

Segmentação orientada a objeto aplicado ao monitoramento de ocupações irregulares em áreas de proteção ambiental

Prof. Dr. Alzir Felipe Buffara Antunes¹
Ulrike Sturm²

¹Universidade Federal do Paraná, DGEOM
Caixa Postal 19.011, CEP 81531-990, Curitiba, Paraná, Brasil
felipe@ufpr.br

²Universidade de Karlsruhe, Instituto de Geografia e Geoecologia
Kaiserstraße 12 - 76131 Karlsruhe, Alemanha
uli_sturm@web.de

Abstract. Environmental planning is fundamental to the sustainable development of cities, In most cases environmental planning is ignored and as a result urban settlements can be found in areas which had been set aside as "areas of permanent preservation" (APP) in accordance with the Brazilian forestry code. The present article describes the preliminary results of mapping of urban settlements, especially in APP along the river line, where riparian forest should have remained. The riparian environment has great ecological importance as far as soil erosion and water quality are concerned. The study area is situated in the town of Matinhos, along the "Rio da Onça". The aim of this paper is to describe remote sensing high resolution image classification for mapping illegal urban occupation as well as the grade of soil impermeability. The proposed methodology is based on object oriented classification FNEA (fractal net evolution approach), contained in the software e-cognition (Definiens, 1999).

Palavras Chaves (Key words): object oriented classification, IKONOS image, environmental analysis, classificação orientada a objeto, imagem IKONOS, análise ambiental

1. Introdução

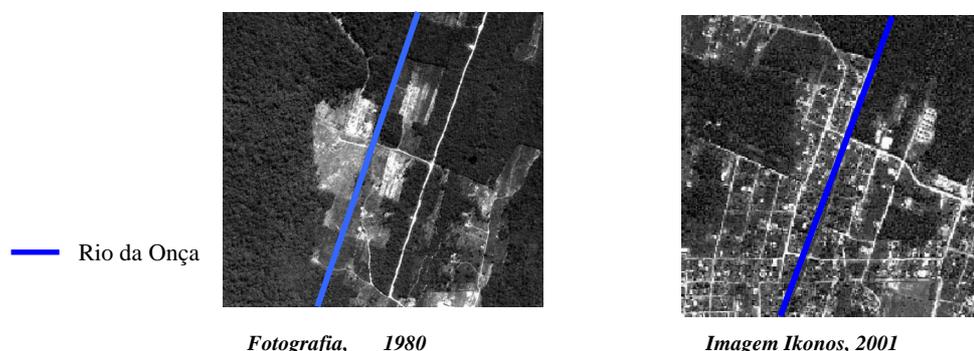
As primeiras ocupações urbanas em Matinhos, no litoral do Paraná, datam da década 20 (BIGARELLA, 1991). Porém somente a partir década de 60 houve um crescimento urbano significativo ao longo da orla. Os loteamentos não levaram em conta qualquer planejamento ambiental, fundamental para o desenvolvimento sustentável. No final da década de 90 a expansão urbana atinge as áreas mais internas do município, próximas a floresta atlântica. Assentamentos urbanos são facilmente encontrados nas áreas originalmente previstas como áreas de preservação permanente (APP), segundo o Código Florestal,

O município de Matinhos situa-se na área de Floresta Ombrófila Densa, porém somente 8% da área florestada é floresta primária (SOS MATA ATLÂNTICA, 2003). Conseqüentemente, a sua preservação se torna uma necessidade essencial .

O presente artigo descreve os resultados de uma classificação destinada ao mapeamento da ocupação urbana especialmente em APP nas margens do Rio da Onça onde, em condições naturais, se encontraria floresta ciliar.

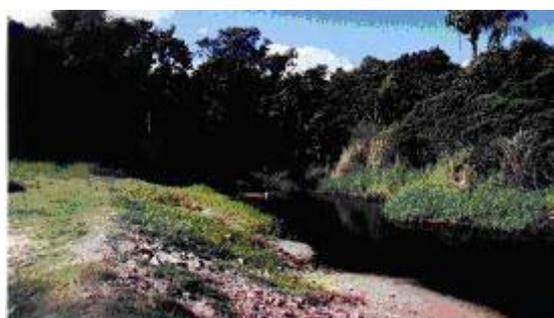
Pode-se observar as alterações ocorridas durante o período de 1980 e 2001 através fotografia aérea e na imagem IKONOS II respectivamente, onde mostra a dinâmica de crescimento na região (Figura 01).

