

Identificação dos Elementos da Paisagem na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano (SP): subsídios à gestão ambiental

Maria Eugênia Bruck de Moraes, UESC, eugeniabruck@uesc.br

Reinaldo Lorandi, UFSCar, lorandi@ufscar.br

Cláudio Jorge Cançado, CETEC-MG, claudio.cancado@cetec.br

Abstract

The landscape units of the Ribeirão do Pântano Drainage Basin in the municipality of Descalvado, SP, Brazil, were mapped based on their geological and geomorphological characteristics and their vegetation cover. The synthetic approach adopted here followed the principles of Landscape Ecology, and the method involved cross-referencing spatial information using a geographic information system (Idrisi). Five homogeneous units were established and were compared with information pertaining to legally protected areas and to potential environmental risk. This provided the basis for the outlining of an environmental zoning proposal for the basin, dividing it into four zones according to their characteristics. Agriculture, represented by sugar cane, is the main land use activity, which requires monitoring and control to ensure the current environmental legislation is observed and the land's natural resources are conserved.

Keywords: Drainage basin, landscape ecology, geographic information system (GIS).

Resumo

Foi realizado o mapeamento das unidades de paisagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano, Descalvado, São Paulo, com base em suas características geológicas, geomorfológicas e de cobertura vegetal. A abordagem adotada de caráter sintético segue os princípios da Ecologia da Paisagem e o método seguiu o cruzamento de informações espacializadas, utilizando-se um sistema de informação geográfica (Idrisi). Foram estabelecidas cinco unidades homogêneas, as quais foram confrontadas com informações relativas às áreas protegidas pela legislação e ao potencial de risco ambiental. Assim, foi elaborada uma proposta de zoneamento ambiental para a bacia, dividindo-a em quatro zonas, de acordo com suas características. A agricultura, representada principalmente pela cana-de-açúcar, é a principal atividade de ocupação do solo, sendo necessário o seu acompanhamento e controle, visando o cumprimento da legislação ambiental e a conservação de seus recursos naturais.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, Ecologia da Paisagem, Sistema de Informação Geográfica (SIG).

1. Introdução

O termo “paisagem” foi introduzido pelo geógrafo alemão Carl Troll, em 1938, que considerava a Ecologia da Paisagem como o resultado da integração entre a Geografia (Paisagem) e a Biologia (Ecologia), abrangendo ainda as paisagens naturais, culturais e os aspectos socioeconômicos inerentes às mesmas (CHRISTOFOLETTI, 1999;

TROPPMAIR, 2001; RODRIGUEZ et al., 2004; GUERRA e MARÇAL, 2006). Segundo essa perspectiva, o termo “paisagem” é entendido como uma porção de terra heterogênea, na sua forma ou uso, que contém um grupo de unidades homogêneas que se repetem e interagem (FORMAN, 1995), de acordo com sua localização espacial e temporal, refletindo a integração entre seus aspectos físicos, biológicos e antrópicos.

Segundo Nucci (2007), a Ecologia da Paisagem surgiu em meados do século XX como uma ciência Bio-Geo-Humana, com o objetivo de fornecer uma base científica para o planejamento, manejo, conservação, desenvolvimento e melhoria da paisagem.

A estruturação da Ecologia da Paisagem difundida por Naveh e Lieberman (1984) e Forman e Godron (1986) também se enquadra no contexto da abordagem sintética apresentada por Bertrand (1971). Essa abordagem permite a identificação dos aspectos ambientais mais característicos de uma área e as inter-relações entre os elementos que a compõem. Os adeptos de tal abordagem destacam que a sua grande vantagem está em fornecer uma visão holística do meio, de forma rápida e eficiente (MORAES, 2003).

Acreditando-se que a Ecologia da Paisagem pode proporcionar a fundamentação teórica e metodológica ideal para uma abordagem sintética dos componentes ambientais de uma bacia hidrográfica, esta foi adotada no presente estudo, visando à delimitação e caracterização das unidades de paisagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano como subsídios à elaboração de uma proposta de zoneamento ambiental para a mesma.

2. Área de Estudo

A Área de Estudo (AE) corresponde à Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano (BHRP), uma sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu que apresenta 392Km² e engloba parte dos municípios de Analândia, Descalvado e São Carlos (SP), situando-se entre as coordenadas UTM 7552000 / 7596000 S e 212000 /232000 WGr.

