

3 ARTIGO 1

**Padrões da Organização Comunitária da Vegetação em Diferentes Zonas Topográficas da
Área de Proteção Ambiental – APA Estadual Cachoeira do Urubu, Esperantina, Piauí,
Brasil¹**

CLÁUDIA GERMANA BARBOSA DA SILVA²

RICARDO BOMFIM MACHADO³

ANTONIO ALBERTO JORGE FARIAS CASTRO⁴

¹ Instruções da Revista Brasileira de Botânica

² Mestranda do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Rua Nilo Brito, 1386, Bloco 07, Apto. 204, 64.056-100, Teresina/PI, Brasil. Autor para correspondência: claudia_germana@yahoo.com.br

³ Orientador. Diretor do Programa Cerrado - Pantanal da Conservação Internacional no Brasil. SAUS quadra 3 lote C Ed. Business Point sala 722, 70070-934 - Brasília-DF, Brasil

⁴ Co-orientador. Professor do Departamento de Ciências Biológicas da UFPI. Coordenador Geral do Programa Ecológico de Longa Duração – PELD Sítio 10. Av. Universitária, 1310, Ininga, 64.049-550 Teresina-PI, Brasil

ABSTRACT – (Patterns of Community Organization of the Vegetation in Different Topographical Zones at the State Area of Environmental Protection - APA Cachoeira do Urubu, Esperantina, Piauí, Brazil) This work evaluated if different plant communities are associated with landscape zones, defined by topography characteristics. We assumed that topography is one key element associated with human occupation and flat areas are occupied preferentially than more irregular ones. As a consequence of this pattern, we should expect to have different plant communities in different landscape portions. The study was conducted in the APA Cachoeira do Urubu, Esperantina, Piauí, which was divided into three different zones. We used a digital elevation model to define the zones. Vegetation structure and composition were measured in 30 sample units (10x10 meters) implanted on the defined zones. Data on vegetation structure was evaluated by canonical discriminant analysis, and tested eventual differences in the vegetation structure between areas. Additionally, we performed a canonical analysis to correlate biodiversity parameters with variables that describes vegetation structure. The discriminant analysis indicated that areas can be discriminated based on the vegetation structure, being each area have its own structure ($F_{8,48}=5,3808$, $p < 0.001$). All measures obtained on the areas were correctly classified in 100% of the cases in the zone 1, 90% in the zone 2 and 100% in the zone 3. The canonical correspondence analysis revealed that there is a strong correlation between the vegetation structure and the community structure. Based on the results, we concluded that the zoning process, necessary to implement management strategies for protected areas, must be based on the evaluation of how biodiversity communities are associated with different landscape characteristics.

RESUMO – (Padrões da Organização Comunitária da Vegetação em Diferentes Zonas Topográficas da Área de Proteção Ambiental – APA Estadual Cachoeira do Urubu, Esperantina, Piauí, Brasil) O presente trabalho objetivou propor um método para zoneamento ambiental associado ao processo de ocupação humana e avaliar se tal divisão espacial possui reflexo nas comunidades de plantas. A área estudada foi a APA Estadual Cachoeira do Urubu, Esperantina, Piauí que foi dividida em zonas através do modelo digital do terreno considerando as características topográficas. A composição da estrutura da vegetação foi amostrada em 30 parcelas com a dimensão de 10x10 metros, sendo 10 em cada uma das zonas pré-estabelecidas. Para se avaliar a consistência do zoneamento da área e testar eventuais diferenças na estrutura da vegetação entre as zonas, foi realizada análise discriminante canônica. Adicionalmente, foi realizada a análise de correlação canônica entre a estrutura da vegetação e os parâmetros básicos de medição das taxocenoses (IVI e IVC). Foram amostrados todos os indivíduos arbóreos com $DNS \geq 3$ cm. A análise discriminante indicou que as zonas podem ser discriminadas em função das características da estrutura da vegetação. Cada zona possui uma estrutura de vegetação que é própria, sendo que as medidas obtidas em cada zona ($N=10$) foram corretamente classificadas em 100% dos casos na zona 1, 90% na zona 2 e 100% na zona 3. A análise de correspondência canônica revelou que há uma forte correlação entre a estrutura da vegetação e a estrutura da comunidade ($R_{canônico} = 0,9998$, $p < 0,0001$). A avaliação temática considerando a matriz dos dados da estrutura da vegetação demonstrou que as diferenças estão entre os parâmetros fitossociológicos individuais de cada zona estabelecida.

Key words: conservation of the biodiversity, model digital of the land, zoning, fragmentation, Savannah.

INTRODUÇÃO

As ações antrópicas sobre ambientes naturais, resultantes de atividades humanas, vêm provocando grandes alterações no meio natural. A expansão das fronteiras agrícolas, pecuárias e urbanas tem representado uma preocupação crescente com a proteção, conservação e preservação ambiental (Brito & Câmara 1998), devido os altos custos ambientais e sociais, especialmente no agronegócio e aglomerações desorganizadas nas zonas urbanas das cidades.

A preocupação com a perda de biodiversidade e o reconhecimento de seu importante papel na sustentação da vida humana motivou, em 1992, a criação da Convenção sobre Diversidade Biológica-CDB, um tratado global de compromisso legal do qual participam mais de 170 países. A CDB possui três objetivos igualmente importantes e complementares: a conservação da biodiversidade, o uso sustentável de seus componentes e a repartição justa e equitativa dos benefícios advindos da utilização de recursos genéticos.

Para eleger as melhores formas de utilização dos recursos biológicos, o Brasil deverá direcionar a produção econômica para opções integradas às ações de conservação. Especial atenção deverá ser dada àqueles recursos sobre os quais ainda falta conhecimento científico e tecnológico, de modo que sejam adequadamente manejados nos sistemas de produção (MMA 2000).

Assim, a seleção de áreas para o estabelecimento de unidades de conservação é um dos temas-chave para a eficiência da conservação da biodiversidade, tanto em âmbito local quanto regional ou nacional (Bensusan 2006). A aplicação de modelos de seleção de reservas no mundo real é tanto possível como urgente e necessária (Peres 2002). No Brasil, contudo, a utilização de tais modelos é ainda prejudicada pela falta de dados sobre a biodiversidade. A distribuição das coletas acumuladas em coleções científicas é extremamente irregular (Lewinsohn & Prado 2002), sendo que os locais pouco estudados devem merecer ações imediatas, considerando as atuais taxas de extinção que vêm se observando ao longo das últimas décadas (Wilson 1989, Pimm & Raven 2000; Baillie *et al.* 2004; Pimm *et al.* 2006).

Em planejamentos ambientais, é comum adotar a estratégia de avaliar um território por meio de seu zoneamento – método apontado como integrador de informações ambientais (Silva & Santos 2004). Sob o ponto de vista metodológico podem ser estabelecidos vários tipos de zoneamentos, que abrangem as características morfológicas, ecológicas e de uso da terra.

No âmbito do Programa Nacional de Áreas Protegidas, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, instituído pela Lei nº. 9.985 de julho de 2000, estabelece as categorias de manejo de unidades representativas para a conservação da biodiversidade. Para cada local, o cenário de conservação apropriado depende de fatores ecológicos e sociais e, para tanto, há possibilidades de estabelecer unidades de conservação de diversas categoriais. Como parte do processo de implementação das unidades, há a necessidade de se fazer um zoneamento interno da área protegida, que pode incluir desde zonas de proteção estrita até zonas de uso múltiplo (Galante *et al.* 2002).

