom Pedro II, 629, 64980-000, Corrente, PI, Brasil
2. Universidade Federal do Piauí, Departamento de Ciências Biológicas, BR-343 KM 3,5, Meladão, 64808-605 Floriano, PI, Brasil
3. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de Ecologia Vegetal, Programa de PósGraduação em Ecologia e Conservação, Avenida Costa e Silva Pioneiros, 79070900, Campo Grande, MS, Brasil
4. Autor para correspondência: rodrigoferreira@cte.uespi.br

sendo, portanto, considerada um importante mecanismo de manutenção da diversidade (Bruno *et al.* 2003, He *et al.* 2013, Sühs *et al.* 2018).

Neste sentido, é importante determinar se o estabelecimento de novos indivíduos está relacionado devido à melhoria das condições ambientais ou pelo aumento de propágulos sob a copa das plantas-berçário (Badano *et al.* 2016). As plantas-berçário são aquelas que desempenham um papel importante na recuperação das funções em ecossistemas, sendo consideradas importantes para o avanço da sucessão ecológica (Ren *et al.* 2008). As plantas-berçário podem interceptar sementes dispersas de outras espécies e acumula-las sob suas copas e, ainda, podem oferecer melhores condições ambientais sob suas copas regulando a luminosidade, a disponibilidade de nutrientes e umidade (Padilla & Pugnaire 2006).

O favorecimento das condições sob a copa de algumas espécies pode ocorrer pelo aumento da deposição de serapilheira, resultando na cobertura do solo auxiliando, na manutenção da umidade e em microambientes melhorados e enriquecidos com nutrientes que estimulam a formação de núcleos de vegetação (Silva *et al.* 2015). A nucleação é importante para manutenção da diversidade biológica, produtividade de biomassa, por contribuírem significativamente para a variação espacial da produtividade e diversidade em escala local e regional (Ren *et al.* 2008, Reis *et al.* 2010, Passos *et al.* 2014).

Espécies nucleadoras podem ser utilizadas como poleiros naturais pela fauna, que as utilizam para repouso, proteção e, quando são frutíferas, podem ser atrativos para fauna, que consequentemente podem atuar como dispersores ativos (Reis *et al.* 2003, Santos & Pillar 2007, Dias *et al.* 2014). Podem também promover a proteção contra o vento, suporte físico, ou ainda, funcionar como armadilhas de sementes (*seed trapping*), subsidiando, assim, a formação do banco de sementes (Callaway 2007). As características das plantas nucleadoras como altura, área e configuração da copa e pelo tipo de recurso alimentar ofertado por essas árvores podem atrair dispersores e aumentar a possibilidade de o banco de sementes com maiores riqueza e densidade (Thomson *et al.* 2011, Vergne *et al.* 2016).

Diante disso, a formação do banco de sementes, considerada um importante mecanismo de regeneração natural e uma das principais fontes de recrutamento de novos indivíduos na sucessão (Araujo *et al.* 2004, Oliveira *et al.* 2018b), pode sofrer forte influência de plantas berçários. O banco de sementes é considerado o conjunto de todas as sementes viáveis no solo e pode ser composto, tanto por sementes das espécies presentes na vegetação local, quanto por espécies que estejam presentes nas áreas vizinhas, que chegam através da chuva de sementes (Capellesso *et al.* 2015, Oliveira *et al.* 2018a). A avaliação do estoque de sementes no solo é importante na determinação da melhor estratégia de manejo a ser empregada na conservação ou recomposição de florestas nativas e no monitoramento e avaliação de áreas degradadas, obtendo melhores diagnósticos quanto

ao desempenho e sucesso da restauração de ecossistemas (Miranda Neto *et al.* 2014).

Neste cenário, os Capões, que constituem o Complexo Vegetacional de Campo Maior, são caracterizados como uma fitofisionomia com microrrelevos que se formam ao longo de campos inundáveis e encharcados no período chuvoso, composto principalmente por dois estratos, o herbáceo e o arbustivo-arbóreo, sendo que o primeiro se posiciona no entorno dos Capões e o segundo no seu interior (Farias & Castro 2004, Barros & Castro 2006). Fora dos Capões é comum encontrarmos espécies arbóreas isoladas na paisagem, sendo possível notar que sob as copas dessas espécies há acúmulo de serrapilheira e uma composição florística que difere da área subjacente, levando a formação de pequenas nucleações.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo verificar a composição de espécies e a densidade do banco de sementes sob a copa de espécies arbóreas e em área de campo aberto e caracterizá-lo quanto à forma de vida e síndrome de dispersão, assim, responder as seguintes perguntas: i) Há diferenças na composição de espécies do banco de sementes sob a copa de espécies arbóreas e a área de campo aberto? ii) Existem diferenças na densidade e número de espécies do banco de sementes entre as áreas de campo e sob as copas das árvores? iii) A altura total e área da copa influenciam na densidade e riqueza de espécies do banco de sementes?

Materiais e métodos

Área de estudo – O trabalho foi realizado na Fazenda Pequizeiro (04°51'10"S e 42°12'07"O), na altitude de 200 m no Município de Campo Maior, no Estado do Piauí. O Estudo foi conduzido em uma fitofisionomia que é denominada localmente de "Capões" (Farias & Castro 2004). Os Capões estudados estão localizados na área de reserva legal da propriedade (área natural, nas propriedades rurais, destinada à conservação da vegetação de acordo com a Lei de Proteção da Vegetação Nativa do Brasil, que substituiu o Código Florestal de 1965). De acordo com moradores locais, os capões estudados não foram desmatados no passado e têm poucos indícios de fogo; além disso, a área é cercada para evitar a entrada de gado, cabras e cavalos.

A região de Campo Maior é denominada de Complexo Vegetacional, devido à grande heterogeneidade de fitofisionomias, sendo considerada uma área de transição de Cerrado e Caatinga (Barros & Castro 2006). O clima é do tipo tropical úmido e seco (Kottek *et al.* 2006), com duração do período seco de seis meses, sendo entre os meses de junho a novembro. A pluviosidade média anual é de 1.360mm, com temperatura média de 26,8°C (Farias & Castro 2004).

