GEOMORFOMETRIA LOCAL DERIVADA DOS DADOS SRTM E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

LOCAL GEOMORPHOMETRY DERIVATIVES OF DATA SRTM AND THEIR INFLUENCE ON THE FLORISTIC COMPOSITION

Polyanna da Conceição Bispo [1], Márcio de Morisson Valeriano [2], João Roberto dos Santos [3]

[1,2,3] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Av. dos Astronautas, 1758, 12.227-010 - São José dos Campos, SP, Brasil, {polyanna, valerian, jroberto }@dsr.inpe.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo verificar se a geomorfometria local afeta o padrão de composição florística de espécies em florestas tropicais. Foram amostradas 46 parcelas em diferentes sítios fitoecológicos. Os dados geomorfométricos (elevação, declividade, orientação de vertentes, curvatura horizontal e curvatura vertical) foram extraídos do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Foi realizada uma Análise de Correspondência Destendênciada (DCA) visando observar se existe um padrão de distribuição entre as parcelas com relação à composição florística correspondente ao número de indivíduos de cada espécie dentro de cada parcela amostral. Em seguida verificou-se quais variáveis geomorfométricas mais afetam a composição florística, representada pelos dois primeiros eixos da DCA, através de Análise de Regressão Múltipla (MRA). Os resultados mostraram a significância da relação entre a composição florística e as variáveis curvatura vertical e elevação. Apesar da amplitude altimétrica relativamente pequena na área de estudo, a composição florística mostrou-se sensível às peculiaridades do terreno expressas pela elevação e a curvatura vertical, evidenciadas como condicionantes de nichos ecológicos particularizados que, aliados a interações interespecíficas, contribuem para o padrão de distribuição espacial das espécies.

*Palavras-chave***:** Geomorfometria, Composição Florística, DCA, SRTM, Florestas Tropicais.

ABSTRACT

The present work aims at the assessment of local geomorphometry effects on the floristic composition of tropical forests species. The data set consisted in 46 plots sampled in different phyto-ecological sites and geomorphometric data (elevation, slope, slope aspect, curvature and vertical curvature) derived from Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) data. A Detrended Correspondence Analysis (DCA) was applied to floristic data to observe the possible distribution patterns among the plots with respect to their composition corresponding to the number of individuals of each species within each sample plot. Multiple Regression Analysis (MRA) showed the significance of curvature and elevation effects on the floristic composition as represented by the first two axes of DCA, despite the relatively small elevation amplitude of the study area. This study concluded that the floristic composition was sensitive to the peculiarities of the terrain expressed by these variables, since they reveal particularized conditions of ecological niches that, together with interspecific interactions, contribute to the spatial distribution pattern of species.

Keywords: Geomorphometry, Floristic Composition, DCA, SRTM, Tropical Forests.

INTRODUÇÃO

Os padrões de vegetação na Amazônia estão sujeitos a influência de diversos fatores ambientais. A topografia é um dos principais condicionantes da formação dos solos sob clima tropical úmido, além de afetar a distribuição dos diferentes tipos de vegetação por outros mecanismos. O efeito da topografia é muitas vezes associado às variáveis geomorfométricas de caráter local tais como a elevação, a declividade e a orientação de vertentes (WILSON e GALLANT, 2000). A elevação corresponde à altitude do terreno e

influencia a distribuição altitudinal do solo e clima, condicionando diferentes padrões de vegetação. A declividade, em conjunto com outras variáveis geomorfométricas produz uma variedade de situações ambientais, tais como: gradientes de umidade no solo entre o topo e a base de uma vertente; favorecimento de transporte de partículas de solo ao longo de um perfil; interferência na organização vertical do dossel, ocasionando variações nos ângulos de penetração e distribuição da luz no interior de florestas; promoção da aparente elevação da copa de indivíduos menores e mais jovens de modo a alcançarem mais rapidamente o dossel em áreas de declividade acentuada (GANDOLFI, 2000). A declividade e a orientação de vertentes controlam respectivamente a intensidade e a direção de fluxos de matéria e de insolação, portanto, exercem efeitos locais sobre os regimes hídricos e de energia que, em conjunto com variáveis bióticas, afetam todos os atributos da vegetação natural. QI e ZHU (2003) consideram que um conjunto básico de variáveis topográficas para caracterização local do terreno deve incluir, além daquelas já mencionadas, as curvaturas horizontal e vertical (VALERIANO, 2003; VALERIANO; CARVALHO JÚNIOR, 2003). As duas últimas combinadas representam a caracterização das formas do terreno, que se associam diretamente as propriedades hidrológicas e de transporte, bem como a natureza do substrato, que exercem influências diversas sobre a vegetação.

