

Edgar G. B. Machado¹José Imaña-Encinas²Gustavo S. Ribeiro³Otacilio A. Santana⁴

Índice de vegetação da diferença normalizada da área de proteção ambiental Gama – Cabeça-de-Veado, Brasília

RESUMO

Neste trabalho se delimitaram uma área de 23.650 ha e uma faixa de amortecimento de 10 km da APA Gama – Cabeça-de-Veado, localizada no Distrito Federal, através de técnicas de geoprocessamento para a delimitação da área de estudo. Posteriormente a imagem LANDSAT – 7 ETM+ foi transformada em imagem NDVI, a fim de identificar a densidade da vegetação e o grau de entropia em sete categorias de uso do solo predefinidas. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) nas classes mata, cerrado, área agrícola, reflorestamento, área urbana, campo e solo exposto, apresentou valores acima de 2,0, indicando a existência de alta diversidade espacial em cada uma das categorias de uso de solo, que traduziram as influências da dinâmica de ocupação antrópica desta APA.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, geoprocessamento, unidades de conservação, índice de diversidade, cerrado

Normalized difference vegetation index of the conservation unit Gama – Cabeça-de-Veado, Brasilia

ABSTRACT

This study was undertaken in the Gama – Cabeça-de-Veado conservation reserve, an area of 23,650 ha in the Federal District of Brazil. A LANDSAT-7 ETM+ image was transformed into NDVI to identify the vegetation density and the anthropic level in seven predefined land use categories in the conservation unit. The diversity index in the classes: forest, savanna, agricultural area, reforested area, field and exposed soil presented values above 2.0, indicating a high spatial diversity in each of the land use categories. These values show the dynamics of the human occupation in the conservation unit.

Key words: remote sensing, conservation units, diversity index, savanna

¹ Engenheiro Florestal, edgarbanks@hotmail.com

² Professor UnB/EFL, PhD em Ciências Florestais, Fone: (61) 3307-2707, Ramal: 227, CEP: 70919-970, Caixa Postal: 04357, Brasília, DF, imana@unb.br

³ Graduando em Engenharia Florestal/UNB, bolsista CNPq

⁴ Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais

INTRODUÇÃO

O bioma cerrado domina a paisagem do Brasil Central com cerca de 200 milhões de hectares, compreendendo uma larga variedade de fitofisionomias. O Distrito Federal, localizado neste bioma, ocupa uma área de 5.814 km².

A definição de área de proteção ambiental (APA) está inserida na Lei nº. 9.985/00 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação) que a classifica como Unidade de Conservação de Uso Sustentável.

A APA Gama - Cabeça-de-Veado, localizada no Distrito Federal, foi criada pelo Decreto nº. 9.417, de 21 de abril de 1986 e regulamentada pelo Decreto nº. 23.238 de 24 de setembro de 2002, com o objetivo de proteger os mananciais hídricos da bacia dos Ribeirões Gama e Cabeça-de-Veado, a biodiversidade do local e a manutenção de pesquisas ecológicas de longa duração, ali conduzidas.

As diferentes fitofisionomias da APA Gama - Cabeça-de-Veado lhe conferem a característica típica da heterogeneidade da paisagem do bioma cerrado; nessas fitofisionomias, sua flora vascular contempla aproximadamente 30% das espécies e 78% das famílias botânicas encontradas no bioma cerrado (UNESCO, 2003).

As técnicas de geoprocessamento demonstraram ser eficientes em diversas aplicações relacionadas ao estudo dos recursos naturais. O sensoriamento remoto se apresenta, conseqüentemente, como indispensável ferramenta para a análise da estrutura da paisagem, incluindo-se nelas os índices de diversidade espacial, que parecem refletir adequadamente o grau de variabilidade das fitofisionomias (Gulinck et al., 1993).

As transformações espectrais consistem na utilização de operadores matemáticos e estatísticos para a produção dos índices de vegetação, dentre eles o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI), que explora a diferença existente entre as respostas da vegetação nas bandas relativas ao vermelho e ao infravermelho próximo, otimizando e ampliando as informações delas advindas. O NDVI é calculado pela razão entre a diferença das reflectâncias nas regiões do infravermelho próximo (IVP) e do vermelho (V) e a soma dessas duas reflectâncias. No caso do sensor ETM+ (LANDSAT), o índice é calculado por meio das bandas espectrais 3 e 4, que representam o V e o IVP, respectivamente (Crósta, 1992). O resultado do NDVI é, portanto, um índice que identifica a densidade da vegetação (Marceau et al., 1989; Ulaby et al., 1993).

