Mens Agitat
Volume II, número 1, 2007, p. 45-52 **ISSN 1809-4791**

Estratificação Vertical de uma Comunidade Arbóreo-arbustiva em uma Área de Savana Parque em Roraima, Amazônia Brasileira(1)

Reinaldo Imbrozio Barbosa(2), Moisés Mourão Jr.(3), Paulo Roberto Vale da Silva Pereira(4) e Amaury Burlamaqui Bendahan(3)

Resumo
Este estudo é um exercício de análise da estrutura vertical de uma comunidade arbóreo-arbustiva de uma área de savana, parque em Roraima, extremo norte da Amazônia brasileira. A técnica de agrupamento TWINSPAN foi aplicada a partir da medição da altura total de todos os indivíduos presentes em uma parcela de 20m x 40m. Foram amostrados 536 indivíduos (plântulas, jovens e adultos) pertencentes a 24 espécies de 18 famílias botânicas. A análise resultou na estratificação de três grupos distintos: (a) Inferior, representado por 507 indivíduos distribuídos por 24 espécies (plântulas, espécies subarbustivas ou indivíduos arbóreo-arbustivos da classe ontogênica jovem), (b) Intermediário, com 14 indivíduos de quatro espécies que transitam na faixa de altura de 2,41-4,80m e (c) Superior, indivíduos dominantes, com altura superior a 6m. A aplicação da técnica se mostrou adequada para a estratificação vertical desta comunidade arbóreo-arbustiva, podendo ser indicada como uma alternativa a estudos fitoecológicos de savanas. A técnica também sugere uma divisão de estágios sucessionais.
Palavras-chave: estratificação, savana, Roraima, Amazônia, ecologia de comunidades.

Abstract
Vertical Stratification of a Tree-shrub Community in a Savanna Park Area in Roraima, Brazilian Amazonia
This study is an exercise of vertical structure analysis of a tree-shrub community in a savanna park area in Roraima, northern of Brazilian Amazonia. The grouping technique TWINSPAN was applied in the rectangular transect (20m x 40m) where each individuals' total height was measured. 536 individuals (seedlings, sapling and adults) were sampled into 24 species of 18 botanical families. The analysis resulted in three different groups stratified: (a) Low, with 507 individuals distributed among 24 species (seedlings, sub-shrubs and tree-shrub individuals of the young ontogenetic class), (b) Intermediary, characterized by 14 individuals of four species into 2.41-4.80m class height and (c) High, dominant individuals, with height higher than 6m. Application of the grouping technique was shown appropriate for this vertical structure analysis of tree-shrub community. It could be indicated as an alternative to phytoecological studies in savannas ecosystems. The technique also suggests a division of succession stages.
Key-words: stratification, savanna, Roraima, Amazonia, community ecology.

(1) Parte do projeto Ecologia e Manejo dos Recursos Naturais das Savanas de Roraima, cadastrado na agenda de pesquisa do INPA/COPE.
(2) INPA/CPEC (Base de Roraima), Caixa Postal 96, 69301-970 Boa Vista-Roraima-Brasil, reinaldo@inpa.gov.br.
(3) Embrapa Roraima, BR 174, km 08 - Distrito Industrial, Caixa Postal 133, 69.301-970 Boa Vista-Roraima-Brasil, mmourao@cpafrr.embrapa.br; amaury@cpafrr.embrapa.br.
(4) Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, km 294, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo-Rio Grande do Sul-Brasil, paulo@cnpt.embrapa.br.

Introdução

A ecologia de comunidades visa descrever as propriedades coletivas e as interações das populações que dela fazem parte[1]. Características como riqueza, diversidade, mortalidade e natalidade podem indicar estruturas populacionais diferentes coexistindo dentro da comunidade, representada por grupos de espécies com hábitos e ciclos de vida similares. O conjunto destes fatores pode caracterizar, por exemplo, estágios sucessionais ou nichos ecológicos diferenciados.

