



ESTRUTURA E DIVERSIDADE DAS COMUNIDADES ARBÓREAS DE ÁREAS EM REGENERAÇÃO DA CAATINGA COM DIFERENTES HISTÓRICOS DE USO

Daniel Salgado Pifano^{1,4*}, Erilva Machado Costa², Fabrício Alvim Carvalho³, José Felipe Salomão Pessoa³, Renato Garcia Rodrigues^{1,4} e Edson Gomes de Moura Júnior⁴

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Ciências Biológicas, Rodovia BR-407, KM 12, Lote 543 S/n, Projeto de Irrigação Nilo Coelho, CEP 56300-000, Petrolina, PE, Brazil.

² Universidade Federal do Vale do São Francisco, Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial, Rodovia BR-407, KM 12, Lote 543 S/n, Projeto de Irrigação Nilo Coelho, CEP 56300-000, Petrolina, PE, Brazil.

³ Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Rua José Lourenço Kelmer, S/n, Campus Universitário, São Pedro, CEP, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brazil.

⁴ Universidade Federal do Vale do São Francisco, Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental, Rodovia BR-407, KM 12, Lote 543 S/n, Projeto de Irrigação Nilo Coelho, CEP 56300-000, Petrolina, PE, Brazil.

E-mails: daniel.pifano@univasf.edu.br (*autor correspondente); eriflorest@gmail.com; fabricio.alvim@gmail.com; zefspessoa@yahoo.com.br; renato.garcia@univasf.edu.br; mourajuniorreg@gmail.com

Resumo: A Caatinga é um Domínio Fitogeográfico do semiárido brasileiro cujo conhecimento sobre a influência de diferentes históricos de uso na diversidade e fitossociologia de plantas em áreas de regeneração é um desafio da ecologia vegetal. Neste trabalho analisamos comparativamente comunidades arbóreas de 17 áreas em regeneração da Caatinga com diferentes histórico de uso (agricultura, corte de madeira e pecuária) quanto a riqueza, composição, partição de diversidade beta (*turnover* e aninhamento), distribuição de abundância das espécies e parâmetros fitossociológicos (frequência, densidade, dominância e valores de cobertura e importância). Alocamos 142 parcelas de 20 x 20 m, sendo 92 em áreas de agricultura, 47 de pecuária e seis de corte de madeira, medindo indivíduos com DAP $\geq 15,8$ cm. Não registramos diferenças na riqueza das comunidades arbóreas entre as três classes de histórico de uso. Entretanto, constatamos diferenças na composição (explicada por *turnover*) e abundância entre comunidades com histórico de agricultura e pecuária. Observamos valores maiores e menos desiguais para frequência, abundância e importância das espécies nas áreas com histórico de corte de madeira, em relação às áreas com histórico de pecuária ou agricultura. O modelo de Broken-Stick apresentou melhor ajuste aos dados de abundância das espécies arbóreas nas parcelas das diferentes classes de histórico de uso. Nós concluímos que o histórico de uso do solo associado aos ajustes morfofisiológicos das espécies, corte seletivo de plantas com valor comercial e/ou tempo de abandono das áreas influenciaram distintamente a composição, fitossociologia e/ou abundância de comunidades arbóreas das áreas em regeneração da Caatinga que investigamos. Entretanto, esses fatores influenciaram igualmente alguns atributos dessas comunidades (ex. riqueza de espécies).

Palavras-chave: Árvores; Estrutura-de-comunidades; Fitossociologia; Riqueza; Semiárido.

STRUCTURE AND DIVERSITY OF TREE COMMUNITIES IN REGENERATION AREAS OF THE CAATINGA WITH DIFFERENT USE HISTORIES: The Caatinga is a phytogeographical domain of the

Brazilian semi-arid region, and understanding the influence of different histories of human use on the diversity and phytosociology of plants in regeneration areas is a challenge for plant ecology. In this research, we comparatively analyze tree communities in regenerating areas of the Caatinga with different historical uses (agriculture, logging, and livestock) in terms of richness, composition, partition of beta diversity (turnover and nestedness), species abundance distribution, and phytosociological parameters (frequency, density, dominance, and values of cover and importance). We allocated 142 plots measuring 20 x 20 m, with 92 in agricultural areas, 47 in livestock areas, and six in logging areas by measuring individuals with DAP $\geq 15,8$ cm. We recorded no differences in richness between communities with different use histories or between communities of different classes. However, we found differences in the composition (explained by turnover) and abundance between communities with a history of agriculture or livestock. We observed higher and less unequal values for frequency, abundance, and importance of species in areas with a history of logging compared to livestock or agriculture areas. The adjustment of the Broken-Stick model showed a better adjustment to the species abundance data in the plots with different histories of human use. We conclude that the history of land use associated with the morphophysiological adjustments of the species, selective cutting of plants with commercial value, and/or time of abandonment of the areas distinct influence the composition, phytosociology, and/or abundance of tree communities in regeneration areas of the Caatinga that we investigated. However, such factors had a similar influence on some attributes of these communities (e.g., species richness).

Keywords: Trees; Community-structure; Phytosociology; Richness; Semi-arid.

INTRODUÇÃO

A Caatinga é um Domínio Fitogeográfico (DFC) exclusivamente brasileiro compreendido por cerca de 850 mil km² de áreas do Bioma “Floresta e Mata Tropical Sazonalmente Seca”, além de manchas menores e irregularmente espaçadas dos biomas “Floresta Tropical Úmida”, “Savana” e “Campo Rupestre” (Queiroz *et al.* 2017). A heterogeneidade de tipos vegetacionais do DFC é retratada principalmente pela estratificação horizontal e vertical de suas comunidades arbóreas-arbustivas (Rodal *et al.* 2013). A vegetação de áreas em estágio avançado de sucessão de Floresta e Mata Sazonalmente Seca da Caatinga é caracterizada por um estrato arbustivo/arbóreo rico e abundante em espécies de Fabaceae e Euphorbiaceae que podem atingir facilmente mais de 10 m altura, além de contemplar uma grande diversidade de Cactaceae colunares ou costeladas (Queiroz *et al.* 2017). De forma geral, no período chuvoso, as áreas em estágio avançado de sucessão da Caatinga apresentam solo parcialmente coberto por árvores e arbustos que possuem folhas, flores e frutos, além de um estrato vegetal de baixo porte composto de herbáceas e plântulas de espécies que podem adquirir porte arbóreo ao final do seu ciclo de vida (Melo *et al.* 2019). No período seco, essas mesmas áreas de Caatinga apresentam árvores e

arbustos desfolhados e que não produzem flores, frutos e/ou sementes, um estrato herbáceo pouco abundante e pobre em espécies (quando presentes) e solo muito exposto ao sol (Melo *et al.* 2019).

Ainda que o acesso a diversidade taxonômica de plantas da Caatinga tenha avançado consideravelmente nos últimos 20 anos, menos da metade da área de abrangência desse Domínio Fitogeográfico foi contemplada com algum tipo de levantamento florístico ou fitossociológico (Moro *et al.* 2014, Fernandes *et al.* 2020). As lacunas de informações sobre a riqueza, composição, abundância e fitossociologia de plantas da Caatinga tem limitado o conhecimento tanto da história natural desses organismos quanto sobre padrões de estruturação de comunidades vegetais em condições ambientais particulares do Domínio (Moro *et al.* 2014) ou conservação de ecossistemas, pois são atributos que refletem alterações causados pela ação antrópica (Queiroz *et al.* 2021).

Ao mesmo tempo em que é necessário reduzir lacunas de conhecimento da diversidade taxonômica, ecologia e biogeografia de plantas do DFC, estima-se que 80% de sua vegetação original ou seu estágio sucessional esteja alterada por atividades antrópicas ligadas aos usos do solo, como por exemplo, corte de madeira, pecuária e agricultura (Albuquerque *et al.* 2012, Melo *et al.*

2019, Jesus *et al.* 2022). O resultado do abandono de áreas da Caatinga que passaram por supressão total da vegetal original para transformação em áreas agricultáveis ou de pastejo é a formação de paisagens extensas de savanas estépicas composta de um componente herbáceo inexistente ou com baixa diversidade taxonômica e funcional (mesmo no período chuvoso), além de um estrato lenhoso pobre em número de espécies e com populações pouco frequentes e abundantes (representado principalmente por espécies generalistas e/ou pioneiras com baixo porte), indivíduos muito espaçados entre si e solo totalmente exposto ao sol (Marangon *et al.* 2013). A maior diferença de uma área abandonada de Caatinga com histórico de uso de corte de madeira em relação a uma área com histórico de pecuária ou agricultura é que na primeira há preservação dos indivíduos de espécies do componente arbóreo/arbustivo sem valor comercial (Silva *et al.* 2023), que repercute na frequência, abundância e valor de importância das espécies da comunidade.

De maneira geral, estudos florísticos e fitossociológicos com comunidades de plantas arbóreas em áreas de regeneração da Caatinga, decorrentes de extrativismo madeireiro, pecuária ou agricultura, indicam consequências comuns na ecologia dessas comunidades, como por exemplo, redução na riqueza de espécies e predominância de uma ou poucas espécies na abundância da comunidade (Jesus *et al.* 2022). Entretanto, a estruturação ou a fitossociologia de comunidades de plantas lenhosas de áreas em regeneração da Caatinga parece ter mecanismos distintos associados ao tipo de atividade antrópica exercida, relacionado ao tempo de abandono da área e o uso do solo por essa atividade (Jesus *et al.* 2022). Áreas em regeneração com décadas de abandono conseguem reestabelecer parte das condições microclimáticas e edáficas do ecossistema original ao mesmo tempo em que há redução dos efeitos dos mecanismos de uso (Jesus *et al.* 2021). Por isso, áreas de Caatinga em regeneração com muito tempo de abandono permitem o estabelecimento de populações arbóreas nativas abundantes, com grande área basal e valor de cobertura, expressando-se em uma vegetação com composição, divisão de nicho e dendrologia comuns de áreas em estágio avançado de sucessão (Jesus *et al.* 2021).