Coleta dos dados – Inicialmente foi realizado o levantamento dos indivíduos arbóreos isolados. Consideramos indivíduos isolados aqueles distribuídos na fitofisionomia de campo aberto com distância mínima de 50 m uns dos outros. Para este estudo foram selecionadas as espécies arbóreas

que apresentaram no mínimo 10 indivíduos com altura total superior a 2 m. Assim, das seis espécies arbóreas com indivíduos isolados que ocorrem na área de estudo, somente três espécies atenderam aos critérios estabelecidos: *C. americana* L., *L. auriculata* (Allemão) Duckee e *C. prunifera* (Mill.) H.E. Moore.

Para a amostragem do banco de sementes foram estabelecidos 10 pontos em áreas de campo aberto com intervalos de 50 m entre si, e com distância mínima de 50 m dos indivíduos arbóreos. Para coleta das amostras do banco de semente foi utilizado um molde com área de 20 × 20 cm, onde coletamos o solo até a profundidade de 5 cm, desprezando o excesso de folhas e galhos. Nas áreas de campo aberto, em cada ponto foram coletadas três subamostras equidistantes 3 metros. Sob a copa de cada indivíduo arbóreo, foram coletadas três subamostras equidistantes 1 m, e a um metro de distância do caule. Com a finalidade de compor uma amostragem composta, as três subamostras coletadas em cada ponto, tanto das áreas de campo aberto quanto sob a copa das árvores, foram homogeneizadas para formar uma amostra composta para cada ponto, totalizando assim, 40 amostras. De cada amostra composta foram retirados 2 kg de solo. Do total de 2 kg de solo, um foi destinado ao método de extração de sementes e o outro ao método de emergência de plântulas (Bao *et al.* 2020).

O método de extração foi utilizado para quantificar a quantidade de sementes do banco de sementes. As 40 amostras foram lavadas em peneira com malha de 0,35 e posteriormente, foram conservadas em recipientes em álcool 70%, devidamente identificados. As amostras foram triadas em lupa e contabilizadas o número de sementes para cada amostra.

O método de emergência foi utilizado para levantamento da composição de espécies do banco de sementes. As amostras foram espalhadas em bandeja com dimensões de 30 × 20 × 6 cm. As bandejas foram perfuradas no fundo e foi adicionada uma camada de 2 cm de areia esterilizada para drenagem. As amostras do banco de sementes foram espalhadas sobre a areia formando camada de 3 cm e, posteriormente foram acondicionadas em viveiro. Para as 10 amostras de cada grupo, adicionamos uma bandeja com solo estéril para controle de contaminação por propágulos de plantas próximas ao experimento (Bao *et al.* 2020). A casa de vegetação foi revestida com sombrite 30%. Pelo período de seis meses de acompanhamento da germinação, foram aplicadas duas irrigações diárias, com o mesmo conteúdo de água para cada tratamento, de modo a manter as condições adequadas à germinação do maior número possível de sementes. Mensalmente, todas as plântulas foram retiradas e o solo revolvido para promover a germinação de sementes enterradas. Para identificação botânica das plantas germinadas, pelo menos um indivíduo de cada espécie foi transplantado para saco de polietileno e seu desenvolvimento acompanhado até que fosse possível identificação com segurança.

A identificação foi realizada por meio de consulta a bibliografias especializadas e comparação com exsiccatas

do herbário da Universidade Federal do Piauí – TEPB. A distribuição dos táxons foi de acordo com o proposto pelo *Angiosperm Phylogeny Group* IV (2016) e, as sinonímias de acordo com lista da Flora do Brasil (2020).

Após a identificação as espécies foram classificadas por forma de vida em: arbórea (vegetal lenhoso que ramifica acima de 0,5 m), arbustiva (vegetal lenhoso que ramifica abaixo de 0,5 m de altura), trepadeira (toda planta de hábito escandente de forma ampla, tanto herbácea quanto lenhosa) e herbácea (vegetal não lignificado) (Vidal & Vidal 2006). Todas as espécies também foram classificadas pela síndrome de dispersão das sementes em: espécies zocóricas, anemocóricas e autocóricas, com base em Van der Pijl (1982).

Para mensurar a área da copa das espécies arbóreas isoladas foram tomadas duas medidas de raio, sendo a primeira, na direção com o maior raio da copa e, o segundo raio perpendicular ao primeiro raio. Em seguida, área da copa, em m², foi calculada utilizando a equação: $A = \pi ab$, onde A é a área da copa, a é o comprimento do maior raio e b o comprimento do menor raio. Para mensurar a altura total foi utilizada uma régua tabulada.

Análise dos dados – Para testar se há diferença na composição de espécies entre os indivíduos das espécies isoladas e de áreas de campo aberto, foi utilizado o índice de similaridade de Jaccard, utilizando uma matriz de presença e ausência das espécies (Felfilli *et al.* 2011). Essa matriz foi utilizada para confecção do dendrograma de similaridade com o uso do método de agrupamento por médias não ponderadas – (UPGMA). A representatividade deste dendrograma em refletir a real similaridade entre as áreas foi verificada por meio da correlação cofenética (Felfilli *et al.* 2011, Gotelli & Ellison 2011).

Para verificar se há diferenças nas médias de número de semente e de espécies do banco de sementes entre área e aberta e sob a copa dos indivíduos das espécies isoladas foi utilizada ANOVA, e teste Tukey para as comparações múltiplas entre os grupos. AANOVA também foi utilizada para verificar se há diferenças nas médias de altura e área da copa dos indivíduos das três espécies isoladas. A normalidade dos resíduos foi analisada usando a função R ‘qqnorm’ e a homogeneidade de variância pelo teste de Levene no pacote R ‘car’.

Para verificar a influência da altura total e área da copa na riqueza de espécies e densidade do banco de sementes foram utilizados modelos lineares generalizados (GLMs). Foram testados dois modelos, tendo como variável resposta no primeiro modelo a riqueza de espécies e no segundo, o número de sementes. Nos dois modelos, as variáveis preditoras foram altura total e área da copa. Os modelos propostos na GLMs foram ajustados para a família Poisson e foram simplificadas por Stepwise, sendo o modelo selecionado pelo menor valor de critério de inclusão de Akaike (AIC). Para tanto, foi utilizado o pacote “MASS”. A representatividade do modelo selecionado foi verificada com o uso do pacote “rsq”. Todas as análises foram feitas

no software R 4.0.1 e, para todas as análises foi utilizado o valor de $p < 0,05$.