Embora existam vários estudos dedicados à investigação da influência das variáveis ambientais sobre a diferenciação da vegetação, ainda há poucos que testam rigorosamente os efeitos da geomorfometria sobre a composição florística de espécies arbóreas em florestas tropicais (JARVIS, 2005). A topografia local é um condicionante reconhecido na literatura (CLARK *et al*.,1998, SILVA *et al*., 2008), porém é freqüentemente caracterizada apenas com dados de elevação sem a observação e análises das demais variáveis geomorfométricas, o que permitiria uma visão mais clara e completa dos fatores envolvidos nos atributos florestais. Diante disso, o presente estudo tem como principal objetivo testar o efeito da condição geomorfométrica do terreno, extraída a partir do SRTM, sobre a composição florística em uma área de floresta tropical.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Floresta Nacional de Tapajós (FNT), a qual possui uma área aproximada de 545.000 hectares e está inserida no bioma da Floresta Amazônica, no oeste do Estado do Pará, Brasil, entre as coordenadas geográficas 55° 30’ W à 54° 36’ W e 2° 30’ S à 4° 18’ S (Figura 1). O estudo foi realizado na porção leste da FNT mais próxima a rodovia Cuiabá-Santarém. Segundo o IBAMA (2004), nesta porção são reconhecíveis 6 padrões de relevo distintos, designados: (A) Superfície pediplanada: superfície de aplainamento conservado elaborado em litologias pré-cambrianas e/ ou cenozóicas; (B) Superfície tabular erosiva: Superfície de topo aplainado, elaborado em litologias cenozóicas, geralmente limitada por escarpas e/ ou rebordos, eventualmente unida à superfície aplainada mais baixa; (C) Colinas, ravinadas e vales encaixados: drenagem aprofundada, resultando formas de relevo de topo convexo e vertentes de declive fraco, associados a vales aprofundados; (D) Dissecado em vales encaixados e ravinas: forma resultante do aprofundamento de drenagem com retomada de erosão recente; (E) Interflúvios tabulares: drenagem aprofundada, resultando em forma de relevo com topo aplainado; (F) Interflúvios tabulares com drenagem alta: drenagem aprofundada, resultando formas de relevo com topo aplainado. Segundo o RADAMBRASIL (1976), esta região contém a subregião dos Baixos Platôs da Amazônia, onde predominam solos do tipo Latossolo Amarelo Distrófico e Podzólico Vermelho Amarelo (IBAMA, 2004) e clima do tipo tropical úmido, com temperatura média anual de aproximadamente 25,50°C. A diferenciação de suas tipologias vegetais e sua variação topográfica permitiu a seleção de sítios com diferentes características fitoecológicas para a realização de um inventário florestal específico para este estudo (Figura 1).

O inventário florestal foi realizado em setembro de 2009. Para representar a variabilidade florística existente na área selecionada foram estabelecidas parcelas em nove sítios ou classes fitoecológicas, resultando em 46 parcelas de 0,25ha cada totalizando uma área amostral de 11,5 ha. Dentro de cada sítio, as parcelas foram situadas distanciando-se no mínimo 100 m entre si para favorecer a variabilidade geomorfométrica. A composição florísitica analisada corresponde ao número de indivíduos de cada espécie dentro de cada parcela amostral (estas informações submetidas a seguir a uma Análise de Correspondência Destendênciada).