Ao contrário da informação espectral, que descreve a variação do nível de cinza de um pixel, a textura contém informações sobre a distribuição espacial dos níveis de cinza de uma região da imagem. Estudos realizados por Frohn & Menz (1996) apontam, na análise das texturas, o grau de interferência antrópica nas categorias de uso do solo mapeadas. Gulinck et al. (1993) relatam sua utilização na análise da frequência de diferentes categorias objetivando a avaliação das heterogeneidades na composição da paisagem.

Frohn & Menz (1996) usaram medidas de padrão de paisagem derivadas de índices tradicionais de fragmentação da paisagem e complexidade de formas e concluíram que a aná-

lise das texturas dos elementos que compõem a paisagem pode ser apropriada para indicar o grau de interferência antrópica em diferentes categorias mapeadas. Percebe-se, assim, que o conteúdo textural de uma imagem fornece indicadores da composição dos elementos da paisagem, principalmente de sua variabilidade.

Galo & Novo (1998) e Lago et al. (2001), utilizando de dados multiespectrais, geraram imagens transformadas para a avaliação do grau de fragmentação e diversidade espacial da paisagem do Parque Estadual Morro do Diabo e entorno, SP e Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG, respectivamente. Nas respectivas análises foram utilizadas medidas de textura calculadas pela fórmula da entropia, em imagens NDVI.

Ante o exposto se objetivou, com o presente trabalho, utilizar um filtro de textura baseado na entropia (índice de diversidade espacial), aplicado em uma imagem de índice de vegetação derivada de dados multiespectrais, com a finalidade de se avaliar os níveis de antropização nas categorias de paisagem naturais.

MATERIAL E MÉTODOS

A APA Gama - Cabeça-de-Veado está localizada na porção centro-sul do DF e abrange uma área de 23.650 ha; sua parte central possui um conjunto de áreas preservadas (Fazenda Universitária Água Limpa da Universidade de Brasília, com 4.040 ha, Reserva Ecológica do IBGE com 1.360 ha e o Jardim Botânico de Brasília, com 5.000 ha) consideradas zonas núcleo do Programa da Reserva da Biosfera do Cerrado (UNESCO, 2003). A zona tampão da APA se caracteriza pelo diversificado uso humano relacionado a áreas habitacionais de uma população de alta renda, atividades de produção de hortaliças dos núcleos rurais da Vargem Bonita e do Córrego da Onça, além da ocupação de áreas das atividades aeroportuárias da cidade de Brasília.

Utilizaram-se imagem do satélite LANDSAT-7 ETM+ de agosto de 2002, Mapa de Uso do Solo do Distrito Federal do ano de 2001 e arquivos vetoriais do Distrito Federal na escala 1:25.000.

O fluxograma metodológico utilizado neste trabalho é mostrado na Figura 1.

Visando à elaboração da base cartográfica, utilizaram-se os arquivos vetoriais do Sistema Cartográfico do Distrito Federal (SICAD), folhas número 19, 20, 21, 22, 28, 29, 30, 31, 37, 38, 39 e 40, a partir das quais se extraíram os arquivos referentes à rede hidrográfica, curvas de nível e vias de acesso da área de estudo, todos na escala 1:25.000.

A APA Gama - Cabeça-de-Veado e seu entorno, foi extraída a partir da imagem do satélite LANDSAT-7 ETM+, utilizando-se o ArcView 3.2 no módulo "Image Analysis". Foi definida uma zona "buffer" de 10 km ao redor da poligonal da APA, para atuar como zona de amortecimento.

Edição de dados vetoriais

Utilizou-se, como referência para o mapeamento do uso do solo da área estudada o Mapa de Uso do Solo do Distrito Federal do ano de 2001, publicado pela UNESCO (2003). Na