Resultados

Na emergência do banco de sementes foram identificadas 18 famílias e 35 espécies (tabela 3). Sob a copa de *L. auriculata* ocorreram 25 espécies, *C. americana* 17 espécies, *C. prunifera* e em área aberta 14 espécies cada. O banco de sementes sob a copa das espécies arbóreas isoladas apresentou espécies com todas as formas de vida, com predomínio de herbáceas (28 espécies), seguido por nove arbóreas, um arbusto e uma trepadeira (tabela 1).

Quanto à síndrome de dispersão houve predominância de espécies autocóricas com 25 espécies, seguido de zoocóricas (oito espécies) e anemocóricas (quatro espécies) (tabela 1). Podemos verificar a predominância de espécies autocóricas no banco de sementes, tanto sob a copa das espécies arbóreas isoladas, quanto em área aberta (figura 1A). Quanto à forma de vida verificamos a predominância de herbáceas para todos os ambientes (figura 1B).

A UPGMA evidenciou que a similaridade na composição de espécies do banco de sementes foi maior entre *C. americana* e *L. auriculata*. A análise também mostrou que a composição de espécies do banco de sementes sob a copa de *C. prunifera* é mais parecida com a de campo aberto

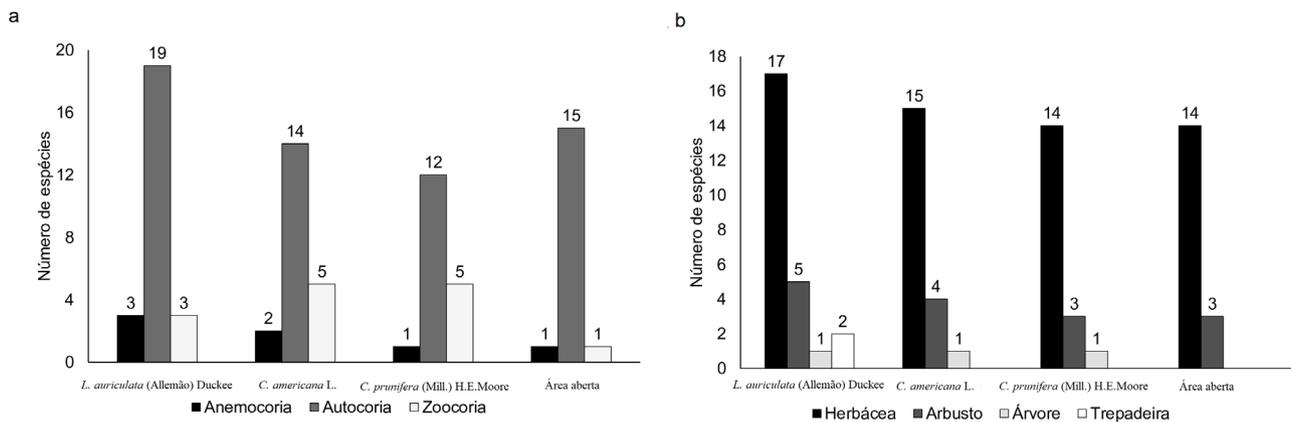


Figura 1. Riqueza de espécies do banco de sementes de acordo com a síndrome de dispersão (a) e forma de vida (b) sob a copa de espécies arbóreas e em área aberta, no Complexo Vegetacional de Campo Maior, Estado do Piauí, Brasil.

Figure 1. Seed bank species richness according to dispersal syndrome (a) and life form (b) under tree canopy and in open area, in the Campo Maior Vegetation Complex, Piauí State, Brazil.

Tabela 1. Lista de família e espécies emergidas do banco de sementes coletadas sob as copas de três espécies isoladas no Complexo Vegetacional de Campo Maior, Estado do Piauí, Brasil. La: *Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Duckee. Ca: *Curatella americana* L. Cp: *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore. AA: área de campo aberto. FV: forma de vida. SD: síndrome de dispersão.

Table 1. List of family and species emerged from the seed bank collected under the crowns of three isolated species in the Campo Maior Vegetation Complex, Piauí State, Brazil. La: *Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Duckee. Ca: *Curatella americana* L. Cp: *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore. AA: open field area. FV: life form. SD: dispersion syndrome.

Família/Espécies	La	Ca	Cp	AA	FV	SD
Asteraceae						
<i>Chrysolaena flexuosa</i> (Sims) H.Rob.	x	x			herb	ane
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex-Wight	x	x	x	x	herb	ane
Cleomaceae						
<i>Cleome</i> sp.			x	x	herb	aut
<i>Physostemon guianense</i> (Aubl.) Malme				x	herb	aut
Commelinaceae						
<i>Commelina erecta</i> L.	x		x	x	herb	ane
Convolvulaceae						
<i>Ipomea</i> sp.	x				herb	ane

Tabela 1 (continuação)