O clima é classificado como do tipo Tropical Úmido-Seco (Cwa), de inverno seco e verão chuvoso, com quatro a cinco meses secos, sendo a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 23°C. O índice pluviométrico varia entre 27mm mensais e 270mm mensais e apresenta uma média anual de 1500mm (CEPAGRI, 2007).

A rede fluvial da BHRP é composta por vales mais profundos na região de cabeceira e tende a formar planícies de inundação conforme se aproxima do Rio Mogi-

Guaçu. Os cursos d'água formadores da bacia apresentam uma extensão total de 205km e a bacia apresenta uma densidade de drenagem de 918m/km².

As unidades de solo, identificadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas e atualizadas com base em Embrapa (1999), em classes de 1º nível categórico, são: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO ESCURO, ARGISSOLO, NEOSSOLOS GLEISSOLOS. E as principais formações vegetais identificadas por Oliveira (1995) foram: cerrado, mata ciliar e mata mesófila, sendo que esta aparece disseminada na forma de manchas, estando sua distribuição associada às condições edáficas.

3. Metodologia

Para a caracterização da BHRP foi utilizada uma base cartográfica digital, composta pelos seguintes planos de informação: formações geológicas de superfície, formas do relevo e uso e ocupação do solo, em escala 1:50.000, assim como os programas CartaLinx e Idrisi.

O Mapa de Formações Geológicas de Superfície foi elaborado utilizando-se os limites das unidades estratigráficas identificados originalmente pelo Instituto Geológico de São Paulo.

As formas do relevo foram definidas a partir da interpretação de fotografias aéreas de agosto de 1972, utilizando-se como documentos auxiliares o Mapa Cadastral da BHRP, a Carta Hipsométrica e a Carta de Declividades. O relevo da AE foi compartimentado com base nas principais feições geomorfológicas, individualizando-se os padrões de relevo segundo as propostas metodológicas de IPT (1986) e IBGE (1995), de acordo com a análise da declividade, amplitude e linhas de drenagem.

O mapeamento do uso e ocupação do solo foi realizado a partir da interpretação de uma composição colorida TM/LANDSAT, bandas 3, 4 e 5 de abril de 2006, georreferenciada com base no Mapa Cadastral. Este mapeamento também contou com a realização de trabalho de campo que possibilitou a identificação e confirmação das principais classes de uso do solo. A partir da reclassificação da Carta de Uso e Ocupação do Solo foi elaborada a Carta de Cobertura Vegetal da BHRP.

Para a identificação das Unidades de Paisagem (UP) foram realizados os cruzamentos da Carta de Formas do Relevo e da Carta de Formações Geológicas de Superfície com a Carta de Cobertura Vegetal, utilizando-se uma resolução de 30m.

4. Resultados e Discussão

4.1 Análise da distribuição espacial dos determinantes da paisagem na BHRP

As formas do relevo exercem um papel fundamental no estudo da paisagem, pois exercem influência direta sobre as condições ecológicas locais, criando condições hidrológicas e topoclimáticas específicas. As variações de relevo ocasionam uma série de variações ecológicas responsáveis por delimitações marcantes no mosaico da paisagem. Pivello et al. (1998) ao delimitarem as unidades de paisagem da Reserva Pé-de-Gigante, em Santa Rita do Passa Quatro (SP), concluíram que dentre os elementos analisados, aqueles que mais determinaram a heterogeneidade interna da reserva foram as formas do relevo local, incentivando desta forma, o estudo das formas do relevo no presente trabalho.

A BHRP possui um relevo suavizado com algumas áreas mais inclinadas, sendo que a altitude do terreno varia de 540 a 1.040m, com declividades entre 0 e mais de 45%. O relevo é composto principalmente por planícies que ocupam uma área em torno de 43% da área ou 16.950ha, dos quais 1.385ha corresponde à planície de inundação às margens do Ribeirão do Pântano, no trecho onde seu leito se alarga, antes de desaguar no Rio Mogi-Guaçu, demonstrando o elevado grau de homogeneidade do terreno.