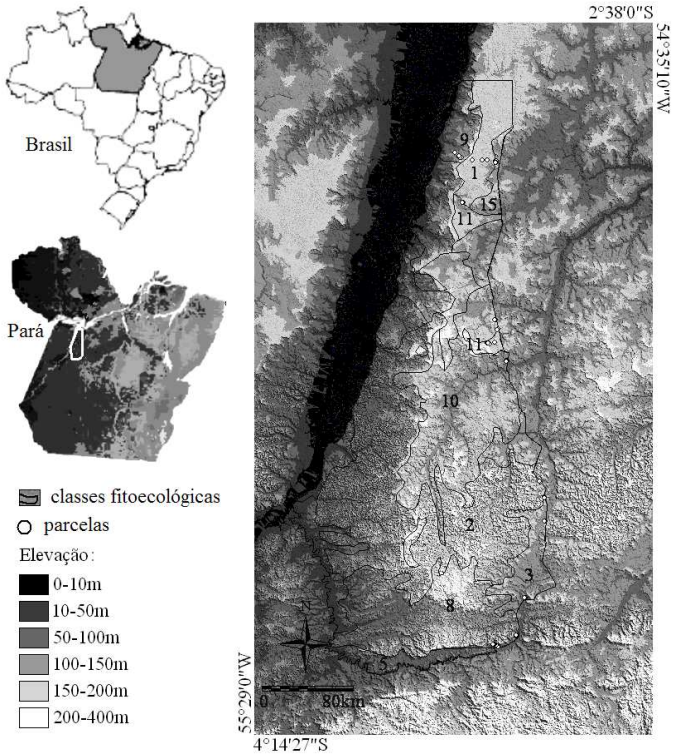

Figura 1. Localização da Floresta Nacional do Tapajós e dos sítios onde foram estabelecidas as parcelas amostrais. Ao fundo o Modelo Digital de Elevação SRTM com as classes fitoecológicas do RADAMBRASIL sobrepostas.

Figure 1. Location of the Tapajós National Forest and the sites where the sample plots were established. In the back the SRTM Digital Elevation Model with the classes of phytoecological RADAMBRASILclasses overlapped

As nove classes fitoecológicas, extraídas do mapa do RADAMBRASIL (1976), para a realização do inventário florestal foram: Floresta tropical densa das áreas sedimentares de alto platô, com árvores emergentes e floresta tropical aberta com palmeiras em platô (1); Floresta tropical densa das áreas sedimentares de relevo dissecado com árvores emergentes e floresta tropical densa das áreas sedimentares de relevo dissecado com árvores uniformes (2); Floresta tropical densa das áreas sedimentares de relevo ondulado com árvores emergentes (3); Floresta tropical aberta com palmeiras em relevo ondulado e floresta tropical aberta sem palmeiras em relevo ondulado (5); Floresta tropical densa das áreas Submontanas (áreas do embasamento e sedimentares do Pré-Cambriano e Paleozóico) de relevo dissecado com cobertura emergentes (8); Floresta tropical densa das áreas sedimentares de relevo ondulado com árvores emergentes e floresta tropical densa das áreas sedimentares de relevo dissecado com árvores uniformes (9); Floresta tropical densa das áreas sedimentares de baixo platô com árvores emergentes, floresta tropical densa das áreas sedimentares de relevo dissecado com árvores uniformes e floresta tropical aberta sem palmeiras em relevo ondulado (10); Floresta tropical densa das áreas sedimentares de alto platô com árvores emergentes (11); Floresta tropical densa das áreas sedimentares de baixo platô com árvores emergentes e Floresta tropical densa das áreas sedimentares de relevo dissecado com árvores uniformes (15).