Família/Espécies	La	Ca	Cp	AA	FV	SD
Cyperaceae						
<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) CBClarke	x	x	x	x	herb	aut
<i>Papyrus</i> sp.	x	x		x	herb	aut
Dileniaceae						
<i>Curatella americana</i> L.	x	x	x		Ar	zoo
Eriocaulaceae						
<i>Eriocaulon cinereum</i> R.Br.	x	x	x	x	herb	aut
Euphorbiaceae						
<i>Acalypha</i> sp.	x	x			Arb	aut
<i>Croton glandulosus</i> L.	x				Arb	zoo
<i>Euphorbia maculata</i> L.			x		herb	aut
<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton	x	x	x	x	herb	aut
Phyllanthaceae						
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	x	x	x	x	herb	aut
Fabaceae						
<i>Arachis glabrata</i> Benth.	x	x			herb	aut
<i>Galactia</i> sp.	x				Trep	aut
<i>Mimosa Setosa</i> Benth.	x			x	Arb	aut
<i>Stylosanthes gracilis</i> Kunth				x	Arb	aut
Gentianaceae						
<i>Schultesia guianensis</i> (Aubl.) Malme				x	herb	aut
Lamiaceae						
<i>Hyptis suaveolens</i> Poit	x	x			Arb	zoo
<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze		x	x		Arb	zoo
Lythraceae						
<i>Cuphea</i> sp.	x			x	herb	aut
Malvaceae						
<i>Pavonia cancellata</i> (L.) Cav.	x	x			Arb	aut
<i>Sida</i> sp.			x	x	Arb	zoo
Onagraceae						
<i>Ludwigia</i> sp.		x	x		Arb	zoo
Poaceae						
<i>Paspalum</i> Sp.1		x	x		herb	aut
<i>Paspalum</i> Sp.2	x		x		herb	aut
<i>Paspalum</i> Sp.3	x				herb	aut
<i>Paspalum</i> Sp.4	x				herb	aut
Polygalaceae						
<i>Asemeia</i> sp.		x	x		herb	zoo
Portulacaceae						
<i>Portulaca grandiflora</i> Hook.	x	x	x	x	herb	aut
Rubiaceae						
<i>Borreria</i> sp.	x				herb	aut
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G.Mey.	x	x	x		herb	aut
<i>Diodella</i> sp.				x	herb	aut
<i>Diodella teres</i> (Walter) Small		x	x	x	herb	aut
<i>Richardia grandiflora</i> (Cham. & Schltdl.) Steud.		x			herb	zoo

do que com as outras espécies (figura 2). A correlação cofenética foi de 0,79.

No total foram 12 espécies com ocorrência restritas, sendo oito sob a copa das espécies arbóreas e quatro na área de campo (tabela 2). Sob a copa dos indivíduos das espécies isoladas verificamos presença de ervas (cinco espécies), arbustos e trepadeira (uma espécie cada), com dispersão zoocórica (duas espécies), autocórica (cinco espécies) e anemocórica (uma espécie). Já na área de Campo,

verificamos a presença de arbusto (uma espécie) e herbáceas (três espécies), todas autocóricas (tabela 2).

A riqueza do banco de sementes foi maior sob a copa das espécies *C. prunifera* e *C. americana* do que sob a copa de *L. auriculata* e da área aberta ($F=3,937$; $p<0,001$) (figura 3 A). A densidade do banco de sementes foi maior sob a copa dos indivíduos das três espécies isoladas, com destaque para *C. prunifera*, em relação a área aberta ($F=6,544$; $p<0,001$) (figura 3 B).

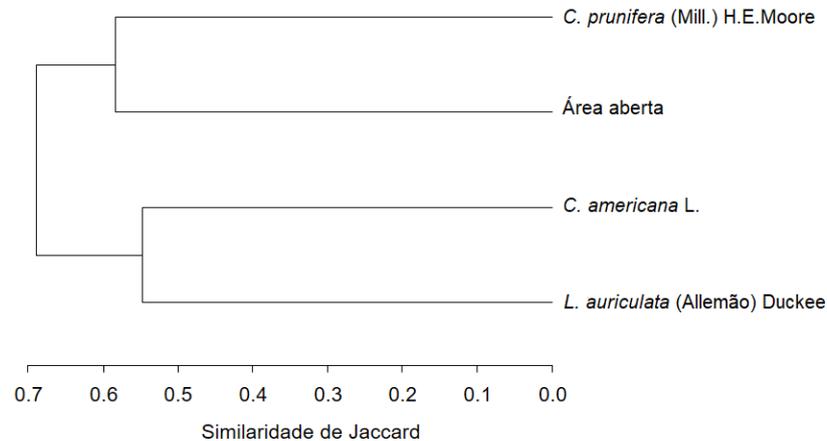


Figura 2. Dendrograma de similaridade, pelo método UPGMA, da composição de espécies do banco de sementes de áreas de campo aberto e sob a copa de espécies arbóreas isoladas no Complexo Vegetacional de Campo Maior, Estado do Piauí, Brasil.

Figure 2. Dendrogram of similarity, by the UPGMA method, of the species composition of the seed bank in open and under canopy areas of isolated tree species in the Campo Maior Vegetation Complex, Piauí State, Brazil.

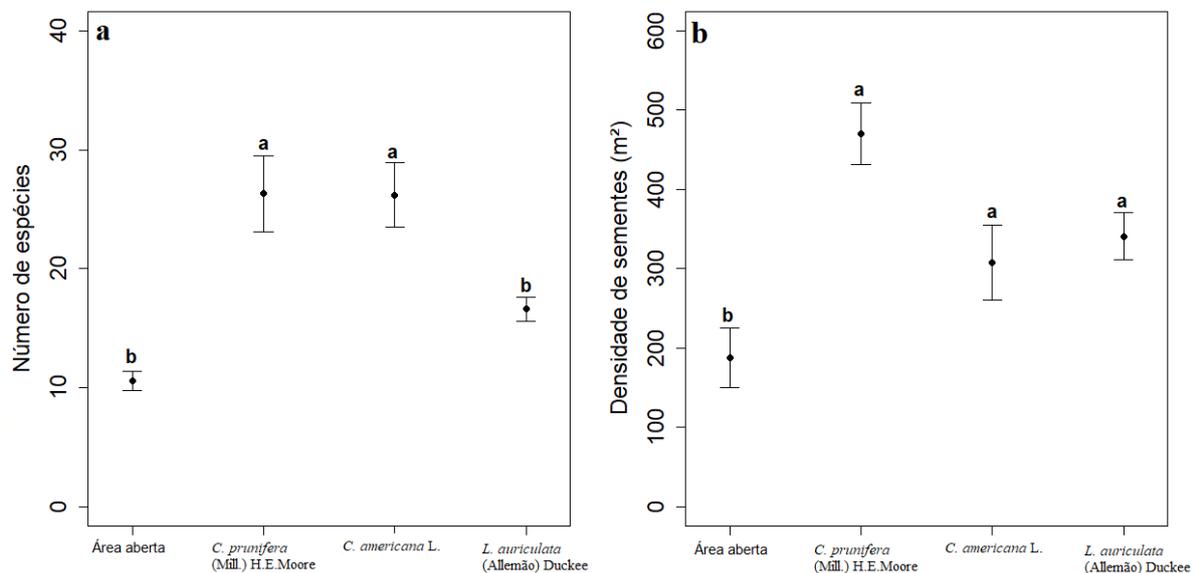


Figura 3. Comparação das médias (as barras são intervalos de confiança) do número de espécies (a) e densidade do banco de sementes (b) entre área aberta e sob a copa das espécies arbóreas, no Complexo Vegetacional de Campo Maior, Estado do Piauí, Brasil.