Figura 1 – Expansão urbana na área de estudo



O Código Florestal (Lei Federal 4771/65) define a margem de um rio ou qualquer curso de água, na qual a vegetação deve ser mantida. A rede hidrográfica de Matinhos foi em parte canalizada, retificada ou alargada. O Rio da Onça possui em média 10 metros de largura, logo, a faixa de preservação deveria ser de 50 metros, segundo o Código Florestal. Contudo, a ocupação realizada com a inexistência de planejamento levou à alteração da mata ciliar, o que pode causar alguns danos ambientais tendo em vista as funções hidrológicas, ecológicas e limnológicas da vegetação ciliar. Considerando que Matinhos se situa na planície litorânea composta por solos arenosos, observa-se grande grau de instabilidade do solo o que muitas vezes acarreta assoreamento do leito do rio (Figura 2).

Figura 2 – Assoreamento na área de estudo (Foto: STURM, 2001)



Nos últimos anos, com o aumento da resolução espacial em imagens de Sensoriamento Remoto, ampliou-se sua aplicação para o ambiente urbano. Considerando a largura dos rios da região e das faixas ocupadas pelo ambiente ciliar, o seu estudo é unicamente possível com imagens de alta resolução. A alta resolução da imagem se mostra útil não somente para a identificação da vegetação, mas também para o mapeamento da ocupação urbana.

Este estudo tem como objetivo geral mapear o uso do solo na área de preservação permanente (APP) avaliando quantitativamente a área impermeável nas áreas ocupadas irregularmente, e conseqüentemente determinar a área de floresta remanescente, por meio da classificação de objetos.

2 Área de Estudo

A área de estudo situa-se no Município de Matinhos, ao sul do Parque Florestal Rio da Onça, de acordo com Figura 03.

Figura 3 – Área de estudo (Imagem Ikonos, banda 3)



3. Materiais e Métodos

3.1 Materiais

- Fotografia aérea de 25/09/1980, disponibilizada pela SEMA;
- Imagem IKONOS II, multiespectral, bandas 2 (verde), 3 (vermelho), 4 (infravermelho) e híbrida de 05/10/2001;
- Bases Cartográficas (1:2000 e 1:10000) do PARANACIDADE de 1997.
- ENVI 3.4 (registro e recorte da imagem);
- Ecognition 2.1 (segmentação e classificação orientada a objeto);
- ArcView 3.2 (digitalização e análise espacial);
- Excel 2000 (análise de bases de dados);

3.2 Metodologia

A metodologia proposta é apresentada no fluxograma de Figura 04, que apresenta os procedimentos adotados na obtenção do mapa temático proposto.

A imagem IKONOS II híbrida foi geo-referenciada por meio do mapa cadastral do município na escala 1:2000 de acordo com o Datum SAD 69, por se tratar de uma área plana não se utilizou o modelo numérico do terreno. Escolheu-se 10 pontos de controle para a área piloto e aplicou-se uma transformação afim no plano. A imagem corrigida foi sobreposta ao mapa cadastral e o erro posicional de algumas feições testadas foi em média de 12 metros, erro aceitável para a escala do mapeamento, 1: 15.000.

