

Heterogeneidade de substratos e diversidade de herbáceas na Caatinga sedimentar e cristalina

Mateus Cardoso Silva^{1,2*}, Rayssa Evelyn Valentim de Moraes Souza¹, Beatriz R. Lins Silva¹,
Vanessa Gomes de Oliveira¹, Felipe Pimentel Lopes de Melo¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociência, Brasil.

² Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia, Brasil.

*e-mail: mateus_cardoso1996@hotmail.com

Histórico do Artigo: Submetido, revisado e aceito pelos avaliadores no 3º Encontro de Biologia Vegetal – UFPE

RESUMO

Compreender os mecanismos que geram e mantêm a megadiversidade dos trópicos é uma questão chave para a ecologia, sobretudo em biomas tropicais poucos estudados, como por exemplo a Caatinga. Sendo assim, nosso objetivo nesse estudo foi avaliar como a heterogeneidade de substratos afeta a diversidade de herbáceas nesse ecossistema. O presente estudo foi realizado no Parque Nacional do Catimbau (PE), onde foram delimitadas 30 parcelas de 1m² distribuídas entre regiões de Vale (formações cristalinas) e de Chapada (formações sedimentares), e mensurado a cobertura de areia, cascalho, rocha e serapilheira, formando um gradiente de maturidade de substrato e outro de matéria orgânica no solo, a diversidade foi medida através da riqueza de morfo-espécies identificadas em cada parcela. Os resultados apontaram que não houve diferenciação de riqueza por substrato, e isso pode estar relacionado a fatores ecológicos ou metodológicos.

Palavras-Chaves: semiárido, filtragem de habitat, riqueza taxonômica, composição, biodiversidade.

Substrate heterogeneity and the herbaceous diversity in crystalline and sedimentary Caatinga

ABSTRACT

Understanding the mechanisms that generate and maintain the megadiversity of the tropics is a key issue for ecology, especially in tropical biomes few studied, such as the Caatinga. Therefore, our objective in this study was to evaluate how the heterogeneity of substrata affects the herbaceous diversity in this ecosystem. The present study was carried out in the National Park of Catimbau (PE), where 30 plots of 1m² was distributed between Vale (crystalline) and de Chapada (sedimentary) regions. The sand, gravel, rock and litter cover were measured, forming a gradient of substrate maturity and another of organic matter in the soil, the diversity was measured through the richness of morfo-species identified in each plot. The results showed that there was no differentiation of herbaceous richness per substrate, and this may be related to ecological or methodological factors.

Keywords: semi-arid, habitat filtering, taxonomic richness, composition, biodiversity

1. Introdução

A região tropical abriga uma biodiversidade excepcional (GASTON, 2000; HAWKINS, 2001). Identificar os mecanismos que geram e mantém essa megadiversidade é uma questão central dentro da agenda de pesquisas ecológicas (BROWN, 2014). Tais mecanismos englobam efeitos *bottom-up*, posicionando a produtividade primária enquanto um regulador da diversidade do nível trófico consumidor (e.g. herbívoros, predadores) (HUTCHINSON, 1959). Assim como como *top-down*, atribuindo à inimigos naturais a regulação denso-dependente da biodiversidade do nível trófico produtor (e.g. plantas e corais) (JANZEN, 1970; CONNELL, 1978). Por outro lado, mecanismos abióticos também atuam na regulação da biodiversidade tropical, como a radiação solar intensificando as das taxas de mutação, ampliando a variabilidade genética e promovendo especiação, assim como a temperatura intensificando as atividades metabólicas, reduzindo os ciclos de vida e também promovendo a especiação (BROWN, 2014).