Figure 3. Comparison of means (bars are confidence intervals) of number of species (a) and seed bank density (b) between open area and under canopy of tree species, in the Campo Maior Vegetation Complex, Piauí State, Brazil.

O modelo para predição da riqueza de espécies do banco de sementes apresentou $R^2 = 0,35$ (tabela 3). Dessa forma, verificamos que altura total das árvores tem efeito positivo sobre a riqueza, por outro lado, a área da copa tem efeito negativo sobre a riqueza de espécies no banco de sementes.

Para predição da densidade do banco de sementes, a altura apresentou efeito positivo na densidade do banco de sementes, por outro lado, área da copa efeito negativo na densidade do banco de sementes ($R^2 = 0,27$; tabela 4).

Tabela 2. Lista de espécies restrita à área aberta e as copas das espécies arbóreas no Complexo Vegetacional de Campo Maior, Piauí, Brasil. La: *Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Duckee. Ca: *Curatella americana* L. Cp: *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore. AA: Campo aberto. FV: forma de vida. SD: síndrome de dispersão.

Table 2. List of species restricted to the open area and canopy of tree species in the Campo Maior Vegetation Complex, Piauí, Brazil. La: *Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Duckee. Ca: *Curatella americana* L. Cp: *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore. AA: Open field. FV: life form. SD: dispersion syndrome.

Espécies	La	Ca	Cp	AA	FV	SD
<i>Physostemon guianense</i> (Aubl.) Malme				x	herb	aut
<i>Stylosanthes gracilis</i> Kunth				x	Arb	aut
<i>Schultesia guianensis</i> (Aubl.) Malme				x	herb	aut
<i>Diodella</i> sp.				x	herb	aut
<i>Ipomea</i> sp.	x				herb	ane
<i>Croton glandulosus</i> L.	x				Arb	zoo
<i>Galactia</i> sp.	x				Trep	aut
<i>Paspalum</i> Sp.3	x				herb	aut
<i>Paspalum</i> Sp.4	x				herb	aut
<i>Borreria</i> sp.	x				herb	aut
<i>Richardia grandiflora</i> (Cham. & Schltdl.) Steud.		x			herb	zoo
<i>Euphorbia maculata</i> L.			x		herb	aut

Tabela 3. GLM para predição da riqueza de espécies do banco de sementes e sob a copa das espécies arbóreas, no Complexo Vegetacional de Campo Maior, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil.

Table 3. GLM for prediction of species richness in the seed bank and under the canopy of tree species, in the Campo Maior Vegetation Complex, Piauí State, Northeastern Brazil.

Variáveis	Estimate	std erros	z value	P
Intercepto	2.95369	0.15830	18.659	< 0.001
Altura total	0.02588	0.01444	1.792	0,05
Área da copa	-0.11369	0.04903	-2.319	0,02

Tabela 4. GLM para predição da densidade do banco de sementes do banco de sementes sob a copa das espécies arbóreas, no Complexo Vegetacional de Campo Maior, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil.

Table 4. GLM for prediction of seed bank density of the seed bank under the canopy of tree species, in the Campo Maior Vegetation Complex, Piauí State, Northeastern Brazil.

Variáveis	Estimate	std erros	z value	P
Intercepto	5.12481	0.05031	101.857	< 0.001
Altura total	0.04527	0.00430	10.528	< 0.001
Área da copa	-0.09787	0.01515	-6.462	< 0.001

Discussão

O banco de sementes sob a copa das árvores foi constituído por espécies de forma de vida e síndrome de dispersão diversificadas, sendo determinantes para dinâmica sucessional. O Banco de sementes com maior diversidade de forma de vida e estratégias de dispersão é de fundamental relevância para assegurar a substituição das espécies (Silva *et al.* 2012), garantindo, assim, a manutenção temporal da dinâmica da comunidade (Lima *et al.* 2011, Ferreira *et al.* 2016).

A predominância do estrato herbáceo, tanto na área de campo, quanto sob a copa dos indivíduos das espécies isoladas pode ajudar na manutenção da produtividade, na estruturação da estrutura trófica e nos componentes da comunidade, principalmente no que tange a riqueza de espécies (Araujo *et al.* 2004). Na sucessão ecológica as herbáceas proporcionam um papel ecológico importante, pois ajudam a manter a umidade do solo e, dessa forma retêm as sementes de outras espécies entrelaçadas de suas raízes (Alves *et al.* 2018).

Por outro lado, o baixo número de espécies arbóreas encontradas sob a copa das espécies pode estar relacionado ao maior tempo dormência desses tipos de diásporos, uma vez que, a emergência das sementes foi analisada durante cinco meses. Na área de estudo é comum verificar sob a copa dos indivíduos arbóreos isolados a deposição de sementes de outras espécies arbóreas como *Andira cujabensis* Benth., *Astrocaryum vulgare* Mart. e *Hymenaea courbaril* L., o que reforça a possível contribuição destas espécies para formação do banco de sementes, no entanto, não foram registradas no experimento de emergência. Geralmente, as espécies arbóreas possuem maior tempo de dormência (Fávero *et al.* 2015), no entanto, conseguem aumentar suas taxas de sobrevivência, permanência e viabilidade no banco de sementes, garantindo, assim, que alguns indivíduos se estabeleçam nos ambientes (Pereira *et al.* 2013).

A predominância de espécies com dispersão autocórica pode ser atribuída à menor eficiência do processo de dispersão destas espécies, já que durante a dispersão elas acabam caindo próximas à planta-mãe, e assim permanecem na área (Deminicis *et al.* 2009). Esses resultados indicam que produção de sementes da vegetação com dispersão autocórica, já estabelecida sob a copa dos indivíduos arbóreos isolados e área de campo, podem fornecer um adicional considerável de sementes para a formação do banco, conforme pode ser verificado na composição de espécies do banco de sementes. Já a presença de espécies anemocóricas é favorecida pela característica da fitofisionomia que é caracterizada por ser um local plano e com vegetação espaçada que não apresentam barreira para dispersão pelo vento (Stefanello *et al.* 2010). Espécies com dispersão zoocórica somente sob a copa das três espécies arbóreas estudadas permite o incremento da riqueza de espécies do banco de sementes e o estabelecimento de sítios de recrutamento diferenciados, o que ajudaria a explicar as diferenças na composição de

espécies do banco de sementes encontradas sob a copa das árvores em relação à área aberta.