São poucos os estudos de ecologia de comunidades vegetais nos ecossistemas de savanas de Roraima, situados no extremo norte da Amazônia brasileira. Dados derivados dos trabalhos de Miranda e Absy[2], Miranda et al.[3] e Sanaiotti[4] permitem tirar conclusões sobre a fitossociologia e a classificação das savanas regionais, mas não trabalham a idéia da espacialização dos estratos verticais e horizontais das espécies vegetais. Estudos desta natureza fazem parte do entendimento da estrutura e das relações ecológicas existentes em ecossistemas naturais, ajudando a resolver questões ligadas diretamente à conservação. Assim sendo, este estudo tem por objetivo reconhecer primariamente, por técnicas de análise multivariada de dados, a existência de estratos verticais de uma comunidade arbóreo-arbustiva de uma área de savana parque situada em Roraima. Os resultados também inferem informações sobre as espécies indicadoras de estágios de sucessão, além da riqueza e da diversidade dos estratos derivados deste ambiente amostral de savanas.

Material e métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado no Campus Experimental Água Boa, de propriedade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) de Roraima, em uma paisagem de savana parque situada nas coordenadas geográficas centrais 60º 50' 23" W e 02º 40' 13" N (Datum WGS 84), entre 25.11 e 07.12.2004. A savana parque é uma paisagem com denso estrato rasteiro (gramíneo-lenhoso) povoado por árvores que possuem um somatório de 5-20% de cobertura de copa projetada no solo, por unidade de área[5]. Toda a área de savanas de Roraima faz parte de um grande bloco de vegetação aberta (± 54.000 km^2) situado no extremo norte amazônico entre a Guiana, a Venezuela e o Brasil[6, 7, 8]. O clima de toda esta região é o Aw pela classificação de Köppen, com a precipitação média situada entre 1600-1700mm.ano^{-1} e estação seca definida entre dezembro e março[9]. O fogo é comum em toda a área de savana de Roraima, tendo sido observado pela última vez na localidade do estudo (antes das medições) entre fevereiro e março de 2003.

Coleta de dados

Os dados foram coletados a partir da instalação de uma parcela de 20m x 40m, dividida em 32 sub-parcelas de 5m x 5m para facilitar o trabalho de campo. Foram realizadas vistorias em cada uma delas para localização dos indivíduos arbóreo-arbustivos e identificação botânica de sua respectiva espécie. Dúvidas na identificação científica, principalmente de plântulas, indivíduos de pequeno porte, não-férteis e sem muitas referências morfológicas, foram sanadas criando-se grupos codificados de morfotipos que serviram para todo o experimento. Independente do diâmetro ou da fase ontogênica (plântulas, jovens ou adultos), cada indivíduo localizado teve sua altura total medida em metros e anotada em uma planilha de campo. Isto foi feito com uma fita-métrica de precisão de 1mm para as plântulas e indivíduos jovens de pequeno porte e, de uma vara de madeira graduada a cada 5cm para arbustos e árvores de maior estatura. O enquadramento dos indivíduos por hábito (árvore, arbusto, subarbusto) seguiu a definição aplicada em Miranda e Absy[2, 10] para as savanas de Roraima:

a. ***Árvores*** – indivíduos adultos que podem alcançar porte superior a 2m;
b. ***Arbustos*** – indivíduos adultos que transitam sempre entre 1-2m de altura;
c. ***Subarbustos*** – todos aqueles que nunca ultrapassam 1m.

Além disto, foi tomada a posição espacial de cada indivíduo pela medida de sua distância linear (m) em relação aos eixos, perpendicular (Y) e paralelo (X), formados a partir do início de cada uma das sub-parcelas.

Tratamento dos dados

a. Todos os dados coletados foram tabulados e distribuídos previamente por classes de altura seguindo a Fórmula de Sturges[11], como apresentado abaixo:

. NC = 1 + (3,3 x logN)

Onde "NC" é o número de classes, e "N" é o número total de indivíduos observados.

