
O papel de árvores isoladas na composição e abundância de espécies herbáceas em ambiente semiárido

The role of isolated trees in the composition and abundance of herbaceous species in semiarid environment

Magda Oliveira Mangabeira Feitoza¹, Lúcia Helena Piedade Kiill², Elcida de Lima Araújo^{3,4}, Suzene Izídio da Silva⁴, Elba Maria Nogueira Ferraz^{5*}

RESUMO

O sombreamento da copa das árvores pode influenciar o estabelecimento de plântulas e a regeneração das florestas em áreas antropogênicas. Objetivou-se avaliar o papel do sombreamento de árvores isoladas sobre a riqueza e a densidade de ervas em dois locais (parcelas sombreadas pela copa de *Spondias tuberosa* Arruda e parcelas a pleno sol) dentro de três habitats (floresta jovem – 3 anos; floresta madura > 50 anos; e em um Banco de Germoplasma Ativo - BAG de *S. tuberosa*) de ambientes semiáridos. Em cada local foram alocadas 15 parcelas de 1X1 m, totalizando 30 parcelas por habitat. Diferenças na riqueza e densidade média de ervas entre os locais e habitats foram avaliadas por uma ANOVA aninhada, com teste *a posteriori* de Tukey. A riqueza total de ervas do BAG e das florestas jovem e madura foi de 29, 19 e 23 espécies, respectivamente, existindo diferença estatística na riqueza média de espécies. A densidade média de ervas foi significativamente maior no BAG a pleno sol, mas não diferiu nas condições de sombreamento e a pleno sol das florestas jovem e madura. A prática de manter árvores isoladas em áreas antropogênicas tende a ser positiva para a riqueza de espécies e negativa para a densidade de ervas.

Palavras-chave: Caatinga; Sombreamento; Riqueza de ervas.

ABSTRACT

The shading of the canopy tree may influence the seedling establishment and forest regeneration in anthropogenic areas. This study aimed to evaluate the role of isolated shading trees on the richness and density of herbaceous in two locations (plots shaded by canopies of *Spondias tuberosa* Arruda and plots in full sun) in three habitats (young forest - 3 years; mature forest > 50 years, and in a Active Germplasm Bank - AGB *S. tuberosa*) in semiarid environments. At each site, 15 plots were allocated to 1X1 m, totaling 30 plots per habitat. Differences in richness and average density of herbs among sites and between habitats were evaluated by a nested ANOVA with Tukey test posterity. The total richness of herbs in the AGB and in the young and mature forests was respectively 29, 19 and 23 species, significant differences were observed in species richness values. The average density of herbs was significantly higher in full sun AGB, but there was no difference between the conditions of shade and full sun of young and mature forests. The practice of maintaining trees in isolated areas anthropogenic tends to be a positive interaction for species richness and negative for the density of herbs.

Keywords: Caatinga; Shading; Richness of herbs.

¹ Secretaria Municipal de Educação de Petrolina.

² Embrapa Semiárido.

³ Universidade Federal de Pernambuco.

⁴ Universidade Federal Rural de Pernambuco.

⁵ Instituto Federal de Pernambuco. *E-mail: elbaferraz@recife.ifpe.edu.br

INTRODUÇÃO

O número de áreas de vegetação nativa convertida em áreas antropogênicas, sobretudo para o estabelecimento de agricultura e pastagem é crescente no mundo inteiro (Lopes et al. 2012; Nikiema et al. 2012; Almeida e Vieira, 2019), o que induz alterações ambientais que ameaçam a conservação da diversidade biológica (Gu et al. 2002; Burkey e Reed 2006, Dias et al., 2017, Antongiovanni et al. 2022). No entanto, árvores isoladas da vegetação nativa são frequentemente mantidas em áreas agropastoris, principalmente, por fornecer sombra para o descanso dos animais e por produzir frutos que possam ser consumidos por pessoas e animais (Lins-Neto et al. 2010).

A prática de deixar árvores nativas isoladas na paisagem, apesar de ser feita para atender os benefícios dos agropecuaristas, no olhar da restauração de áreas degradada já se sabe que estas árvores podem auxiliar no aumento da conectividade, diminuindo a distância entre manchas de vegetação e funcionando como pontos de ligação entre elas (Silva et al. 2021), além de melhorar o fluxo gênico e auxiliar na manutenção da biodiversidade.

Na paisagem da caatinga, por exemplo, *Spondias tuberosa* Arruda – Anacardiaceae (umbuzeiro) é uma árvore decídua frequentemente mantida em áreas agropastoris de ambientes semiáridos e que produz frutos apreciados pelas comunidades locais, pelos animais e pela indústria de doces e suco (Folegatti et al 2003; Lins-Neto et al. 2010; Lins-Neto e Peroni 2012). Na vegetação nativa, é observada baixa ocorrência de plântulas de espécies lenhosas e ausência de arbustos e pequenas árvores sob a copa de *S. tuberosa*, o que talvez ocorra porque as folhas de *S. tuberosa*, que sazonalmente cai sobre o solo no período de estiagem, apresentam presença de compostos fenólicos que podem ter ação alelopática, modificando as condições do local e limitando o recrutamento sob a copa (Nascimento-Silva et al. 2008; Oliveira et al. 2012).

Apesar da interação do tipo competição por interferência (alelopatia) ser conhecida como um filtro biológico que restringe o estabelecimento de novas plantas (Siddiqui et al. 2009; Wandscheer et al. 2011), muitas das áreas abandonadas pós-uso possibilitam a formação de novas florestas com composição florística inicialmente dominada por espécies tolerantes ao sol, que com o desenvolvimento da nova floresta vão sendo substituídas por espécies tolerantes à sombra (Mullah et al. 2012). Tal cenário leva a questionar se o efeito limitante da competição por interferência não poderia ser

compensado por outro fator em florestas que voltam a se desenvolver em áreas antropogênicas.

Já é conhecido que em ambientes com condições muito restritivas, como ocorre em áreas semiáridas, a competição pelos recursos água e nutrientes influencia o estabelecimento de plântulas (Maestre et al. 2009; Van der Wall 2009). No entanto, podem ocorrer modificações nas interações existentes entre as plantas e em algumas situações, a facilitação pode ter maior importância na organização e dinâmica da comunidade (Pugnaire et al. 1996; Callaway e Walker 1997; Holmgren et al. 1997; Maestre et al. 2009). Por exemplo, o sombreamento conferido ao solo pela copa das plantas lenhosas, dependendo de sua intensidade, tem sido considerado promotor de interação facilitadora, que pode ser do tipo generalista, quando envolve diferentes espécies do ambiente ou do tipo espécie-específica, quando envolve apenas duas espécies, a facilitadora e a beneficiada (Fuller 1999; Pugnaire et al. 2011; Holmgren et al. 2012), sendo a facilitadora também denominada planta enfermeira (Scarano 2002).