Dentro desse cenário de mecanismos geradores e mantenedores da diversidade destacamos o papel da heterogeneidade ambiental, pressuposto chave do mecanismo filtragem de habitat que leva à alta diversidade beta (β , i.g. dissimilaridade na composição de espécies entre localidades) e gama (γ , i.g. *pool* regional de espécies). Habitats ambientalmente heterogêneos abrigam uma gama de microhabitats que invariavelmente atuam como filtros para o *pool* regional de espécies vegetais. Por exemplo, diferentes tipos de substratos (e.g. solo, rocha) permitem o estabelecimento apenas das plantas capazes de explorar os recursos e tolerar as condições de um substrato específico. Dessa forma a presença/ausência dessas espécies fica restrita à uma determinada porção do habitat, evitando a coexistência de possíveis competidores e a exclusão competitiva. A heterogeneidade ambiental e filtragem de habitat permitem não apenas a coexistência das espécies no espaço, mas podem atuar também na geração da diversidade, o que traz à luz a relevância desse mecanismo para compreender o surgimento e coexistência das espécies, sobretudo nos trópicos (VIDAL et al., 2011).

A megadiversidade dos trópicos é conhecida há pelo menos 3 séculos (BROWN, 2014), contudo, esse conhecimento se concentrou em florestas tropicais úmidas, como a Amazônia, floresta do Congo e Indonésia. Dessa forma, as florestas secas ficam entre os ecossistemas florestais menos estudados e, conseqüentemente, os mais ameaçados do mundo, podendo estar em maior risco que as florestas tropicais úmidas (BLACKIE et al. 2014). Dentro deste cenário, o bioma da Caatinga, um ambiente tropical localizado no semiárido brasileiro, abriga diferentes regiões com alta heterogeneidade ambiental, que podem se diferenciar em oito ecorregiões distribuídas desde o estado do Piauí a Bahia. A Caatinga forneceu cenário para a evolução e irradiação de linhagens de plantas únicas, que contrastam com as linhagens de florestas tropicais úmidas na medida que as plantas desta floresta seca desenvolveram adaptações excepcionais para lidar com um ambiente “hostil”, com chuvas irregulares e secas prolongadas. Estudos recentes vêm fornecendo coletivamente, novas ideias de sobre como compreender os padrões de diversidade e os processos biogeográficos e de diversificação, de uma caatinga com uma flora altamente diversificada e endêmica. Também se tem sugerido que as florestas secas fornecem bens e serviços significativamente diferentes daqueles das florestas úmidas, exigindo diferentes abordagens para o manejo e conservação. (SILVA et al., 2017; QUEIROZ et al., 2017).

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo é compreender como a heterogeneidade ambiental afeta a diversidade de herbáceas, tomando a Caatinga como ecossistema modelo, em vista da gama de ambientes heterogêneos, sobretudo tipos distintos de substratos (e.g. areia, afloramento rochoso, solo) e formações geológicas (e.g. regiões de vale, compreendendo formações cristalinas na porção baixa do terreno, e chapada, compreendendo formações sedimentares de altitude). A fim de nortear nosso estudo, elencamos a seguinte pergunta e hipótese: a heterogeneidade de substratos e formações geológicas afeta a diversidade de herbáceas na Caatinga? Esperamos que os padrões de composição de espécies sejam afetados pelos fatores ambientais citados, uma vez que os substratos e geologia englobam recursos e condições fundamentais para o desenvolvimento vegetal, como profundidade, fertilidade e matéria orgânica do solo.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Nacional do Catimbau, uma das unidades de conservação do Bioma da caatinga, que se encontra localizado entre as coordenadas geográficas $8^{\circ} 24' 00''$ e $8^{\circ} 36' 35''$ S e $37^{\circ} 09' 30''$ e $37^{\circ} 14' 40''$ W, possuindo uma área de 62.294,14 hectares. Sua extensão encontra-se distribuída nos municípios de Buíque, Tupanatinga, na microrregião do Vale do Ipanema e Ibimirim, na microrregião do Moxotó, semiárido brasileiro (DELGADO-JUNIOR & ALVES 2017).

