



SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS EM ÁREAS DE NUCLEAÇÃO COMO TÉCNICA DE RESTAURAÇÃO NA CAATINGA

Valeska Regina Silva Martins Mendes^{1*}, Fernando José Freire¹, Débora de Melo Almeida¹, Renato Garcia Rodrigues², Daniela Cristine Mascia Vieira²

Universidade Federal Rural de Pernambuco¹, Universidade Federal do Vale do São Francisco – Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental²

* valeskamartins04@gmail.com

RESUMO

A Caatinga, bioma exclusivo do semiárido brasileiro, tem sido degradado, especialmente por grandes empreendimentos, como o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), que resultou na supressão de milhares de hectares de vegetação nativa. Como forma de compensação ambiental, adotou-se a técnica de nucleação, com plantio de mudas de espécies nativas pioneiras e secundárias. Este estudo avaliou a taxa de sobrevivência de mudas, três anos após o plantio, em 60 núcleos localizados no município de Cabrobó, PE, sendo 30 com espécies pioneiras (NEP) e 30 com espécies secundárias (NES). Foram avaliadas a mortalidade por indivíduos e por espécies e os dados submetidos à análise de variância e teste t-Student ($p < 0,01$). Os resultados indicaram que não houve diferença significativa entre os dois tipos de núcleo, com taxas de mortalidade por indivíduo próximas de 47%. No NEP, todas as espécies apresentaram algum grau de mortalidade, com destaque para quatro espécies que superaram 50%, sugerindo baixa adaptação ou vulnerabilidade a fatores como herbivoria, especialmente devido à ausência de cercamento. As espécies *Cnidoscolus quercifolius* e *Aspidosperma pyrifolium* apresentaram baixa mortalidade, sugerindo boa adaptação às condições locais. Nos NES, apesar das maiores exigências ambientais das espécies, a maioria teve desempenho satisfatório, com exceção de algumas que atingiram 100% de mortalidade. Conclui-se que a seleção adequada de espécies é fundamental para o sucesso da restauração na Caatinga, e que a nucleação pode ser uma estratégia viável, mesmo em condições adversas.

Palavras-chave: Recuperação de área degradada; Grupo ecológico; Taxa de mortalidade; Semiárido; Mudas florestais.

INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga representa uma grande porção do território nacional, estando quase que plenamente inserido na região Nordeste e uma pequena porção no Norte de Minas Gerais. Nesse bioma está presente o maior núcleo contínuo de floresta tropical sazonalmente seca da América do Sul, com elevada diversidade de espécies florestais (FERNANDES *et al.*, 2020). Contudo, a antropização do bioma em larga escala vem afeitando de forma negativa a distribuição e sobrevivência das espécies florestais (SILVA; BARBOSA, 2017).

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF é um exemplo de degradação florestal na Caatinga, porque pelo fato de percorrer trechos com diferentes índices pluviométricos e taxa de aridez, provocando uma intensa ação antrópica sobre a Caatinga. O PISF é a maior obra de infraestrutura hídrica realizada no Brasil, com o intuito de disponibilizar água para população presente na região Semiárida do Nordeste brasileiro, por meio de canais hídricos. Para isso, cerca de 28 mil hectares de floresta foram desmatados legalmente, com extensões de aproximadamente 400 km nos eixos Norte e Leste (SOCOLOWSKI *et al.*, 2021). Assim, como compensação ambiental, é necessário restaurar esses ambientes que foram degradados e monitorá-los.