A pecuária pode reduzir a aptidão das espécies de plantas direta ou indiretamente pelo pastoreio ou forrageamento. As criações de animais na Caatinga (ex. caprinos e ovinos) podem alterar a composição e a frequência de espécies de plantas devido o forrageamento seletivo de partes de plantas, incluindo mudas, sementes e frutos, especialmente de espécies que não possuem mecanismos de proteção (Silva 1999, Leal *et al.* 2003). Muitas espécies de plantas arbóreas ocorrentes na Caatinga apresentam espinhos (Souza & Lorenzi 2012) e/ou possuem folhas impalatáveis ao gado (Ydoyaga-Santana *et al.* 2011). Os efeitos indiretos da criação de animais na estruturação da vegetação Domínio incluem compactação do solo por pisoteio, impedindo o estabelecimento de recrutas, enriquecimento de nutrientes por excrementos dos herbívoros e aumento da erosão do solo (Torres 2018).

Os mecanismos que interferem no recrutamento de plantas arbóreas em áreas de Caatinga submetidas ao corte de madeira estão associados principalmente à exposição do solo às intempéries ambientais locais, causada pela remoção total da cobertura vegetal. Em áreas florestais da Caatinga, a remoção da cobertura vegetal por corte de madeira provoca invariavelmente o aumento na temperatura e redução da umidade no solo, influenciando no processo de germinação de sementes e na sobrevivência de plântulas, sobretudo de espécies ajustadas a solos sazonalmente úmidos e com temperaturas amenas no período chuvoso (Souza *et al.* 2015).

Os efeitos do histórico de agricultura em áreas de regeneração da Caatinga se iniciam com o desmatamento e a substituição da vegetação nativa por uma cultura de porte e ciclo de vida diferentes (Lima *et al.* 2022). Arelada à substituição da vegetação nativa está a alteração do ambiente edáfico pelo uso indiscriminado de agrotóxicos e a perda da fertilidade e da capacidade produtiva do solo em cultivos não manejados e/ou sem a devida reposição de nutrientes (Lima *et al.* 2022). Além disso, têm-se a contaminação e a degradação dos recursos hídricos ocasionadas pela lixiviação dos adubos químicos e a salinização dos solos pelo uso de água com teores elevados de sais, pelo manejo inadequado dos ciclos de fornecimento de água e/ou pela deficiente drenagem nas pastagens

irrigadas (Cerqueira *et al.* 2021). Espécies com adaptações morfofisiológicas a solos mal drenados, pobres em nutrientes e/ou com pH alterado (ex. com raízes profundas e relações simbióticas com fungos) podem colonizar áreas em regeneração na Caatinga (Sousa *et al.* 2014).

Embora se conheça os mecanismos particulares do corte de madeira, pecuária ou agricultura, a compreensão dos efeitos desses usos sobre parâmetros de estrutura e fitossociologia de comunidades arbóreas em áreas de regeneração com diferentes tempos de abandono na Caatinga ainda é um desafio para a ecologia vegetal. Por isso, objetivamos com esse estudo verificar se há diferenças na riqueza, composição e partição de diversidade beta (*turnover* ou aninhamento), distribuição de abundância das espécies e parâmetros fitossociológicos das comunidades arbóreas de áreas com diferentes históricos de uso (pecuária, agricultura e corte de madeira) e tempos de regeneração na microrregião de Angicos, semiárido do RN. Nossas hipóteses são: (i) a riqueza terá valores equivalentes e baixos nas três classes de histórico de uso investigadas; (ii) haverá diferenças na composição, estrutura e padrão de distribuição da abundância das espécies nas comunidades com maior tempo de abandono (pecuária) em relação àquelas abandonadas mais recentemente (agricultura e corte de madeira); (iii) as diferenças na composição de espécies dessas comunidades serão melhor explicadas pelo *turnover* do que pelo aninhamento (perda de espécies); (iv) haverá maior frequência, abundância e, conseqüentemente, valor de importância das espécies da comunidade com histórico de corte de madeira em relação à pecuária e agricultura, devido o corte seletivo de espécies com valor comercial; (v) haverá maior abundância, área basal e valor cobertura vegetal das espécies nas áreas com histórico de pecuária em relação à agricultura, devido a diferença do tempo de abandono dessas áreas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local de estudo

A microrregião de Angicos contempla uma área com cerca de 1000 ha, inserida entre os municípios de Pedra Preta e Jandaíra (36° 07' 32", 5S 21° 25"),

ambos no estado do Rio Grande do Norte. Nosso estudo contemplou 17 áreas em regeneração de uma microrregião de Floresta Sazonalmente Seca da Caatinga com uso inadequado do solo devido a históricos de mais 70 anos ligados a agricultura (cinco), pecuária (dez) ou corte de madeira (duas), segundo informações obtidas junto aos administradores das áreas (Figura 1, Tabela 1). O tempo de abandono das áreas e o número de parcelas investigadas varia de acordo com a classe de histórico de uso (Tabela 1).

O clima da microrregião é o Bsh (semiárido quente) segundo a classificação de Köppen, com solo do tipo cambissolo eutrófico e podzólico vermelho-amarelo (Beltrão *et al.* 2005). De acordo com os mapas ambientais do WordClim versão 2.0 (Fick & Hijmans 2017), obtidos com dados da série histórica de 1970 e 2000, a precipitação média anual e a temperatura média anual nas áreas estudadas são relativamente semelhantes entre si, quando comparado ao gradiente registrado para a Caatinga (Figura 1).

Coleta de dados

Foram alocadas, de forma aleatória, 145 parcelas de 400 m² (20 m x 20 m), totalizando uma área amostral de 5,8 ha em todas as áreas amostrais. O número de parcelas avaliadas por classe de histórico de uso (agricultura, corte de madeira e pecuária) variou de acordo com o número de manchas em regeneração disponíveis dentro das 17 áreas selecionadas para o estudo.

Em cada parcela, todos os indivíduos arbóreos ≥ 5 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) foram mensurados, devidamente marcados com plaquetas especiais feitas de couro sintético (napa) e posteriormente identificadas. As árvores mortas em pé foram amostradas e consideradas em uma única categoria (morto). Nos casos de exceção, os indivíduos que apresentavam bifurcação abaixo de 1,30 m de altura foram separados e cada fuste foi considerado na medição quando sua medida atendia ao critério, com posterior fusão dos valores de DAP dos fustes pertencentes ao mesmo indivíduo através da raiz quadrada da soma dos quadrados (Scolforo & Mello 1997). As cactáceas lenhosas com porte arbóreo foram incluídas apenas quando atendiam ao critério de inclusão. As amostragens foram realizadas em outubro de 2013.

Tabela 1. Número de áreas (Nº) e de parcelas investigadas (NP) por classe de histórico de uso, área total amostrada (em hectares - ha) e o tempo mínimo de abandono para cada classe de histórico de uso investigada.

Table 1. Number of areas (Nº) and investigated plots (NP) per land use history class, total area sampled (in hectares - ha), and the minimum abandonment time for each investigated use history class.

| Classe de histórico de uso | Nº | NP | ha | Tempo de abandono |
|----------------------------|----|----|------|-------------------|
| Agricultura | 5 | 47 | 1,88 | 5 anos |
| Corte de madeira | 2 | 6 | 0,24 | 7 anos |
| Pecuária | 10 | 92 | 3,6 | 20 anos |