No conjunto das unidades de uso sustentável, as Áreas de Proteção Ambiental – APAs, estão dentro da categoria que podem compor áreas para conservação da biodiversidade e áreas de ocupação humana. Porém, um dos grandes entraves para a efetivação destas unidades é a freqüente falta de conhecimentos ecológicos para, por exemplo, alocar as zonas voltadas para a proteção da biodiversidade e outras para uso humano, incluindo populações tradicionais. Mesmo considerando que as APAs não requerem a desapropriação das terras para a sua implantação, a falta de recursos financeiros é um outro grande impedimento para efetivação de seu manejo. Aliado a esses dois fatores ainda é frequente a falta de pessoal técnico qualificado para implantação das ações do plano de manejo das UCs, muitas vezes a inexistência deste instrumento de gestão, bem como uma integração entre os gestores, atores sociais envolvidos e órgãos ambientais dos governos.

A Área de Proteção Ambiental Estadual Cachoeira do Urubu-APAECU, teve sua origem das fazendas de gado bovino e caprino Tabuleiro do Urubu e João da Paz, justamente no interesse dos proprietários em divulgar uma cachoeira formada por um paredão rochoso escuro, denominado

localmente de “urubu”. Legalmente, foi instituída pelo Decreto da Assembléia Legislativa Estadual nº. 9.736 de 16 de junho de 1997. De acordo com o Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE 1993), a região de localização da APAECU compreende uma zona de “Tensão Ecológica”, contato entre a Floresta Estacional, Cerrado e Caatinga e localizada entre os municípios piauienses de Esperantina e Batalha. Apesar de terem se passado 10 anos desde sua criação da APAECU, inexistem dados e instrumentos (plano de manejo, por exemplo) que possam apoiar seu planejamento e gestão adequada.

A região de inserção da APAECU é uma das áreas mais pobres do estado do Piauí. Em termos socioeconômicos, a região pertence à Microrregião Baixo Parnaíba Piauiense, formada por 18 municípios. De acordo com o IBGE (2007), a população total desses municípios era de 318.444 habitantes, sendo que os dois municípios abrangidos pela APAECU, Batalha e Esperantina, contribuíam com 25.724 e 36.190 habitantes, respectivamente. Considerando o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), Esperantina quanto Batalha possuíam valores 0,591 e 0,553, respectivamente, estando abaixo do valor médio observado para o estado do Piauí, que foi registrado em 0,656 (PNUD 2003).

O processo de ocupação humana na região é bastante antigo e motivado essencialmente pela pecuária e culturas de subsistência. Tanto em Batalha quanto em Esperantina as principais lavouras existentes são as do milho, feijão e arroz e a pecuária é fortemente baseada em caprinos e bovinos (IBGE 2007). Em virtude do processo de ocupação fortemente baseado na agropecuária, é de se esperar que nas regiões que oferecem melhores condições para a ocupação humana (topografia suave do terreno, características edáficas favoráveis à agricultura e pecuária, acessibilidade) tenha havido uma descaracterização mais pronunciada da vegetação natural. Então, é possível identificar, com base na caracterização topográfica do terreno, diferentes zonas ou regiões que apresentam distintas características de ocupação humana. Por outro lado, se tais zonas apresentam diferentes

regimes de ocupação, então é esperado que as comunidade de espécies sejam ligeiramente distintas entre as zonas topográficas.

Assim, são objetivos deste estudo propor um método para a identificação de zonas ambientais associadas às características topográficas do terreno e o processo de ocupação humana e avaliar se tal divisão espacial se reflete nas comunidades de plantas da região.

METODOLOGIA

Zoneamento da Área

A APAECU foi dividida em três zonas com distintas características topográficas (Figura 1). A partir de um Modelo Digital de Terreno - MDT obtido junto ao Consórcio para Informações Espaciais – CGIAR (SRTM 90 m Digital Elevation Data - <http://srtm.csi.cgiar.org/>) para a região abrangida pelos municípios de Esperantina e Batalha e com o uso do programa Idrisi versão Andes, foi gerado um mapa com uma superfície de declividades, representadas em graus. Em seguida, calculado um índice de riqueza relativa para uma janela de 3x3 pixels. Tal índice reflete a característica da topografia do terreno, sendo que em regiões com maiores diferenças na declividade (terrenos mais irregulares) tenderão a apresentar um maior valor para esse índice e as regiões com menores diferenças na declividade (terrenos mais planos) tenderão a ter menores valores no índice. Dessa maneira, o índice de riqueza utilizado reflete a heterogeneidade espacial do terreno (Forman & Godron 1986, Amarnath *et al.* 2003). O índice de riqueza foi calculado de acordo com a seguinte fórmula (Eastman 2003):

$$R = n/n_{\max} * 100 \text{ onde,}$$

n =número de classes de declividade presentes em uma parcela da análise e

n_{\max} =número máximo de classes de declividade presentes na área de estudo.

Após o cálculo do índice de riqueza, os valores foram agrupados em três classes, geradas automaticamente pelo programa utilizado. De acordo com as premissas deste estudo, as classes com

menores valores de riqueza correspondem às porções mais planas do terreno, locais onde se espera uma ocupação mais intensa e, conseqüentemente, um pior estado de conservação das comunidades vegetais. Por outro lado, as classes com maiores valores de riqueza correspondem aos locais com topografia acidentada, onde se espera haver uma menor ocupação e, dessa maneira, um melhor estado de conservação da vegetação. A UNESCO (2003) definiu os tipos de ocupação permitida em unidade de conservação - UC, em função do regime de ocupação e uso de determinadas áreas (Figura 2). Assim, a denominação das zonas da APAECU, segue esse esquema tendo que as características topográficas podem definir o seu regime de ocupação.

Uso da Terra na APAECU

Para a identificação do uso corrente do solo na área da APA Cachoeira do Urubu, foi utilizada uma imagem do satélite CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*) e do sensor CCD (*Couple Charged Device*), com resolução espacial de 20 metros. A imagem foi obtida gratuitamente na página do Banco de Imagens da DGI/INPE e correspondeu à órbita/ponto 154/104 com data de 25 de julho de 2006. As três bandas que compõem a imagem (CCD2 - 0,52 - 0,59 Vm - verde, CCD3 - 0,63 - 0,69 Vm – vermelho CCD4 - 0,77 - 0,89 Vm - infravermelho próximo) foram georreferenciadas a partir da carta topográfica 1:100.000 do IBGE do município de Esperantina-Piauí. Posteriormente, foi gerada imagem composta (2B3G4R) com as bandas, a fim de reconhecer as feições terrestres e selecionar as amostras de treinamento para a classificação, tendo cada classe entre 10 a 15 amostras. As classes discriminadas na imagem foram: vegetação mais densa, vegetação menos densa, solo exposto e água. Foi realizada uma classificação não supervisionada (algoritmo de máxima verossimilhança) para a geração do mapa (Figura 3).

Levantamento da Estrutura da Vegetação

O método utilizado na amostragem da vegetação foi o de parcelas fixas obedecendo o Protocolo de Avaliação Fitossociológica Mínima (Castro 2007), visto que o seu tamanho ou distribuição é determinado pela quantidade de árvores englobadas por unidade, que deverá ser de mínimo de 30 indivíduos, ou distribuídas de tal forma que o somatório de suas áreas abranja 01 hectare, este critério possibilita a padronização dos dados de forma que possam ser realizadas posteriores comparações de seus resultados com outros estudos executados em áreas transicionais.