As planícies caracterizam-se pela predominância de amplitudes entre 40 e 60m e declividades geralmente inferiores a 5%, sendo que as planícies aluviais correspondem aos terrenos baixos e planos junto aos cursos d'água (IBGE, 1995) e apresentam uma relação direta com a ocorrência de sedimentos aluvionares (IPT, 1986), assim, sempre que possível devem ser avaliados de forma integrada. As colinas, ocupando quase 40% da área, formam um relevo suavemente ondulado, caracterizado pela predominância de amplitudes da ordem de 40m que podem atingir 80m e as declividades de encostas predominantes são de até 20%. As encostas são levemente sulcadas por linhas de drenagem e os vales são abertos, enquanto os topos das elevações são amplos e arredondados.

Os morros mais altos e a cuesta, abrangendo uma área de 908ha e 3949ha respectivamente, ocupam os terrenos com declives mais acentuados (Figura 1). Ponçano et al. (1981) diferenciam os morros dos morrotes em função das amplitudes locais. Os morrotes identificados na AE formam um relevo ondulado com amplitudes que variam entre 60 e 120m e declividades de encosta de até 30%, enquanto os morros apresentam amplitudes que podem chegar a 200m e declives de até 45%.

A cuesta corresponde à borda formada pelo recuo erosivo de camadas sedimentares homoclinais de resistências diferentes em planalto assimétrico, constituída de

frente escarpada e, reverso com fraca declividade (IBGE, 1995). Na AE, as feições tabulares típicas da cuesta podem ser observadas na porção sul da BHRP e concentra a maior proporção de terras com altas declividades (até 45%) e amplitudes que variam entre 200 e 320m. A ocorrência da cuesta nessa bacia está diretamente associada à Formação Serra Geral, bem como às formações Botucatu e Itaqueri.

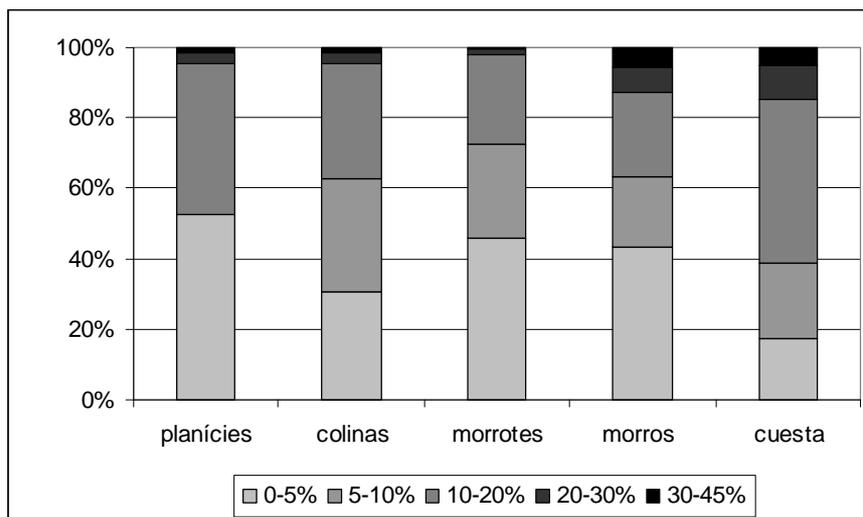


Figura 1 Proporção das formas do relevo sobre as categorias de declividade.

A formação geológica predominante na Bacia do Pântano é a Formação Santa Rita do Passa Quatro que ocorre em grande parte da bacia (54,3%). A Formação Pirambóia, base da seqüência Botucatu/Serra Geral, está limitada a uma curta faixa ao longo do Ribeirão do Pântano e alguns de seus afluentes e, apesar da pequena participação em extensão (em torno de 76ha), é de grande importância ambiental em função do seu potencial de recarga do Aquífero Guarani, regionalmente denominado Aquífero Botucatu-Pirambóia.

O substrato arenítico da Formação Botucatu, ocupando em torno de 9% da AE, ocorre nas áreas de declividade mais acentuada, sendo que no sul da bacia, ele aparece em associação com a Formação Itaqueri. Enquanto, os Depósitos do Quaternário - perfazendo um total de 5% - se encontram nas áreas mais planas com declives de até 5%, onde se localizam as planícies aluviais (Figura 2).

A Formação Serra Geral, cobrindo 12% da AE, também ocorre na porção inferior da bacia em associação com a Formação Botucatu, aparecendo em áreas que variam de 10 a 45% de declividade.