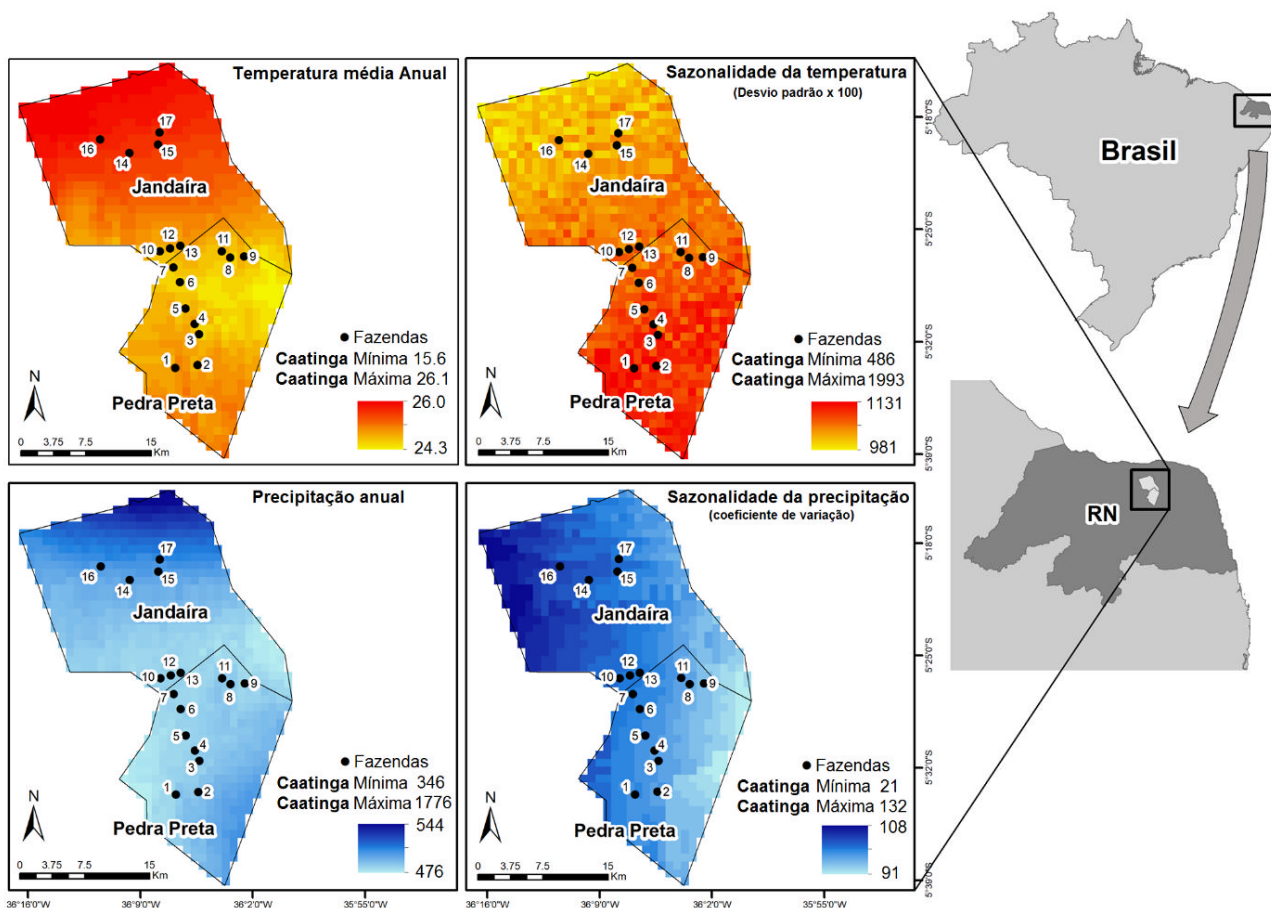


Figura 1. Mapas bioclimáticos de temperatura (°C) e precipitação (mm) da área de estudo (exportados do WordClim 2.0, Fick & Hijmans 2017) e localização das 17 áreas onde foram alocadas as 146 parcelas. Legenda: (1) Benvinda I; (2) Benvinda II; (3) Pau d'arco; (4) Algaroba; (5) Pedra rosada; (6) Pau Branco; (7) Ubaeira; (8) Boa Vista II; (9) Bom Sucesso; (10) Morada Nova; (11) Boa Vista I; (12) Santo Expedito; (13) Asa Branca; (14) Milagres; (15) São Francisco; (16) Pedra Vermelha; (17) Santa Luzia.

Figure 1. Bioclimatic maps of temperature (°C) and precipitation (mm) of the study area (exported from WordClim 2.0, Fick & Hijmans 2017) and location of the 17 areas where the 146 plots were allocated. Legend: (1) Benvinda I; (2) Benvinda II; (3) Pau d'arco; (4) Algaroba; (5) Pedra rosada; (6) Pau Branco; (7) Ubaeira; (8) Boa Vista II; (9) Bom Sucesso; (10) Morada Nova; (11) Boa Vista I; (12) Santo Expedito; (13) Asa Branca; (14) Milagres; (15) São Francisco; (16) Pedra Vermelha; (17) Santa Luzia.

A coleta do material vegetativo ou fértil seguiu as técnicas propostas por Fidalgo & Bononi (1984), para posterior identificação. A identificação dos indivíduos ocorreu em campo e, quando necessário, o material coletado foi encaminhado para o laboratório. Nestas situações, a identificação foi realizada com auxílio de chaves taxonômicas disponíveis ou através de analogia morfológica do material coletado com exsicatas do Herbário Leopoldo Krieger (CESJ), da Universidade Federal de Juiz de Fora. Os materiais férteis coletados foram incorporados à coleção do CESJ. As famílias foram classificadas de acordo com o *Angiosperm Phylogeny Group APG IV* (2016), as sinônimas, os graus de ameaça e os endemismos foram verificados no site Flora e Funga do Brasil 2020 (2021).

Análise dos dados

Consideramos as parcelas como as unidades amostrais deste estudo. Elaboramos três matrizes de dados com os seguintes atributos: (i) soma da abundância de cada espécie em todas as parcelas de cada classe (matriz A); (ii) presença ou ausência de cada espécie em cada classe de histórico de uso (matriz B); (iii) abundância das espécies por parcela das diferentes classes de histórico de uso (matriz C). A partir da matriz A nós aplicamos curvas de rarefação e estimativas de riqueza (com o estimador CHAO 1) para cada classe de histórico de uso, comparando os intervalos de confiança da riqueza observada ou estimada, padronizadas pelo número de indivíduos da classe com maior (riqueza observada) ou menor (riqueza estimada) abundância. Para realizarmos essas análises e gerarmos um gráfico com as curvas rarefação das classes de histórico de usos investigadas nós utilizamos o pacote iNEXT versão 3.0.0 (Hsieh *et al.* 2016) do *software* R versão 4.2.3 (RCore 2023).

A partir da matriz B nós produzimos um diagrama de Venn no *software* Paint para evidenciar o número e o percentual de espécies arbóreas exclusivas ou compartilhadas entre as distintas classes de histórico de uso. Utilizamos a mesma matriz para calcularmos a diversidade beta ($\beta = \gamma/\alpha$, sendo γ diversidade total em comunidades e α a diversidade média entre essas comunidades) padronizada pela dissimilaridade de Sorensen ($\beta_{sor} = \beta - 1/N - 1$, sendo N o número comunidades)

da área de estudo ou das classes de histórico de uso (par a par), bem como calcularmos a contribuição dos componentes “turnover” - β_{tur} (que avalia a substituição de espécies entre comunidades) ou “aninhamento” (que avalia perda de espécies entre comunidades) nesses valores de diversidade beta (Baselga 2010). Para realizar o cálculo β_{sor} e seus componentes nós utilizamos o pacote Betapart (Baselga *et al.* 2012) do *software* R versão 4.2.3 (RCore 2023).

A partir da matriz “C” nós aplicamos um teste de permutação ($n = 1000$) com o método de Monte Carlo da análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico - NMDS (calculada com a distância de Bray-Curtis) no sentido de reconhecermos o número de eixos significativamente explicativos da variabilidade dos dados da estrutura das comunidades arbóreas das parcelas das diferentes classes de histórico de uso. *A posteriori* nós aplicamos uma Multi-Response Permutation Procedures (MRPP) para testar a significância dos agrupamentos (par a par) entre as distintas classes de histórico de uso. Para aplicarmos o NMDS e MRPP nós utilizamos o *software* Pc-Ord 6.0 (McCune & Mefford 2011). Para verificar se ocorreu autocorrelação espacial dos dados das comunidades arbóreas das parcelas, nós aplicamos o coeficiente de Moran’s I (para sete classes de distância) aos eixos significativos do NMDS, utilizando o *software* SAM 4.0 (Rangel *et al.* 2010).

A partir da matriz A nós elaboramos no *software* Excel curvas de ranqueamento da abundância relativa das espécies, avaliando o perfil de distribuição das abundâncias e verificando se ocorreu dominância ou predominância de espécie(s) para cada classe. Através do pacote SADS versão 0.4.2 (Prado *et al.* 2022) do *software* R versão 4.2.3 (RCore 2023) nós testamos qual(ais) do(s) modelo(s) de distribuição de abundância clássicos (Log Série, Log Nomal ou Broken-Stick) se ajustaram aos dados de cada classe de histórico de uso.

Através da matriz C nós calculamos no *software* Excel os seguintes parâmetros fitossociológicos: a área basal (AB), os valores absolutos e relativos de frequência (FA e FR), densidade (DA e DR) e dominância (DoA e DoR) além do valor de cobertura (VC) e de importância (VI) (Braun-Blanquet 1979, Mateucci & Colma 1982, Whittaker

1984). A partir dos resultados fitossociológicos, nós aplicamos o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis para verificar se a ordenação dos dados de cada parâmetro fitossociológico diferiu entre as classes de histórico de uso, bem como aplicamos *a posteriori* o teste de Dunn (com correção de Bonferroni) para conhecer quais dessas classes diferiram entre si. Cabe ressaltar que nós escolhemos o teste de Kruskal-Wallis porque os resultados dos parâmetros fitossociológicos não atenderam a premissa de normalidade, exigida para testes paramétricos de comparação de médias, como por exemplo, a ANOVA. Para aplicar os testes de Kruskal-Wallis e Dunn, bem como avaliar a normalidade (Shapiro-Wilk) dos dados de cada parâmetro fitossociológico nós utilizamos o pacote Rstatix versão 0.7.2 (Kassambara 2023) do software R versão 4.2.3 (RCore 2023).