. IC = A/NC

Sendo "IC" o intervalo de classe, e "A" a amplitude máxima das medidas observadas.

b. Feita esta distribuição prévia, cada indivíduo foi codificado dentro de sua respectiva classe para a aplicação da técnica de agrupamento denominada de Two-Way Indicator Species Analysis (TWISPAN), que define um dendrograma de classificação de espécies e amostras[12]. A idéia básica foi tentar aproveitar o algorítimo de dicotomia que a técnica apresenta ao longo do processamento das informações, para facilitar o reconhecimento de estratos verticais e as principais espécies botânicas indicadoras desta estratificação.

c. Terminada a etapa anterior, foi construída uma tabela matricial onde as linhas representavam as classes de altura anteriormente definidas e, as colunas, as espécies com suas respectivas médias de altura dentro de cada classe. Foi utilizado o programa PC-ORD[13] para a aplicação do TWINSPAN (agrupamento).

d. Gerado os agrupamentos pelo TWINSPAN, cada indivíduo foi rotulado em seu estrato de altura (inferior, intermediário e superior) para a geração de um gráfico bidimensional de representação da distribuição espacial vertical da estratificação.

e. Para cada grupo de estrato de altura foi calculada a riqueza de espécies (S) e o índice de diversidade de Shannon (H), ambos segundo Maguran[14].

Resultados e discussão

Foram observados 536 indivíduos de 24 espécies arbóreo-arbustivas pertencentes a 18 famílias botânicas (Tabela 1). A distribuição prévia por classes de altura segundo o método de Sturges resultou na geração de 10 categorias de altura com amplitude de classe ajustada para 0,60m.

A aplicação do método de agrupamento (TWINSPAN) para identificação da estratificação vertical resultou na distinção de três níveis de altura com suas respectivas espécies indicadoras (Tabela 2 e Figura 1). No primeiro (Inferior) foi observado que todas as 24 espécies determinadas no estudo formavam a base da riqueza vegetal, associado a um índice de diversidade (Shannon) de 0,95. Este estrato compreende as quatro primeiras classes de altura (até 2,40m), com 0,38m de média ponderada para os 507 indivíduos. Destes últimos, 412 (81,3%) estão abaixo de 0,60m, sendo considerados como plântulas, espécies subarbustivas ou indivíduos arbóreo-arbustivos da classe ontogênica jovem. Neste estrato, as espécies com maior número de indivíduos foram *Casearia sylvestris* Sw. (188), *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K. (100) e *B. coccolobifolia* Kunth. (32).

O segundo estrato (Intermediário) foi caracterizado por quatro espécies e 14 indivíduos que transitam nas faixas de altura máxima entre 2,41-4,80m: *B. crassifolia* (L.) H.B.K (10), *Curatella americana* L. (2), *B. coccolobifolia* Kunth. (1) e *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (1). Pelo baixo número de espécies e maior concentração de indivíduos em *B. crassifolia*, o índice de diversidade foi de apenas 0,39. O terceiro estrato (Superior) foi composto exclusivamente por *Bowdichia virgilioides* Benth., uma espécie arbórea que neste estudo se constituiu dominante com altura média superior a 6m. Estes resultados são reflexo da classificação das espécies por grupos de altura pelo TWINSPAN, onde os autovalores (Eigenvalues) indicaram um forte nível de divisão para os grupamentos que diferenciavam as estruturas verticais da primeira (0,70; classe > 6,40m) e da segunda divisão (0,58; classes de 2,41m até 4,80m).

Tabela 1. Distribuição das espécies, altura média ponderada (m) e número de indivíduos (n), por classe de altura (Sturges) observada em uma área de savana parque em Roraima.