Tanto em áreas antropogênicas quanto em áreas de vegetação nativa, o sombreamento pode modificar as condições microambientais (Krieger et al. 2022), por promover a redução da evaporação, manter o solo úmido por mais tempo, e, muitas vezes, aumentar a fertilidade do mesmo, pela decomposição das folhas que ficam abaixo da copa das plantas (Grouzis e Akpo 1997). Tal fato poderia compensar o efeito alelopático de algumas espécies ou outro fator limitante da germinação e estabelecimento da plântula, caso existissem, por reduzir o efeito negativo da elevada incidência de luz solar, possibilitando a ocorrência de interações de facilitação entre as espécies, o que pode favorecer a germinação de algumas espécies e recuperação das áreas.

Admitindo a hipótese de que a prática humana de manutenção de árvores isoladas possa favorecer a riqueza e a densidade de plântulas em áreas manejadas (BAG – Banco Ativo de Germoplasma e floresta jovem) e não manejada (floresta madura - área controle), este estudo visa descrever a composição e a abundância de espécies herbáceas encontradas a pleno sol e sombreadas pela copa de indivíduos de *Spondias tuberosa*, objetivando avaliar o papel de árvores isoladas sobre a vegetação herbácea em áreas semiáridas.

Assim, mostrar o papel que *S. tuberosa*, espécie endêmica da caatinga, pode propiciar no desenvolvimento de espécies herbáceas nativas em diferentes habitats e condições ambientais dessa paisagem é um passo importante para a restauração das áreas

degradadas do bioma e da função dessa espécie modelo nesse processo, notadamente quando nas prioridades de restauração das florestas secas da caatinga, proposta por Antongiovanni et al. (2022), um dos critérios é o valor de conservação da biodiversidade, o qual é estimado pela riqueza de espécies endêmicas ameaçadas e boa parte são espécies herbáceas da caatinga listadas no Livro Vermelho da Flora Brasileira.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em dois locais (parcelas sombreadas pela copa de *Spondias tuberosa* Arruda e parcelas a pleno sol) dentro de três habitats (floresta jovem – 3 anos; floresta madura > 50 anos e em um Banco de Germoplasma Ativo - BAG de *S. tuberosa*) do campo experimental da Embrapa Semiárido, localizado no município de Petrolina Pernambuco, Brasil.

O clima local é semiárido, do tipo BSw^h, segundo classificação de Köppen. A temperatura anual varia de 18,2°C a 34,0°C, com média de 24,0°C. Nos últimos 40 anos, a precipitação média anual foi de 549mm, com 70% desse total concentrado no período chuvoso, sobretudo, entre os meses de janeiro a abril. O período seco apresenta alta insolação, com valor médio de 8,6 horas dia⁻¹ e média de evaporação de 2.683 mm.ano⁻¹ (Teixeira 2010). O solo do campo experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plântico, textura média/argilosa (Burgos e Cavalcanti 1990).

O habitat da floresta madura (> 50 anos) abriga uma vegetação do tipo Caatinga hiperxerófila, com 112 espécies (48 lenhosas e 64 herbáceas) e predomínio das famílias Caesalpiniaceae, Mimosaceae e Euphorbiaceae (Nascimento et al. 2003; Feitoza et al. 2008; Calixto Junior e Drumond 2011). A fisionomia da vegetação é arbustivo-arbórea com plantas que chegam até 9m de altura. A distância das plantas lenhosas foi mensurada e varia de 0,5 a 10m, possibilitando heterogeneidade na sobreposição das copas e, conseqüentemente, no sombreamento do solo. As maiores distâncias registradas entre as plantas ocorrem próximas às árvores de *S. tuberosa* (umbuzeiro) com alturas que variam de 4 a 5,5m e as áreas de copa que variam de 56 a 108 m². O solo é bastante sombreado pelas copas das árvores, mas ainda existem trechos que recebem a incidência da luz direta do sol.

Uma área de 1200m² da floresta madura foi cortada em 2007 para estudo de longa duração de manejo florestal, sendo mantida na área as árvores de *S. tuberosa*,

Myracrodruon urundeuva (Allemão) Engl., *Schinopsis brasiliensis* Engler e *Cereus jamacaru* DC., a primeira por também ser protegida por lei e as duas últimas pelo reconhecido valor de uso (Florentino et al. 2007; Lins-Neto et al. 2012). Após o corte, a vegetação vem se regenerando naturalmente, representando o habitat da jovem floresta (3 anos). Além das árvores que foram mantidas, a floresta jovem apresenta algumas plantas arbustivas e indivíduos jovens de algumas espécies de árvores, com cerca de 2,5 m de altura, existindo ainda muitos trechos expostos a luz direta do sol. A variação da altura e área de copa de *S. tuberosa* na jovem floresta é similar ao registrado na floresta madura.

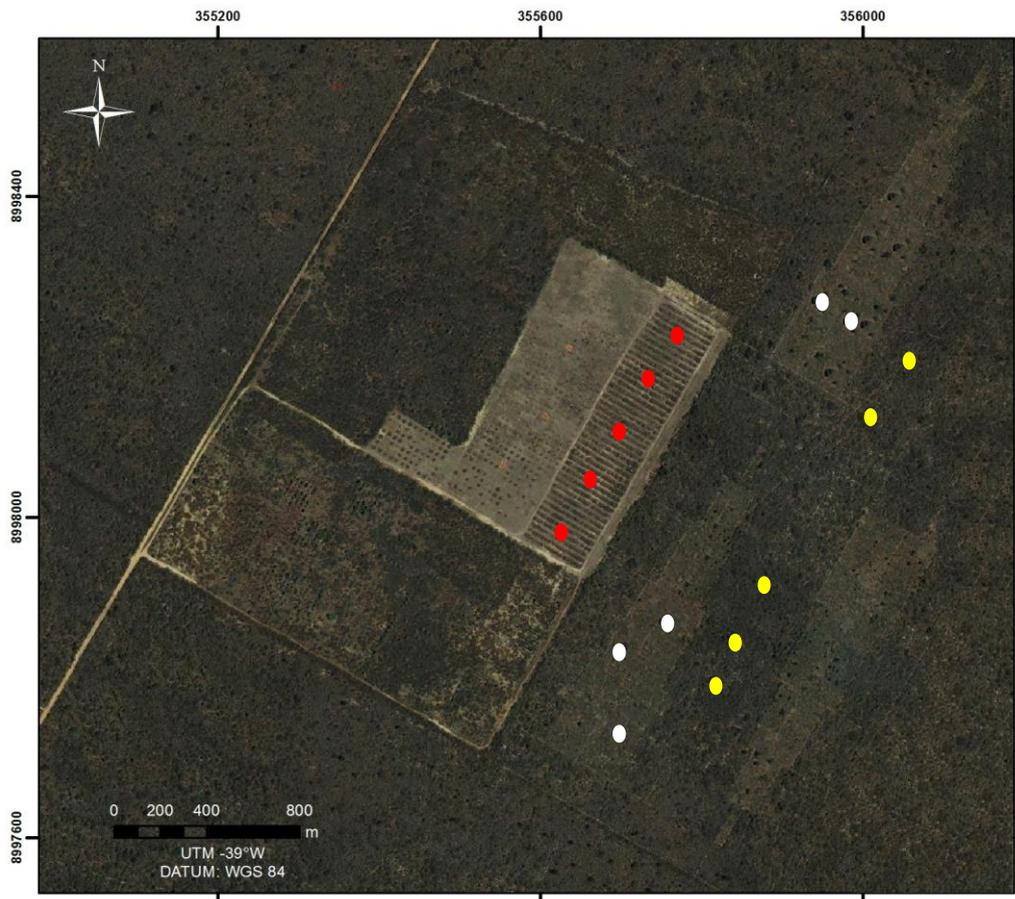
O BAG de *S. tuberosa* (terceiro habitat) dista 70 m do habitat da jovem floresta e 170 m do habitat da floresta madura e foi implantado no campo experimental da Embrapa Semiárido em 1996, com genótipos de umbuzeiro de diferentes áreas da Caatinga, dispostos em fileiras com distância entrelinhas de 8m. O BAG é limpo anualmente, com a utilização de tratores, sendo eliminadas todas as plantas que se estabeleçam entre os genótipos conservados. As árvores de *S. tuberosa* no BAG têm altura variando de 2 a 2,5 m e área de copa variando de 24 a 88 m². O sombreamento do solo no BAG ocorre exclusivamente abaixo da copa dos umbuzeiros. O BAG de *S. tuberosa* foi formado por tratar-se de uma espécie de Anacardiaceae, endêmica da vegetação de Caatinga e de valor alimentício e medicinal, sendo consumida *in natura* ou utilizada no fabrico de doces, sucos e remédios (Folegatti et al. 2003; Florentino et al. 2007; Lins Neto et al. 2010). *S. tuberosa* é protegida por lei, por sofrer elevada pressão de uso, não sendo permitido o corte da mesma dentro do campo experimental da Embrapa.