Os indivíduos isolados, influenciam no recrutamento e na composição de espécies sob suas copas indicando, assim, o papel de *C. prunifera*, *C. americana* e *L. auriculata* para distribuição das espécies. Na facilitação, além de espécies propiciarem a sobrevivência e crescimento das plantas vizinhas podem influenciaram a composição de espécies e distribuição das populações (Callaway & Walker 1997, Carvalho *et al.* 2007, Korndörfer *et al.* 2014). A baixa similaridade na composição de espécies entre área aberta e sob as copas dos indivíduos de *C. prunifera*, *C. americana*, *L. auriculata* pode indicar que, as diferenças nas condições sob a copa dos indivíduos das espécies isoladas e da área aberta, podem permitir tanto a germinação de alguns grupos de espécies como também inibir outros de espécies, conforme evidenciado pelo conjunto de espécies que apresentaram ocorrências restritas sob as copas das dos indivíduos das espécies isoladas.

A maior proximidade em composição do banco de sementes sob a copa de *C. americana* e *L. auriculata* se deve a semelhanças nas médias de área da copa e altura das duas espécies, que podem propiciar condições similares de menor sombreamento e maior umidade. Já, a similaridade em composição de espécies identificadas sob a copa de *C. prunifera* e na área aberta pode estar relacionada os menores valores de área de copa e maior média de altura que condicionam menor sombreamento e um solo pouco úmido, condições encontradas em campo aberto. A germinação depende das características do microambiente, que influenciar na mudança da composição das sementes que permanecem no solo. Espécies heliófilas, por exemplo, germinam mais facilmente em ambientes abertos do que sob a copa das árvores, enquanto aquelas tolerantes ao sombreamento germinam mais prontamente sob a copa das árvores (Baskin & Baskin 2001).

O maior acúmulo de sementes e espécies no banco de sementes sob sua copa de *L. auriculata*, *C. americana*, e *C. prunifera* quando comparado com o campo aberto, evidenciam a importância destas espécies para o estabelecimento do banco de sementes, e reforçam a ideia de que essas árvores podem agir como espécies nucleadoras e facilitadoras, o que as tornam de alta relevância para a manutenção da dinâmica sucessional (Barros *et al.* 2018, Lucas *et al.* 2018). Plantas facilitadoras contribuem para o processo de colonização, facilitando a chegada de novos propágulos, subsidiando assim, a formação do banco de sementes viável, o que permite o aumento na diversidade local (Santos 2017). Em um estudo realizado por Meiado (2008) sobre plantas facilitadoras no semiárido de Pernambuco, verificaram que a abundância e riqueza de espécies do banco de sementes sob a copa de *Trichidium molle* (Benth.) H.E.Ireland maiores do que em áreas abertas e, 57% das espécies presentes no banco de sementes ocorreram exclusivamente sob a copa dessa espécie. Dalotto *et al.* (2018) em sistema de dunas

na costa de Santa Catarina, também encontraram maior abundância e riqueza de espécies sob a copa de *Guapira opposita* (Vell.) Reitz, e que a facilitação por esta espécie foi determinada principalmente pela altura do arbusto.

Nossos resultados evidenciam que a área de cobertura da copa influenciou de forma negativa na riqueza e densidade do banco de sementes o que contraria outros estudos que mostram que, copas maiores e mais ramificadas tendem a atrair mais dispersores (McDonnell 1986, Dean *et al.* 1999, Kahi *et al.* 2009, Vergne *et al.* 2016), e podem apresentar maior quantidade de sementes no solo sob suas copas. Por outro lado, o efeito positivo da altura das árvores na riqueza e densidade do banco de semente demonstra que essas árvores podem ser atrativas para dispersores, e como armadilhas de sementes, importantes para o estabelecimento do banco de sementes. Essas espécies, por estarem em campo aberto, são facilmente vistas na paisagem, o que atrairia mais dispersores de frutos e sementes. Espécies mais altas e com frutos maiores tendem a atrair mais dispersores voadores (Thomson *et al.* 2011), além de servir como locais de refúgio e descanso para dispersores, bem como local de forrageamento e nidificação, aumentando assim as chances de deposição de sementes para essas áreas (Tomazi *et al.* 2010, Thomson *et al.* 2011).

Evidenciamos que os indivíduos isolados de *L. auriculata*, *C. americana*, e *C. prunifera* são importantes para a formação de banco de sementes potencializando assim, o recrutamento de espécies, a riqueza local por meio de formação de nucleações. Esse fenômeno garante maior diversidade de espécies e é fundamental para a manutenção dos processos sucessionais. A manutenção e conservação dessas espécies é fundamental para a estabilidade ecológica, e evidenciam que, as espécies aqui estudadas podem ser úteis para restauração de áreas degradadas pois promovem a formação do banco de semente e a diversidade biológica.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Estadual do Piauí, Campus Herói do Jenipapo, pela disponibilidade dos espaços físicos dos laboratórios os quais foram fundamentais para realização deste manuscrito.

Contribuição dos Autores

Rodrigo Ferreira de Moraes: Contribuição substancial na concepção e desenho do estudo; Contribuição para a coleta de dados; Contribuição na análise e interpretação dos dados; Contribuição na preparação do manuscrito.

Marta Ferreira Belo: Contribuição para a coleta de dados e na preparação do manuscrito agregando conteúdo intelectual.

Maria Thereza Dantas Gomes: Contribuição para a coleta de dados e na preparação do manuscrito agregando conteúdo intelectual.

Nadine D' Assila do Vale Silva: Contribuição para a coleta de dados e na preparação do manuscrito agregando conteúdo intelectual.

José Ribamar Sousa Júnior: Contribuição substancial na concepção e desenho do estudo; Contribuição na interpretação dos dados; Contribuição na preparação do manuscrito.