RESULTADOS

Em todas as parcelas avaliadas nós registramos 2415 indivíduos arbóreos, pertencentes a 34 espécies de 16 famílias. Do total de espécies inventariadas na área de estudo, *Campomanesia aromatica* (Aubl.) Griseb., *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. e *Pseudobombax marginatum* (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A.Robyns, estão na lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da IUCN (em inglês *International Union for Conservation of Nature*), ambas com status de conservação vulnerável a extinção. A partir da sobreposição dos intervalos de confiança dos resultados interpolados e extrapolados da curva de rarefação, nós constatamos que não ocorreu diferenças significativas na riqueza observada das comunidades arbóreas das diferentes classes de histórico de uso (Figura 2). A sobreposição

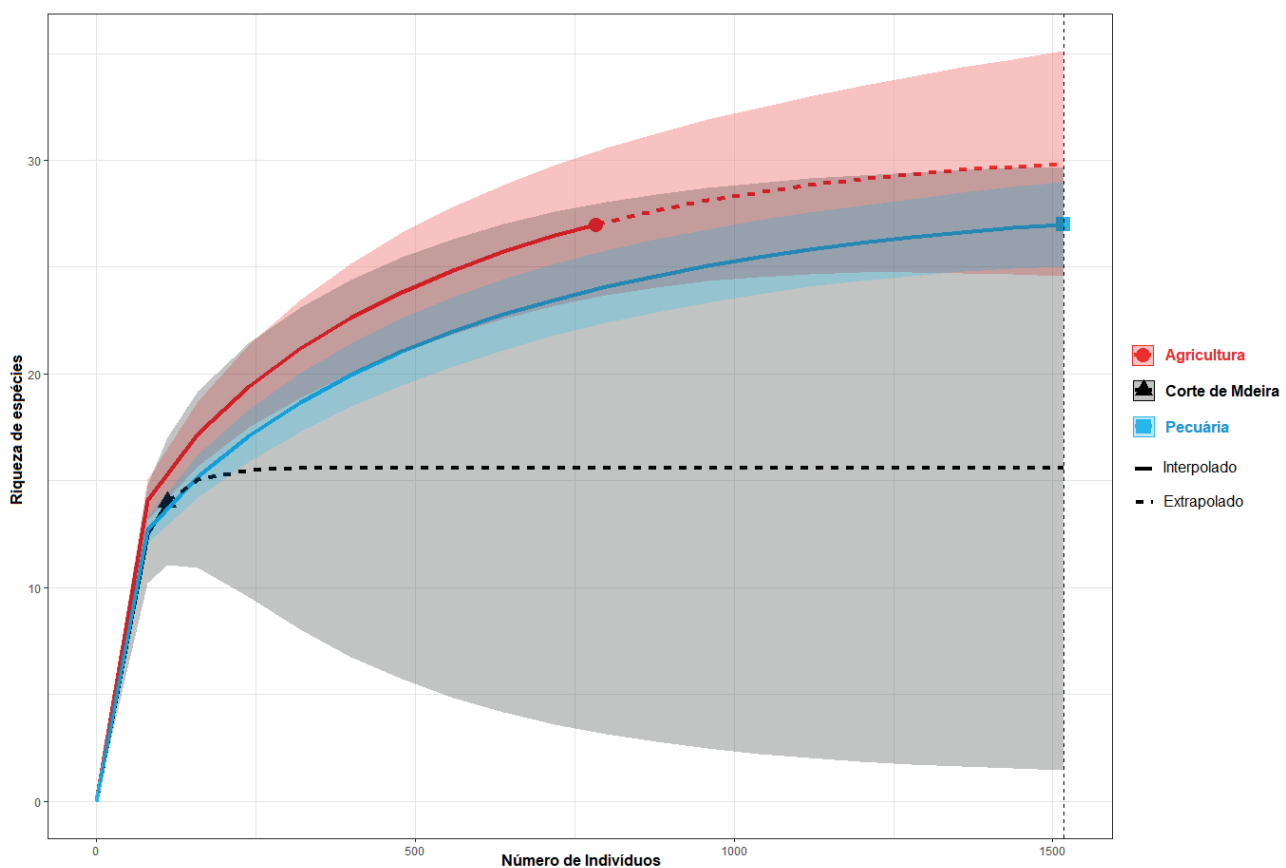


Figura 2. Curva de rarefação indicando os intervalos de confiança máximo e mínimo da riqueza observada interpolada e extrapolada (para 1517 indivíduos, abundância total registrada na classe pecuária) do componente arbóreo das distintas classes de histórico de uso investigadas em uma mesorregião da Caatinga.

Figure 2. Rarefaction curve indicating the maximum and minimum confidence intervals of the interpolated and extrapolated observed richness (for 1517 individuals, total abundance recorded in the cattle farming class) of the tree component of the distinct classes of use history investigated in a Caatinga mesoregion.

Tabela 2. Valores de abundância (Abd), área basal (AB), riqueza observada (Riq) e média de abundância por espécie (Abd/Riq) em todas as comunidades arbóreas investigadas para cada classe de histórico de uso, além dos intervalos de confiança máximo (IC máximo) e mínimo (IC mínimo) da riqueza estimada (Chao 1) para 111 indivíduos (abundância total das comunidades com histórico de corte de madeira).

Table 2. Values of abundance (Abd), basal area (AB), observed richness (Riq), and average abundance per species (Abd/Riq) in all tree communities investigated for each land-use history class, as well as the maximum (IC máximo) and minimum (IC mínimo) confidence intervals of the estimated richness (Chao 1) for 111 individuals (total abundance of communities with logging history).

| Classe de histórico de uso | Abd | AB (m ²) | Riq | Abd / Riq | Chao 1 | Chao 1 (IC mínimo) | Chao 1 (IC máximo) |
|----------------------------|------|----------------------|-----|-----------|--------|--------------------|--------------------|
| Agricultura | 783 | 79,87 | 27 | 29 | 21,59 | 16,8 | 48,18 |
| Corte de madeira | 111 | 11,59 | 14 | 7,93 | 13,5 | 13,04 | 19,19 |
| Pecuária | 1517 | 169,43 | 27 | 56,19 | 18,05 | 14,64 | 39,59 |

dos intervalos de confiança apresentados pelo estimador CHAO 1 (Tabela 2) nos relevou que a riqueza estimada das comunidades arbóreas das três classes de histórico de uso não diferiram significativamente entre si.

Através do Diagrama de Venn evidenciamos um maior número de espécies compartilhadas entre as comunidades arbóreas das três classes de histórico de uso (13 espécies), o que representa 38,24% da riqueza total da área de estudo (Figura 3). As comunidades arbóreas com histórico de corte de madeira apresentaram apenas uma espécie com registro exclusivo às parcelas com este uso (7,14% do total de espécies registradas nestas parcelas) e não tiveram espécies compartilhadas com as comunidades de outras classes de histórico de uso (Figura 3). Anotamos o mesmo número de espécies (6) com registros exclusivos às comunidades arbóreas com histórico de agricultura ou pecuária, o que representa 22,22% da riqueza total observada em cada uma dessas classes de histórico de uso (Figura 3). Registramos que os componentes *Turnover* ($\beta_{tur} = 0,19$) e Aninhamento ($\beta_{nes} = 0,19$) apresentaram a mesma contribuição na diversidade beta da área de estudo ($\beta_{sor} = 0,38$). Entre as classes de histórico de uso, observamos as maiores diversidade beta entre corte de madeira e agricultura ($\beta_{sor} = 0,36$) ou corte de madeira e pecuária ($\beta = 0,36$), ambos com maior contribuição por aninhamento ($\beta_{nes} = 0,29 / \beta_{tur} = 0,07$ cada). Entre agricultura e pecuária β_{sor} foi igual a 0,22, tendo apenas o *turnover* como componente de contribuição.

Apenas dois eixos do NMDS foram significativamente explicativos ($p = 0,0100$;

Stress = 0,28; R^2 eixo 1 = 0,39; R^2 eixo 2 = 0,23) da variabilidade dos dados de composição de espécies das comunidades arbóreas das parcelas de cada classe de histórico de uso investigada. O primeiro eixo do NMDS indicou uma discreta variação das comunidades arbóreas das parcelas de áreas com histórico de agricultura e corte de madeira em relação as parcelas de áreas com histórico

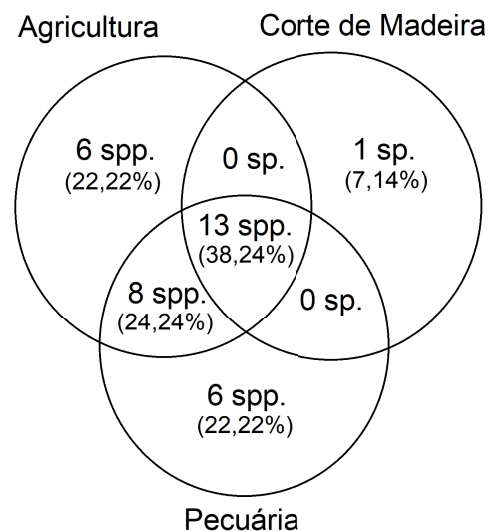


Figura 3. Diagrama de Venn indicando o número e o percentual de espécies arbóreas exclusivas ou compartilhadas entre as distintas classes de histórico de uso investigadas (agricultura, corte de madeira e pecuária) em uma mesorregião da Caatinga.

Figure 3. Venn diagram indicating the number and percentage of tree species exclusive or shared among the distinct land use history classes investigated (agriculture, logging, and cattle farming) in a Caatinga mesoregion.

de pecuária (Figura 4), o que foi confirmada pela análise de MRPP (Tabela 3). Os coeficientes de Moran's I computados a partir dos scores dos dois eixos significativos do NMDS evidenciaram que as distâncias entre as parcelas não influenciaram na estruturação das comunidades arbóreas da área investigada, ou seja, não ocorreu autocorrelação espacial dos dados de estrutura de comunidades (Material Suplementar, Tabela 1).