A nucleação florestal com plantio de mudas pioneiras e secundárias nativas do bioma Caatinga foi um dos métodos adotados para restauração das áreas, com os objetivos de acelerar a regeneração natural nas áreas degradadas e possibilitar a conectividade entre os fragmentos (SOCOLOWSKI *et al.*, 2021). Assim, avaliar essas áreas em processo de restauração é essencial para averiguar a efetividade do método aplicado, especialmente quanto a sobrevivência inicial das mudas implantadas (BRANCION *et al.*, 2012), tendo em vista as condições adversas do bioma. Segundo os mesmos autores, a taxa de mortalidade é um indicador eficiente na avaliação da restauração florestal no período de pós-implantação das mudas (1 a 3 anos pós-implantação). Diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar a sobrevivência de mudas arbustivo-arbóreas implantadas em diferentes tipos de núcleos, três anos após o plantio, em áreas de restauração de Caatinga.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado as margens do canal do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF, no eixo Norte, localizado no município de Cabrobó, PE, Brasil ($8^{\circ} 26' 52'' S$, $39^{\circ} 24' 54'' W$). As áreas amostrais consistiram de 30 núcleos de mudas com espécies pioneiras (NEP) e 30 núcleos de mudas com espécies secundárias iniciais e tardias (NES), totalizando duas diferentes áreas amostrais. A fitofisionomia da região é classificada como Savana-estépica arborizada, o clima é do tipo Bhs, temperatura média anual de $24,6^{\circ}C$ e a pluviosidade aproximada de $555,1 \text{ mm ano}^{-1}$. O índice de aridez é de 0,31, o que caracteriza o clima como semiárido.

Foram utilizados no plantio 20 espécies de plantas nativas da Caatinga, sendo seis espécies arbustivo-arbóreas pioneiras (*Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc., *Cenostigma pyramidale* (Tul.) E. Gagnon & G.P. Lewis, *Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus* Baill. e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir), 12 secundárias iniciais (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz, *Manihot carthagenensis* (Jacq.) Müll.Arg. e *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore) e tardias (*Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm., *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl., *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillet, *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Pseudobombax marginatum* (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A. Robyns, *Sapindus saponaria* L., *Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Havenschild, *Schinopsis brasiliensis* Engl.) e 2 cactáceas (*Pilosocereus gounellei* (F.A.C. Weber) Byles & G.D. Rowley e *Xiquexique gounellei* (F.A.C. Weber) Lavor & Cavalcante) (Tabela 1), selecionadas a partir do levantamento florístico de áreas em torno do PISF. Os critérios utilizados para seleção das espécies arbustivo-arbóreas foram origem, síndrome de dispersão, atrativo para fauna dispersora e facilidade de produção de mudas em viveiro.

No NEP foi adotado o plantio espaçado de mudas em área total de 64 m^2 ($8 \text{ m} \times 8 \text{ m}$) com nove indivíduos e quatro indivíduos de cactos. Em contrapartida, no NES foi utilizado o plantio adensado de mudas em área total de $23,04 \text{ m}^2$ ($4,8 \text{ m} \times 4,8 \text{ m}$) com espécies secundárias iniciais e tardias (dez indivíduos) e três indivíduos de cactos (localizados na linha central do núcleo). O plantio foi realizado em covas com dimensões de $0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$. No preparo do solo, a adubação foi composta por esterco curtido (fonte principal de N, P e K) e pó de rocha - MB4, além da aplicação de hidrogel para manter a umidade inicial das plantas. Nos NES foi realizado o cercamento em forma de coroa com galhos de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. à 1 (um) m de altura. Nos NEP não foi realizado o cercamento.

As áreas foram avaliadas três anos após o plantio, mensurando-se a taxa de mortalidade por indivíduos e espécies arbustivo-arbóreas, para isso, foram contabilizados todos os indivíduos implantados nos NEP e NES, junto ao Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), órgão responsável pela implantação dos núcleos, e identificados no atual levantamento todos os indivíduos mortos. Em seguida, os dados da taxa de mortalidade por indivíduo e espécie foram submetidos a análise de variância e quando os efeitos foram significativos, eles foram comparados por meio do teste t-Student ($p<0,01\%$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de mortalidade nas áreas de nucleação quanto a mortalidade por indivíduos e espécies plantadas não apresentaram diferenças estatísticas pelo teste t de Student ($p<0,01$) para ambos os parâmetros nas áreas amostrais. Com relação a taxa de mortalidade de indivíduos por núcleo, no qual se relaciona a quantidade de indivíduos mortos com o número de indivíduos plantados, desconsiderando-se o tipo de espécie, constatou-se médias aproximadas, de 47,7% para NEP e 46% para NES, o que significa que em ambos os tipos de núcleos ocorreram mortes de indivíduos plantados com proporções aproximadas, porém inferiores a 50%.