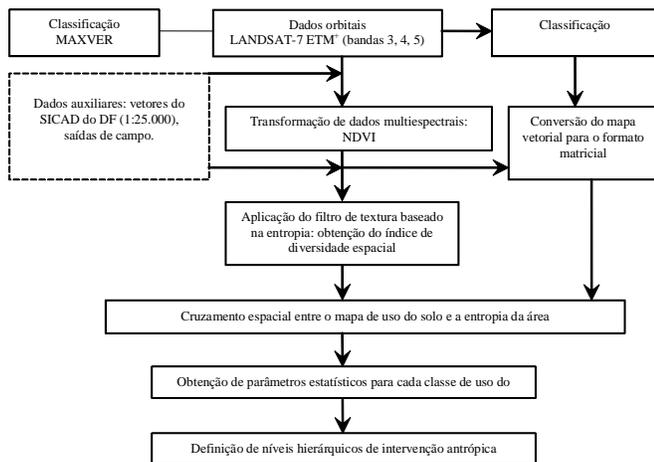


Figura 1. Fluxograma metodológico utilizado

Figure 1. Methodology flow chart

legenda utilizada, “Mata” compreendeu as formações florestais da mata de galeria e do cerrado; “Cerrado”, as formações savânicas, tais como: cerrado típico e cerrado denso; “Campo”, as formações com estrato predominantemente herbáceo de caráter natural ou antropizado; “Área Urbana”, se refere às áreas com estrutura urbana consolidada; “Área Agrícola” as áreas ocupadas por culturas intensivas e chácaras; “Solo Exposto” diz respeito às áreas sem nenhuma cobertura; “Reflorestamento”, as áreas com plantio de *Pinus* e *Eucalyptus spp* e “Corpo d’água”, relacionado aos espelhos de água.

Através de um mapa de referência produzido pela UNESCO (2003), com informações em escala 1:100.000, em que se fez a edição sobre a imagem LANDSAT-7 ETM+, obteve-se o mapa de uso do solo e da vegetação para a área de estudo na mesma escala. O mapa foi gerado pelo processo de classificação automática supervisionada utilizando-se o algoritmo de máxima verossimilhança; posteriormente, fez-se a reambulação com a imagem de satélite e dados de campo em pontos preestabelecidos com o objetivo de se avaliar os resultados da etapa de edição.

Transformações dos dados multiespectrais

Produziu-se, a partir da Imagem de Landsat a imagem do NDVI, com início no software ENVI; estabeleceu-se a partir dessa imagem, o indicador das variações na densidade da vegetação; em seguida foi aplicado o operador de contexto, que calculou um índice numérico com base na variabilidade espectral observada em uma janela de 3 x 3 pixels sobre a imagem NDVI; obteve-se o Índice de Diversidade da Paisagem, com base na entropia, pela seguinte equação:

$$H = \sum [p \times \ln(p)] \quad (1)$$

onde: p é a proporção de cada atributo da Diferença Normalizada atribuído ao pixel na janela 3 x 3.

Para se realizar o cruzamento espacial entre as classes de uso do solo mapeadas e a imagem resultante da aplicação do filtro de textura processou-se, em ambiente ArcView 3.2, a

conversão do mapa de uso do solo, do formato vetorial para o formato matricial. As informações provenientes do emprego do filtro de textura foram, então, cruzadas com o mapa de uso e ocupação do solo, em ambiente ArcView 3.2, módulo “Spatial Analyst”, cujo procedimento permitiu a obtenção de parâmetros estatísticos para cada classe de uso do solo. Nas áreas em que se apontaram características importantes do resultado dos processamentos, realizaram-se observações detalhadas de campo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados do geoprocessamento foram gerados mapas temáticos na escala 1:100.000, referentes ao uso do solo e de vegetação e a nível de interferência antrópica na área de estudo. Produziram-se, também, a carta-imagem e as imagens referentes às transformações espectrais (NDVI e entropia) verificando-se que houve sobreposição da imagem classificada às áreas visitadas.

A edição vetorial realizada sobre o mapa de uso do solo e da vegetação apresentou um mapa relativo ao ano de 2002 (Figura 2).

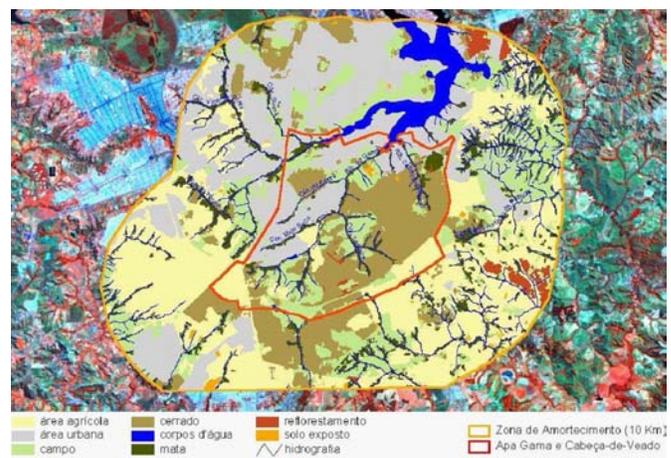


Figura 2. Mapa de uso do solo e de vegetação da área de proteção ambiental (APA) Gama - Cabeça-de-Veado, Brasília

Figure 2. Map of the soil use and vegetation of the area of environmental protection (APA) Gama - Cabeça-de-Veado, Brasília

A quantificação correspondente às áreas, é apresentada na Figura 3.