As comunidades rurais que vivem nas diferentes regiões da Caatinga também mantêm as árvores de *S. tuberosa* em suas áreas de agricultura e pastagem, bem como nos quintais de suas residências por apreciarem o sombreamento fornecido pela copa da planta, além de seus frutos (Lins-Neto et al. 2012). Assim, visando avaliar o papel da prática de manutenção de árvores isoladas em áreas modificadas pelas comunidades rurais, *S. tuberosa* foi selecionada como planta focal desse estudo por formar grandes áreas de copa que sombreiam o solo e por não possibilitar o estabelecimento de outras árvores abaixo de sua copa.

Para avaliar a influência do sombreamento fornecido pela copa de *S. tuberosa* sobre a composição florística e densidade da vegetação herbácea foram selecionadas 15 árvores, distribuídas aleatoriamente entre os três habitats do campo experimental da Embrapa Semiárido, sendo 5 árvores na floresta madura, 5 árvores na jovem floresta e 5

árvores no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de *S. tuberosa* (Figura 1). Foi tomado o cuidado de selecionar árvores de *S. tuberosa* afastadas das demais árvores das florestas, para evitar a sobreposição de copa e o aumento do sombreamento.

Figura 1 - Localização dos indivíduos de *S. tuberosa* selecionados nas áreas de estudo, dentro do Campo Experimental da Caatinga, Embrapa Semiárido. Pontos vermelhos = BAG de umbuzeiro; pontos brancos = jovem floresta; pontos amarelos = floresta madura.

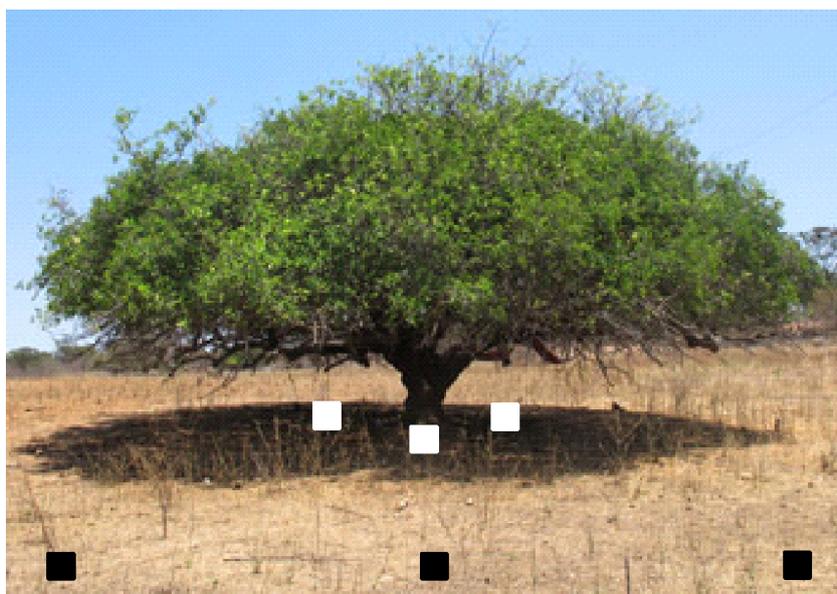


Amostragem da vegetação herbácea

Sob a copa de cada árvore de *S. tuberosa* (condição de sombreamento natural) foram alocadas três parcelas de 1x1m, dispostas de forma triangular para melhor amostrar uma possível variação do sombreamento fornecido pela árvore. Próximo a cada árvore selecionada de *S. tuberosa*, mas fora da projeção do sombreamento de sua copa, foram alocadas mais 3 parcelas de 1x1m, tomando-se o cuidado de evitar o sombreamento de qualquer outra planta, de forma que as 3 parcelas recebessem incidência da luz direta do

sol (tratamento controle). No total foram demarcadas 90 parcelas, 30 por habitat, sendo 15 no local sombreado e 15 no local a pleno sol (controle) (Figura 2).

Figura 2 - Vista de um indivíduo isolado de *Spondias tuberosa* com o esquema da distribuição das parcelas de 1x1m. Quadrado preto = parcela do local a pleno sol; quadrado branco = parcela sombreada pela copa de *S. tuberosa*.



No interior das parcelas todas as ervas vivas foram contadas e marcadas durante o período chuvoso da região, porque as espécies herbáceas apresentam ocorrência sazonal, com muitas espécies terófitas que desaparecem da vegetação na estação seca (Reis et al. 2006; Araújo et al. 2007; Feitoza et al. 2008). Mensalmente, foram realizadas visitas às áreas de estudo para coleta de material botânico reprodutivo das espécies de ervas que não estavam floridas durante a primeira amostragem. Foi definido como erva, toda planta com caule verde e com ausência ou baixo nível de lignificação (Reis et al. 2006).

Análise dos dados

O material botânico coletado foi herborizado, segundo as técnicas usuais de preparação, secagem e montagem de exsiccatas (Mori et al. 1989). A identificação foi realizada por comparações com material depositado no Herbário do Trópico Semiárido (HTSA) e através do auxílio de chaves taxonômicas e de bibliografia especializada.