No decorrer do processo de restauração é comum a mortalidade das mudas, principalmente em ambiente com elevado nível de degradação. Os três primeiros anos após o plantio das mudas, classificada como a fase pós-implantação, é decisivo para o estabelecimento das mudas, devido a área apresentar baixa disponibilidade de recursos, o que acirra a competição entre as plantas (BRANCALION *et al.*, 2012). Na região Semiárida, essa competição é agravada pela baixa disponibilidade de recursos hídrico e elevadas temperaturas (RAMOS *et al.*, 2023), o que pode elevar a taxa de mortalidade das mudas.

É importante destacar que quando os núcleos foram selecionados para avaliação, todos os núcleos para ambas as condições (Pioneiras e Secundárias), apresentavam taxa de sobrevivência maiores do que 70% (levantamento realizado aproximadamente um ano após implantação das mudas), o que significa que no decorrer desses dois anos a taxa de mortalidade dos indivíduos elevou. Porém, constatar taxas de mortalidade entre núcleos para o número de indivíduos plantados inferiores a 50% numa região onde a disponibilidade hídrica e elevadas temperaturas são fatores limitantes para sobrevivência das plantas pode ser considerado um ponto positivo, especialmente no NES, no qual as espécies são mais exigentes as condições do meio ao qual estão inseridas.

Neste sentido, avaliar a taxa de mortalidade por espécie é necessário, pois permite identificar quais são as espécies mais adequadas para utilização em projetos de restauração no Semiárido, além de identificar a situação atual das mudas.

A taxa de mortalidade de espécies por núcleos foi relativamente maior nos NES (51%) quando comparados aos NEP (43,2%), porém não diferiram estatisticamente. Ao avaliar a composição das espécies nas duas áreas de nucleação, observou-se que nos NEP todas as espécies apresentaram taxas de mortalidade, com percentagem máxima de 70%. Nos NES não foi observado o mesmo padrão, constatando espécies com 0% e 100% de taxa de mortalidade (Figura 1).

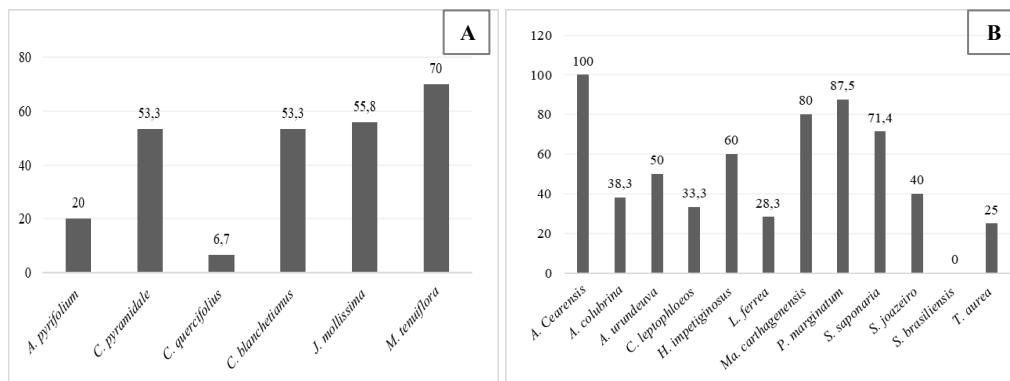


Figura 1. Taxa de mortalidade das espécies plantadas nas áreas de nucleação com plantio de espécies pioneiras (NEP) (A) e secundárias (NES) (B) do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF, Cabrobó, PE, Brasil.