Conhecido por possuir uma vegetação predominantemente de Caatinga arbustiva que se adaptou para suportar as condições climáticas ambientais vigentes, variando entre áreas de mata primária e áreas de mata secundária, com locais que apresentam resquícios de mata atlântica. Esta vegetação adaptada é dominada por árvores caducifólias, com muitos espinhos de folhas pequenas e com troncos retorcidos, assim como muitas plantas suculentas e muitas ervas que respondem a níveis mínimos de precipitação (300-1000 mm/ano), resposta essa manifestada por picos de folhagens no início da estação chuvosa, coordenados com floração, frequentemente, sincronizada (SILVA et al. 2017).

A composição do solo é derivada do arenito advindo do domínio geomorfológico das bacias e coberturas sedimentares, como também zonas de rochas cristalinas. Tendo o índice pluviométrico sendo influenciado pela topografia do local, possuindo precipitação anual média de 700 mm (DELGADO-JUNIOR & ALVES 2017).

Figura 1 – Vale Nacional do Catimbau



2.2 Design amostral

Para realizar o levantamento de plantas herbáceas foi utilizado o método de levantamento rápido, sendo estabelecido duas linhas de caminhadas, com roteiros distintos, direcionados a dois grandes tipos de habitats, que abrigam uma ampla gama da diversidade do local, sendo eles o vale e a chapada. A cada 60 segundos de caminhada, saiu-se da trilha e caminhou-se 10m em direções perpendiculares alternadas. Havendo 30 replicações de amostragem, onde para cada amostra delimitou-se uma área de 1m². Na área delimitada houve a contabilização das plantas herbáceas e identificação dos respectivos morfotipos encontrados. Observou-se também nas parcelas, a porcentagem média de predominância dos seguintes parâmetros: cobertura do solo, podendo variar entre: areia branca, areia escura e rocha, além da cobertura total de herbáceas e presença ou ausência de cascalho e serapilheira.

2.3 Análise de dados

Utilizamos a análise de componentes principais (PCA) para sumarizar a heterogeneidade de substratos em dois gradientes ambientais, que foram utilizados como nossas variáveis preditoras. Utilizamos dois parâmetros para acessar a diversidade de herbáceas, primeiro a riqueza (diversidade α), medida pela contagem de morfo-espécies presentes na unidade amostral. Segundo, utilizamos o escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para inferir sobre a composição de espécies. Conduzimos dois testes estatísticos para investigar o efeito da heterogeneidade de substratos na diversidade de herbáceas. Primeiro, utilizamos o teste t de *Student* para avaliar se regiões de chapada e vale possuíam riqueza e composição de espécies diferentes. Segundo, utilizamos modelos lineares para testar se os gradientes ambientais afetavam a diversidade de herbáceas. Todas as análises foram feitas no software livre R.