Material com identificação problemática ou duvidosa foi enviado a especialistas do grupo. Foi adotado para classificação das espécies o sistema “Angiosperm Phylogeny Group” – APG III, seguindo a base nomenclatural do Missouri Botanical Garden/W3tropicos. A coleção das três áreas foi incorporada ao acervo do Herbário Trópico Semi-Árido (HTSA).

Os dados de densidade das três parcelas por árvore de *S. tuberosa* de cada local (abaixo da copa e a pleno sol) foram somados para eliminar as pseudo-réplicas, de forma que cada árvore de *S. tuberosa* torne-se uma réplica verdadeira. Para controlar o efeito da densidade sobre a riqueza de espécies, o dado da riqueza da cada parcela foi dividido por seu número de indivíduos, representando uma riqueza normalizada ou *per capita*. Diferenças na riqueza média normalizada e na densidade média de herbáceas entre os locais de sombreamento aninhados dentro dos habitats foram avaliadas por uma ANOVA aninhada, com teste *a posteriori* de Tukey HSD, utilizando o programa Statistica 7,0.

A densidade total de herbácea por hectare foi estimada para cada local (parcelas sombreada e a pleno sol) dentro de cada habitat (floresta jovem, floresta madura e BAG) e a diferença na proporção de densidade total da assembleia entre as condições de pleno sol ou sombreada pela copa de *S. tuberosa* em cada habitat foi verificada pelo teste de *Qui-quadrado*, utilizando o programa Biostat 5,0 (Ayres et al. 2007).

RESULTADOS

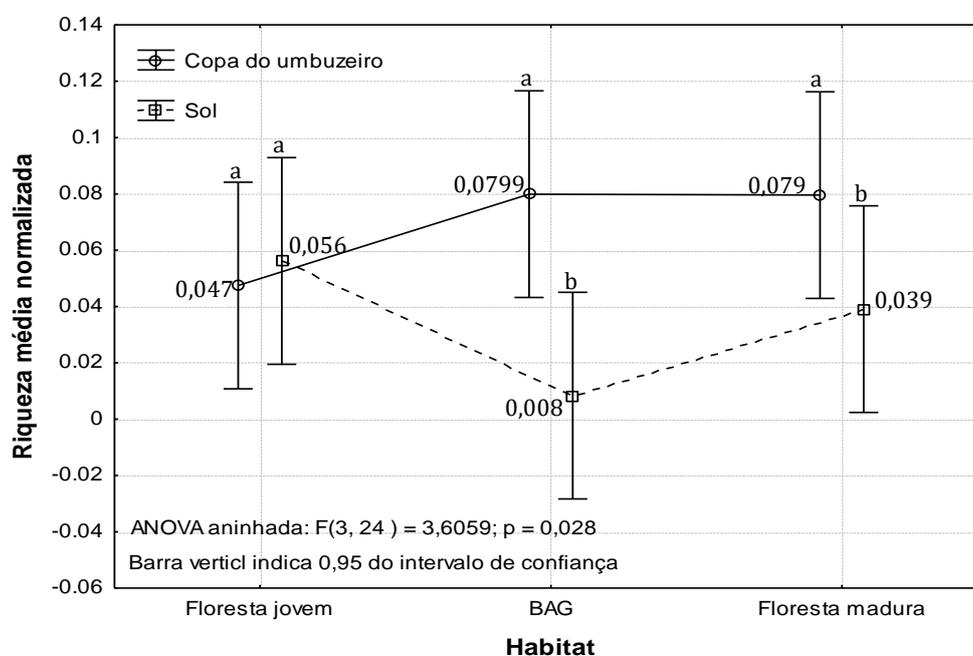
Riqueza, composição e densidade de ervas nos diferentes habitats e condições de sombreamento

A riqueza total de espécies e famílias herbáceas do BAG de *S. tuberosa*, da jovem floresta e da floresta madura foi de 29, 19 e 23 espécies e 16, 14 e 18 famílias, respectivamente (Tabela 1), existindo diferença estatística entre as condições abaixo da copa e sob incidência direta da luz solar (Tabela 2). A riqueza média normalizada de espécies a pleno sol no BAG e na floresta madura foi significativamente menor quando comparada à registrada sob a copa de *S. tuberosa* no BAG e na floresta madura, bem como nas duas condições da floresta jovem (Figura 3). Contudo, abaixo da copa do umbuzeiro entre habitats, bem como entre as duas condições da floresta jovem não foram constadas diferenças significativas na riqueza média de espécies (Figura 3).

Euphorbiaceae (4 espécies) e Malvaceae (5 espécies) foram as famílias com maior número de espécies na jovem floresta e no BAG, respectivamente. As famílias

Amaranthaceae, Lamiaceae e Molluginaceae ocorreram apenas no BAG e Amaryllidaceae apenas na floresta madura. As espécies *Croton lobatus*, *Passiflora foetida*, *Turnera ulmifolia*, *Brachiaria decumbens*, *Portulaca pilosa* e *Diodia teres* ocorreram apenas no BAG; *Piriqueta viscosa*, *Zephyranthes sylvatica* e *Hybanthus calceolaria* ocorreram apenas na floresta madura e *Melocactus bahiensis* ocorreu apenas na jovem floresta (Tabela 1).

Figura 3 - Diferença na riqueza média normalizada de espécies herbáceas entre locais sombreados e não sombreados pela copa de *S. tuberosa* em três áreas com vegetação de Caatinga, Petrolina-PE. Letras diferentes entre locais e entre habitats indicam diferença significativa pelo teste de Tukey HSD a 5%.



As cinco espécies com maior densidade populacional foram: *Diodia teres*, *Alternanthera ficoidea*, *Brachiaria decumbens*, *Centratherum punctatum* e *Bernardia sidoides* no BAG; *Selaginella convoluta*, *Cyperus aristatus*, *Digitaria horizontales*, *Neoglaziovia variegata* e *C. punctatum* na jovem floresta e *S. convoluta*, *C. aristatus*, *Phyllanthus niruri*, *Spermacoce verticilata* e *Panicum trichoides* na floresta madura, mostrando existir diferenças na composição de espécies que se destacam em densidade entre as áreas (Tabela 1).

Apesar das entrelinhas do BAG passar por um processo de limpeza anual, a densidade média de herbáceas a pleno sol desta área foi significativamente maior tanto em relação à condição sombreada abaixo da copa do umbuzeiro quanto em relação as duas condições das florestas madura e jovem (Figura 4). Contudo, considerando a densidade total foram constatadas diferenças significativas na proporção do número de ervas entre as condições de sombreamento e de não sombreamento no BAG ($\chi^2 = 1835$; $p < 0,0$), na jovem floresta ($\chi^2 = 78211$; $p < 0,01$) e na floresta madura ($\chi^2 = 78385$; $p < 0,01$), sendo sempre mais elevada na condição de não sombreamento (Tabela 3).