Os dados geomorfométricos foram extraídos do TOPODATA (Banco de dados Geomorfométricos do Brasil, 2009). Este banco de dados oferece dados topográficos e suas derivações básicas em cobertura nacional elaborados a partir dos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de 90m disponibilizados pelo USGS (United States Geological Survey) pela internet, interpolados para 30m (VALERIANO, 2005). Foram utilizadas neste estudo as variáveis geomorfométricas elevação (m), declividade (%), orientação de vertentes (°), curvatura horizontal (°/m) e curvatura vertical (°/m). As posições (x,y) das observações de campos constituíram um painel amostral que foi aplicado sobre os planos de informação das variáveis geomorfométricas para extração dos valores numéricos das variáveis nos locais correspondentes. Para isso foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica (SIG) ARCGIS 9.2.

Neste trabalho, as análises foram conduzidas no sentido de investigar as relações entre a composição florística e as variáveis geomorfométricas na área selecionada. As informações foram organizadas por parcelas, em que para cada uma destas foi calculado o valor médio de cada uma das variáveis geomorfométricas. As informações florísticas foram submetidas a uma DCA (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998) para observar um possível padrão de distribuição da composição florística entre as parcelas. Em seguida foi realizado um teste de Mantel (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998) para verificar se a distância geográfica estava relacionada ao padrão florístico encontrado entre as parcelas. Com o objetivo de verificar quais variáveis geomorfométricas condicionam a variação da composição florística (representadas pelos dois primeiros eixos da DCA) foram realizadas MRA (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). No caso das regressões múltiplas, foi avaliada a presença de autocorrelação espacial entre os resíduos utilizando o Índice de Moran (ANSELIN, 1996). Confirmada a existência da autocorrelação espacial (índice de Moran próximo de 0 e p-valor < 0,05), foram utlizados filtros espaciais com o objetivo de retirar os efeitos espaciais sobre a análise. Os filtros foram construídos a partir dos eixos da Análise de Coordenadas Principais obtidos de uma matriz de distância euclidiana entre as parcelas. Os filtros foram selecionados com base nos critérios da maximização do r-quadrado e minimização do Indíce de Moran. Estes filtros foram então incluídos em uma nova análise de regressão (DINIZ-FILHO e BINI, 2005). Os programas utilizados para as análises estatísticas foram o PCORD 4.2 (DCA), SAM 3.1 (Índice de Moran e filtros espaciais), Statistic 7.0 (MRA).

RESULTADOS

As parcelas estão distribuídas sobre 6 padrões geomorfológicos distintos, alguns dos quais relacionados a classes fitoecológicas (Tabela 1) específicas: superfície pediplanada (A), associada à classe 5; dissecado em vales encaixados e ravinas (D), associado à classe 8; interflúvios tabulares (E), associados às classes 3, 15 e 9; colinas ravinadas e vales encaixados (C), associados às classe 2; interflúvios tabulares com drenagem alta (F), associados à classe 10; superfície tabular erosiva (B), associada às classes 1 e 11 (Figura 2).

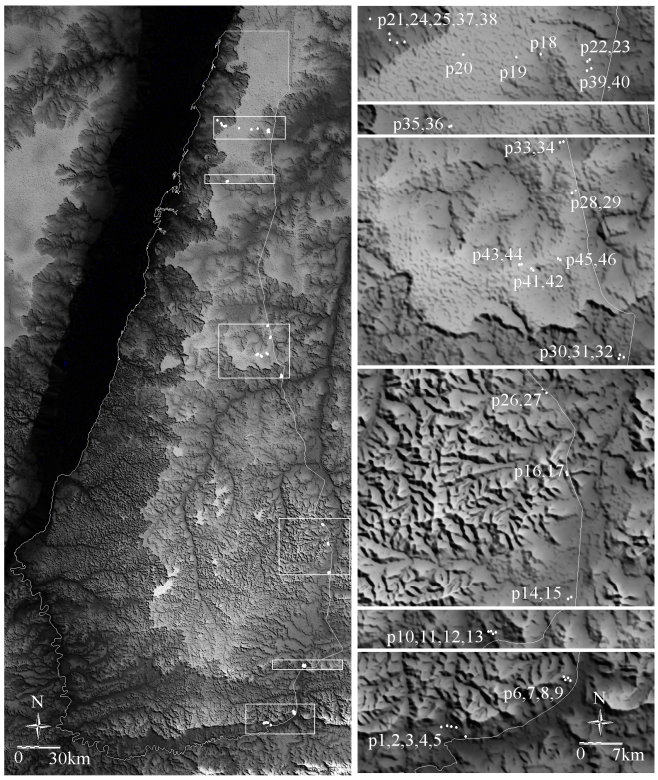

Figura 2. Distribuição das parcelas entre diferentes padrões de relevo.
Figure 2. Distribution of plots between different patterns of relief .