Evaldo Benedito de Souza: Contribuição substancial na concepção e desenho do estudo; Contribuição na interpretação dos dados; Contribuição na preparação do manuscrito.

Hermeson dos Santos Vitorino: Contribuição substancial na concepção e desenho do estudo; Contribuição na interpretação dos dados; Contribuição na preparação do manuscrito.

Conflitos de interesse

Não há conflito de interesse.

Literatura citada

- Alves, A.P.A., Pereira, T.M.S., Marques, A.L., Moura, D.C. & Melo, J.I.M. 2018. Sucessão ecológica em área de exploração mineral do semiárido paraibano (Brasil). *Acta Geográfica* 12: 75-93.
- APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.
- Araujo, M.M., Barros, P.L.C., Longhi, S.J. & Brena, D.A. 2004. Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas em Floresta Estacional Decídua ripária Cachoeira do Sul, RS, Brasil. *Scientia Forestalis* 66: 128-141.
- Badano, E.I., Samour-Nivea, O.R., Flores, J., Flores-Flores, J.L., Flores-Cano, F.A. & Rodas-Ortiz, J.P. 2016. Facilitation by nurse plants contributes to vegetation recovery in human-disturbed desert Ecosystems. *Journal of Plant Ecology* 9: 485-497.
- Bao, F., Assis, M.A. & Pott A. 2020. Applicability of seed bank assessment methods in wetlands: advantages and disadvantages. *Oecologia Australis* 1:22.
- Barros, J.S. & Castro, A.A.J.F. 2006. Compartimentação geoambiental no complexo regional de Campo Maior, PI: uma área de tensão ecológica. *Revista Internacional de Desenvolvimento Local* 8: 119-130.
- Barros, V.M.S., Carvalho, P.A. & Marangon, H.V. 2018. Caracterização da frutificação e síndrome de dispersão de espécies arbóreas em fragmentos de Mata Atlântica em Santa Bárbara do Tugúrio e Barbacena – MG. *Cadernos de Agroecologia* 13: 8-14.

- Baskin, C.C. & Baskin, J.M.** 2001. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, Cambridge.
- Bruno, J.F., Stachowicz, J.J. & Bertness, M.D.** 2003. Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 119-125.
- Callaway, R.M.** 2007. Positive interactions and interdependence in plant communities. Springer, Dordrecht.
- Callaway, R.M. & Walker, L.R.** 1997. Competition and facilitation: a synthetic approach to Interactions in plant communities. *Ecology* 78: 1958-1965.
- Capellesso, E.S., Santolin, S.F. & Zanin, E.M.** 2015. Banco e chuva de sementes em área de transição florestal no sul do Brasil. *Revista Árvore* 39: 821-829.
- Carvalho, R.A., Vital, M.V.C., Costa, D.A., Silva, L.C., Vieira, L., Silveira, A. & Lima Filho, G.** 2007. Competição, facilitação ou teoria neutra? Um estudo das interações e de sua importância na estrutura de uma comunidade vegetal em regeneração. *Revista Neotropical* 4: 117-123.
- Dalotto, C.E.S., Sühs, R.B., Dechoum, M.S., Pugnaire, F.I., Peroni, N. & Castellani, T.T.** 2018. Facilitation influences patterns of perennial species abundance and richness in a subtropical dune system. *AoB Plants* 10: 1-8.
- Dean, W.R.J., Milton, S.J. & Jeltsch, F.** 1999. Large trees, fertile islands, and birds in arid savanna. *Journal of Arid Environments* 41: 61-78.
- Deminicis, B.B., Vieira, H.D., Araújo, S.A.C., Jardim, J.G., Pádua, F.T. & Chambela, N.A.** 2009. Dispersão natural de sementes: importância, classificação e sua dinâmica nas pastagens tropicais. *Archivos de Zootecnia España* 58: 35-58.
- Dias, C.R., Umetsu, F. & Breier, T.B.** 2014. Contribuição dos poleiros artificiais na dispersão de sementes e sua aplicação na restauração florestal. *Revista ciência florestal* 24: 501-507.
- Farias, R.R.S. & Castro, A.A.J.** 2004. Fitossociologia de trechos da vegetação do Complexo de Campo Maior, PI, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18: 949-963.
- Fávero, A.A., Costa, M.P., Figueira, M., Andriollo, D.D. & Longhi, S.J.** 2015. Distribuição de abundância de espécies da comunidade arbórea do topo de um morro na floresta estacional subtropical. *Ciência Rural* 45: 806-813.
- Felfili, J.M., Eisenlohr, P.V., Melo, M.M.R.F., Ivanauskas, N.M., Souza, V.C., Rodrigues, R. R., Duarte, A.R., Breier, T.B., Udulutsch, R.G., Caiafa, A.N., Martins, S.V., Nunes, J.A., Martins, S.V., Brito-Ibrahim, E.R.B., Oliveira-Filho, A.T., Silva, A.F., Barbosa, J.M., Rodrigues, M.A. & Barbosa, K. C.** 2011. Fitossociologia no Brasil – métodos e estudos de casos. Ed. UFV, Viçosa, v. 1.
- Ferreira, C.D., Souto, P.C., Lucena, D.S., Sales, F.C.V. & Souto, J.S.** 2016. Fitossociologia do Banco de Sementes em diferentes estágios de regeneração natural de Caatinga, Seridó Paraibano. *Agropecuária Científica no Semiárido* 12: 301-318.
- Flora do Brasil 2020 (em construção).** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> (acesso em 06-VI- 2018).
- Gotelli, N. J. & Ellison, A.M.** 2011. Princípios de estatística em ecologia. Artmed, Porto Alegre.
- He, Q., Bertness, M.D. & Altieri, A.H.** 2013. Global shifts towards positive species interactions with increasing environmental stress. *Ecology Letters* 16: 695-706
- Kahi, C.H., Ngugi, R.K., Mureithi, S.M. & Ng'ethe, J.C.** 2009. The canopy effects of *Prosopis juliflora* (Dc.) and *Acacia tortilis* (Hayne) trees on herbaceous plants species and soil physico-chemical properties in Njemp Flats, Kenya. *Tropical and Subtropical Agro-Ecosystems* 10: 441-449.
- Korndörfer, C.L., Dillenburg, L.R. & Duarte, L.D.S.** 2014. Assessing the potential of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) as a nurse plant in highland grasslands of south Brazil. *New Zealand Journal of Botany* 52: 1-10.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck C., Rudolf, B. & Rubel, F.** 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15: 259-263.
- Lima, M.E.L., Cordeiro, I. & Moreno, P.R.H.** 2011. Estrutura do componente arbóreo em Floresta Ombrófila Densa Montana no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PNMNP), Santo André, SP, Brasil. *Hoehnea* 38: 73-96.
- Lucas, R.R., Gomes, G.C., Guarino, E.S., Freitas, T.C., Amaral, S.W., Sousa, L.P., Miura, A.K. & Costa, C.J.** 2018. Germinação de sementes de *Myrsine coriacea* (Primulaceae) submetidas a diferentes tratamentos para superação da dormência. *Iheringia, Série Botânica* 73: 108-113.
- McDonnell, M.J.** 1986. Old field vegetation height and the dispersal pattern of bird-disseminated woody plants. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 113: 6-11.
- Meiado, M.V.** 2008. A planta facilitadora *Trischidium molle* (Benth.) H.E. Ireland (Leguminosae) e sua relação com a comunidade de plantas em ambiente semiárido no Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Miranda Neto, A., Martins, S.V., Silva, K.A. & Gleriane, J.M.** 2014. Banco de sementes do solo e serapilheira acumulada em floresta restaurada. *Revista Árvore* 38: 609-620.
- Montesinos, D.** 2015. Plant-plant interactions: from competition to facilitation. *Web Ecology* 15: 1-2.