Nota-se, através dos resultados, que as maiores superfícies ocupadas na área de estudo, APA e zona de amortecimento ficaram classificadas como áreas agrícolas e urbanas, localizadas, quase que na sua totalidade, na zona de amortecimento (Figura 2); essas áreas vêm influenciando diretamente na pressão antrópica para o interior da área da APA. As classes referentes às paisagens naturais (cerrado, campo e mata) se encontram predominantemente, no interior do polígono da APA.

Na imagem resultante da transformação dos dados multiespectrais em índice de vegetação – NDVI (Figura 4) observaram-se, em tonalidades mais claras, as áreas caracterizadas pela vegetação de maior porte e biomassa verde (mata e reflorestamento). Os valores intermediários corresponderam às

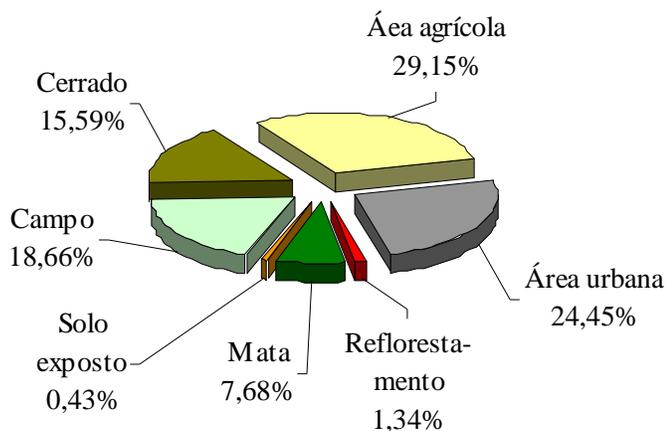


Figura 3. Distribuição das classes de vegetação e uso do solo na área de proteção ambiental (APA) Gama – Cabeça-de-Veado, Brasília

Figure 3. Classes of vegetation and use soil distributed in area of environmental protection (APA) Gama – Cabeça-de-Veado, Brasília

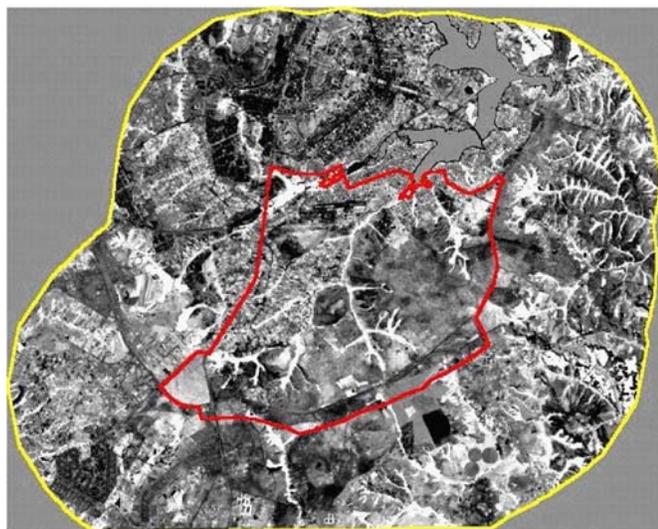


Figura 4. Imagem NDVI da área de proteção ambiental (APA) Gama - Cabeça-de-Veado, Brasília

Figure 4. NDVI picture of the area of environmental protection (APA) Gama - Cabeça-de-Veado, Brasília

classes de cerrado, campo e área agrícola, enquanto os valores mais baixos (tonalidades mais escuras) caracterizaram as áreas urbanas e a classe de solo exposto.

A partir dos mapas de uso do solo e da vegetação, e da imagem resultante da aplicação do índice de diversidade espacial sobre a imagem NDVI, realizou-se o respectivo cruzamento das informações; desta forma, foi possível obter os parâmetros estatísticos (média e desvio padrão) de entropia para cada categoria de uso do solo mapeada (Tabela 1). Na análise da aplicação do índice de diversidade espacial sobre a imagem NDVI, constatou-se que, em 55,24%, a paisagem se apresentou modificada.

Com os resultados obtidos nas diferentes categorias de uso do solo mapeadas, verifica-se que a paisagem da área de estudo se caracteriza por uma elevada entropia (alta diversidade), com valores médios do índice de diversidade de todas

Tabela 1. Estatística dos valores de entropia para as categorias de uso do solo

Table 1. Statistical entropic value for the land-use categories

Classes	Índice de Diversidade (H)	
	Média	Desvio padrão
Corpos d'água	0.2557	0.5713
Reflorestamento	2.0100	0.4167
Cerrado	2.1511	0.1203
Solo exposto	2.1572	0.1553
Mata	2.1679	0.1615
Área urbana	2.1710	0.1255
Campo	2.1724	0.1303
Área agrícola	2.1742	0.1214

as classes acima de 2,0. A classe corpos d'água apresentou, evidentemente, o valor mais baixo devido à sua homogeneidade, que lhe é característica.