Nas parcelas, a elevação varia de 81 a 218m e a declividade de 2 a 27%. Nos 11,5 hectares amostrados no inventário florestal, foram encontrados 4.448 indivíduos arbóreos, distribuídos em 49 famílias botânicas e em 232 espécies. O povoamento florestal apresentou em média uma abundância de 386 indivíduos/ha e uma

riqueza de 20 espécies/ha. A DCA aplicada sobre os dados florísticos mostrou que a composição florística obedece a um padrão de distribuição na área estudada (Figura 3). Considerando a dispersão das parcelas em um espaço formado pelos dois primeiros eixos da DCA, que representam 51,2% da variação da composição florística, foi possível observar a formação de três grupos distintos. Estes foram associados às classes fitoecológicas do RADAMBRASIL (1976).

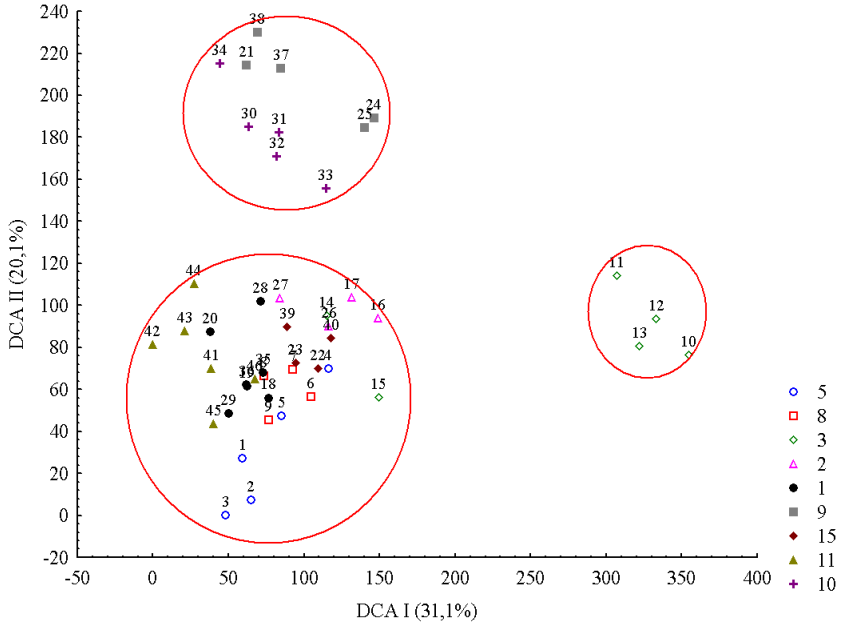

Figura 3. Análise de Correspondência Destendênciada (DCA) para a semelhança na composição florísitica entre as parcelas. À direita a legenda representando as nove classes fitoecológicas.

Figure 3. Detrended Correspondence Analysis (DCA) for the similarity in composition between plots florísitica. At right, the legend representing the nine phytoecological classes.

Tabela 1. Análises de Regressão entre a composição florística e as variáveis geomorfométricas (HN-curvatura horizontal, ZN-elevação, ON-orientação de vertentes, SN- declividade e VN-curvatura vertical).

Table 1. Regression analysis between the floristic composition and the geomorphometric variables (HN-horizontal curvature, ZN-elevation, ON-sspect of the slope, SN-declivity and VN- vertical curvature).