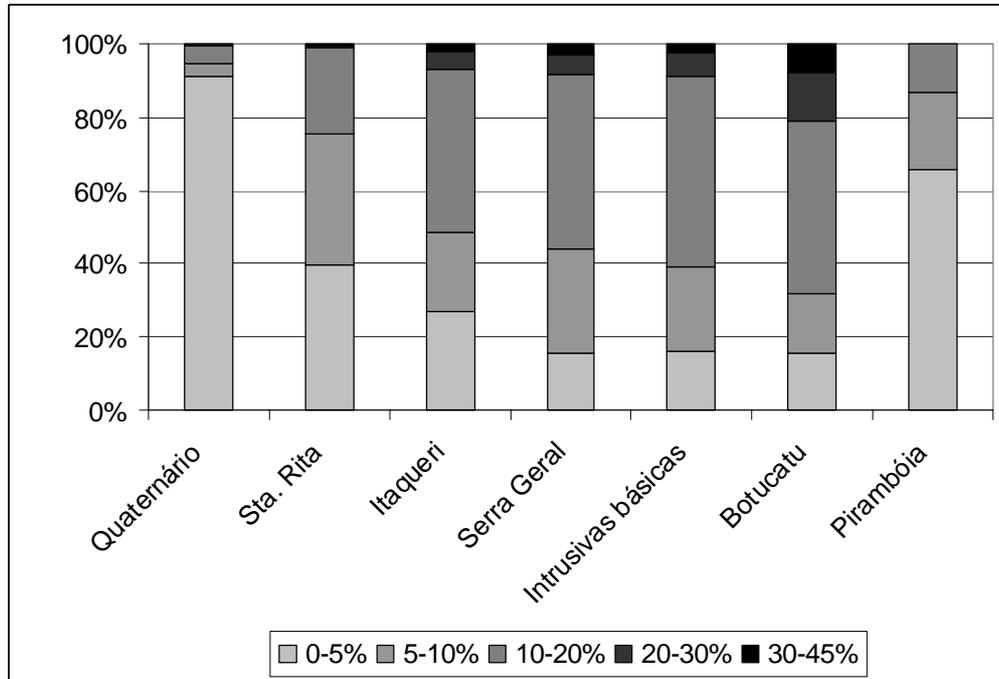


Figura 2 Proporção das formações geológicas sobre as categorias de declividade.

Quanto ao mapeamento do uso e ocupação atual do solo, inicialmente foram identificadas 11 classes que posteriormente foram agrupadas em apenas 3 classes (vegetação nativa, vegetação antrópica e áreas sem cobertura vegetal), visando facilitar a delimitação das UP existentes na bacia .

A atividade antrópica corresponde a pouco mais de 79% da AE, sendo composta principalmente por atividades agropecuárias que abrangem a agricultura permanente e temporária e as áreas de pastagem; assim como as atividades de silvicultura, onde predominam os reflorestamentos de eucalipto. Os remanescentes de vegetação nativa ocupam 20% da AE e encontram-se imersos em uma matriz de uso antrópico, formada principalmente pela cultura da cana-de-açúcar e por pastagens. Entre a vegetação natural, os fragmentos de mata mesófila possuem a maior proporção em relação à área total da bacia.

Relacionando-se o tipo de cobertura vegetal com as diferentes classes de declividade, constata-se que o uso antrópico ocorre principalmente sobre terrenos com até 20% de declividade e, embora ocorra em menores extensões de terra, ele também está presente em áreas com declives acima de 20%. Enquanto nas áreas acima de 30%, ainda é predominante a presença da vegetação nativa. As áreas sem cobertura vegetal, compostas pelas categorias: solo exposto e corpos d'água correspondem a pouco mais de 1.500ha e concentram-se principalmente sobre os terrenos com até 20% de declividade (Figura 3).