O número de indivíduos total e a área basal da comunidade arbórea foi maior nas áreas com histórico de pecuária, seguido das áreas com uso voltado à agricultura e corte de madeira (Tabela 2). Contudo, os resultados dos testes de Kruskal-Wallis para os parâmetros fitossociológicos revelaram que as espécies registradas nas parcelas com histórico de corte de madeira tiveram densidades e frequências (absolutas e relativas)

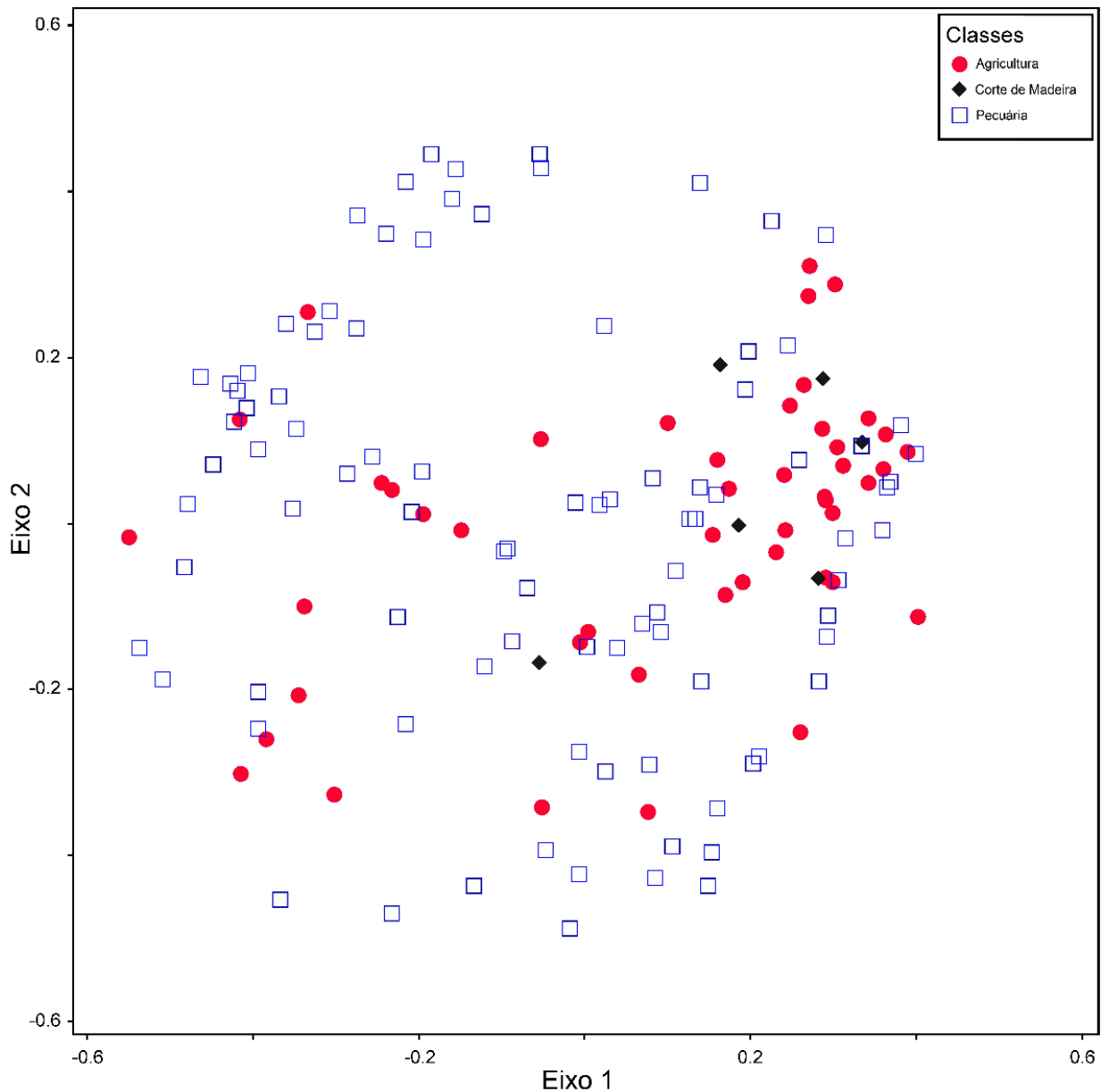


Figura 4. Representação dos dois eixos explicativos da análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS - $p = 0,0100$; Stress = 0,28; R^2 eixo 1 = 0,39; R^2 eixo 2 = 0,23), indicando a similaridade entre as comunidades arbóreas nas parcelas investigadas das distintas classes de histórico de uso de uma mesorregião da Caatinga.

Figure 4. Representation of the two explanatory axes of the Non-Metric Multidimensional Scaling analysis (NMDS - $p = 0.0100$; Stress = 0.28; R^2 axis 1 = 0.39; R^2 axis 2 = 0.23), indicating the similarity among the tree communities in the investigated plots of the distinct land use history classes of a Caatinga mesoregion.

maiores e menos desiguais quando comparada àquelas observadas para as espécies das parcelas com histórico de agricultura ou pecuária (Tabela 4; Material Suplementar, Figura 1). Isso se refletiu nos elevados valores de importância (VI) das espécies registradas nas parcelas com histórico de corte de madeira (Tabela 4), embora *Piptadenia retusa* (Jacq.) P.G.Ribeiro tenha reunido cerca de 50% dos indivíduos das comunidades avaliadas com esse histórico de uso (Material Suplementar, Tabela 2).

Registramos que *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. apresentou o maior VI nas comunidades arbóreas com histórico de pecuária. Esse táxon representou 20,11% do total de indivíduos, 13,8% da FR e 21,3% da DoR dentro dessas comunidades (Material Suplementar, Tabela 2). Constatamos que *P. retusa*, Seigler & Ebinger, *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett obtiveram os maiores valores de importância nas comunidades

Tabela 3. Valores de teste (T), heterogeneidade dentro do grupo corrigida ao acaso (A) e significância do teste (p) da análise Multi-Response Permutation Procedures (MRPP), indicando diferenças das comunidades arbóreas de cada classe de histórico de uso investigada.

Table 3. Values of test (T), within-group heterogeneity corrected for chance (A), and test significance (p) of the Multi-Response Permutation Procedures (MRPP) analysis indicating differences in the tree communities of each land use history class investigated.

| Classes | T | A | p |
|--------------------------------|-------|------|---------|
| Agricultura x corte de madeira | -0,27 | 0 | 0,321 |
| Agricultura x pecuária | -6,76 | 0,03 | < 0,001 |
| Pecuária x corte de madeira | -3,75 | 0,03 | 0,004 |

Tabela 4. Mediana, máximo e mínimo (entre parênteses) dos parâmetros fitossociológicos de comunidades arbóreas de diferentes classes de histórico de uso avaliadas em uma microrregião da Caatinga; resultados de Qui-quadrado (X^2) e p (valor) dos testes de Kruskal-Wallis que avaliaram se cada parâmetro fitossociológico diferiu entre classes de histórico de uso. Legenda: Número de indivíduos (N), área basal (AB), densidade absoluta (DA), densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR), dominância absoluta (DoA), dominância relativa (DoR), valor de cobertura (VC) e valor de importância (VI).

Table 4. Median, maximum and minimum (in parentheses) of phytosociological parameters of tree communities from different classes of land use history assessed in a Caatinga microregion; results of Chi-square (X^2) and p value of the Kruskal-Wallis tests that assessed whether each phytosociological parameter differed between classes of land use history. Key: Number of individuals (N), basal area (AB), absolute density (DA), relative density (DR), absolute frequency (FA), relative frequency (FR), absolute dominance (DoA), relative dominance (DoR), cover value (VC) and importance value (VI).

| Parâmetro (unidade) | Classes de histórico de uso | | | X^2 | p (valor) |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------|-----------|
| | Agricultura | Corte de madeira | Pecuária | | |
| AB (m ²) | 0,82(13,32-0,02) ^a | 0,21(4,91-0,02) ^a | 0,94(41,98-0,02) ^a | 3,89 | 0,1431 |
| DA (1 ha) | 2,66(107,45-0,53) ^b | 8,33(220,83-4,17) ^a | 1,63(82,88-0,27) ^b | 6,29 | 0,0432 |
| DR | 0,64(25,8-0,13) ^b | 1,8(47,75-0,9) ^a | 0,4(20,11-0,07) ^b | 6,15 | 0,0462 |
| FA (%) | 0,06(0,74-0,02) ^b | 0,25(1-0,17) ^a | 0,04(0,58-0,01) ^b | 11,25 | 0,0036 |
| FR | 1,2(14-0,4) ^b | 4,55(18,18-3,03) ^a | 1(13,28-0,25) ^b | 7,73 | 0,021 |
| DoA (m ² /ha) | 0,43(7,09-0,01) ^b | 0,88(20,48-0,09) ^a | 0,26(11,41-0,01) ^b | 4,45 | 0,1078 |
| DoR | 1,02(16,68-0,03) ^b | 1,83(42,38-0,2) ^a | 0,55(24,78-0,01) ^b | 4,27 | 0,1183 |
| VC | 1,72(38,64-0,15) ^a | 3,46(90,13-1,1) ^a | 0,69(41,24-0,08) ^a | 5,48 | 0,0644 |
| VI | 2,64(52,64-0,55) ^b | 7,85(108,31-4,13) ^a | 1,8(54,52-0,33) ^b | 7,13 | 0,0283 |

(^a ou ^b) – diferenças ou igualdade de cada parâmetro fitossociológico entre as classes de histórico de uso, indicadas pelo teste de Dunn com correção de Boferroni.

arbóreas com histórico de agricultura e corte de madeira (Material Suplementar, Tabela 2).

Verificamos que as áreas com histórico de corte de madeira contemplaram quatro espécies (28,57% da riqueza total) com abundância superior à média por espécie dentro dessa classe de uso, enquanto que nas áreas com histórico de pecuária e agricultura foram oito (29,62%) e nove espécies (33,33%), respectivamente (Figura 5, Tabela 2). O modelo distribuição de abundância do tipo Broken Stick teve melhor ajuste aos dados das comunidades das três classes histórico de uso, embora o modelo Log Série também tenha se ajustado aos dados das três classes (Tabela 5).