	Primeiro eixo da DCA		
	[1]B	**[2]t**	**p-level**
HN	-0,119959	-0,74640	0,460273
ZN	-0,348203	-1,98164	0,055195
sen ON	0,016640	0,13872	0,890443
cos ON	0,153170	1,33701	0,189607
SN	0,121741	0,82675	0,413823
VN	**0,410692**	**2,50513**	**0,016905**
Spatial Filter nº 1	0,219409	1,29564	0,203344
Spatial Filter nº 2	0,201260	1,46450	0,151736
Spatial Filter nº 3	**0,367970**	**2,86328**	**0,006949**
	Segundo eixo da DCA		
HN	-0,257887	-1,92525	0,062126
ZN	**-0,975090**	**-6,65824**	**0,000000**
sen ON	-0,019942	-0,19948	0,843013
cos ON	0,092972	0,97372	0,336693
SN	0,106652	0,86902	0,390594
VN	**0,419142**	**3,06759**	**0,004083**
Spatial Filter nº 1	**-0,987797**	**-6,99878**	**0,000000**
Spatial Filter nº 2	**-0,466959**	**-4,07692**	**0,000241**
Spatial Filter nº 3	**0,522968**	**4,88257**	**0,000021**

(1) Coeficiente de regressão padronizado; (2) Teste de significância T-Student.

O primeiro grupo é constituído pelas parcelas associadas à classe 9 (parcelas 21, 24, 25, 37 e 38) e 10 (parcelas 30, 31, 32, 33 e 34), o segundo é formado por parcelas associadas à classe 3 (parcelas 10,11,12 e 13) e o terceiro é formado pelas demais parcelas acrescidas de duas das parcelas associadas à classe 3 (parcelas 14 e 15). Embora as parcelas 14 e 15 estejam geograficamente mais próximas da parcelas do segundo grupo, o teste de Mantel mostrou que a distância geográfica entre as parcelas afeta muito pouco a distribuição da composição florística (r=-0,28; p =0,0002). Portanto, pode-se desconsiderar este fator na explicação para formação do padrão de distribuição da composição florística.

As análises de Regressão Múltipla indicaram significância na influência da curvatura vertical sobre primeiro eixo da DAC, assim como sobre o segundo eixo da DCA, este significativamente sensível também à elevação (Tabela 1). Houve uma maior correlação positiva entre o primeiro eixo da DCA e a **c**urvatura vertical nas parcelas 10,11,12 e 13. Já o segundo eixo da DCA apresentou maior correlação positiva com a curvatura vertical e negativa com a elevação nas parcelas 21,24,25, 30,31,32,33,34,37 e 38.

DISCUSSÃO

A composição florística, representada pelos dois primeiros eixos da DCA (Tabela 1) mostrou-se significativamente afetada pelas variáveis curvatura vertical e a elevação. O efeito direto da elevação sobre a vegetação se dá pela influência sobre o microclima local, em geral, porém a amplitude observada na área de estudo mostra-se relativamente reduzida para que este seja considerado. Neste caso, a elevação deve estar associada a outras variáveis como o controle da drenagem, a dinâmica de inundação e a disposição de diferentes estratos do terreno na formação dos solos, que atuam mais diretamente no controle da distribuição de espécies. As variáveis de curvatura estão relacionadas com os processos de migração e acúmulo de água, minerais e substâncias orgânicas que são movidas através da superfície e no solo. A curvatura horizontal é responsável pela convergência e a curvatura vertical pela desaceleração ou aceleração destes fluxos (SHARY, 1991). Estas duas variáveis controlam a umidade do solo, o ph e a profundidade dos horizontes do perfil do solo, quantidade de matéria orgânica e algumas outras propriedades do solo (SHARY, 1991). Como conseqüência da combinação de todos estes fatores, o substrato torna-se propício para o estabelecimento de algumas espécies vegetais em detrimento de outras. Assim reforça-se a importância de variáveis de curvaturas do terreno na análise da vegetação, embora pouco explorada nos estudos que relacionam vegetação e relevo. Entre os poucos estudos de vegetação que exploraram as curvaturas do terreno, FLORINSKY e KURYAKOVA (1996) mostraram que a distribuição da cobertura vegetal é mais bem explicada quando não se restringe a análise da geomorfometria às variáveis elevação, declividade e orientação de vertentes.