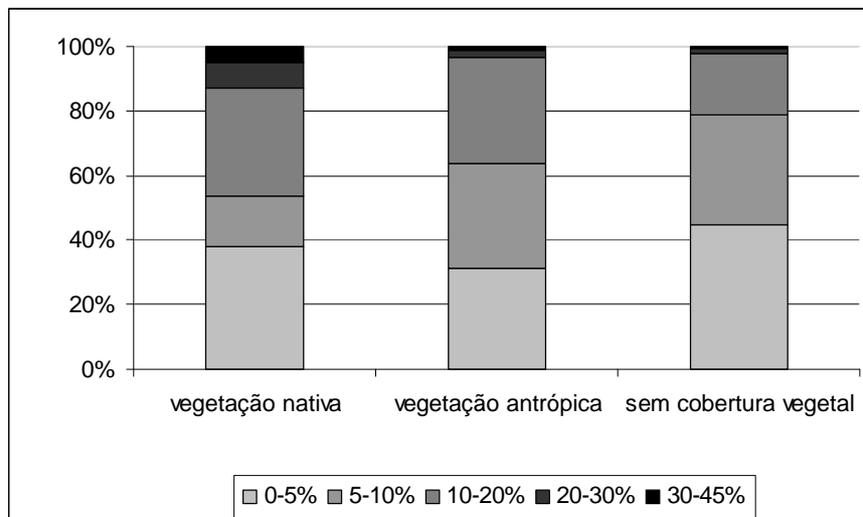


Figura 3 Proporção dos tipos de cobertura vegetal sobre as classes de declividade.

4.2 Caracterização das unidades de paisagem identificadas na BHRP

A análise da Carta de Unidades de Paisagem (Figura 4) mostra a existência de um padrão de paisagem na BHRP, onde se pode identificar a presença da matriz constituída pelas unidades II e III, que por sua vez encontram-se ocupadas pela cana-de-açúcar e recobrem a maior parte da bacia. As áreas antrópicas como os cultivos de laranja, solo exposto e reflorestamentos representam uma parte das manchas destacadas da matriz adjacente e os corredores são representados pela mata ciliar que corta a bacia no sentido norte-sul, interligando as manchas de cerrado e mata mesófila. Deve-se destacar, a importância ecológica das matas ciliares como corredores de interligação entre diferentes unidades fitogeográficas, proporcionando o contacto florístico destas unidades.

A UPI abrange, no domínio das planícies, cerca de 10% da bacia sobre as menores elevações do terreno existentes nos depósitos recentes do Quaternário e Formação Santa Rita, e cujos declives são bastante suavizados (até 10%). Esta unidade se destaca pelo seu valor ecológico, uma vez que é coberta, principalmente, por fragmentos de mata mesófila (36,4%), mata ciliar (42,5%) e cerrado (21%), o que não pôde ser diferenciado em suas diversas fisionomias durante a interpretação da imagem de satélite. Porém, durante o trabalho de campo, pode-se observar a presença na AE do cerrado *sensu stricto*, formado por arbustos e arvoretas em grande adensamento e do campo-cerrado, com o predomínio do estrato herbáceo-subarbusivo.

Mantovani e Martins (1993) e Pivello et al. (1998) destacam a importância ecológica dos remanescentes de cerrado no Estado de São Paulo, uma vez que estes

representam áreas marginais disjuntas, no limite sul da distribuição de várias espécies de sua área nuclear, contendo peculiaridades florísticas devido à influência dos campos meridionais. Além disso, a UP I também apresenta áreas com potencial de recarga de aquífero profundo, de grande importância ambiental, assim com uma cachoeira de 42m de altura, conhecida como Salto do Pântano, bastante conhecida na região por suas qualidades cênicas e potencial turístico.

A UP II, ocupando 33% da área, foi distinta da UP III, com 36%, em função do tipo de cobertura vegetal e forma de relevo, já que a primeira é formada pela parte rebaixada da bacia, onde predominam as planícies situadas sobre a formação Santa Rita, enquanto a segunda se caracteriza pelo predomínio de colinas e está coberta por usos diversos, inclusive vegetação nativa. Na UP III, a mata mesófila – denominada Floresta Estacional Semidecidual, é composta por árvores com altura superior a 15m, formando um dossel contínuo, enquanto a mata ciliar – denominada Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, é formada por árvores em torno de 10m de altura.

Observou-se que a UP IV, com 11% da AE, apresenta um relevo bem movimentado, formado por colinas (81,5%), morrotes (13,5%) e morros (5%), muitas vezes ocupados pelo plantio de cana-de-açúcar, prática agrícola inadequada para terrenos de declive acentuado. A cana-de-açúcar é o tipo de uso do solo predominante na BHRP (MORAES e LORANDI, no prelo) e de acordo com estudo realizado por Cançado et al. (2008) no município de Descalvado, as áreas de mananciais próximas aos cultivos de cana e laranja apresentam grande fragilidade à contaminação por pesticidas.