Família	Nome científico	Habito	< 0,60m		0,61-1,20m		1,21-1,80m		1,81-2,40m		2,41-3,00m		3,01-3,60m		3,61-4,20m		4,21-4,80m		4,81-5,40m		> 5,41m		Média/total	
			m	*(n)*	*m*	*(n)*	*m*	*(n)*	*m*	*(n)*	*m*	*(n)*	*m*	*(n)*	*m*	*(n)*	*m*	*(n)*	*m*	*(n)*	*m*	*(n)*	*m*	*(n)*
Annonaceae	*Xylopia aromatica* (Lam.) MArt.	Árvore	0.39	4	0.87	14	1.52	7	1.96	4	2.80	1											1.17	30
Apocynaceae	*Himatanthus articulatus* (Vahl.) Woodson	Árvore	0.55	1	0.62	1																	0.59	2
Arecaceae	*Euterpe precatoria* Mart.	Árvore	0.14	1																			0.14	1
Burseraceae	*Trattinickria* sp.	Arbusto	0.22	6			1.35	2															0.50	8
Connaraceae	*Rourea glosourdyana* v. glosouedyana Baill.	Arbusto	0.50	1	0.73	1																	0.62	2
Dilleniaceae	*Curatella americana* L.	Árvore	0.24	7	0.84	2	1.38	2			2.47	1	3.30	1									0.92	13
Erythroxilaceae	*Erythroxilum suberrosum* St. Hill	Árvore	0.33	13	0.79	9	1.50	1															0.56	23
Euphorbiaceae	*Maprounea guianensis* Aubl.	Árvore	0.26	7	0.62	1	1.55	2	2.07	3													0.90	13
Fabaceae	*Bowdichia virgilioides* Benth.	Árvore	0.33	11	0.79	2															6.45	2	1.21	15
Placourtiaceae	*Casearia arborea* (Rich.) Urban	Árvore	0.30	6																			0.30	6
	Casearia sylvestris Sw.	Árvore	0.20	182	0.87	6																	0.22	188
Malpighiaceae	*Byrsonima coccolobifolia* Kunth.	Árvore	0.29	24	0.72	8									4.20	1							0.51	33
	Byrsonima crassifolia (L.) H.B.K.	Árvore	0.23	95	1.00	3	1.48	2			2.98	4	3.25	4	3.65	1	4.30	1					0.55	110
	Byrsonima cf intermedia A. Juss	Arbusto	0.31	17	0.81	6	1.45	6															0.65	29
	Byrsonima verbascifolia (L.) DC.	Subarbusto	0.11	1																			0.11	1
Melastomataceae	*Miconia argirophylla* DC.	Arbusto			1.03	3	1.30	2															1.14	5
	Miconia cf fallax DC.	Arbusto					1.30	1															1.30	1
Moraceae	Indeterminada 2 (*Ficus* sp. ?)	–	0.18	6	1.00	2																	0.38	8
Myrtaceae	*Eugenia punicifolia* Pears.	Arbusto	0.24	11	0.90	10	1.30	2															0.62	23
	Eugenia sp.	Arbusto	0.38	10	0.90	6																	0.58	16
Ochnaceae	*Ouratea* sp.	Árvore	0.22	1																			0.22	1
Rubiaceae	*Palicorea rigida* H.B.K.	Arbusto	0.19	2																			0.19	2
Indeterminada 0	Indeterminada 0	–	0.25	2																			0.25	2
Indeterminada 1	Indeterminada 1	–	0.16	4																			0.16	4
Média/total	24	–	0.23	412	0.85	74	1.44	27	2.01	7	2.86	6	3.26	5	3.93	2	4.30	1	–	–			0.51	536

Tabela 2. Média ponderada da altura (m), riqueza (S), diversidade (H) e número total de indivíduos (n) nos estratos verticais determinados pelo método Twinspan em uma área de savana parque de Roraima.