Em florestas tropicais, onde se insere a nossa área de estudo, alguns gradientes ambientais principalmente os climáticos e altimétricos, não possuem variações representativas e, diante destas condições, algumas espécies podem ocupar um nicho ecológico estreito (HUTCHINSON, 1957). Tais espécies apresentam uma considerável sensibilidade a variações ambientais, e assim podem ter a sua distribuição determinada por fatores menos evidentes nos dados básicos. Em alguns casos, especialmente quando a amplitude da elevação é pequena, apenas as curvaturas vertical ou horizontal, que correspondem às derivações de segunda ordem da altimetria (EVANS, 1972) podem influenciar significativamente as propriedades de fitocenose (JARVIS, 2005). Os resultados do presente estudo corroboram com tal fato. Observa-se que a composição florística, representada pelo primeiro eixo da DCA, sofre efeito da variável curvatura vertical (Tabelas 1). Isto sugere que algumas espécies ocorrem com maior freqüência em terrenos com maiores valores médios de curvatura vertical, ou seja, em terrenos de retilíneos a convexos, especialmente nas parcelas 10,11,12 e 13 (Figura 3). Aliado a isso, observa-se que tais parcelas ocupam regiões localizadas em terrenos convexos limites entre feições côncavas (Figura 2). Quando observadas numa escala regional, nota-se que estas parcelas estão localizadas em áreas de platô dissecado e baixo platô, correspondendo a interflúvios tabulares com drenagem aprofundada, resultando em uma forma de relevo com topo aplainado (IBAMA, 2004). Por outro lado, a composição florística, que é representada pelo segundo eixo da DCA, sofre efeito da variável curvatura vertical e elevação, como pode ser observado na análise de regressão (Tabela 1). Este efeito é maior nas parcelas 21,24,25,30,31,32,33,34,37 e 38 (Figura 3), ocupando com freqüência encostas convexas localizadas em feições menos elevadas (Figura 2). Em escala mais ampla, nota-se que se situam em baixo platô, platô dissecado com drenagem aprofundada, resultando formas de relevo com topo aplainado. As

parcelas 21,24,25,37 e 38 estão situadas em interflúvios tabulares enquanto as parcelas 30,31,32,33 e 34 estão situadas em interflúvios tabulares com drenagem alta (IBAMA, 2004). As parcelas do terceiro grupo do espaço bidimensional da DCA (Figura 3) ocorrem em diferentes feições. As parcelas 1,2,3,4 e 5 estão localizadas em superfície pediplanada (superfície de aplainamento conservado elaborado em litologias pré-cambrianas e/ou cenozóicas), já as parcelas 6,7,8 e 9 estão situadas em terreno dissecado em vales encaixados e ravinas (forma resultante do aprofundamento de drenagem com retomada de erosão recente) (IBAMA, 2004). As parcelas 22,23,39 e 40 estão localizadas em baixo platô e platô dissecado correspondendo a interflúvios tabulares (drenagem aprofundada, resultando em forma de relevo com topo aplainado) (IBAMA, 2004). As demais estão situadas em uma superfície tabular erosiva (superfície de topo aplainado elaborado em litologias cenozóicas, geralmente limitada por escarpas e/ ou rebordos, eventualmente unida à superfície aplainada mais baixa) (IBAMA, 2004). É importante observar que a parcelas 16,17, 26 e 27, também fazem parte do terceiro grupo formado pela DCA, estando localizadas em terrenos cujo padrão regional é bem diferente dos demais, correspondendo a platô dissecado e baixo platô com colinas, ravinadas e vales encaixados. Drenagem aprofundada, resultando formas de relevo de topo convexo e vertentes de declive fraco, associados a vales aprofundados (IBAMA, 2004). Deste modo, nota-se que as peculiaridades do terreno representadas pela elevação e curvatura vertical podem definir nichos ecológicos específicos, os quais aliados a interações interespecíficas podem explicar o padrão de distribuição espacial na área em estudo.