Figura 4 - Diferença na densidade média de indivíduos entre locais sombreados e não sombreados pela copa de *S. tuberosa* em três áreas com vegetação de Caatinga, Petrolina-PE. Letras diferentes entre locais e entre habitats indicam diferença significativa pelo teste de Tukey HSD a 5%.

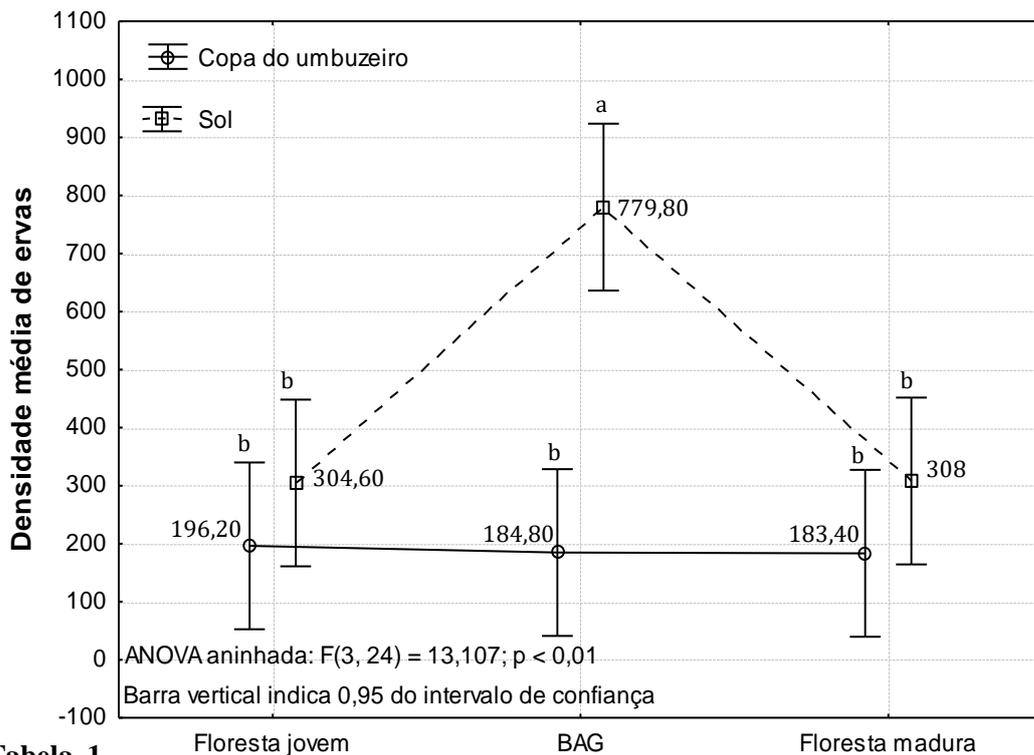


Tabela 1
 Densidade absoluta (ind.ha⁻¹) das espécies herbáceas amostradas nas parcelas sombreadas e a pleno sol dos habitats BAG (Banco Ativo de Germoplasma), jovem floresta e floresta madura da vegetação da Caatinga.

Espécies	Densidade
----------	-----------

	BAG		Jovem Floresta		Floresta Madura	
	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra
<i>Alternanthera ficoidea</i> (L.) P. Beauv.	-	43333	-	-	-	-
<i>Alternanthera tenella</i> Colla	667	-	-	-	-	-
<i>Bernardia sidoides</i> (Klotzsch) Müll. Arg.	5333	22000	4000	-	1250	2667
<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf.	26667	2667	-	-	-	-
<i>Centratherum punctatum</i> Cass.	2000	21333	103333	18667	17500	29333
<i>Commelina benghalensis</i> L.	-	-	-	667	625	667
<i>Corchorus argutus</i> Kunth	-	20000	32667	16000	10625	20000
<i>Croton glandulosus</i> L.	-	667	2000	1333	625	-
<i>Croton lobatus</i> L.	4000	1333	-	-	-	-
<i>Cuphea</i> sp.	-	667	35333	10000	12500	8667
<i>Cyperus aristatus</i> Rottb.	8000	8000	124000	6667	285625	12667
<i>Digitaria horizontales</i> Willd.	-	2667	64667	218000	625	2667
<i>Diodia teres</i> Walter	2536667	435333	-	-	-	-
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	667	-	12000	-	2500	2000
<i>Herissanthia crispa</i> (L.) Brizicky.	5333	667	-	-	-	-
<i>Hybanthus calceolaria</i> (L.) Oken	-	-	-	-	625	-
<i>Hyptis brevipes</i> Poit.	-	8000	-	-	-	-
<i>Hyptis salzmännii</i> Benth.	667	667	-	-	-	-
<i>Marsypianthes</i> sp.	-	1333	-	-	-	-
<i>Melocactus bahiensis</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	-	-	667	-	-	-
<i>Melochia pyramidata</i> L.	-	667	-	-	-	-
<i>Microtea glochidiata</i> Moq.	-	667	14000	-	-	667
<i>Mollugo verticillata</i> L.	-	667	-	-	-	-
<i>Neoglaziovia variegata</i> Mez.	-	-	50667	138000	11250	20667
<i>Panicum trichoides</i> Sw.	-	-	20000	102667	61875	55333
<i>Passiflora foetida</i> L.	667	3333	-	-	-	-
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	-	2000	66000	73333	122500	240667
<i>Piriqueta viscosa</i> Griseb.	-	-	-	-	7500	3333
<i>Portulaca oleracea</i> L.	-	5333	-	-	1875	-
<i>Portulaca pilosa</i> L.	3333	2667	-	-	-	-
<i>Portulaca umbraticola</i> Kunth	667	8000	-	-	6875	8000
<i>Schwenckia</i> sp.	-	-	6000	5333	-	2000
<i>Selaginella convoluta</i> (Arn.) Spring.	-	-	398000	63333	321250	188000
<i>Sida rhombifolia</i> L.	667	2000	-	-	-	-
<i>Spermacoce suaveolens</i> (G. Mey.) Kuntze	-	-	4667	-	2500	667
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	667	18667	76667	-	83125	10667

Tabela 1 – Continuação...

Espécies	Densidade					
	BAG		Jovem Floresta		Floresta Madura	
	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra

<i>Tacinga inamoena</i> (K. Schum) N.P.						
Taylor & Stuppy	-	-	667	-	6875	2667
<i>Turnera ulmifolia</i> L.	-	3333	-	-	-	-
<i>Waltheria rotundifolia</i> Schrank	3333	-	-	-	-	-
<i>Zephyranthes sylvatica</i> Baker	-	-	-	-	4375	-

Tabela 2 - Sumário da análise do Modelo Linear Generalizado (GLM) ANOVA aninhada para o efeito do habitat (floresta madura, floresta jovem e BAG) e do local (copa de umbuzeiro e sol) da área sobre a riqueza de espécies e densidade média de ervas em uma área de Caatinga de Petrolina, Pernambuco.