A UP V (10%) corresponde à região de cuesta, forma de relevo de grande valor paisagístico que abriga fragmentos de mata mesófila aparentemente bem preservados, variando entre 3 e 13Km². Na UP V ainda estão localizadas as nascentes do Ribeirão do Pântano e alguns de seus afluentes como os córregos da Pedreira, Pinheirinho e Montes Claros. Moraes e Lorandi (no prelo), comparando as Cartas de Uso e Ocupação do Solo da BHRP em 1972 com 2006, verificaram que houve um balanço positivo na ocorrência da mata mesófila para o ano de 2006, evidenciando uma agregação de áreas. Isso indica que, ao lado do processo de fragmentação, existe um movimento contrário de regeneração de áreas de vegetação natural.

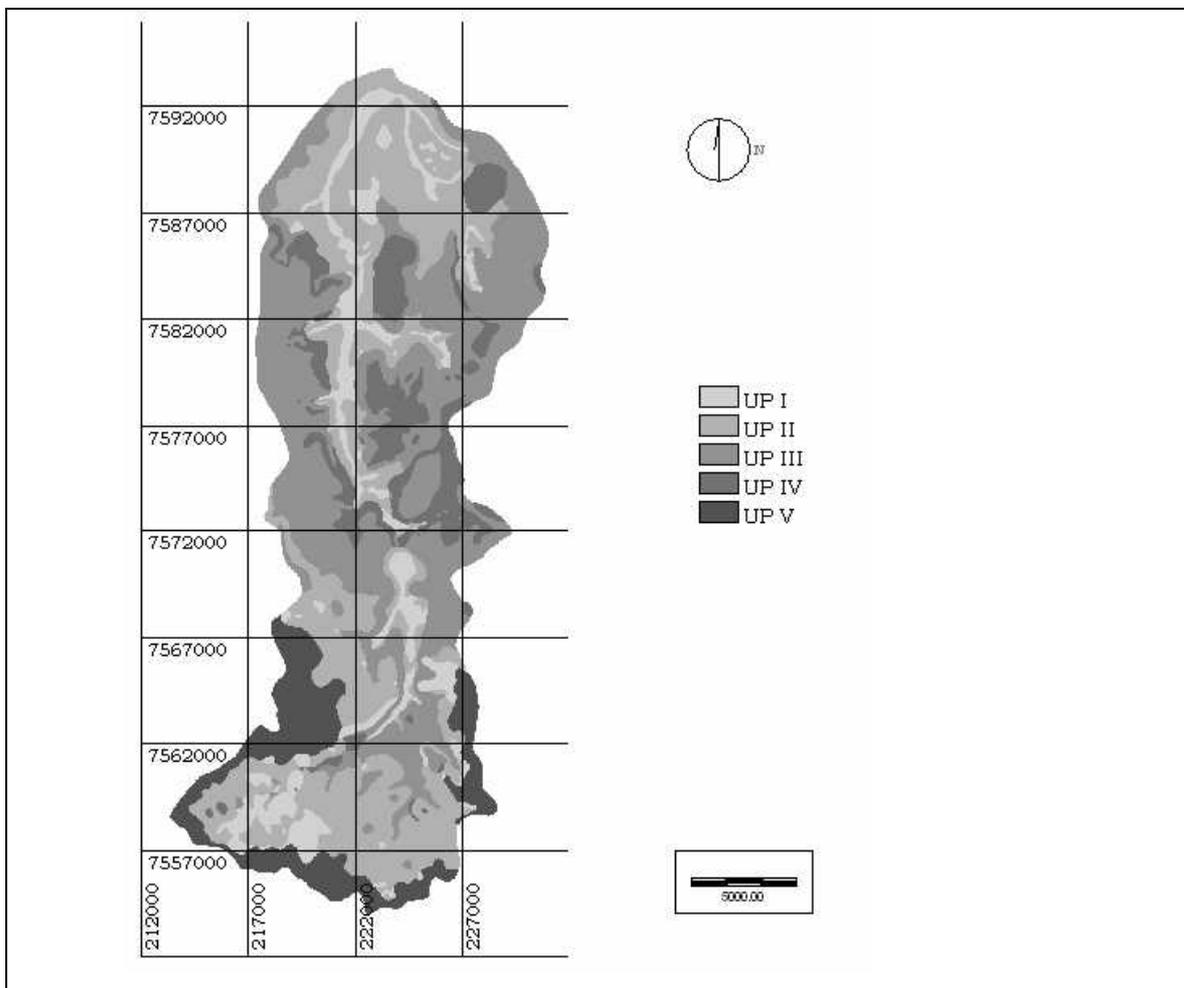


Figura 4 Carta de Unidades de Paisagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano.