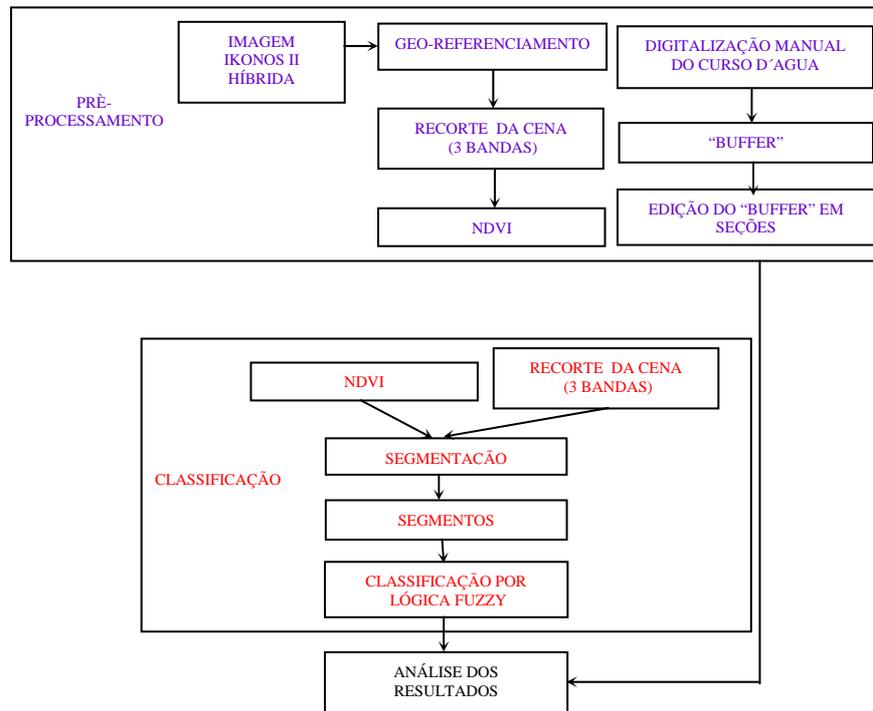
Foi determinado um índice de vegetação (NDVI) com as bandas 3 (vermelho) e 4 (infravermelho próximo) pela equação (01), visto que NDVI pode servir com dado complementar à classificação de vegetação.

(01)

$$\text{NDVI} = \frac{\text{banda 4} - \text{banda 3}}{\text{banda 4} + \text{banda 3}}$$

As bandas 2, 3, 4 e NDVI foram utilizadas no processo de segmentação baseado em objeto. Orientação a objeto pode ser entendida, no âmbito da imagem, como a análise da relação de um objeto com os seus objetos vizinhos. Define-se objeto como o elemento da imagem constituído de relações espaciais. Os objetos podem ser agregados objetos maiores, criando-se níveis de segmentação. A lógica de orientação a objeto preconiza as características semânticas dos objetos, que podem ser analisadas de acordo com seus aspectos geométricos e temáticos, respectivamente. O primeiro compreende topologia, forma e posição, o segundo atributos não espaciais dos objetos (ANTUNES, 2003).

Figura 4 — Esquema da Metodologia proposta (STURM, 2002)



A introdução do conhecimento só pode ser efetivada após a segmentação da imagem e a geração de objetos relacionados. Será apresentada a formulação da segmentação multi-resolução baseada em características espectral e espacial.

A segmentação numa primeira instância é determinada por um grau de homogeneidade que permita um agrupamento de pixels de acordo com uma resolução o mais fina possível. Usando segmentações repetidas ou re-segmentação, mais parâmetros poderão ser inseridos construindo, assim, relações entre os objetos em diferentes níveis.

O critério de semelhança é usado para definir a uniformidade dos segmentos. Dois critérios são usados para descrever a separação do objeto da imagem: critério da cor (espectral) e o critério da forma (suavização e compactação). Estes critérios controlam a homogeneidade dos segmentos e regiões (BAATZ & SHÄPE, 2001).

A descrição de heterogeneidade espectral é composta pela soma dos desvios padrão dos tons de cinza para uma dada banda σ_c ponderados pelos pesos ω_c , sendo:

$$H_e = \sum \omega_c \sigma_c \quad (3)$$

Contudo, em muitos casos, a minimização exclusiva da heterogeneidade espectral resulta em segmentos fragmentados, principalmente em imagem muito texturizada, como a IKONOS. Por esta razão, em muitos casos deve-se considerar além da heterogeneidade espectral o critério de heterogeneidade espacial e, conseqüentemente, as formas dos objetos podem ser suavizadas. Estabelecidas as classes pôde-se definir uma hierarquia (Figura 06) entre elas e escolher as funções de pertinência que melhor se ajustaram à cor e forma dos segmentos. A segmentação em diferentes níveis permite inserir relacionamento entre os objetos o que facilita a introdução do conhecimento à classificação (MOLENAAR, 1998). Cada objeto possui informações espectrais, forma, textura e hierarquia, de sorte que os objetos podem ser categorizados de acordo com determinada similaridade de determinados parâmetros.