Espécies	Estratos verticais (média/total)					
	Inferior		Intermediário		Superior	
	m	*n*	*m*	*n*	*m*	*n*
B. verbascifolia	0.11	1				
E. precatoria	0.14	1				
Indeterminada 1	0.16	4				
P. rigida	0.19	2				
Ouratea sp.	0.22	1				
C. sylvestris	0.22	188				
Indeterminada 0	0.25	2				
B. crassifolia	0.27	100	3.29	10		
C. arborea	0.30	6				
Indeterminada 2 (*Ficus* sp. ?)	0.38	8				
B. coccolobifolia	0.39	32	4.20	1		
B. virgilioides	0.40	13			6.45	2
E. punicifolia	0.44	14				
Trattinickria sp.	0.50	8				
C. americana	0.56	11	2.89	2		
E. suberosum	0.56	23				
Eugenia sp.	0.58	16				
H. articulatus	0.59	2				
R. glosourdyana v. *glosourdyana*	0.62	2				
B. cf. *intermedia*	0.65	29				
M. guianesis	0.90	13				
X. aromatica	0.98	25	2.80	1		
M. argirophylla	1.14	5				
M. cf. *fallas*	1.30	1				
Média/Total	*0.38*	*507*	*3.26*	*14*	*6.45*	*2*
Riqueza (S)		*24*		*4*		*1*
Diversidade (H)		*0.95*		*0.39*		*0*

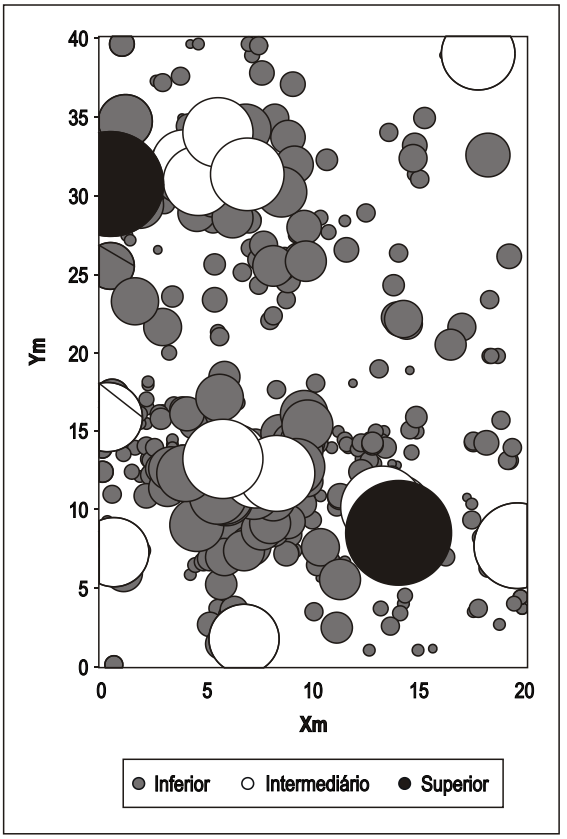

Figura 1. Distribuição espacial dos estratos verticais determinados em uma área de savana parque em Roraima: diâmetro dos círculos representa a altura total de cada indivíduo.

Indivíduos arbóreo-arbustivos estabelecidos nos estágios ontogênicos juvenis (plântulas e jovens) estão tipicamente presentes no estrato inferior, e quase sempre agregados no raio da projeção da copa dos indivíduos dos estratos intermediário e superior. Neste estrato, espécies comumente presentes nas áreas abertas das savanas locais (p. ex. *C. americana* e *B. crassifolia*) co-existem com outras mais adaptadas à ambientes mais fechados (contínuos florestais ou ilhas de mata), como *Trattinickria* sp e *Maprounea guianensis*. A co-existência destas espécies pode ser derivada das seguintes hipóteses:

1. Maior probabilidade de sobrevivência devido à menor exposição à radiação solar e a seca;
2. Local de maior disponibilidade de umidade e nutrientes por causa da maior quantidade de matéria orgânica (folhas, gravetos etc.) depositada no solo pelos indivíduos maiores;
3. Área de uso de fauna silvestre potencial dispersora de sementes (aves, mamíferos etc.).

Condições climáticas e edáficas são importantes forças operando na seleção das propriedades morfológicas e fisiológicas da vegetação de savanas[15]. Quando associadas ao fogo, podem influenciar diretamente na construção dos mosaicos de vegetação típicos destas paisagens do extremo norte da Amazônia.