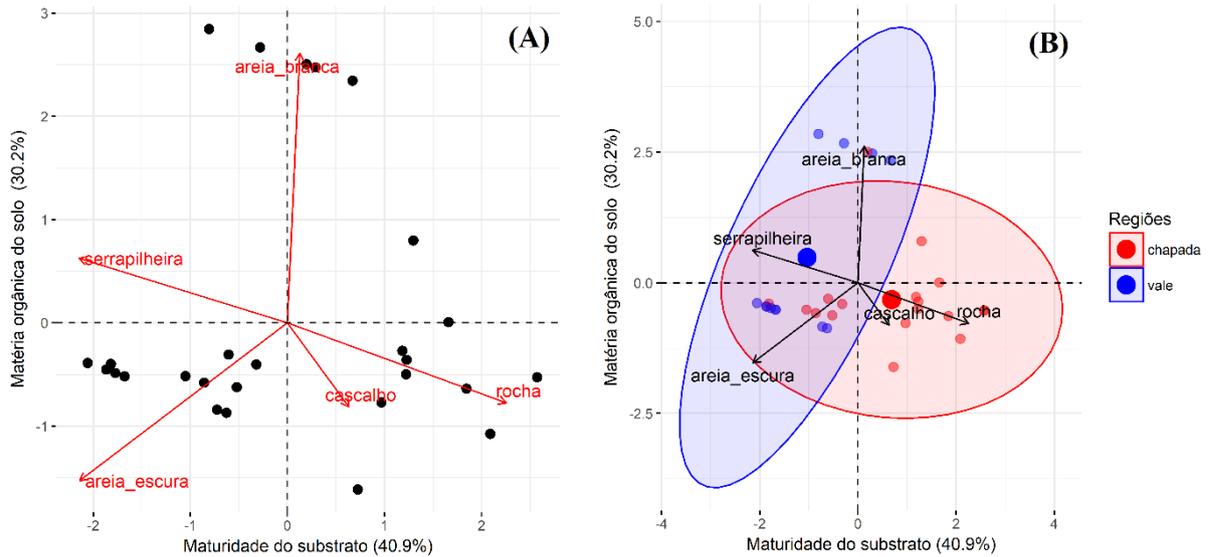
3. Resultados

3.1 Heterogeneidade de substratos e diversidade de herbáceas

Os principais gradientes ambientais resultantes da heterogeneidade de substratos são o gradiente de maturidade do solo, variando de solos com predomínio de rocha e cascalho, ou seja, ainda jovens e em formação, a solos arenosos, escuros e com maior quantidade de serapilheira, ou seja, mais estruturados e maduros. O segundo gradiente foi de matéria orgânica (MO) do solo, variando de areia branca, caracterizada por baixa quantidade de MO, e em contraposições solos predominadas por areia escura, com alta quantidade de MO (Figura 2).

Encontramos 34 morfo-espécies (diversidade γ), sendo que em média há 2,8 (\pm 1,4) morfo-espécies por unidade amostral (diversidade α).

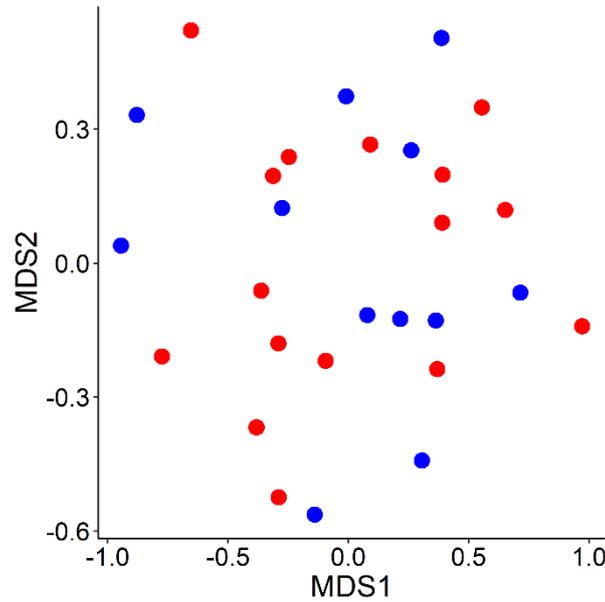
Figura 2 – Representação gráfica da análise de componentes principais (PCA). (A) Representação da heterogeneidade de substratos, note que há formação de dois gradientes ambientais, um de maturidade do solo e outro de matéria orgânica do solo, PC 1 e 2, respectivamente. (B) Separação das regiões de chapada e vale, em vermelho e azul, respectivamente.



3.2 Partição da diversidade entre chapada e vale

Regiões de chapada e vale possuem riqueza de espécies semelhante (P -valor = 0,95), da mesma forma, as dimensões da composição florística também foram similares entre chapada e vale (P -valor = 0,95 e 0,86, para dimensão 1 e 2, respectivamente), padrão que é também observado na representação gráfica da NMDS (Figura 3).

Figura 3 – Representação gráfica da análise de NMDS diferenciando a região de chapada em vermelho, e vale em azul. Indicando alta similaridade de espécies entre chapada e vale, na medida que há grande sobreposição das áreas ocupadas por tais regiões.