Figura 5 - Geração de objetos a partir de parâmetros espectrais e de forma.

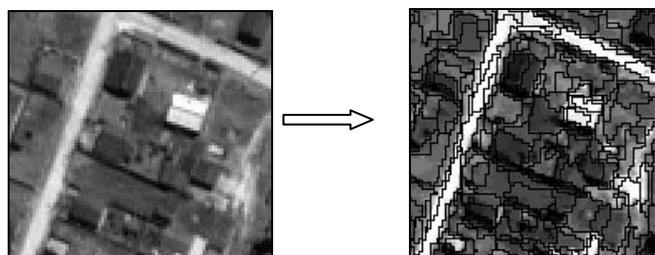
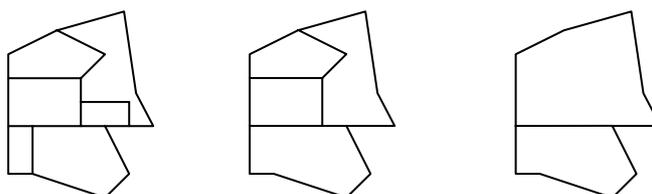


Figura 6 – Agrupamento de objetos : Hierarquia



A Lógica Fuzzy foi escolhida para classificar os objetos de acordo com o conhecimento de campo. Os descritores fuzzy permitem gerar funções de pertinência que refletem o conhecimento. A mais simples regra fuzzy pode ser criada baseada num simples descritor. Por exemplo, um objeto pode ser classificado como a classe *vegetação* utilizando o descritor média espectral para ser definido como um conjunto fuzzy. Formula-se a regra fuzzy representando o conhecimento por meio da relação entre os valores notáveis ou limítrofes do descritor

Ex.: Regra de decisão Fuzzy:

‘Se média_espectral (objeto) $\in \mu_{media}$, então, classe(objeto) = água’

Um objeto pode estar associado a várias classes com diferentes graus de pertinência. O grau de pertinência $\mu_{soloexposto} = 0,7$, exprime a maior possibilidade do objeto pertencer à classe *solo exposto*, logo a decisão adequada seria enquadrar o objeto como membro da classe solo, embora existam evidências menores a favor de outras classes. Utilizando-se informação de contexto como rio (digitalizado) foi possível definir a vegetação ciliar e criar um *buffer* (análise área) referente à legislação florestal em vigor.

4. Resultados e discussão

4.1. Classificação

A classificação dos objetos nem sempre foi correta apesar dos diferentes parâmetros associados aos objetos (espectral, forma, textura, vizinhança, etc). Exemplificando, houve áreas como casa que foram classificadas como areia por causa da mistura espectral. A segmentação por ser um processo de agrupamento por homogeneidade pode gerar objetos que não refletem a forma das feições no terreno. Assim sendo, segmentou-se num primeiro nível objetos os menores possíveis, e em seguida resegmentou-se os objetos menores em maiores (fusão de objetos, Figura 6). O resultado da disposição das classes pode ser observado na Figura 7, onde cada classe pôde ser subdividida em subclasses, explicitada por um relacionamento hierárquico.

Graças às diferentes escalas dos objetos pôde-se inserir o contexto semântico e eliminar alguns erros oriundos da classificação fuzzy, ex.: alguns objetos que se encontravam classificadas como *vegetação arbórea esparsa* (floresta_1), foram recategorizados, pelo contexto semântico, como *vegetação alterada*. Analogamente, somente áreas de vegetação contínua são *floresta*. Este tipo de reclassificação só é possível por que os objetos gerados possuem relações topológicas e de contexto.