	Densidade (ind.m ⁻²)					Riqueza normalizada				
	DF	SS	MS	F	P	DF	SS	MS	F	P
Intercepto	1	3190889	3190889	131,62	0,00	1	0,080	0,0803	50,83	0,00
Habitat	2	365931	182965	7,55	0,00	2	0,001	0,0005	0,36	0,69
Local (habitat)	3	953252	317751	13,11	0,00	3	0,017	0,0059	3,61	0,03
Erro	24	581813	24242			24	0,037	0,0015		

Tabela 3 - Atributos estruturais da assembleia herbácea ocorrente nas parcelas sombreadas e não sombreadas no BAG, jovem floresta, floresta madura do Campo Experimental da Embrapa Semiárido, Petrolina – PE. Letras diferentes entre colunas de uma mesma área indicam diferenças estatísticas pelo teste do *Qui-Quadrado*.

Atributos estruturais	BAG		Jovem floresta		Floresta madura	
	sol	sombra	sol	sombra	sol	sombra
Riqueza						
Nº de Espécies	16	26	18	12	21	19
Média	3,60	6,26	7,53	5,26	5,73	5,4
Erro Padrão	0,47	2,05	0,70	0,41	0,45	0,63
Densidade						
Densidade Total (ind.ha ⁻¹)	2.599.333a	616.000b	1.015.333a	654.000b	1.026.667a	611.333b
Nº de Indivíduos (ind.15m ⁻²)	3.899a	924b	1.523a	981b	1.540a	917b
Média	259,93	61,60	101,53	65,4	102	61,13
Erro Padrão	35,96	15,51	16,05	43,2	18,45	11,96

DISCUSSÃO

O papel de árvore isolada avaliado neste estudo sinalizou para uma tendência de interação positiva entre árvore e riqueza média de espécies herbáceas, confirmando os relatos de que o sombreamento provocado pelas copas de árvores em áreas semiáridas pode ter efeito positivo sobre a riqueza de espécies e produção de matéria seca (Belsky 1992; Grouzis e Akpo 1995; Riginos et al. 2009). O sombreamento conferido pela copa das árvores pode modificar as condições microclimáticas, reduzindo a evaporação. Em adição, muitas árvores de ambientes secos são decíduas e a decomposição das folhas que caem abaixo da copa podem aumentar a fertilidade do solo (Belsky 1992; Grouzis e Akpo 1997; Riginos et al. 2009). Além disso, Fuller (1999) registrou que em ambientes secos o sombreamento das árvores isoladas pode reduzir o estresse hídrico do solo e evitar a senescência precoce e morte das ervas. O sombreamento é ainda considerado de extrema importância em áreas antrópicas por favorecer não apenas a riqueza e produção de biomassa de ervas (Akpo e Grouzis 1995), mas também por favorecer o estabelecimento de plântulas de espécies arbóreas (Pugnaire et al. 2011; Holmgren et al. 2012) ou até mesmo reduzir o desempenho da planta sombreadora e alterar a sua estrutura populacional (Krieger et al. 2022).

Por outro lado, a elevada densidade total de ervas registrada neste estudo na condição de sol evidencia uma tendência oposta, ou seja, indica que o estabelecimento de espécies herbáceas é favorecido em áreas exposta à luz do sol. Logo, o papel da prática de manutenção de árvores isoladas em paisagens antropogênicas, o que ocorre com elevada frequência quando se trata da espécie *S. tuberosa* (Lins-Neto et al. 2012), pode ter um papel negativo sobre o aumento da biomassa herbácea, apesar de em média tal tendência não ter sido confirmada em todos os habitats analisados.

Interação negativa entre árvores e ervas já havia sido relatada em outros ambientes restritivos (Kessler e Bremam 1991; Kessler 1992; Kater et al. 1992; Mordelet e Menaut 1995). Por exemplo, em ambientes com baixa disponibilidade de água, árvores e ervas podem interagir negativamente e competir pelo recurso água (Kessler e Bremam 1991), o que pode alterar a estrutura da assembleia herbácea e até mesmo provocar o desaparecimento local de algumas espécies não resistentes a pouca disponibilidade de água (Reis et al. 2006; Belay e Moe 2012). A temperatura do ar e intensidade luminosa inicialmente podem favorecer ao estabelecimento da vegetação herbácea abaixo da copa das árvores, mas com o aumento do stress hídrico esse efeito não persiste e ocorre

competição entre ervas e árvores, resultando em maior densidade de ervas fora da influência do sombreamento da copa (Jankju 2013).

É possível que interações competitivas por água tenham ocorrido entre *S. tuberosa* e as ervas, mas o nível dessas interações não foi mensurado nesse estudo. Por outro lado, as parcelas ensolaradas perdem água mais rápido e o estresse hídrico deveria ser maior nas mesmas, o que deveria levar a uma menor densidade de ervas, porém o oposto foi registrado nesse estudo, deixando a indagação sobre o que justificaria tal fato.

Outra possibilidade seria a existência de uma interação entre as características biológicas da árvore sombreadora e as características climáticas do ambiente, pois em ambientes sazonais a vegetação lenhosa perde as folhas no período de estiagem que pode durar seis meses (Figuerola et al. 2006; Araújo et al. 2007) e as folhas do umbuzeiro apresentam compostos fenólicos (Nascimento-Silva et al. 2008; Oliveira et al. 2012) que são liberados para o solo durante a decomposição, sendo possível que a vegetação herbácea reflita o efeito alelopático destes compostos no período chuvoso, resultando numa menor densidade total de ervas sob a copa de *S. tuberosa*. No BAG, condição monodominante de umbuzeiro e, portanto, passível de uma maior concentração de compostos fenólicos no solo, a densidade de ervas foi extremamente elevada na condição de sol. Contudo, vale ressaltar que a presença de compostos fenólicos não impede a renovação do componente herbáceo, uma vez que também houve riqueza e densidade de espécies abaixo da copa do umbuzeiro.

Apesar do efeito médio positivo da manutenção de árvores isoladas não ter sido totalmente similar entre os habitats, em relação a densidade da assembleia de herbáceas, vale destacar que tal prática tende a ter efeito positivo sobre a riqueza de espécies em áreas antropogênicas, por servir de poleiros naturais para dispersores que podem trazer sementes para a regeneração da floresta, possibilitando com o tempo o surgimento de uma nova floresta e a conectividade de paisagens antropizadas (Lopes et al. 2012; Silva et al. 2021). A prática de utilizar poleiros artificiais e naturais (árvores isoladas deixadas na paisagem), vem sendo avaliada por facilitar o movimento dos animais (Taylor e Goldingay, 2012), possibilitar a dispersão de propágulos e auxiliar no processo de recuperação das áreas degradadas. A presença de poleiros aumenta significativamente a chuva de sementes, sendo os naturais tão ou mais eficientes que os artificiais quando se compara a área de deposição (Mickich e Possette, 2007).