Figure 1. Mortality rate of planted species in nucleation areas with pioneer species (NEP) (A) and secondary species (NES) (B) from the São Francisco River Integration Project with Watersheds of the Northern Northeast – PISF, Cabrobó, PE, Brazil.

No tocante aos NEP, foi identificado que das seis espécies plantadas, quatro apresentaram taxas de mortalidade superiores a 50% (*Mimosa tenuiflora*, *J. mollissima*, *C. blanchetianus* e *C. pyrifolium*), no qual são espécies frequentemente utilizadas em projetos de restauração florestal na região Semiárida da Caatinga, devido as espécies em questão se adaptarem com maior facilidade as condições escassas do ambiente (FERNANDES et al., 2024). Um dos possíveis motivos associados a elevada taxa de mortalidade dessas espécies é a herbivoria - exótica local, principalmente por ovinos e caprinos. A circulação desses animais pode elevar a taxa de mortalidade das espécies ainda jovens (MELO, 2017) e os NEP não foram cercados, o que facilitou o acesso desses animais ao local.

A *A. pyrifolium* e *C. quercifolius* foram as espécies nos NEP com menor taxa de mortalidade, especialmente a *C. quercifolius*, a qual estava localizada no centro de todos os NEP. A *C. quercifolius* é uma planta arbustiva, que se adapta a baixa disponibilidade de recursos hídricos e elevadas temperaturas, utilizada na restauração de áreas degradadas na Caatinga (FERNANDES et al., 2024). A espécie apresenta em sua estrutura externa tricomas urticantes aciculiformes, que atuam como mecanismo de defesa à herbivoria (NASCIMENTO et al., 2023), o que pode ter favorecido a sobrevivência da espécie.

Além disso, o fato da *C. quercifolius* estar localizada no centro dos núcleos pode ter facilitado a sobrevivência da espécie, devido as condições mais amenas na parte interna dos núcleos. Com o desenvolvimento das espécies, o clima dentro dos núcleos tende a melhorar, devido ao crescimento vegetativo, o que promove menor incidência de luz solar, favorecendo a melhoria na qualidade do solo (MICHAELS et al., 2020), podendo beneficiar principalmente as espécies localizadas no centro dos núcleos.

Com relação aos NES, das 12 espécies utilizadas para restauração, apenas cinco espécies tiveram mortalidade acima de 50% (Figura 2), em que uma é classificada como secundária inicial (*M. carthagrenensis*) e quatro como secundárias tardias (*A. Cearensis*, *P. marginatum*, *S. juazeiro* e *H. impetiginosus*).

Tendo em vista as exigências das espécies secundárias para efetivo de desenvolvimento e as condições locais (supressão da vegetação, baixa disponibilidade de recursos hídricos e elevadas temperaturas) onde as mudas foram inseridas, identificar taxas de mortalidade, para maioria das espécies, inferiores a 50% pode indicar o potencial das espécies secundárias na restauração florestal de áreas de Caatinga sob elevado nível de degradação. Neste sentido, algumas estratégias podem contribuir para esse resultado, como o cercamento dos núcleos com galhos e a disposição das espécies nos núcleos (POORTER et al., 2021; KRISHNA; MOHAN, 2017).

Quanto a seleção das espécies nos NES, observou-se que a *A. Cearensis*, *M. carthagrenensis* e *P. marginatum* demonstraram taxas de mortalidade superiores a 70%, atingindo 100% para *A. Cearensis*, o que

significa que apesar das estratégias adotadas, as espécies não conseguiram se adaptar bem as condições locais, ocasionando a mortalidade de seus indivíduos. Assim, incluir essas espécies na fase inicial de restauração pode não ser o mais indicado.