- Oliveira, M.D., Mello, L.S. & Pereira, Z.V.** 2018a. Caracterização da chuva de sementes em áreas de preservação permanente no Município de Sidrolândia/MS. *Cadernos de Agroecologia* 13: 1-10.
- Oliveira, T.J.F., Barroso, D.G., Andrade, A.G., Freitas, I.L.J. & Amim, R.T.** 2018b. Banco de sementes do solo para uso na recuperação de matas ciliares degradadas na região noroeste fluminense. *Ciência Florestal* 28: 206-217.
- Padilla, F.M. & Pugnaire, F.I.** 2006. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *The Ecological Society of America* 4: 196-202.
- Passos, F.B., Lopes, C.M., Aquino, F.G. & Ribeiro, F.F.** 2014. Nurse plant effect of *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. in area of Brazilian Savanna undergoing a process of restoration. *Brazilian Journal of Botany* 37: 251-259.
- Pereira, S.R., Laura, V.A. & Souza, A.L.T.** 2013. Superação de dormência de sementes como estratégia para restauração florestal de pastagem tropical. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48: 148-156.
- R Development Core Team.** 2021. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reis, A., Bechara, F.C. & Tres, D.R.** 2010. Nucleation in tropical ecological restoration. *Scientia Agricola* 67: 244-250.
- Reis, A., Bechara, F.C., Espindola, M.B., Vieira, N.K. & Souza, L.L.** 2003. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Revista Natureza e Conservação* 1: 28-36.
- Ren, H., Yang, L. & Liu, N.** 2008. Nurse plant theory and its application in ecological restoration in lower subtropics of China. *Progress in Natural Science* 18: 137-142.
- Santos, L.M.** 2017. Estratégias ecológicas de plantas em florestas estacionais e savanas do cerrado. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Santos, M.M.G. & Pillar, V.P.** 2007. Influência de Poleiros Naturais e Artificiais na Expansão da Floresta com Araucária sobre os campos, em São Francisco De Paula, RS. *Revista Brasileira de Biociências* 5: 594-596.
- Silva, J.C., Silva, I.P., Silva, E.M., Ribeiro, E.S., Moreira, E.L. & Pasa, M.C.** 2012. Sucessão ecológica no Cerrado. *Flovet* 1: 33-47.
- Silva, K.A., Santos, J.M.F.F., Santos, D.M., Andrade, J.R., Ferraz, E.M.N. & Araújo, E.L.** 2015. Interactions Bbetween the Herbaceous and Shrubby-Arboreal components in a Semiarid Region in the Northeast of Brazil: Competition or Facilitation? *Revista Caatinga* 28: 157-165.
- Stefanello, D., Ivanauskas, N.M., Martins, S.V., Silva, E. & Kunz, S.H.** 2010. Síndromes de dispersão de diásporos das espécies de trechos de vegetação ciliar do rio das Pacas, Querência – MT. *Acta Amazônica* 40: 141-150.
- Sühs, R.B., Giehl, E.L.H. & Peroni, N.** 2018. Interaction of land management and araucaria trees in the maintenance of landscape diversity in the highlands of southern Brazil. *Plos one* 13. Disponível em <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206805> (acesso em 30-IX-2021).
- Thomson., F.J., Moles, A.T., Auld, T.D. & Kingsford, R.T.** 2011. Seed dispersal distance is more strongly correlated with plant height than with seed mass. *Journal of Ecology* 29: 1299-1307.
- Tomazi, A.L., Zimmermann, C.E. & Laps, R.R.** 2010. Poleiros artificiais como modelo de nucleação para restauração de ambientes ciliares: caracterização da chuva de sementes e regeneração natural. *Biotemas* 23: 125-135.
- Van der Pijl, L.** 1982. Principles of dispersal in higher plants. 3 ed. Springer-Verlag, Berlin.
- Vergne, D.C., Almeida, H.S., Campos, C.C.F., Martins, N.S. & Ramos, F.N.** 2016. Isolated trees with high crown coverage and densities increase pasture seed rain. *Acta Botanica Brasilica* 30: 486-494.
- Vidal, W.N. & Vidal, M.R.R.** 2006. Botânica Organografia. 4 ed. Editora Viçosa, Viçosa.
- Zhang, Y., Ma, K., Anand, M., Ye, W. & Fu, B.** 2015. Scale dependence of the beta diversity-scale relationship. *Community Ecology* 16: 39-47.

Editor Associado: Eduardo Pereira Cabral Gomes

Submissão: 17/06/2020

Aceito: 29/04/2022