5. Considerações Finais

A geração do cenário ambiental da BHRP - obtido a partir da espacialização das unidades de paisagem que a compõem – pôde ser realizada de forma suficientemente rápida e precisa a partir da aplicação de uma metodologia de abordagem sintética e através da utilização da ferramenta de tabulação cruzada (*crosstab*) do SIG *Idrisi*. Porém, deve-se ressaltar que a delimitação dessas unidades só foi possível após um conhecimento prévio das características da bacia e um aprofundamento nos conceitos e métodos relativos à Ecologia da Paisagem.

6. Referências Bibliográficas

Bertrand, G. (1971) Paisagem e geografia física global – esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. n. 13. 1971.

Cançado, C.J.; Lorandi, R.; Mendes, R.M.; Moraes, M.E.B. (2008) Estudo da vulnerabilidade de contaminação de aquíferos por pesticidas no município de Descalvado (Brasil). In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOTECNIA, 11., Coimbra, 2008. **Anais do XI Congresso Nacional de Geotecnia: a geotecnia portuguesa e os desafios da globalização...** Coimbra: Sociedade Portuguesa de Geotecnia. Vol. IV, p. 277-284.

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_153.html Acesso em: 22 agosto 2007.

Christofoletti, A. (1999) **Modelagem de sistemas ambientais**. Editora Edgar Blüncher, São Paulo.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA Produção de Informação, Brasília.

Forman, R.T.T. (1995) Some general principles of landscape and regional ecology. **Landscape Ecology**. 10 (3): 133-142.

Forman, R.T.T.; Godron, M. (1986) **Landscape ecology**. John Wiley & Sons, USA.

Guerra, A.J.T.; Marçal, M.S. (2006) **Geomorfologia ambiental**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 5).

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1986) **Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento na grande São Paulo. Guia de utilização. Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano (1:50.000)**. IPT/EMPLASA, São Paulo.

Mantovani, W.; Martins, F.R. (1993) Florística do cerrado na Reserva Biológica de Moji Guaçu, SP. **Acta Botânica Brasílica**. 7 (1): 33-59.

Moraes, M.E.B. (2003) **Zoneamento ambiental de bacias hidrográficas: uma abordagem metodológica aplicada na Bacia do Rio Bonito (SP)**, 2003. 130p. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

Moraes, M.E.B.; Lorandi, R. Análise do processo de ocupação do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão do Pântano (SP, Brasil). **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**. (no prelo)

Naveh, Z.; Liberman, A.S. (1984) **Landscape ecology: theory and application**. Springer Verlag, Berlin.

Nucci, J.C. (2007) Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem. **Revista Eletrônica Geografar**. 2 (1): 77-99.

Oliveira, H.H. (1995) **Proposta de criação e caracterização da Área de Proteção Ambiental de Descalvado, SP**. São Paulo. 140p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

PivelloI, V.R.; Bitencourt, M.D.; Mantovani, W.; Mesquita Junior, H.N.; Batalha, M.A.; Shida, C.N. (1988) Proposta de zoneamento ecológico para a Reserva de Cerrado Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). **Brazilian Journal of Ecology**. 2 (2): 109-119.

Ponçano, W.L.; Carneiro, C.D.R.; Bistrichi, C.A.; Almeida, F.F.M.; Prandini, F.L. (1981) **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo – 1:1.000.000**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. (Série Monografias, n. 5).

Rodriguez, J.M.M.; Silva, E.V.; Cavalcanti, A.P.B. (2004) **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Editora UFC, Fortaleza.

Troppmair, H. (2001) Ecologia da paisagem: da geografia para ciência interdisciplinar. **Revista de Estudos Ambientais**. 3 (1): 80-85.