CONCLUSÕES

- As taxas de mortalidade por indivíduo e por espécie foram semelhantes entre os núcleos com espécies pioneiras (NEP) e secundárias (NES), com valores inferiores a 50%.
- No NEP, a maioria das espécies apresentou alta mortalidade, sugerindo baixa adaptação ou vulnerabilidade a fatores como herbivoria, especialmente devido à ausência de cercamento.
- As espécies *C. quercifolius* e *A. pyrifolium* destacaram-se pela baixa mortalidade, sugerindo boa adaptação às condições locais.
- Nos NES, a maior parte das espécies apresentou desempenho satisfatório, indicando viabilidade para uso em restauração, embora algumas tenham mostrado alta mortalidade.
- Algumas espécies dos NES, como *A. cearensis*, *P. marginatum* e *H. impetiginosus*, apresentaram mortalidade igual ou superior a 70%, indicando que sua introdução na fase inicial da restauração pode não ser recomendada.
- A seleção criteriosa de espécies é essencial para o sucesso da restauração em áreas degradadas da Caatinga.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) pela disponibilização das áreas de pesquisa e todo o suporte no decorrer da pesquisa. À Universidade Federal Rural do Pernambuco (UFRPE) pela disponibilização de bolsa para pós-graduação e infraestrutura.

REFERÊNCIAS

- BRANCALION, P. H. S.; VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. 2012. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração, in: Martins, S.V. (Ed.), **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, Viçosa UFV, p. 262–293, 2012.
- FERNANDES, S. P. dos S.; BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A.; MARTINS, K. B. da S. Survival and growth of planted and naturally established trees in a degraded caatinga area. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 37, n. 11788, 2024.
- FERNANDES, M. F.; CARDOSO, D.; QUEIROZ, de L. P. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. **Journal of Arid Environments**, v. 174, e. 104079, 2020.
- KRISHNA, M.P.; MOHAN, M. Litter decomposition in forest ecosystems: a review. **Energ. Ecol. Environ**, v.2, p.236–249, 2017.
- MELO, F. P. L. The Socio-Ecology of the Caatinga: Understanding How Natural Resource Use Shapes an Ecosystem. In: SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (eds) **Caatinga**. Springer, Cham., 2017.
- MICHAELS, T. K.; EPPINGA, M. B.; BEVER, J. D. A nucleation framework for transition between alternate states: short-circuiting barriers to ecosystem recovery. **Ecology**, v. 101, n. 9, e. 03099, 2020.
- NASCIMENTO, J. B. do; SILVA, M. I. da; MENDES, J. W. da S.; DANTAS, A. R.; RODRIGUES, F. F. G.; MONTESANO, D.; GALLO, M.; TRUCILLO, P.; ZENGİN, G.; COSTA, J. G. M. da. Chemical Composition and Biological Activities of the *Cnidoscolus quercifolius*: A Review. **Processes**, v. 11, n. 7, e. 2203, 2023.
- POORTER, L. et al. Functional recovery of secondary tropical forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 118, n. 24, 2021.
- RAMOS, M. B.; MACIEL, M. G. R.; CUNHA, S. S. da; SOUZA, S. M. de; PEDROSA, K. M.; SOUZA, J. J. L. L. de, GONZÁLEZ, E. J.; MEAVE, J. A.; LOPES, S. de F. The role of chronic anthropogenic disturbances in plant community assembly along a water availability gradient in Brazil's semiarid Caatinga region. **Forest Ecology and Management**, v. 538, e.120980, 2023.
- SILVA, J. M. C.; BARBOSA, L. C. F. Impact of Human Activities on the Caatinga, in: Silva, J.M.C., Leal, I.R., Tabarelli, M. (eds) **Caatinga**. Springer, Cham., p. 359-368, 2017.
- SOCOLOWSKI, F.; VIEIRA, D. C. M.; SOUZA, B. R.; MELO, F. P. L.; RODRIGUES, R. G. Restauración de la Caatinga: métodos propuestos para recuperar el más exclusivo y menos conocido ecosistema de Brasil. **Multequina**, v. 30, n. 2, p. 247-263, 2021.