As espécies contidas nos estratos intermediário e superior são as mesmas indicadas em trabalhos anteriores (Sanaiotti[2]; Miranda e Absy[3]; Miranda et al.[4]; Barbosa e Miranda[16]) como dominantes (> área basal, altura e diâmetro médio) e de mais expressiva presença (abundância) nas savanas de Roraima. Embora a amostragem seja apenas um exercício insuficiente para tirar conclusões gerais, sugere-se que estas espécies sejam consideradas como "espécies-chave" das savanas parque situadas neste grande ecossistema aberto de Roraima por serem sempre as mais representativas e abundantes[2, 17]. Este padrão indica ser fortemente influenciado pela freqüente presença de fogos neste ecossistema da Amazônia[18]. Modelos que atentem para a sucessão ecológica destes ambientes de savana, levando em consideração estratificações verticais e horizontais, necessitam armazenar informações sobre o histórico do fogo nestas áreas como forma de melhor representar este processo.

Conclusão

O método TWINSPAN se mostrou eficiente em agrupar indivíduos de diferentes estratos verticais nesta área experimental de savana parque, indicando as espécies que transitam nestes estratos. De forma geral, o estrato inferior apresentou indivíduos pertencentes a espécies de estágios sucessionais iniciais, enquanto que os demais estratos foram das espécies que suplantaram a freqüente passagem de fogos, além de condições microclimáticas e fisiológicas adversas; as denominadas "espécies-chave" das savanas locais.

Referências

1. Begon, M.; Harper, J.L.; Townsend,C.R.; Ecology – Individuals, Populations and Communities; Blackwell Scientific Publications, Boston. 1990.
2. Miranda, I.S.; Absy, M.L.; Acta Amazonica, 2000, 30(3), 423.

3. Miranda, I.S.; Absy, M.L.; Rebelo, G.H.; Plant Ecology, 2003, 164, 109.
4. Sanaiotti, T.M. Em Homem, Ambiente e Ecologia em Roraima; Barbosa, R.I.; Ferreira, E.; Castellon, E. G., eds.; INPA, Manaus; 1997.
5. Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T.; Em Cerrado - Ambiente e Flora; Sano, S. M.; Almeida, S. P., eds.; EMBRAPA, Planaltina – Distrito Federal. 1998.
6. McGill; Savanna Research Project. MacGill University, Technical Report 5; 1966.
7. Eden,M.; The Journal of the Tropical Geography, 1971, 30, 17.
8. Projeto RADAMBRASIL Levantamento de Recursos Naturais, Volume 8. Ministério das Minas e Energia. Rio de Janeiro; 1975.
9. Barbosa, R.I. Em Homem, Ambiente e Ecologia em Roraima; Barbosa, R.I.; Ferreira, E.; Castellon, E. G., eds.; INPA, Manaus; 1997.
10. Miranda, I.S.; Absy, M.L. 1997. Em Homem, Ambiente e Ecologia em Roraima; Barbosa, R.I.; Ferreira, E.; Castellon, E. G., eds.; INPA, Manaus; 1997.
11. Spiegel, M.P.; Estatística. McGraw-Hill. São Paulo. 1976.
12. Jongman,R.H.G.; ter Braak, C.J.F.; van Tongeren,O.F.R.; Data analysis in community and landscape ecology; Pudoc, Wageningen. 1987.
13. McCune,B.; Mefford, M.J. ; PC-ORD – Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 2.0. MjM Software Design. Gleneden Beach, Oregon. USA; 1995.
14. Magurran, A.E.; Ecological diversity and its measurement. Londres, Croom-Helm; 1988.
15. Medina,E.; Francisco,M.; Tree Physiology, 1994, 14, 1367.
16. Barbosa, R.I.; Miranda, I.S. Em Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris; Barbosa, R.I.; Xaud, H.A.M.; Costa e Sousa, J.M., orgs.; FEMACT-RR, Boa Vista. 2005.
17. Barbosa, R.I.; Fearnside, P.M.; Forest Ecology and Management, 2004, 199, 115.
18. Barbosa, R.I.; Fearnside, P.M.; Forest Ecology and Management, 2005, 204, 371.