Para caracterização das áreas em termos de composição da vegetação foram alocadas 10 unidades amostrais em cada zona perfazendo um total de 30, com dimensões de 10 x 20 metros (200m^2) o que correspondeu a uma área de 0,6 hectare. Os sítios amostrais ficaram assim distribuídos: (1) Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, coordenadas UTM 023 M 0821.154 E/ 9.567.080 N; (2) Povoado Baixa Fria, coordenadas UTM 023 M 0817.333 E/ 9.566.972 N e 023 M 0817.214 E/ 9.567.008 N e (3) Povoado Buritis, coordenadas UTM 023 M 0823.108 E/ 9.567.402 N e 023M 0822.962 E/ 9.567.420 N.

Os parâmetros da organização comunitária mensurados foram: densidade total, área basal total, alturas e diâmetros médios e máximos e parâmetros de frequência e dominância; índice de valor de importância e índice de valor de cobertura para cada espécie, de acordo com Rodal *et al.* (1992) e índice de diversidade de Shannon (Felfili *et al.* 2005). Para auxílio dos cálculos fitossociológicos foi utilizado o software Mata Nativa 2 (Souza *et al* 2002).

Análises Estatísticas dos Dados

Para avaliação da composição das taxocenoses de plantas e estrutura da vegetação nas zonas propostas para a APAECU, foram estabelecidas 30 parcelas com a dimensão de 10x20 metros, sendo 10 em cada uma das zonas pré-estabelecidas pelo método do zoneamento descrito acima. Testamos à hipótese nula de que não existem diferenças estatisticamente significativas nos

parâmetros básicos da diversidade de espécies (riqueza e abundância de indivíduos) e na estrutura da vegetação entre as zonas propostas, avaliada pela obtenção de medidas dos parâmetros citados anteriormente.

Foram considerados, no tratamento dos dados, todos os indivíduos lenhosos, vivos, excluindo-se as bromélias, palmeiras acaules e os cipós, com Diâmetro ao Nível do Solo – DNS maior ou igual a 3cm. Os indivíduos selecionados foram etiquetados e numerados em ordem crescente, independentemente da numeração das unidades amostrais.

Para se avaliar a consistência do zoneamento da área e testar eventuais diferenças na estrutura da vegetação entre as três zonas, realizamos uma análise discriminante canônica, um método de análise multivariada que tem o objetivo de avaliar a existência de grupos naturais no conjunto de dados. Especificamente, a análise objetiva avaliar se as medidas da estrutura da vegetação tomadas em cada zona previamente definida provêm dos grupos formados pelas variáveis canônicas (McCune & Grace 2002, Zar 1996). Para tanto, é gerada uma matriz de erros, onde todas as medidas obtidas em campo (N=30) são confrontadas com a classificação realizada pela análise discriminante. Idealmente, deve haver uma total correlação entre a classificação prévia das medidas com a classificação realizada pela análise discriminante. Nesse sentido, cada medida realizada nas zonas previamente definidas é confrontada com o valor médio das medidas dos grupos, tomada pela distância de Mahalanobis.

Adicionalmente à análise discriminante, avaliamos se há uma relação entre a estrutura da vegetação e os parâmetros básicos de medição das taxocenoses. Para tanto, foram medidas as seguintes variáveis: riqueza total de espécies, referente ao número de diferentes espécies identificadas nas parcelas de amostragem em cada zona, abundância de indivíduos, referente ao número de indivíduos lenhosos com a DNS igual ou maior a 3cm; índice de valor de importância, que representa o somatório dos parâmetros relativos de densidade, dominância e frequência das espécies amostradas, informando a importância ecológica da espécie em termos de distribuição

horizontal e o índice de valor de cobertura, que representa o somatório dos parâmetros relativos de densidade e dominância das espécies amostradas, informando a sua importância ecológica, baseado apenas nesses dois parâmetros. Foi gerada uma matriz com essas variáveis e esta foi correlacionada com a matriz de dados das variáveis de estrutura da vegetação por meio de uma análise de correlação canônica ou CCA, que indica a magnitude de associação entre as matrizes. Caso a correlação seja significativa, podem ser verificadas quais são as variáveis ambientais (neste caso, a matriz de estrutura da vegetação) que mais influenciam a matriz das taxocenoses.

As análises estatísticas foram realizadas com os programas Biostat 4.0 (Ayres *et al.* 2005), Statistica 6.1 (StatSoft 2003) e Multi-Variate Statistical Package - MVSP (Kovach 1999). Todas as diferenças observadas foram consideradas estatisticamente significativas para valores de $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Unidades de Mapeamento

A análise da paisagem realizada com o modelo digital do terreno permitiu a diferenciação da área da APAECU em três zonas distintas (Figura 4), classificação essa corroborada pelos levantamentos de campo. Esta classificação das zonas permitiu a sua classificação pelo esquema proposto pela UNESCO (2003) para zoneamento de unidades de conservação de uso sustentável. De acordo com essa proposta, as zonas teriam como características básicas:

Zona 1 – na imagem classificada, essa zona foi a que apresentou uma vegetação mais densa e, de acordo com o MDT utilizado possui uma riqueza relativa $R=3$, ou seja, maiores diferenças na declividade.

No levantamento de campo, foi observado que a vegetação era composta por dois estratos, sendo um arbustivo e um outro formado pelas árvores emergentes; a cobertura arbórea ficou entre 50 a 60% e a altura dos indivíduos variou de 3 a 7 metros no estrato arbustivo e entre 10 e 15 metros no arbóreo.

Pôde-se observar a presença de muitos de cipós e lianas e várias bromeliáceas, porém não havia a presença de um estrato herbáceo considerável. A serapilheira era abundante devido ao aporte da vegetação que apresenta diferenciados níveis de caducifolia durante a estação seca. A zona apresentou um substrato arenoso com vários afloramentos de rocha.

As espécies arbóreas emergentes que se destacaram na vegetação foram: *Copaifera martii* Hayne, *Tabebuia serratifolia* G. Nicholson, *Aspidosperma multiflorum* A. DC., *Aspidosperma subincanum* Mart., *Cenostigma macrophyllum* Tul e *Qualea parviflora* Mart.

Pela classificação da UNESCO (2003) esta seria a Zona Básica 1, em que todos os esforços devem ser envidados para a conservação dos recursos ambientais, visto que a mesma apresenta a menor interferência antrópica e um maior adensamento da vegetação. De acordo com a Resolução CONAMA 10/88, ficariam proibidas atividades antrópicas que importem alteração antrópica à biota.

Zona 2 – no mapeamento esta unidade ficou estabelecida como uma zona em que a vegetação é menos densa e com maior biomassa. Segundo o MDT possui uma riqueza relativa $R=2$, ou seja, em uma região de diferenças de declividades não muito marcantes.

No levantamento de campo observou-se que a mesma apresenta uma fisionomia um pouco diferente da Zona 1, visto que a organização estrutural dos indivíduos arbóreos se diferencia pelo seu porte, que é mais elevado formando cobertura arbórea entre 70-90%. Há uma menor quantidade de cipós e lianas. O substrato apresenta-se arenoso com concreções lateríticas, com uma grande quantidade de matéria orgânica, devido aos diferenciados níveis de caducifolia. Os indivíduos arbóreos que mais se destacam na vegetação foram: *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm., *Parkia platycephala* Benth. e *Pouteria lateriflora* Radlk.

Pela classificação da UNESCO, esta zona seria a Zona Básica 2, em que se permitem múltiplos usos incluindo atividades agrícolas e pecuistas, tal como foi observado nas incursões de campo.