O fato da classe área agrícola ter apresentado, na média do índice de diversidade, o valor mais elevado, reflete o estado atual do espaço físico que vem caracterizando o Distrito Federal. No caso da área em estudo ocorre que, muitas áreas classificadas como agrícolas, não passam, na verdade, de regiões de atividades diversificadas onde coexistem, lado a lado, pequenas chácaras, mini-clubes e conglomerados agro-urbanos; desta forma, o comportamento da maior parte das áreas agrícolas acaba fugindo do padrão homogêneo característico das áreas ocupadas por monoculturas, fazendo com que a paisagem, principalmente da zona de amortecimento da APA, se caracterize por um alto índice de diversidade espacial. O valor médio da classe reflorestamento se explica pela formação do seu dossel, mostrando a sua homogeneidade no plantio da mesma espécie com uma quantidade elevada de clareiras, que determinou a presença de uma rugosidade maior na textura. O elevado valor médio para as áreas urbanas se deve a presença de áreas verdes com elevado grau de arborização urbana, característica do setor das mansões urbanas Park Way. Com relação às classes campo e cerrado, os valores médios encontrados corroboram com as observações realizadas por Lago et al. (2001), caracterizando esses ambientes com uma diversidade espacial elevada, sendo este atributo uma característica intrínseca das fitofisionomias do cerrado. Os valores médios obtidos para o índice de diversidade espacial não indicaram a existência de um limiar entre a categoria de paisagem alterada e a de paisagem natural.

O maior desvio padrão apresentado pela classe corpos d'água pode ser atribuído ao fato de ocorrer uma pequena quantidade de pixels associada às matas de galeria, circundados por pixels que apresentaram resposta espectral diferente, fato este que também se aplica à classe reflorestamento, nos pixels localizados nas bordas das clareiras.

CONCLUSÕES

O mapa de uso e ocupação do solo revelou que todo o perímetro da área de proteção ambiental (APA) Gama - Cabeça-de-Veado e sua zona de amortecimento apresentam alteração das condições naturais do ambiente.

A utilização do índice de diversidade espacial baseado na entropia; demonstrou o potencial de análise da diversidade da paisagem. A área estudada apresentou grande diversidade de paisagem, expressa pelo alto valor médio de entropia para a janela estudada.

LITERATURA CITADA

- Crósta, A. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas: UNICAMP, 1992. 170p.
- Frohn, R. C.; Menz, G. Spatial separability of land-cover classes along a vertical transect in the Sierra Nevada using landscape pattern metrics and remote sensing. In: Annual ASPRS/ACSM Convention, 1996. Baltimore: p.19-28.
- Galo, M. L. B. T.; Novo, E. M. L. M. Índices de paisagem aplicados à análise do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9., 1998, Santos. Anais ... São José dos Campos: INPE, 1998. p.111-122.
- Gulinck, H.; Walpot, O.; Janssens, P. Landscape structural analysis of central Belgium using SPOT data. In: Haines-Young, R.; Green, D.R.; Cousins, S.H. (ed.). Landscape ecology and GIS. London: Taylor e Francis, 1993.
- Lago, F. P.L.S.; Chaves, H. M. L.; Galvão, W.S. Avaliação da estrutura da paisagem para o Parque Nacional Grande Sertão Veredas através de imagens de sensoriamento remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10, 2001, Foz do Iguaçu. Anais.... São José dos Campos: INPE, 2001. p.1633-1640.
- Marceau, D.; Howarth, P. J.; Dubois, J. M. Automated texture extraction from high spatial resolution satellite imagery for land-cover classification: concepts and application. In: IGARSS'89 – In: Canadian Symposium on Remote Sensing, 12, Vancouver, 1989. Proceedings ... IEEE, v.5, 1989. p.2765-2768.
- Ulaby, F. T.; Kouyate, F.; Brisco, B.; Lee Williams, T. H. Textural Information in SAR Images. IEEE Trans. On Geosc. and Remote Sensing, v.24, n.2, p.235-245. 1993.
- UNESCO. Subsídios ao zoneamento da APA Gama Cabeça-de-Veado e Reserva da Biosfera do Cerrado: caracterização e conflitos sócio-ambientais. Brasília: UNESCO, 2003. 172p.