CONCLUSÕES

As variáveis geomorfométricas extraídas do SRTM a partir do projeto TOPODATA foram aplicadas de modo satisfatório ao presente estudo, sendo que as relações entre a geomorfometria e a vegetação mostraram-se condicionadas ao contexto geomorfológico, caracterizado por compartimentos de padrões distintos. A composição florística pode ser influenciada pelas variáveis geomorfométricas curvatura vertical e elevação. Ainda que a amplitude de variação do terreno seja pequena, a composição florística mostrara-se sensibilidade a estas variações, isoladamente ou em combinação com o estrato altimétrico de seu contexto. No contexto local, reforça-se a importância da inserção de variáveis derivadas da altimetria, sobretudo de dados de curvatura, especialmente na Amazônia, onde a amplitude de variação do terreno é muitas vezes pequena.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e ao CNPq pela concessão das bolsas de doutorado e de produtividade em pesquisa; ao LBA/Santarém, pelo apoio logístico durante o trabalho de campo; ao identificador botânico Sr. Erly Pedroso; Paulo M.L.A. Graça (INPA) pelo auxílio técnico, aos pesquisadores Pitágoras da Conceição Bispo (UNESP) e Thiago Fernando L. V. B. Rangel (UFG) pelo suporte estatístico.

REFERÊNCIAS

ANSELIN, L. The Moran scatterplot as ESDA tool to assess local instability in spatial association. In: FISHER, M. *et al. Spatial analytical perspectives on GIS*. London: Taylor and Francis, 1996, p. 111-126.

CLARK, D.B *et al*. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a tropical rain forest. *Journal of Ecology*, v.86, n.1, p. 101-112, 1998.

DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M. Modelling geographical patterns in species richness using eigenvector-based spatial filters. *Global Ecology and Biogeography*, v.14, n.2, p.177-185, 2005.

EVANS, I.S. General geomorphology, derivatives of altitude and descriptive statistics. In R.J. Chorley (Ed.), *Spatial Analysis in Geomorphology*. London: Methuen e Co. Ltd, 1972, p. 17-90.

FLORINSKY , I.V.; KURYAKIVA, G.A. Influence of topography on some vegetation cover properties. *Catena*, v. 27, n.2, p. 123-141, 1996.

GANDOLFI, S. História natural de uma floresta semidecidual no município de Campinas (SP. Brasil). 2000. 520p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. *Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology*, v. 22, p. 415-427, 1957.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). 2004. Floresta Nacional do Tapajós - Plano de Manejo. IBAMA, Belterra, Pará. 373pp.

JARVIS, A. J. Terrain controls on the distribution of tree species diversity and structure in tropical lowland and tropical montane forest. A thesis submitted to the University of London for the degree of Doctor of Philosophy. King's College London Department of Geography, 2005.

LEGENDRE, P., AND L. LEGENDRE. 1998. Numerical ecology. Second English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam, The Netherlands, p. 853, 1998.

QI, F.; ZHU, A.X. Knowledge discovery from soil maps using inductive learning. *International Journal of Geographical Information Science*, v.17, n.8, p. 771-795, 2003.

RADAMBRASIL. 1976. Departamento Nacional de Produção Mineral. Folha AS.21- Santarém. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 510 p. (Levantamento dos Recursos Naturais, v. 10).

SILVA, W.G *et al*. Relief influence on tree species richness in secondary forest fragments of Atlantic Forest, SE, Brazil, *Acta Botânica Brasílica*, v.22, n.2, p.589-598, 2008.

SHARY, P.A., 1991. The second derivative topographic method. In: I.N. Stepanov (Editor), *The Geometry of the Earth Surface Structures*. Pushchino Research Center Press, Pushchino, pp. 30-60 (in Russian).

VALERIANO, M.M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.539-546, 2003.

VALERIANO, M.M ; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.4, n.1, p.17-29, 2003.

WILSON, .J.P & GALANT, J.C. *Terrain Analysis: Principles and Applications*, John Wiley & Sons, 479 p., 2000.