Zona 3 – área que apresenta solo exposto, com focos de desmatamentos para implantação de estabelecimentos rurais, e ainda, áreas de cultivos abandonadas e que ainda não tiveram a vegetação

reestabelecida. Segundo o MDT a riqueza apresentada foi $R=1$, ou seja, a área é composta pelos terrenos mais planos.

Nas incursões de campo, verificou-se que a vegetação apresenta menor porte, com abundância de *Helicteres sacarrolha* A. Juss., espécies de *Bauhinia* e um estrato herbáceo consistente. Há formação de capões de vegetação sobre um campo graminóide que favorece as atividades antrópicas, como a criação de caprinos e ovinos, muito presentes nesta área. O solo é arenoso com poucos afloramentos de rocha e cota altimétrica em torno dos 40m.

Ainda, segundo o modelo da UNESCO, esta representaria a transição com as áreas fora da UC, significando uma zona tampão.

Composição Estrutural das Diferentes Zonas da APAECU

A análise discriminante realizada indica que as zonas propostas para a APAECU podem ser discriminadas em função das características da estrutura da vegetação ($F_{8,48}=5,3808$, $p<0.001$). A função discriminante gerada pela análise foi capaz de separar as zonas propostas em três grupos estatisticamente diferentes, sendo que o primeiro componente canônico separa a zona 1 da zona 2 e o segundo componente canônico separa a zona 2 das zonas 1 e 3 (Figura 5). De acordo com os resultados, cada zona possui uma estrutura de vegetação que é própria, sendo que as medidas obtidas ($N=10$ para cada zona) foram corretamente classificadas em 100% dos casos nas zonas 1 e 3 e 90% dos casos na zona 2 (Tabela 1). Uma das unidades da zona 2, estaria melhor classificada dentro da zona 3, pelas observações de campo viu-se que esta parcela se assemelha àquelas da zona 3, pois foi observada interferência antrópica e uma maior quantidade de material laterítico.

Dentre as variáveis utilizadas para a caracterização da estrutura da vegetação nas zonas propostas para a APAECU, a variável Densidade Total foi aquela que apresentou uma maior correlação com o primeiro componente canônico. A variável Área Basal foi a que mais se correlacionou com o segundo componente canônico (Tabela 2).

De acordo com os resultados obtidos com a análise discriminante realizada, a Densidade total é a variável que mais influenciou a separação das zonas 1 das zonas 2 e 3. De fato, a média de plantas vasculares incluídas nas análises, nesta área é muito maior do que a média observada para as demais zonas (Tabela 3). Este resultado sugere que em escala local, as comunidades vegetais na área sugerem a ocorrência de uma variação estrutural-vegetacional, havendo substituição e variação contínua de abundância das espécies (Whittaker 1973), comprovado pela divisão espacial da área.

Relação entre os dados da Estrutura e Comunidade de Plantas das Diferentes Zonas da APAECU

A distribuição espacial das espécies é um indicativo de sua capacidade de explorar os recursos ambientais. Entre os mecanismos que são frequentemente referidos como importantes para explicar a coexistência de espécies é a ocupação de nichos distintos (Fox 1981, Nichols *et al.* 1998). O termo ‘nicho ecológico’ pode ser definido como um espaço multidimensional que é ocupado pelas espécies ou, em outras palavras, o conjunto de condições abióticas e bióticas que permitem a persistência das espécies (Hutchinson 1959). Evolutivamente as espécies são bastante fiéis aos seus nichos, pois as características ecológicas dos ancestrais são herdadas e retidas (Wiens & Graham 2005). Desta forma, qualquer alteração nas condições ambientais ou bióticas (como as relações ecológicas entre espécies) poderá acarretar em mudanças na ocorrência ou persistência das espécies localmente.

Impactos causados pela ocupação humana em ambientes naturais representam uma dessas mudanças nas condições ecológicas às quais as espécies estão adaptadas. Alterações na estrutura da vegetação, como observado no caso da APAECU, podem oferecer condições favoráveis para algumas espécies e desfavoráveis para outras. Ao analisarmos como as espécies estão associadas aos ambientes naturais perturbados poderemos identificar espécies que se beneficiam com as alterações ambientais (aumentam a sua densidade normal) e outras que podem ser prejudicadas (diminuem a sua densidade normal ou mesmo chegam a desaparecer localmente).

O cruzamento dos dados obtidos sobre a estrutura da vegetação com os dados sobre a estrutura das taxocenoses sugere que há uma forte correlação entre esses dois conjuntos de dados. A Tabela 4 mostra que a primeira relação canônica (a correlação entre o primeiro par de variáveis canônicas) é de 0,9998, este valor chamado de R canônico, representa o melhor resultado possível da relação entre os dados da comunidade e estrutura da vegetação no zoneamento proposto.

A matriz de correlação entre as variáveis representativas da estrutura da vegetação e as variáveis representativas da taxocenose (Tabela 5), também revelou que as duas variáveis IVC (índice de valor de cobertura) e IVI (índice de valor de importância) são bastante semelhantes e contribuíram da mesma maneira para os resultados obtidos. Sendo que as variáveis de comunidade medidas foram aparentemente suficientes para explicar a maior parte da variação da composição estrutural das zonas. Podendo-se perceber que as variáveis riqueza e indivíduos são as mais correlacionadas com as variáveis, área basal e densidade total, que nos outros levantamentos demonstraram ser as responsáveis por estabelecer a significância do zoneamento proposto.

Os resultados deste estudo corroboram os obtidos por Oliveira *et al.* (2007) em que os cerrados no Nordeste estão submetidos a grande variação espacial nas condições ambientais, expressa no complexo mosaico de tipos de vegetação.

A avaliação temática, considerando a matriz dos dados da estrutura da vegetação, demonstrou que as diferenças estão entre os parâmetros fitossociológicos individuais de cada zona estabelecida. E, neste sentido, desenvolver-se-iam três grandes agregados de unidades de paisagem escalonadas das mais naturais às mais artificiais: paisagens naturais, paisagens seminaturais e paisagens produzidas pela sociedade (Martinelli & Pedrotti 2001).

Assim, em escala local a zona 1 seria a mais natural, a zona 2, por ser uma zona que permite o uso controlado dos recursos naturais, e, dentro das análises realizadas, assemelha-se à primeira, estaria dentro da classificação de paisagem seminatural e a zona 3, pelo grau de perturbação já ocorrida é uma paisagem produzida pela sociedade. Outros estudos em que há comparação do

zoneamento e a estrutura da vegetação, podem ser obtidos em Cardoso & Schiavini (2002), Amarnath *et al.* (2003) e Moreno *et al.* (2003).

CONCLUSÃO

O uso integrado de informações advindas de sensoriamento remoto e de levantamentos quantitativos da vegetação em terra mostrou-se eficiente no que se refere ao zoneamento de áreas para manejo de unidade de conservação. Contudo, as três zonas diferenciam-se estatisticamente quando estas são classificadas pelos critérios de estrutura da vegetação e comunidade, sendo a Zona 1 a que detém a melhor relação entre estrutura e comunidade como um maior número de espécies. A Zona 2 vem em segundo lugar na representatividade de diversidade estrutural da vegetal da APA Estadual Cachoeira do Urubu e a Zona 3 em terceiro lugar.