DISCUSSÃO

O estado de conservação de áreas em regeneração que sofreram perturbações antrópicas está intrinsecamente relacionado ao tempo de abandono e tipo de perturbação, e que por sua vez molda a estruturação de comunidades de plantas arbóreas da Caatinga (Jesus *et al.* 2022). Assim, é possível inferir que o pouco tempo de abandono das áreas investigadas com histórico de agricultura ainda potencializem as mudanças ambientais promovidas por este uso e, com isso, impeça que suas comunidades arbóreas se reestabeleçam a uma condição natural ou de um estágio avançado de sucessão, teoricamente possível nas áreas com maior tempo de abandono (pecuária).

As áreas investigadas com histórico de agricultura contemplaram predominantemente espécies arbóreas pioneiras e generalistas de porte médio. Ademais, notamos que as parcelas nestas áreas se caracterizaram pela ausência de um estrato subarbustivo, estrato herbáceo quase inexistente e solo totalmente exposto ao sol, características que definem áreas de Caatinga em estágio inicial de sucessão (Melo *et al.* 2019). Por outro lado, as áreas investigadas com histórico de pecuária tiveram, de forma geral, árvores isoladas e poupadas de corte para fornecer sombra ao gado, pequenos arbustos, solo parcialmente coberto por plântulas e estrato herbáceo. Essas características são compatíveis com as de um ecossistema em estágio avançado de sucessão na Caatinga (Melo *et al.* 2019). Assim, é possível que o elevado *turnover* de espécies entre as comunidades arbóreas com histórico de agricultura e pecuária, bem como

as diferenças na estrutura dessas comunidades (indicada pelo NMDS e confirmada pela MRPP) sejam explicadas tanto pelos mecanismos associados ao uso de cada classe de histórico de uso quanto pelo tempo de abandono das áreas de cada classe, que se expressam no estágio sucessional das comunidades.

Em um estudo prévio, Ferraz *et al.* (2013) constataram que ao menos 22 parcelas de 400 m² são necessárias para inferir, com certo grau de confiança, a riqueza e a composição de espécies arbóreas em uma área de Caatinga sedimentar, semelhante a que estudamos. Somado a isso é sabido que há relação direta entre riqueza e abundância de indivíduos arbóreos em áreas de regeneração da Caatinga (Jesus *et al.* 2022). Portanto, o baixo número de parcelas investigadas nas áreas com histórico de corte de madeira pode ter influenciado nos resultados de aninhamento da comunidade arbórea dessas áreas e aquelas com histórico de pecuária e agricultura, bem como pode ter mascarado a diferença da estrutura das comunidades arbóreas das classes pecuária e corte de madeira (indicada pela NMDS e confirmada pela MRPP).

Estudos têm mostrado que o corte seletivo de madeira da Caatinga promove a criação de espaços abertos que possibilitam a regeneração de tocos e rebrotas de espécies pioneiras, bem adaptadas a habitats perturbados, devido à redução na competição espacial entre e interespecífica na área e a facilitação do acesso à luz (Santos *et al.* 2023). Além disso, já mencionamos na introdução que a supressão da vegetação arbórea de áreas com histórico de corte seletivo de madeira na Caatinga é realizada apenas para espécies com alto valor comercial (ex. uso medicinal, alimentício e/ou produção de cerca viva, lenha e carvão), enquanto que em áreas voltadas à pecuária e agricultura a supressão da vegetação é total, visando a transformação dessas áreas em pastos ou monoculturas (Silva *et al.* 1999, Lima *et al.* 2022). Tais características dessas classes de histórico de uso, associados aos mecanismos de uso do solo particular de cada classe podem explicar os maiores valores de frequência e abundância (absoluta e relativa) e, conseqüentemente, dos valores de importância das espécies arbóreas nas áreas investigadas com histórico de corte madeira, quando comparada às áreas com histórico de

pecuária ou agricultura. A baixa amostragem de cactáceas colunares tradicionalmente utilizadas na alimentação humana e de animais

na Caatinga, como por exemplo *Cereus jamacaru* DC (Mandacará) ou *Pilosocereus pachycladus* F.Ritter (Facheiro) (Lucena *et al.* 2013), nas áreas

Tabela 5. Resultado do ajuste dos modelos de distribuição de abundância das espécies (Log Série, Log Normal e Broken Stick) das comunidades arbóreas de diferentes classes de histórico de uso em uma mesorregião da Caatinga. Legenda: Valor de Qui-quadrado (X^2).

Table 5. Results of the fit of species abundance distribution models (Log Series, Log Normal, and Broken Stick) of tree communities in different land use history classes in a Caatinga mesoregion. Legend: Chi-square value (X^2).

| Classe de histórico de uso | Log Série | | Log Normal | | Broken Stick | |
|----------------------------|-----------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------|
| | X^2 | <i>p</i> valor | X^2 | <i>p</i> valor | X^2 | <i>p</i> valor |
| Agricultura | 33,02 | 0,02 | 4,52 | 0,34 | 217,3 | 4,32E-27 |
| Corde de Madeira | 15,68 | 0,03 | 1,61 | 0,2 | 43,34 | 4,50E-06 |
| Pecuária | 174,9 | 3,17E-27 | 6,38 | 0,17 | 460 | 1,43E-81 |

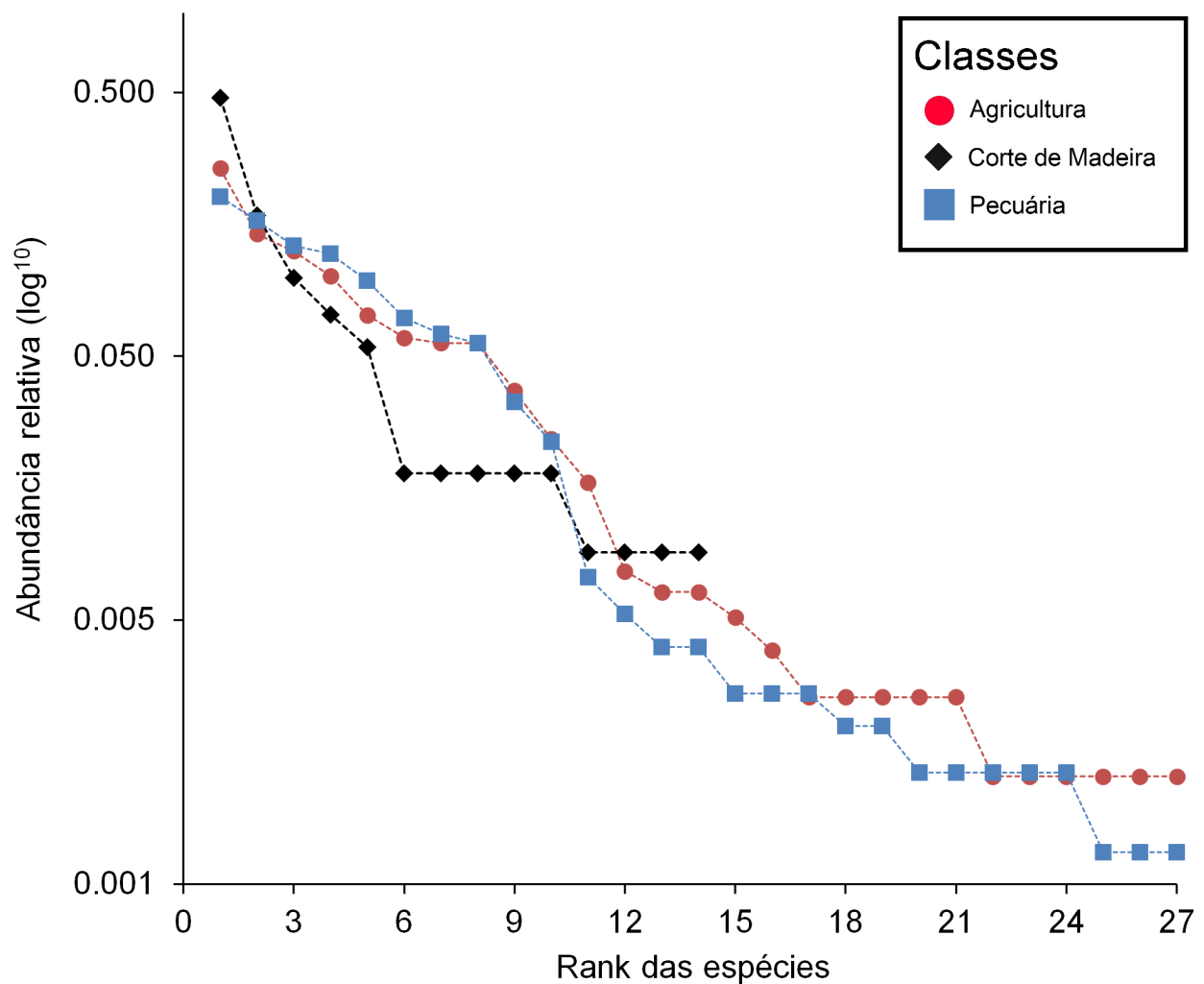


Figura 5. Ranqueamento da abundância relativa logaritimizada (\log_{10}) das espécies arbóreas nas comunidades das distintas classes de histórico de uso investigadas de uma mesorregião da Caatinga.

Figure 5. Log-rank of relative abundance (\log_{10}) of tree species in the communities of the investigated distinct land use history classes of a Caatinga mesoregion.

investigadas com histórico de corte de madeira sustenta a existência de supressão seletiva de espécies lenhosas com uso comercial nessas áreas.