As diferenças de densidade, riqueza de espécies e de composição entre os habitats e condições são indicadores relevantes nos projetos de restauração de áreas degradadas das florestas secas de caatinga, evidenciando a heterogeneidade de condições e respostas das plantas herbáceas e como esses resultados podem ser usados no planejamento da restauração de áreas que precise da seleção de espécies e respeite as condições ambientais de cada habitat dentro do bioma. Numa outra perspectiva está sendo indicada que na priorização da seleção de áreas para restauração na caatinga o foco seja nas suas espécies endêmicas ameaçadas (Antongiovanni et al. 2022).

Também é importante observar que a ausência de diferença na densidade média de ervas entre as condições de sombreamento nas florestas jovem e madura, evidenciada neste estudo, sinaliza que o tempo de três anos foi suficiente para que o impacto do corte raso sobre a estrutura da assembleia de herbáceas deixe de ser perceptível. Todavia, o fato de algumas espécies só ter sido registrada na floresta madura, como, por exemplo, *Zephyranthes sylvatica*, mostra que ainda é possível visualizar o efeito do manejo do tipo corte raso na composição da assembleia de herbáceas.

CONCLUSÃO

A avaliação da interação planta-planta e sua relação com as condições de sombreamento de copa e pleno sol em diferentes habitats da caatinga (floresta madura, jovem floresta e BAG) mostrou que o estabelecimento das herbáceas é favorecido em áreas mais expostas à luz solar, apontando que a interação entre os indivíduos de *Spondias tuberosa* e as ervas na caatinga tem efeito negativo sobre a densidade e efeito positivo sobre a riqueza média de espécies. Esses resultados, mais o indicativo de composição de espécies de cada habitat, favorecem o planejamento das ações de restauração de áreas de florestas secas de caatinga que busquem selecionar espécies herbáceas nativas a serem utilizadas na recuperação de áreas e que considerem as variações de habitat e condições de luz.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFRPE, ao PPGP/UFRPE, à UFPE e ao IFPE pelo apoio concedido; à CAPES pela concessão da bolsa durante a execução da pesquisa; ao CNPq pelo apoio financeiro (processos 471805/2007-6 e 4772392009-9) e pela bolsa de produtividade em pesquisa (301720/2010-0, 302645/2014-4, 303504/2018-8); ao IFPE pela bolsa de pesquisador; aos membros do Laboratório de Ecologia dos Ecossistemas

Nordestinos e do Laboratório de Ecologia da Embrapa Semiárido e gestores pela ajuda disponibilizada e apoio logístico.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. S; VIEIRA, I. C. G. Transformações antrópicas da paisagem agrícola com palma de óleo no Pará. **Novos Cadernos NAEA**, v. 22, n.2, p. 9-26, 2019.

ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; TAMBOSI, L. R.; MATSUMOTO, M.; METZGE, J. P.; FONSECA, C. R. Restoration priorities for Caatinga dry forests: Landscape resilience, connectivity and biodiversity value. **Journal of Applied Ecology**, v.00, p.1-12, 2022.

AKPO, L. E; GROUZIS, M.; BA, A.T. L'arbre et l'herbe au Sahel: effets de l'arbre sur la composition chimique des pâturages naturels du Nord-Senegal (Afrique de l'Ouest). **Revue Médecine Vétérinaire**, v. 146, n. 10, p. 663-670, 1995.

ARAÚJO, E. L; ALBUQUERQUE, U. P; CASTRO, C. C. Dynamics of Brazilian Caatinga - a review concerning the plants, environment and people. **Functional Ecosystems and Communities**, v.1, p. 15-29, 2007.

AYRES, M; AYRES-JÚNIOR, M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A. A. **Bioestat – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. ONG Mamirauá, Belém, 2007.

BELAY, T. A.; MOE, S. R. Woody dominance in a semi-arid savanna rangeland e evidence for competitive self-thinning. **Acta Oecologica**, v. 45, p. 98-105, 2012.

BELSKY, A. J. Effects of trees on nutritional quality of understory gramineous forage in tropical savannas. **Tropical Grasslands**, v.26, p. 12-20, 1992.

BURGOS, N.; CAVALCANTI, A. C. Levantamento detalhado de solos da área de sequeiro do CPATSA, Petrolina-PE. **Boletim de Pesquisa**, n.38, EMBRAPA, 1990.

BURKEY T. V.; REED, D. H. The effects of habitat fragmentation on extinction risk: Mechanisms and synthesis. **J Sci Technol**, v. 28, n.1, p. 9-37, 2006.

Calixto-Junior, J. T.; Drumond, M. A. Estrutura fitossociológica de um fragmento de Caatinga *sensu stricto* 30 anos após corte raso, Petrolina-Pe, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 67-74, 2011.

CALLAWAY, R. M.; WALKER, L. R. Competition and facilitation: A synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p. 1958-1965, 1997.

DIAS, L. C. C.; MOSCHINI, L. E.; TREVISAN, D. P. A Influência das Atividades Antrópicas na Paisagem da Área de Proteção Ambiental Estadual do Rio Pandeiros, MG – Brasil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v.6, n.2, p. 85-105, 2017.

- FEITOZA, M. O. M.; ARAÚJO, E. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; KILL, L.H.P. Fitossociologia e danos foliares ocorrentes na comunidade herbácea de uma área de Caatinga em Petrolina, PE. In: Moura, A. N.; Araújo, E. L.; Albuquerque, U. P. (Eds) **Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos**, v.1, Comunigra/Nuppea, p. 11-38, 2008.
- FIGUEROA, J. M.; PAREYN, F. G.; ARAÚJO, E. L.; SILVA, C. E. Effects of cutting regimes in the dry and wet season on survival and sprouting of woody species from the semi-arid Caatinga of northeast Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 229, p. 294-303, 2006.
- FLORENTINO, A. T. N.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Contribuição de quintais agroflorestais na conservação de plantas da Caatinga, Município de Caruaru, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** v. 21, n.1, p. 37-47, 2007.
- FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; MACHADO, S. S.; ROCHA, A. S.; LIMA, R. R. Aproveitamento industrial do umbu: processamento de geleia e compota. **Ciência Agrotécnica**, v. 27, p. 308-1314, 2003.
- FULLER, D. O. Canopy phenology of some mopane and miombo woodlands in eastern Zambia. **Global Ecology and Biogeography**, v. 8, p.199-209, 1999.
- GROUZIS, M.; AKPO, L. E. Influence of tree cover on herbaceous above- and below-ground phytomass in the Sahelian zone of Senegal. **Journal of Arid Environments**, v. 35, p. 285-296, 1997.
- GU, W.; HEIKKILÄ, R.; HANSKI, I. Estimating the consequences of habitat fragmentation on extinction risk in dynamic landscapes. **Landscape Ecology**, v. 17, p. 699-710, 2002.
- HOLMGREN, M.; GÓMEZ-APARICIO, L.; QUERO, J. L.; VALLADARES, F. Non-linear effects of drought under shade: reconciling physiological and ecological models in plant communities. **Oecologia**, v. 169, p. 293-305, 2012.
- HOLMGREN, M.; SCHEFFER, M.; HUSTON, M. A. The interplay of facilitation and competition in plant communities. **Ecology**, v. 78, p. 1966–1975, 1997.
- JANKJU, M. Role of nurse shrubs in restoration of an arid rangeland: Effects of microclimate on grass establishment. **Journal of Arid Environments**, v. 89, p. 103-109, 2013.
- KATER, L. J. M.; KANTE, S.; BUDELMAN, A. A Karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) associated with crops in South Mali. **Agroforestry Systems**, v. 18, p.89-106, 1992.
- KESSLER, J. J.; BREMAN, H. The potential of agroforestry to increase primary production in the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. **Agroforestry Systems**, v. 13, p. 41-62, 1991.