A diferenciação da estrutura da vegetação nas zonas é influenciada principalmente pela densidade de indivíduos e pelo diâmetro médio dos indivíduos medidos. A riqueza e a abundância de indivíduos também variaram nas zonas, sendo que há uma correlação significativa entre esses parâmetros da comunidade e as variáveis área basal e densidade total, o que nos leva à conclusão de que o zoneamento proposto é consistente e define bem as características morfo-estruturais da unidade de conservação. Tal abordagem representa uma importante ferramenta de manejo para a área.

Pela classificação da UNESCO (2003) a zona 1 enquadra-se na Zona Básica 1, destinada a preservação dos recursos naturais, sendo esta locada no Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, uma tentativa de proteger a mata ciliar do rio Longá e fomentar a atividade turística da região. A zona 2 fica um pouco mais distante da mata ciliar em região mais plana e possui indivíduos arbóreos de maior porte e um dossel bem definido em que atividades extrativistas podem ser desenvolvidas sem comprometer a qualidade ambiental, classificada, portanto, como Zona de conservação da vida silvestre. A zona 3,

localiza-se em região plana o que facilita a introdução atividades agrícolas, sendo a que apresentou maiores impactos antrópicos, inclusive focos de queimadas.

Além disso, os aspectos visuais da paisagem e das características estruturais da vegetação enquadraram a Zona 1 numa fisionomia de Mata Seca Semidecídua (Ribeiro & Walter 1998). A Zona 2, por seu turno, assemelha-se fisionomicamente com uma área de Cerradão e a Zona 3 constituiu-se de uma paisagem seminatural produzida pela substituição da vegetação por pasto e agricultura de subsistência, principalmente.

AGRADECIMENTOS

Aos proprietários das fazendas da APA Cachoeira do Urubu, pela permissão para implantação das unidades amostrais. Ao mateiro e guia Jaireno Resende na ajuda do trabalho de campo e a todos os moradores da região. Os autores, também, agradecem ao CNPq, pela concessão da bolsa à primeira autora e a *Conservation International* do Brasil por disponibilizar a imagem de satélite e apoio na digitalização dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARTGHAN, G.; MURTHY, M. S. R; BRITTO, S. J.; RAJASHEKAR, G. & DUTT, C. B. S. 2003. Diagnostic analysis of conservation zones using remote sensing and GIS techniques in wet evergreen forests of the Western Ghats - An ecological hotspot, Tamil Nadu, India. *Biodiversity and Conservation* 12(12): 2331-2359.
- AYRES, M; AYRES, M. J.; AYRES, D. L. E SANTOS, A. A. S. 2005. *BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Bio-médicas*. Belém (PA): UFPA.
- BAILLIE, J. E. M., L. A. BENNUN, T. M. BROOKS, S. H. M. BUTCHART, J. S. CHANSON, Z. COKELISS, C. HILTON-TAYLOR, M. HOFFMANN, G. MACE, S. A. MAINKA, C. M. POLLOCK, A. S. L. RODRIGUES, A. J. STATTERSFIELD, and S. N. STUART. 2004. *IUCN Red List of Threatened Species - a global species assessment*. The IUCN Species Survival Commission, Cambridge, UK.
- BENSUSAN, N. 2006. *Conservação da biodiversidade em áreas protegidas*. Rio de Janeiro: Editora FGV.
- BRITO, F. A e CÂMARA, J. B. D. 1998. *Democratização e Gestão Ambiental: em busca do desenvolvimento sustentável*. Petrópolis(RJ): Vozes.

- CARDOSO, E. E SCHIAVINI, I. 2002. Relação entre distribuição de espécies arbóreas em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). *Revista Brasileira de Botânica*, v.25, n.3, p. 277-289.
- CASTRO, A. A. J. F.; CASTRO, N. M. C. F.; COSTA, J. M.; FARIAS, R. R. S.; MENDES, M. R. de A.; ALBINO, R. S.; BARROS, J. S. e OLIVEIRA, M. E. de A. 2007. Cerrados Marginais do Nordeste e Ecótonos Associados. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 273-275.
- EASTMAN, J. R. IDRISI Kilimajaro – Guide to GIS and Image Processing Worcester, MA, Clark Labs – Clark University: 328.
- FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A. e HALDAR, R. F. 2005. Manual para o monitoramento de parcelas permanente: nos biomas Cerrado e Pantanal. Brasília: UNB.
- FORMAN, R. T. T. and GODRON, M. 1986. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley & Sons.
- FOX, B. J. Niche parameters and species richness. 1981. *Ecol. Ecology*, n 62, p.1415-1425.
- GALANTE, M. L. V., M. M. L. BESERRA, and E. O. MENEZES. 2002. Roteiro metodológico de planejamento: parques nacionais, reservas biológicas e estações ecológicas. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, Brasília, DF.
- HUTCHINSON, G. E. 1959. Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? *American Naturalist*, n 93:145-149.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. 1993. Mapa de vegetação do Brasil. Escala 1:5.000.000. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Rio de Janeiro, RJ.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. Banco de dados *online* Cidades@. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: julho, 2007.
- KOVACH, W. L. 1999. MVSP - A Multivariate Statistical Package for Windows - Versão 3.1. Kovach Computing Services, Wales, UK.
- LEWINSOHN, T. M. e PRADO, P. I. 2002. Biodiversidade Brasileira: síntese do estado atual do conhecimento. São Paulo: Contexto.
- MARTINELLI, M. e PEDROTTI, F. A. 2001. Cartografia das unidades de paisagem: questões metodológicas. *Revista do Departamento de Geografia*, 14, 39-46.
- McCUNE, B. and GRACE, J. B. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. Gleneden Beach, Oregon, MjM Software Design.
- MORENO, M. R.; NASCIMENTO, M. T e KURTZ, B. C. 2003. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo de duas zonas altitudinais na Mata Atlântica de encosta da região de Imbé, RJ. *Acta Bot. Bras.* 17(3), 371-386.
- NICHOLS, J. D., T. BOULINIER, and J. E. HINES. 1998. Inference methods for spatial variation in species richness and community composition when not all species are detected. *Conservation Biology* 12:1390-1398.