O modelo Broken-Stick ou modelo de proporcionalidade de espaço baseia-se na competição interespecífica para assumir que condições ou recursos ambientais estão sendo acessados ou consumidos de maneira proporcional entre as espécies que co-ocorrem em pequenas assembleias (MacArthur 1957). Por ser um modelo de distribuição de abundância estocástico, Broken-Stick é antagônico a explicação da divisão de nicho por mecanismos e processos ecológicos ligados a interação de espécies (McGill *et al.* 2007). Com isso, é possível afirmarmos que a divisão de nicho dentro das comunidades arbóreas estudadas, formadas por espécies taxonômica e funcionalmente relacionadas, não seja orientada diretamente pelas interações interespecíficas (em espacial a competição) ligadas aos mecanismos dos diferentes históricos de uso da área investigada. Isso implica dizer que a divisão de nicho dentro dessas comunidades venha a ser melhor explicada por processos estocásticos ou pelos ajustamentos morfofisiológicos de cada espécie às condições ambientais impostas ao longo do período de abandono dessas áreas. Por exemplo, *P. retusa*, tem o crescimento e o vigor das suas sementes (Ferreira *et al.* 2021), assim como o recrutamento de plântulas e o ganho de área basal dos indivíduos da espécie (Lopes-Nunes 2022) favorecidos por elevada temperatura e reduzida umidade no solo, características comuns de áreas em regeneração que foram submetidas ao corte da vegetação (Souza *et al.* 2015). A dormência tegumentar da semente de *P. retusa* permite que esses diásporos se mantenham em ambientes com solo parcialmente exposto por um período dilatado, como por exemplo, áreas submetidas ao corte da vegetação (Ferreira *et al.* 2021).

O elevado valor de importância de *C. pyramidale* na nossa área de estudo é um resultado que esperávamos, considerando que outras populações adensadas e amplamente distribuídas desta espécie já haviam sido registradas nas comunidades arbóreas de áreas em regeneração da Caatinga com diferentes históricos de uso (Queiroz *et al.* 2021, Jesus *et al.* 2022). Características como porte avantajado, alta sobrevivência e resiliência à herbivoria devido a

elevada taxa de crescimento foliar em condições de pouca umidade do solo (Queiroz *et al.* 2021) podem explicar a representatividade desta espécie nos parâmetros fitossociológicos avaliados no nosso estudo e de comunidades arbóreas de outras áreas em regeneração da Caatinga. O elevado valor de importância das árvores categorizadas como mortas nas três classes de histórico de uso investigadas poderia refletir um estágio avançado de sucessão da comunidade arbórea da área de estudo. Entretanto, os baixos valores de riqueza e a predominância de poucas espécies na área basal e abundância das comunidades arbóreas das três classes de histórico de uso analisados nos permite inferir que o número de indivíduos mortos esteja associado à elevada taxa de mortalidade das comunidades e baixo recrutamento de indivíduos, o que é indicativo de estágio sucessional inicial.

O baixo VI das espécies ameaçadas de extinção registradas em toda a área de estudo indica a necessidade de promoção de medidas protetivas que visem conservar populações viáveis (reproduzindo e se dispersando) dessas espécies nas áreas de Caatinga em regeneração da microrregião de Angicos. Uma dessas medidas é a implementação do plano de manejo da microrregião. Esse plano pode auxiliar o processo de recuperação natural do solo e, conseqüentemente, manter e/ou regenerar as populações das espécies nativas da Caatinga e/ou espécies ameaçadas de extinção. Das três espécies ameaçadas de extinção registradas na área de estudo, *A. urundeuva*, conhecida popularmente como aroeira, apresenta potencial de extrativismo madeireiro (Lucena *et al.* 2007), o que pode levar as populações dessa espécie à extinção local na nossa área de estudo. Ainda assim, o elevado número de indivíduos de *A. urundeuva* que registramos na área de estudo surpreende positivamente. Isso demonstra que mesmo com elevado potencial de extrativismo madeireiro dessa espécie, suas populações na área de estudo ainda são abundantes e bem distribuídas.

Em síntese, nós confirmamos as quatro primeiras hipóteses do nosso estudo, exceto para o padrão igual de distribuição da abundância das espécies arbóreas nas áreas das diferentes classes de histórico de uso investigadas (hipótese ii). Ratificamos a influência dos fatores “histórico de uso antrópico” associado ao “tempo de abandono

da área em regeneração” na composição (através de *turnover*) e estruturação das comunidades arbóreas com histórico de agricultura ou pecuária. Confirmamos também que a manutenção das espécies sem valor comercial nas áreas com histórico de corte seletivo de madeira resultou em maiores frequências, abundâncias (absoluta e relativa) e valores de importância das espécies na comunidade arbórea investigada nessas áreas, quando comparada àquelas das áreas com histórico de pecuária ou agricultura, cuja supressão da vegetação foi total. O ajuste do modelo de Broken-Stick aos dados de abundância das espécies arbóreas nas parcelas das diferentes classes de histórico de uso nos revelou que a divisão de nicho dentro das comunidades estudadas não foi orientada diretamente pelas interações interespecíficas (em especial a competição) ligadas aos mecanismos de uso do solo dessas classes. Nesse sentido, acreditamos que a divisão de nicho nessas comunidades seja melhor explicada por processos estocásticos ou pelos ajustamentos morfofisiológicos de cada espécie às condições ambientais impostas ao longo do período de abandono dessas áreas. Essa provavelmente também é a explicação atribuída para a igualdade dos valores de abundância (absoluta e relativa), área basal e valor de cobertura das espécies das comunidades arbóreas das áreas com histórico de agricultura e pecuária. A espécie mais abundante nas áreas com histórico de corte de madeira - *P. retusa*, por exemplo, apresenta características ajustadas as condições ambientais de habitats submetidos a esse uso, como por exemplo, a dormência tegumentar da semente ou investimento em ganho de área basal em áreas com elevada temperatura e reduzida umidade no solo. O registro de três espécies ameaçadas de extinção com baixos valores de importância nas comunidades arbóreas estudadas indicam que populações dessas espécies são pequenas e/ou pouco frequentes nas parcelas amostrais de cada classe de histórico de uso investigado, revelando a necessidade de promover medidas protetivas que conservem a vegetação nativa da microrregião de Angicos (ex. a implementação do seu plano de manejo). Entendemos que os resultados apresentados nesse manuscrito trazem achados sem precedentes para o entendimento do efeito de diferentes históricos de usos antrópicos e

tempos de abandono em áreas de regeneração de uma mesma microrregião da Caatinga diante de comunidades arbóreas.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, U. P., Araújo, E., Lima, A., Souto, A., Bezerra, B., Freire, E. M. X., Sampaio, E., Casas, F. L., Moura, G., Pereira, G., Melo, J. G., Alves, M., Rodal, M., Schiel, M., Neves, R. L., Alves, R. R. N., Azevedo-Júnior, S., & Telino-Júnior, W. 2012. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *Scientific World Journal*, 2012, 1–18. DOI: 10.1100/2012/205182
- APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20. DOI: 10.1111/boj.12385
- Baselga, A., & Orme, C. D. L. 2012. betapart: an R package for the study of beta diversity. *Methods in ecology and evolution*, 3(5), 808–812. DOI: 10.1111/j.2041-210X.2012.00224.x
- Baselga, A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global ecology and biogeography*, 19(1), 134–143. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2009.00490.x
- Beltrão, B. A., Rocha, D. E. G. A., Mascarenhas, J. C., Souza-Junior, L. C., Pires, S. T. M., & Carvalho, V. G. D. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Rio Grande do Norte: relatório diagnóstico do município de Pedra Preta. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil: p. 12.
- Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitosociologia: Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. 3ed. Madrid: H. Blume Ediciones: p. 820.
- Cerqueira, P., Salviano, A., Taura, T., Olszewski, N., Giongo, V., Cunha, T., & Fernandez, E. 2021. Estratégias metodológicas para o monitoramento e espacialização da salinidade e da sodicidade dos solos em projetos de irrigação. In: P. Cerqueira, C. F. Lacerda, G. G. L. Araujo, H. R. Gheyi & W. L. Simões (Eds.), *Agricultura irrigada em ambientes salinos*. pp. 363. Brasília: CODEVASF.
- Eisenlohr, P. V., Felti, J. M., Melo, M. M. R. F., Andrade, L. A., & Meira-Neto, J. A. A. 2015. *Fitosociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Casos*. 2ed. Viçosa: Editora UFV: p. 474.