3.3 Gradientes ambientais e diversidade de herbáceas

Os gradientes ambientais que utilizamos para medir a heterogeneidade de substratos não apresentaram efeito significativo sobre a riqueza e composição de espécies de herbáceas (Tabela 1). Ou seja, os padrões de diversidade de herbáceas da Caatinga não foram afetados pelos gradientes de maturidade e MO do substrato.

Tabela 1 – Resultados dos modelos lineares entre os parâmetros de diversidade de herbáceas e os gradientes ambientais de substratos. Abreviações: EP: erro padrão, t: valor de t, P: valor de P, MO: matéria orgânica.

Variáveis	Estimado	EP	t-valor	P-valor
<i>Riqueza de espécies</i>				
Intercepto	2.87	0.28	10.18	< 0.001
Maturidade do solo	-0.11	0.25	-0.43	0.66
MO do solo	0.14	0.23	0.61	0.54

Maturidade x MO do solo	0.17	0.35	0.48	0.63
-------------------------	------	------	------	------

1ª dimensão da composição
(NMDS)

Intercepto	-2.74	143.92	-0.01	0.98
Maturidade do solo	-43.05	129.64	-0.33	0.74
MO do solo	-27.87	117.63	-0.23	0.81
Maturidade x MO do solo	-12.17	180.48	-0.06	0.94

2ª dimensão da composição
(NMDS)

Intercepto	0.009	0.05	0.17	0.86
Maturidade do solo	0.05	0.05	1.03	0.30
MO do solo	-0.07	0.04	-1.64	0.11
Maturidade x MO do solo	-0.08	0.06	-1.19	0.24

4 Discussão

As regiões de chapada e vale se distinguiram no tocante do tipo de substrato. Entretanto, nossos resultados apontam para a ausência de efeito da heterogeneidade de substrato e formações geológicas na diversidade de herbáceas. Esse resultado, tanto contrapõe nossa hipótese inicial quanto trabalhos prévios (PINHEIRO; RODAL; ALVES, 2010; MENDES; CASTRO, 2009; MORO et al., 2016; SILVA et al., 2013). Contudo, pode estar relacionado com dois fatores não excludentes.

Primeiro, com fatores ecológicos, como a limitação de dispersão (HUBBELL, 1979), tal processo tem natureza estocástica e caracteriza situações onde a composição de espécies é influenciada não pelas características do ambiente (determinísticas), mas sim pela limitação da capacidade de dispersão, e

consecutivamente de colonização de diversos habitats. Se a limitação de dispersão explica a ausência de relação heterogeneidade-diversidade para espécies com distribuição restrita, a plasticidade fenotípica pode explicar a ausência dessa relação para espécies com distribuição ampla (MINER et al., 2005). Uma vez que determinadas espécies possuem a capacidade de aclimatar em diversos ambientes, possuindo distribuição ampla e não se restringindo à porções específicas do ambiente. Um exemplo dessa plasticidade são as gramíneas exóticas invasoras (HULME, 2008), que inclusive foram abundantes no presente estudo.

Por outro lado, fatores metodológicos podem afetar a relação heterogeneidade-diversidade, como a sensibilidade do grupo taxonômico, ou seja, é possível que as herbáceas não sejam sensíveis à heterogeneidade ambiental aqui avaliada. O estudo de Moro et al. (2015) embasa essa hipótese, uma vez que mostra que espécies do hábito arbóreo possuem estruturação filogenética maior que as herbáceas, sugerindo que processos como filtragem de habitat, mecanismo resultante da heterogeneidade ambiental, são mais fortes na montagem das comunidades arbóreas do que herbáceas. Semelhantemente, é igualmente possível que as variáveis de substrato selecionadas não sejam as mais relevantes para os padrões de diversidade de herbáceas na Caatinga.