- OLIVEIRA, M. E. A.; MARTINS, F. R.; CASTRO, A. A. J. F. e SANTOS, J. R. 2007. Classes de cobertura vegetal do Parque Nacional de Sete Cidades (transição campo-floresta) utilizando imagens TM/Landsat, NE do Brasil. *In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 1775-1783.
- PERES, C. A. 2002. Expandindo as Redes de Áreas de Conservação na Última Fronteira Selvagem: o caso da Amazônia Brasileira. *In: Tornando os parques eficientes: estratégias para conservação da natureza nos trópicos* (J. Terborgh, C. Schaik, L. Davenport, L. e M. Rao, org.). Curitiba: Ed. da UFPR/ Fundação O Boticário, p.163-174.
- PIMM, S., P. RAVEN, A. PETERSON, C. H. SEKERCIOGLU, and P. R. EHRLICH. 2006. Human impacts on the rates of recent, present, and future bird extinctions. *PNAs* 103:10941-10946.
- PIMM, S. L., and P. RAVEN. 2000. Biodiversity: Extinction by numbers. *Nature* 403:843-845.
- PNUD. 2003. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Programa das Nações Unidas - PNUD, Brasília-DF.
- RIBEIRO, J. F. e WALTER, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In: Cerrado: ambiente e flora* (S. M. Sano e , S. P. Almeida, org.). Planaltina(DF): EMBRAPA-CPAC. p. 89-152.
- RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E.V.S.B. & FIGUEIREDO, M.A. 1992. Manual sobre métodos de estudos florísticos e fitossociológicos – ecossistema caatinga. Sociedade Botânica do Brasil, Brasília, 24 p.
- SILVA, J. dos S. V. e SANTOS, R. F. 2004. Zoneamento para Planejamento Ambiental: vantagens, restrições e técnicas. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*. Brasília, v. 21, n. 2, p.221-263, maio/ago.
- SOUZA, A. L.; SILVA, G. F.; CHICHORRO, J. F. & CARACIOLO, R. L. Mata Nativa 2: Sistema para análise fitossociológica e elaboração de inventários e planos de manejo de florestas nativas. Versão 2.01: CIENTEC, Copyright 2001-2005. CD-ROM.
- STATSOFT, I. 2003. STATISTICA (data analysis software system) - Version 6 -www.statsoft.com.
- UNESCO. 2003. Subsídios ao Zoneamento da APA Gama-Cabeça de Veado e Reserva da Biosfera do Cerrado: caracterização e conflitos socioambientais. Brasília: UNESCO/ MAB.
- WIENS, J. J., and C. H. GRAHAM. 2005. Niche conservatism: Integrating Evolution, Ecology, and Conservation Biology. *Annual Review of Ecological and Evolution Systematic* 36:519-539.
- WILSON, E. O. 1989. Threats to Biodiversity. *Sci. Am.*:60-66.
- WHITTAKER, R. H. 1973. Direct gradient analysis: results. *In: Whittaker, R. H. (ed.). Ordination and classification of communities*. The Hague, Junk. p.33-51
- ZAR, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. London, Prentice-Hall International, 1996.

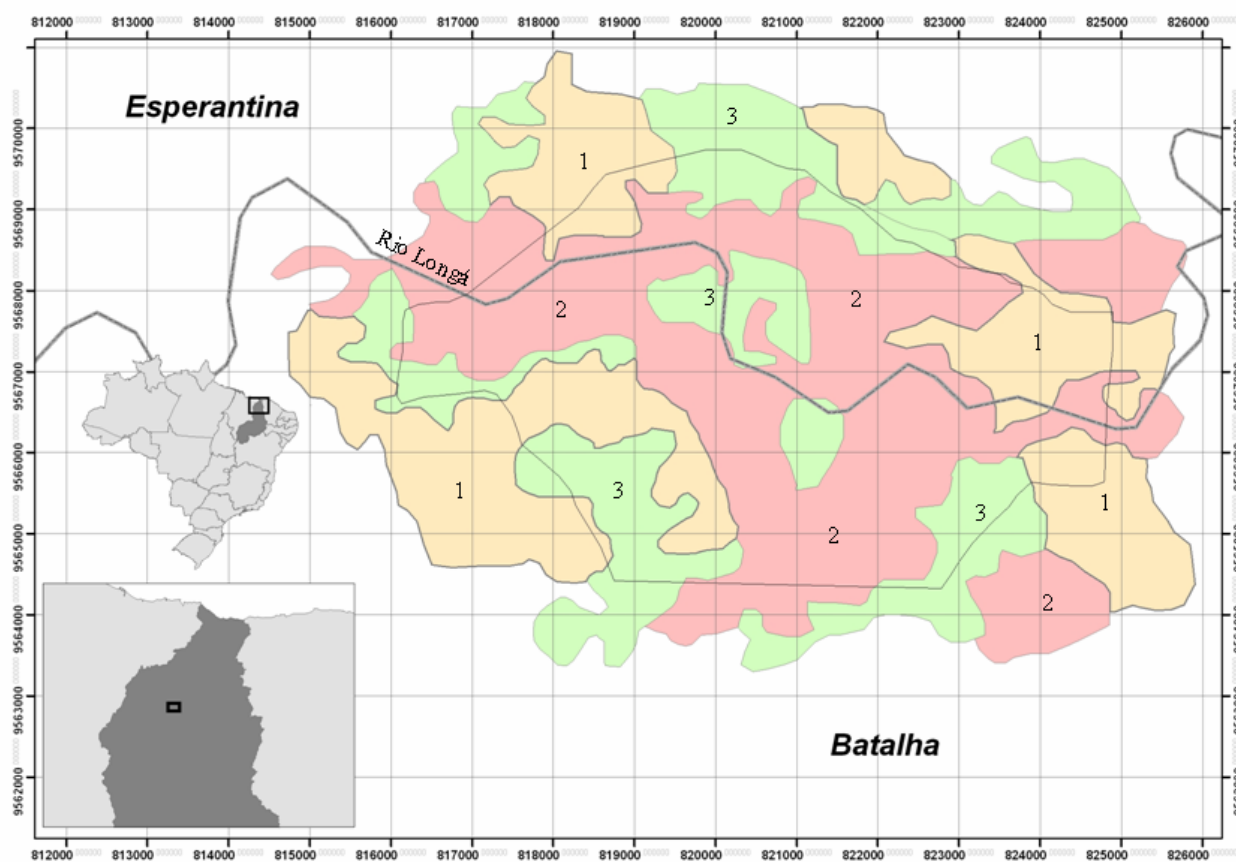


Figura 1. Divisão das APAECU por classe de declividade, segundo o Modelo Digital do Terreno, com os números representando as classes de riqueza de declividade (R), onde: 3 – representa maior classe de riqueza; 2 – nível intermediário e 1 – menor classe de riqueza de declividade.

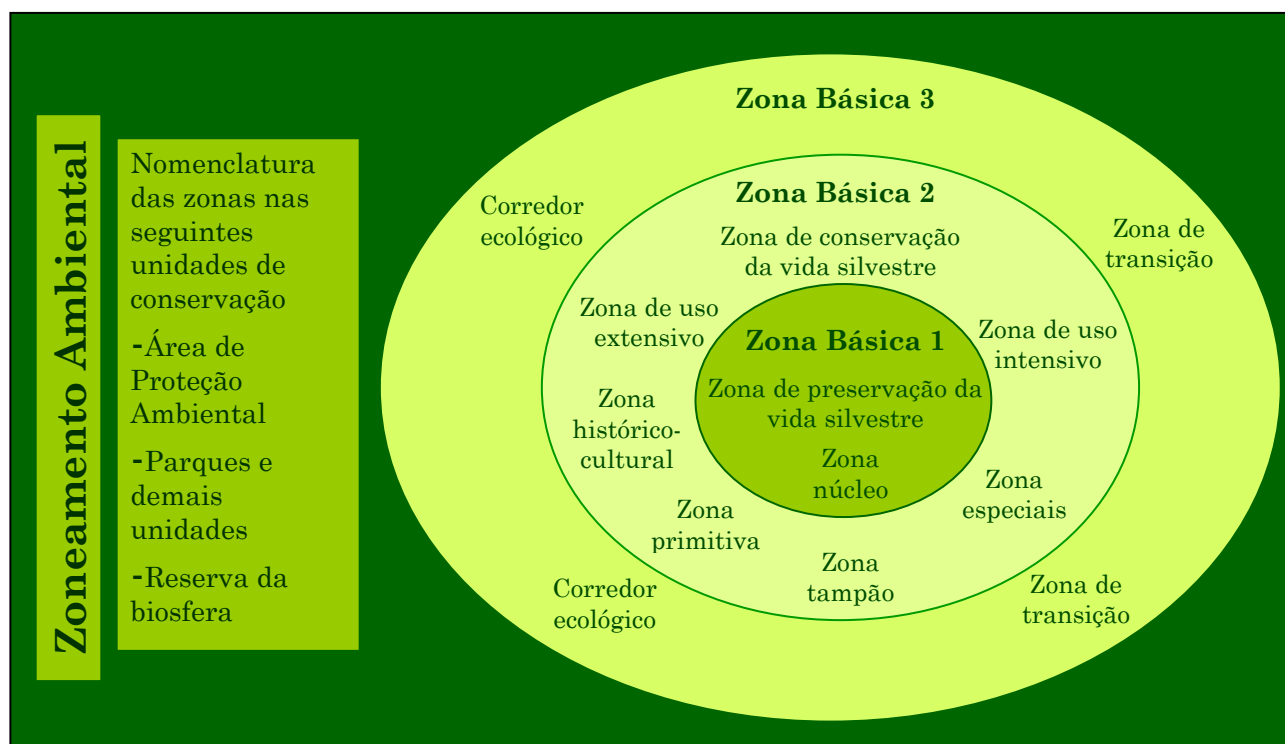


Figura 2. Proposta de para definição de zonas ambientais em uma área de proteção ambiental (UNESCO 2003).