KESSLER, J. J. The influence of Karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) trees on sorghum production in Burkina Faso. **Agroforestry systems**, v. 17, p. 97-118, 1992.

KREBS, C. **Ecological Methodology**. New York: Harper & Row Publishers, 654p, 1989.

KRIEGER, M. T.; DITTON, J.; ALBRECHT, H.; LINDERL, L.; KOLLMANN, J.; TEIXEIRA, L. H. Effects of shading and site conditions on vegetative and generative growth of a native grassland invader. **Ecological Engineering**, v. 178, p.106592, 2022.

LINS-NETO, E. M. F.; PERONI, N.; ALBUQUERQUE, U. P. Traditional Knowledge and Management of Umbu (*Spondias tuberosa*, Anacardiaceae): An Endemic Species from the Semi-Arid Region of Northeastern Brazil. **Economic Botany**, v. 64, n.1, p.11–21, 2010.

LINS-NETO, E. M. F.; PERONI, N. Analysis of umbu (*Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae) in different landscape management regimes. **Environ Monit Assess**, v. 184, p. 4489-4499, 2012.

LOPES, C. G. C.; FERRAZ, E. M. N.; CASTRO, C. C.; LIMA, E. N.; ARAÚJO, E. L. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. **Forest Ecology and Management**, v. 271, p. 115-123, 2012.

MAESTRE, F. T.; CALLAWAY, R. M.; VALLADARES, F.; LORTIE, C. J. Refining the stress gradient hypothesis for competition and facilitation in plant communities. **Journal of Ecology**, v. 97, p. 199-205, 2009.

MIKICH, S. B.; POSSETTE, R. F. S. Análise quantitativa da chuva de sementes sob poleiros naturais e artificiais em Floresta Ombrófila Mista. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.55, p.103-105, 2007.

MORDELET, P.; MENAUT, J. C. Influence of trees on aboveground production dynamics of grasses in a humid savanna. **Journal of Vegetation Science**, v. 6, p. 223-228, 1995.

MORI, A. S.; SILVA, L. A. M.; LISBOA, G. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. 2ª ed. – Ilhéus: Centro de Pesquisa do Cacau, 104 pp, 1989.

MULLAH, C. J. A.; TOTLAND, Ø.; KLANDERUD, K. Recovery of Plant Species Richness and Composition in an Abandoned Forest Settlement Area in Kenya. **Restoration Ecology** v. 20, n. 4, p. 462-474, 2012.

NASCIMENTO, C. E. S.; RODAL, M. J. N.; CAVALCANTI, A. C. Phytosociology of the remaining xerophytic woodland associated to an environmental gradient at the banks of the São Francisco river - Petrolina, Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n.3, p. 271-287, 2003.

- NASCIMENTO-SILVA, O.; CHINALIA, L. A.; PAIVA, J. G. A. Caracterização histoquímica dos folíolos de *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae Lindl). **Caatinga**, v. 21, n.3, p. 62-68, 2008.
- NIKIEMA, P.; NZOKOU, P.; ROTHSTEIN, D. Effects of groundcover management on soil properties, tree physiology, foliar chemistry and growth in a newly established Fraser fir (*Abies fraseri* (Pursh) Poir) plantation in Michigan, United States of America. **New Forests**, v. 43, p. 213-230, 2012.
- OLIVEIRA, A. K.; COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S. S.; DIÓGENES, F. E. P.; MEDEIROS-FILHO, S. Atividade alelopática de extratos de diferentes partes de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart - Rhamnaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 3, p. 685-690, 2012.
- PUGNAIRE, F. I.; HAASE, P.; PUIGDEFABREGAS, J.; CUETO, M.; CLARK, S. C.; INCOLL, L. D. Facilitation and succession under the canopy of a leguminous shrub, *Retama sphaerocarpa* in a semiarid environment in southeast Spain. **Oikos**, v. 76, p. 455-464, 1996.
- PUGNAIRE, F. I.; ARMAS, C.; MAESTRE, F. T. Positive plant interactions in the Iberian Southeast: Mechanisms, environmental gradients, and ecosystem function. **Journal of Arid Environments**, v. 75, p.1310-1320, 2011.
- REIS, A. M.; ARAÚJO, E. L.; FERRAZ, E. M. N.; MOURA, A. N. Inter-annual variations in the floristic and population structure of an herbaceous community of “Caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p.497-508, 2006.
- RIGINOS, C.; GRACE, J. B.; AUGUSTINE, D. J.; YOUNG, T. P. Local versus landscape-scale effects of savanna trees on grasses. **Journal of Ecology**, v.97, n. 6, p. 1337-1345, 2009.
- SCARANO, F. R. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. **Ann Bot**, v. 90, p. 517-524, 2002.
- SHERPHERD, G. J. **Fitopac 1. Manual do usuário**. Campinas: Departamento de Botânica, UNICAMP, 1995.
- SIDDIQUI, S.; BHARDWAJ, S.; KHAN, S. S.; MEGHVANSHI, M. K. Allelopathic Effect of Different Concentration of Water Extract of *Prosopis Juliflora* Leaf on Seed Germination and Radicle Length of Wheat (*Triticum aestivum* Var-Lok-1) American-Eurasian. **Journal of Scientific Research**, v.4, n. 2, p. 81-84, 2009.
- SILVA, B. A.; OLIVEIRA, R. E.; SAIS, A. C.; CARDOSO-LEITE, E. Análise espacial da cobertura arbórea em paisagem de assentamentos de reforma agrária em Araras (SP, Brasil). **RA'EGA**, v. 51, p. 81–101, 2021.

TAYLOR, B. D.; GOLDINGAY, R. L. Restoring Connectivity in Landscapes Fragmented by Major Roads: A Case Study Using Wooden Poles as “Stepping Stones” for Gliding Mammals. **Restoration Ecology**, v.20, n. 6, p. 671–678, 2012.

VAN DER WAAL, C.; KROON, H.; BOER, W. F. Water and nutrients alter herbaceous competitive effects on the seedlings in a semi-arid savanna. **Journal of Ecology**, v. 97, p. 430-439, 2009.

WANDSCHEER, A. C. D.; BORELLA, J.; BONATTI, L. C.; PASTORINI, L. H. Atividade alelopática de folhas e pseudofrutos de *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae) sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n.1, p. 25-30, 2011.

Recebido em: 10/07/2022

Aprovado em: 12/08/2022

Publicado em: 17/08/2022