- Fernandes, M. F., Cardoso, D., & Queiroz, L. P. 2020. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. *Journal of Arid environments*, 174, 1–8. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2019.104079
- Ferraz, R. C., De Mello, A. A., Ferreira, R. A., & Prata, A. P. D. N. 2013. Levantamento fitossociológico em área de Caatinga no monumento natural Grotta do Angico, Sergipe, Brasil. *Revista Caatinga*, 26(3), 89–98.
- Ferreira, T. C., de Oliveira, M. R. G., & Perez-Marin, A. M. 2021. Hydropriming para a promoção da emergência e vigor de sementes provenientes de populações do bioma Caatinga. *Research, Society and Development*, 10(4), e17910414142. DOI: /10.33448/rsd-v10i4.14142
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. DOI: doi.org/10.1002/joc.5086
- Fidalgo, O., & Bononi, V. L. R. 1984. Técnicas de coleta, preservação, e herborização de material botânico. São Paulo: Instituto de Botânica: p. 62.
- Flora e Funga do Brasil 2020 (em construção 2021). Lista das Espécies de Plantas e Fungos do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Acessado de <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/> em 01 de dezembro de 2021.
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., & Chao, A. 2016. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1451–1456. DOI: 10.1111/2041-210X.12613
- Jesus, J. B., de Oliveira, D. G., Araújo, W. S., da Cruz, L. S., & Kuplich, T. M. 2022. Influence of anthropization on the floristic composition and phytosociology of the Caatinga susceptible to desertification in the state of Sergipe, Brazil. *Tropical Ecology*, 1–11. DOI: 10.1007/s42965-021-00201-1
- Jesus, J. B., Kuplich, T. M., de Carvalho Barreto, Í. D., da Rosa, C. N., & Hillebrand, F. L. 2021. Temporal and phenological profiles of open and dense Caatinga using remote sensing: response to precipitation and its irregularities. *Journal of Forestry Research*, 32(3), 1067–1076. DOI 10.1007/s11676-020-01145-3
- Kassambara, A. 2023. Rstatix: pipe-friendly framework for basic statistical tests. R package version 0.7.2 [Computer software]. Acessado de <https://CRAN.R-project.org/package=rstatix> em 08 de março de 2023.
- Leal, I. R., Vicente, A. & Tabarelli, M. 2003. Herbivoria por caprinos na Caatinga da região de Xingó: uma análise preliminar. In: Leal, I. R., Tabarelli, M. & (Eds.), *Ecologia e conservação da Caatinga*. Recife: Ed. Universitária da UFPE. pp. 695–618.
- Lima, S. S., Cordeiro, J. L., Teixeira, L. P., Maia, R. P., da Silva, M. V., & Moro, M. F. 2022. Caracterização geográfica e dinâmica de uso da terra da Ibiapaba e seu entorno, Domínio Fitogeográfico da Caatinga. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(05), 2500–2524.
- Lopes-Nunes, A. L. D. S. 2022. Estrutura e dinâmica do componente arbustivo-arbóreo em uma área de Caatinga sob diferentes sistemas silviculturais, em Macau, RN. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. p. 59.
- Lucena, R. F. P., Albuquerque, U. P., Monteiro, J. M., Almeida, C. F. C. B. R., Florentino A. T. N., & Ferraz, J. S. F. 2007. Useful plants of the semi-arid northeastern region of Brazil - a look at their conservation and sustainable use. *Environmental Monitoring and Assessment*, 125, 281–290. DOI 10.1007/s10661-006-9521-1
- Lucena, C. M., Lucena, R. F. P., Costa, G. M., Carvalho, T. K. N., Costa, G. G. D. S., Alves, R. R. D. N., ... & Nunes, E. N. 2013. Use and knowledge of Cactaceae in Northeastern Brazil. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 9, 1–11. DOI: 10.1186/1746-4269-9-62.
- MacArthur, R. H. 1957. On the relative abundance of bird species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 43(3), 293–295.
- McGill, B. J., Etienne, R. S., Gray, J. S., Alonso, D., Anderson, M. J., Benecha, H. K., ... & White, E. P. 2007. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology letters*, 10(10), 995–1015. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2007.01094.x
- Marangon, G. P., Ferreira, R. L. C. F., Silva, J. A. A., Lira, D. F. S., Silva, E. A., & Loureiro, G. H. 2013. Estrutura e padrão espacial da vegetação

- em uma área de caatinga. *Floresta*, 43, 83–92. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v43i1.27807>
- Martins, F.R. 1991. Estrutura de uma floresta mesófila. Campinas: Ed. UNICAMP: p. 246.
- Mateucci, S. D. & Colma, A. 1982. Metodologia para el estudio de la vegetación. Washington: Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico: p. 164.
- McCune, B., & Mefford, M. J. 2011. PC-ORD: multivariate analysis of ecological data version 6.0. Booklet. Oregon: MjM Software: p. 28.
- Melo, C. L. S. M. S. D., Ferreira, R. L. C., Silva, J. A. A. D., Machuca, M. Á. H., & Cespedes, G. H. G. 2019. Dynamics of dry tropical forest after three decades of vegetation suppression. *Floresta e Ambiente*, 26, 1–12. DOI: 10.1590/2179-8087.116317
- Moro, M. F., Lughadha, E. N., Filer, D. L., Araújo, F. S., & Martins, F. R. 2014. A catalogue of the vascular plants of the Caatinga Phytogeographical Domain: a synthesis of floristic and phytosociological surveys. *Phytotaxa*, 60(1), 1–118. DOI: 10.11646/phytotaxa.160.1.1
- Prado, P. I., Miranda, M. D., & Chalom, A. 2018. Package ‘sads’ for R. Acessado de <http://piLaboratory.github.io/sads> em 03 de março de 2023.
- Queiroz, M. G. D., Silva, T. G. F. D., Souza, C. A. A. D., Jardim, A. M. D. R. F., Araújo Júnior, G. D. N., Souza, L. S. B. D., & Moura, M. S. B. D. 2021. Composition of Caatinga species under anthropic disturbance and its correlation with rainfall partitioning. *Floresta e Ambiente*, 28(1), e20190044. DOI: 10.1590/2179-8087-FLORAM-2019-0044.
- Queiroz, L. P. D., Cardoso, D., Fernandes, M. F., & Moro, M. F. 2017. Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. In: J. M. C. Silva, I. R. Leal & M. Tabarelli (Eds.) *Caatinga*. pp. 23–63. Cham: Springer.
- Rangel, T. F., Diniz-Filho, J. A. F., & Bini, L. M. 2010. SAM: a comprehensive application for spatial analysis in macroecology. *Ecography* 33(1), 46–50. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2009.06299.x
- RCore Team. 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Acessado de <https://www.R-project.org> em 02 de março de 2023.
- Rodal, M. J. N., Sampaio, E. V. S. B., & Figueiredo M. A. 2013. Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico – Ecossistema Caatinga. Brasília: SB: p. 24.
- Santos, A. F. C., de Paula, A., Barreto-Garci, P. A. A. B., Corrêa, M. M., & Bombonatti, J. R. (2023). Natural regeneration dynamics in Caatinga tree submitted to forest management. *Floresta*, 53, 232–241. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v53i2.85909>
- Scolforo, J. R. S., & Mello, J. M. 1997. Inventário Florestal. Lavras: ESAL-FAEP: p. 210.
- Silva, N. L. D., Araújo Filho, J. A. D., Sousa, F. B. D., & Araújo, M. R. A. D. 1999. Pastoreio de curta duração com ovinos em caatinga raleada no sertão Cearense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34, 135–140.
- Sousa, C. D. S., Menezes, R. S. C., Sampaio, E. V. D. S. B., Lima, F. D. S., Maia, L. C., & Oehl, F. 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi in successional stages of caatinga in the semi-arid region of Brazil. *Ciência Florestal*, 24, 137–148. DOI: 10.5902/1980509813331
- Souza, B. I. D., Artigas, R. C., & Lima, E. R. V. D. 2015. Caatinga e desertificação. *Mercator*, 14, 131–150. DOI: 10.4215/RM2015.1401.0009
- Souza, V. C., & Lorenzi, H. 2012. *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III*. Ed. 3. Nova Odessa: Instituto Plantarum: p. 768.
- Torres, M. T. D. M. 2018. *Caprinocultura como atividade extensiva na vegetação do bioma Caatinga, em Floresta-PE*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Urbano da Universidade Salvador. p. 119.
- Whittaker, R. H. 1984. *Classification of plant communities*. Boston: Kluwer Academic Publishers Group: p. 408.
- Wickham, H. 2011. *ggplot2*. Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics, 3(2), 180–185. DOI: 10.1002/wics.147
- Ydoyaga-Santana, D. F., Lira, M. D. A., Santos, M. V. F. D., Ferreira, M. D. A., Silva, M. J. D. A., Marques, K. A., ... & Santos, D. C. D. 2011. Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 69–78. DOI: 10.1590/S1516-35982011000100010

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela 1. Coeficientes de Moran's *I* para sete classes de distância (em Km) a partir dos scores dos dois eixos significativos da NMDS, evidenciando que não ocorreu autocorrelação espacial para a estrutura das comunidades arbóreas avaliadas em parcelas de uma microrregião da Caatinga com diferentes históricos de usos.

Table 1. Moran's *I* coefficients in seven distance classes (Km) based on the scores of the two significant axes of the NMDS, showing that there was not spatial autocorrelation for the tree communities structure assessed in parcels of the Caatinga microregion with different use history.

Tabela 2. Espécies em ordem decrescente de VI nas comunidades arbóreas das diferentes classes de histórico de uso avaliadas em uma microrregião da Caatinga. Legenda: Número de indivíduos (N), área basal (AB), densidade absoluta (DA), densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR), dominância absoluta (DoA), dominância relativa (DoR), valor de importância (VI) e valor de cobertura (VC).

Table 2. Tree' species in descending order of importance value in communities from different classes of land use history assessed in a Caatinga microregion. Key: Number of individuals (N), basal area (AB), absolute density (DA), relative density (DR), absolute frequency (FA), relative frequency (FR), absolute dominance (DoA), relative dominance (DoR), cover value (VC) and importance value (VI).

Figura 1. Boxplot da mediada e quartis de parâmetros fitossociológicos das comunidades arbóreas de diferentes classes de histórico de uso avaliadas em uma microrregião da Caatinga. Legenda: Número de indivíduos (N), área basal (AB em m²), densidade absoluta (DA em 1 ha), densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA em %), frequência relativa (FR), dominância absoluta (DoA em m²/ha), dominância relativa (DoR), valor de cobertura (VC) e valor de importância (VI).

Figure 1. Median and quartiles boxplot of phytosociological parameters of tree communities from different classes of land use history assessed in a Caatinga microregion. Key: Number of individuals (N), basal area (AB in m²), absolute density (DA in 1 ha), relative density (DR), absolute frequency (FA

in %), relative frequency (FR), absolute dominance (DoA in m²/ha), relative dominance (DoR), cover value (VC) and importance value (VI).

Submitted: 03 August 2022

Accepted: 15 May 2023

Published online: 01 June 2023

Associate Editor: Bianca Ott Andrade