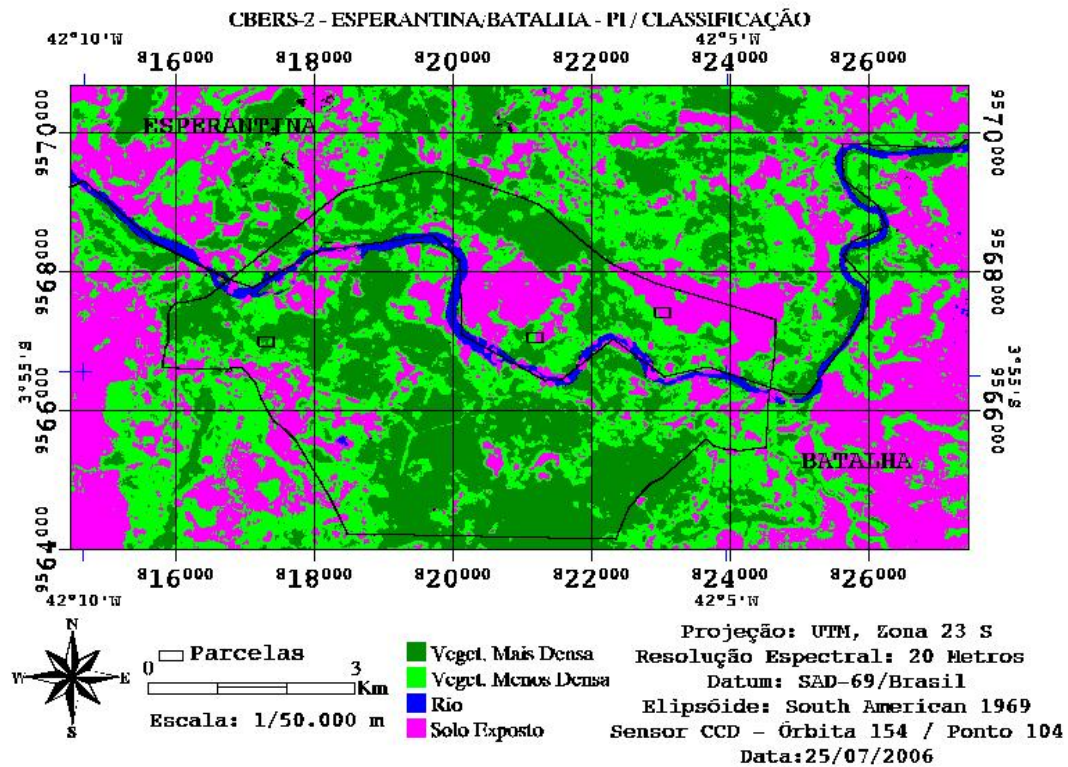


Figura 3. Mapa de uso da terra na APA Estadual Cachoeira do Urubu gerado a partir de uma classificação não supervisionada de imagens CBERS-CCD de 25/07/2006

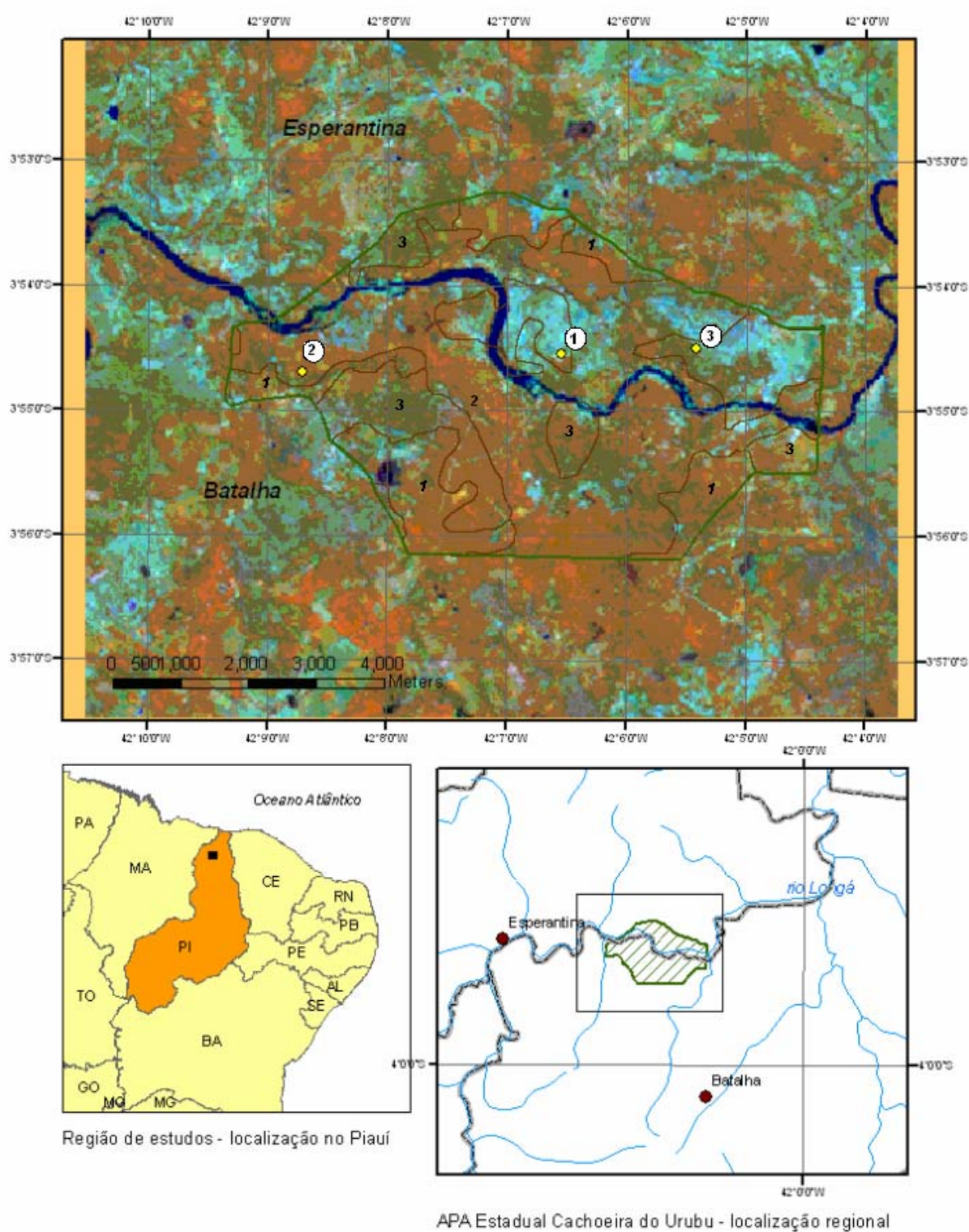


Figura 4 - Localização das zonas da Área de Proteção Ambiental – APA Estadual Cachoeira do Urubu, Esperantina, Piauí, Brasil.