5 Conclusão

Nosso estudo não encontrou relação significativa entre heterogeneidade ambiental e biodiversidade, sendo que tal padrão pode estar sob influência de fatores ecológicos relacionados à limitação de dispersão e plasticidade das espécies, bem como fatores metodológicos como sensibilidade do grupo taxonômico estudado. Futuros estudos podem se concentrar em processos estocásticos bem como metodologias mais refinadas para o estudo da relação heterogeneidade e diversidade.

6 Agradecimentos

A equipe agradece ao professor Felipe Melo pela promoção da aula de campo e apoio nas interpretações das análises. Também agradecemos à Universidade Federal de Pernambuco, especialmente PROACAD, pelo apoio financeiro.

7 Referências

BLACKIE, R.; BALDAUF, C.; GAUTIER, D.; GUMBO, D.; KASSA, H.; PARTHASARATHY, N.; PAUMGARTEN, F.; SOLA, P.; PULLA, S.; WAEBER, P.; SUNDERLAND, T. **As florestas tropicais secas: O estado de conhecimento global e recomendações para futuras pesquisas**. Documento para Discussão. Bogor, Indonésia: CIFOR. 2014.

HUTCHINSON, G. E. **Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals?** The American Naturalist, v. 93, n. 870, p. 145-159, 1959.

BROWN, J. H. **Why are there so many species in the tropics?** Journal of biogeography, 41(1), 8-22. 2014.

DELGADO-JUNIOR, G. C., & ALVES, M. **Diversity of climbing plants in Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, Brazil**. Rodriguésia, 68(2), 347-377. 2017.

HUBBELL, S. P. **Tree dispersion, abundance, and diversity in a tropical dry forest**. Science, 203(4387), 1299-1309. 1979.

JANZEN, H. D. **Herbivores and the number of tree species in tropical forests.** The American Naturalist, v. 104, n. 940, p. 501-528, 1970.

CONNELL, H. J. **Diversity in tropical rain forests and coral reefs.** Science, v. 199, n. 4335, p. 1302-1310, 1978.

HULME, P. E. **Phenotypic plasticity and plant invasions: is it all Jack?** Functional Ecology, 22(1), 3-7. 2008.

HAWKINS, B. A., & PORTER, E. E. **Area and the latitudinal diversity gradient for terrestrial birds.** Ecology letters, 4(6), 595-601. 2001.

MINER, B. G.; SULTAN, S. E.; MORGAN, S. G.; PADILLA, D. K.; & RELYEA, R. A. **Ecological consequences of phenotypic plasticity.** Trends in ecology & evolution, 20(12), 685-692. 2005.

SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. **Caatinga: The largest Tropical Dry Florest Region in South America.** 2017.

VIDAL, M.; XIMENEZ, S.; DE SANTANA, E. M.; SGARBI, L. F. **Efeito da heterogeneidade ambiental sobre a diversidade beta de comunidades de formigas.** 2011.

GASTON, J. K. **Global patterns in biodiversity.** Nature, v. 405, n. 6783, p. 220, 2000.

MORO, M. F. et al. **The role of edaphic environment and climate in structuring phylogenetic pattern in seasonally dry tropical plant communities.** PLoS One, v. 10, n. 3, p. e0119166, 2015.

PINHEIRO, K; RODAL, M. J. N.; ALVES, M. **Floristic composition of different soil types in a semiarid region of Brazil.** Revista Caatinga, v. 23, n. 2, p. 68-77, 2010.

MENDES, M. R. A.; CASTRO, A. A. J. F. **Vascular flora of semi-arid region, São José do Piauí, state of Piauí, Brazil.** Check List, v. 6, n. 1, p. 039-044, 2009.

MORO, M. F. et al. **A phytogeographical metaanalysis of the semiarid Caatinga domain in Brazil.** The Botanical Review, v. 82, n. 2, p. 91-148, 2016.

SILVA, K. A. et al. **Spatial variation in the structure and composition of the herbaceous community in a semiarid region of northeastern Brazil.** Brazilian Journal of Biology, v. 73, n. 1, p. 135-148, 2013.