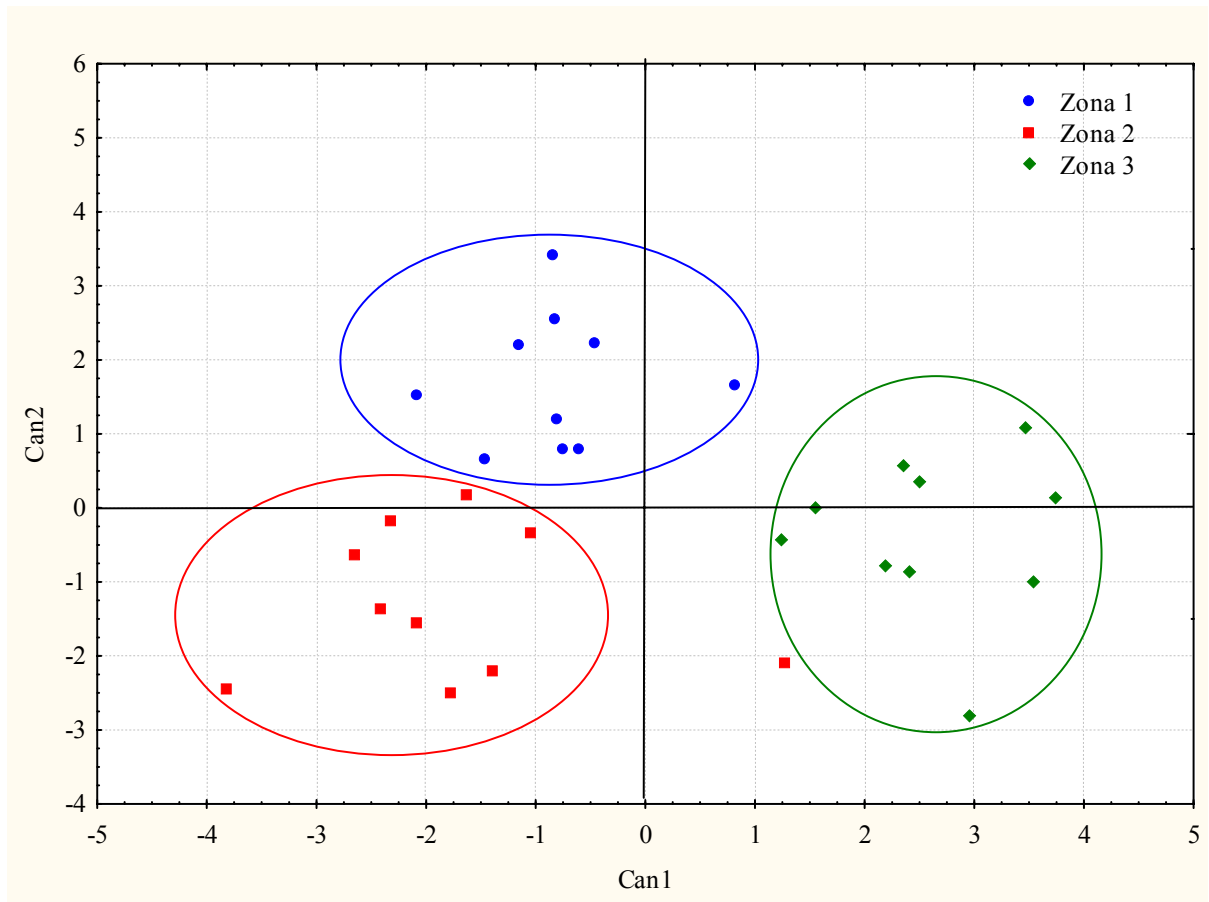


Figura 5. Discriminação das zonas propostas para a APA Estadual Cachoeira do Urubu em função das variáveis de estrutura da vegetação

Tabela 1. Comparação entre a classificação das unidades amostrais das Zonas 1, 2 e 3 da APA Estadual Cachoeira do Urubu.

Zonas	% de acerto	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Zona 1	100	10	0	0
Zona 2	90	0	9	0
Zona 3	100	0	1	10
Total	96,67	10	10	10

Tabela 2. Valores de correlação entre as variáveis originais e os componentes canônicos 1 e 2 gerados pela análise discriminante.

Parâmetros	Can 1	Can 2
Densidade total	1.62382	-0.43414
Área basal	-1.30456	2.10943
Diâmetro médio	1.09148	-1.07535
Diâmetro máximo	1.09934	-1.42852
Altura média	-1.19516	0.32771
Altura máxima	-0.58544	-0.09918

Tabela 3. Distribuição das médias e desvios padrão dos dados fitossociológicos entre as zonas da APA Estadual Cachoeira do Urubu, onde: Dens.= densidade; AB = área basal; Diam. Médio = diâmetro médio; Diam. Max. = diâmetro máximo

Zonas	Resultados	Dens.	AB	Diam. Médio	Diam. Max.	Altura Média	Altura Máx.
1	Média	4850,0	0,66	7,3950	33,6930	4,64	12,32
	Desvio Padrão	901,2	0,18	0,6238	10,3348	0,30	2,34
2	Média	2740,0	0,60	8,5870	46,3300	4,94	13,80
	Desvio Padrão	685,5	0,30	1,1854	22,4122	0,77	3,67
3	Média	3710,0	0,39	6,8650	31,1320	3,38	8,13
	Desvio Padrão	1217,2	0,08	0,6445	9,7538	0,34	2,22
Total	Média	3766,6	0,55	7,6157	37,0517	4,32	11,42
	Desvio Padrão	1275,5	0,23	1.1055	16.2549	0,85	3,66

Tabela 4. Correlações canônicas das zonas da APA Estadual Cachoeira do Urubu

Variável Canônica	R canônico	R2 canônico	Qui- quadrado	Graus de Liberdade	p-valor
1	0.9998	0.9997	210.0277	16	< 0.0001
2	0.4387	0.1924	6.7242	9	0.6658
3	0.2207	0.0487	1.2737	4	0.8658
4	0.0042	0	0.0005	1	0.9831

Tabela 5. Matriz de correlação entre as variáveis representativas da estrutura da vegetação (linhas) e as variáveis representativas da taxocenose (colunas) resultante da análise de correspondência canônica realizada, onde: Dens = densidade; AB = área basal; D_med = diâmetro médio; D_max = diâmetro máximo; A_med = altura média e A_max = altura máxima.

		Variáveis taxocenose			
		Riqueza	Indivíduos	IVC	IVI
Variáveis estrutura	Dens	0,728**	1,000**	-0,660**	-0,660**
	AB	0,427*	0,385*	-0,440*	-0,440*
	D_med	-1,152 ns	-0,427*	0,025 ns	0,025 ns
	D_max	-0,043 ns	-0,199 ns	0,037 ns	0,037 ns
	A_med	0,134 ns	0,068 ns	- 0,216 ns	- 0,216 ns
	A_max	0,141 ns	0,089 ns	- 0,182 ns	- 0,182 ns

Observação: ns = não significativo; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,001$.