Figura 7- Hierarquia dos objetos e classes- contexto (Fonte: STURM, 2003)

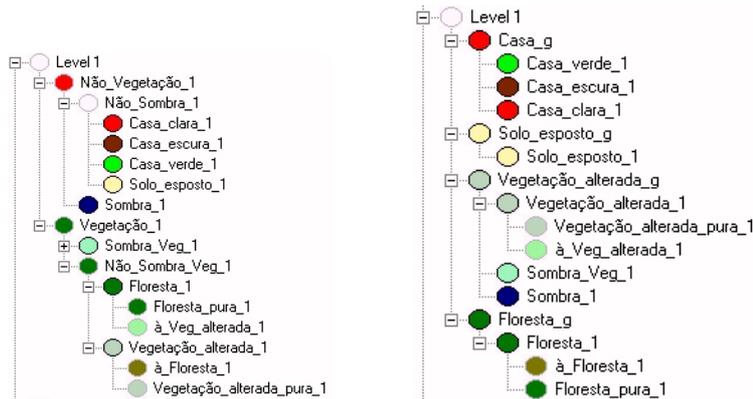


Figura 08 e Tabela 01 mostram os resultados da classificação original e reclassificada. De acordo com a Tabela 02 pode se verificar, que somente 25 – 30 % da APP foram respeitados em relação à preservação. A demais áreas foram substituídas em grande parte por vegetação alterada que inclui gramínea, arbustos e árvores esparsas, resultantes da ocupação irregular.

O mapa temático resultante sugere que quase toda a área prevista como APP, foi ocupada irregularmente. A Figura 9a mostra a percentagem de floresta remanescente na área de proteção, computando-se a vegetação contínua e vegetação alterada.

Figura 8 – Resultado da classificação dos objetos (Fonte: STURM, 2003)

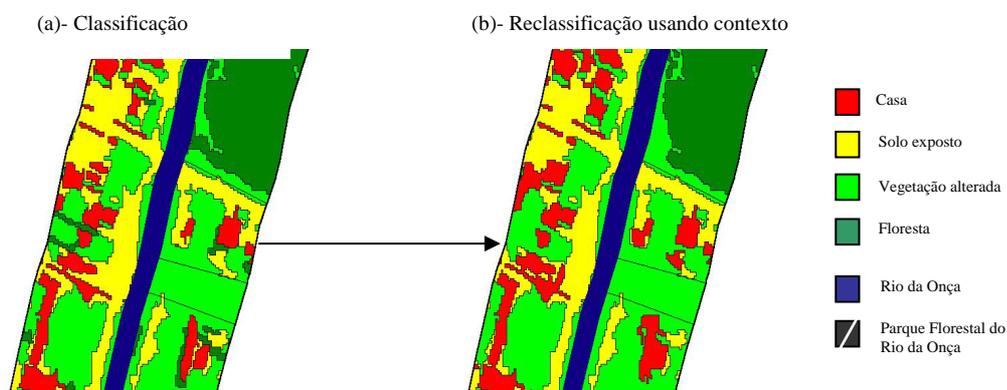
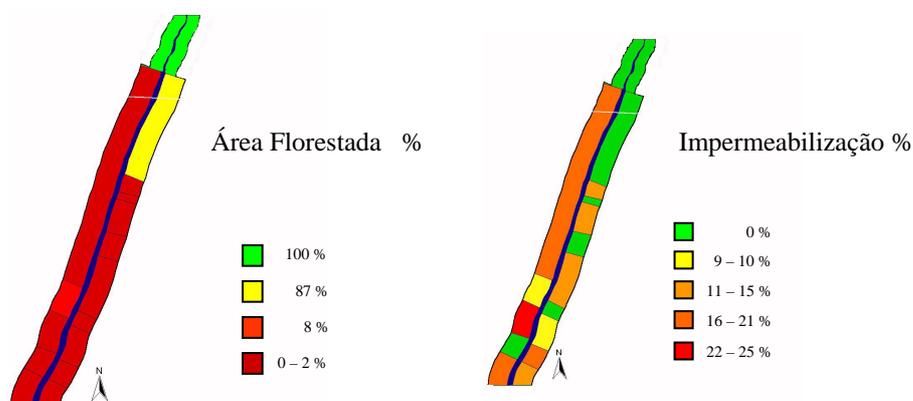


Tabela 1– Classes resultantes- áreas em m²

<i>Classe</i>	Classificação original	Re- classificação por contexto
Casa e solo impermeável	8883	11232
Solo exposto	17881	15825
Vegetação alterada	40739	49695
Vegetação arbórea e floresta	29370	20127
Área total	96879	96879

Figura 9 – (a)- Área florestada no parque, percentagem de vegetação; (b)- Área impermeável (Fonte: STURM, 2003)



A Figura 9b apresenta a área impermeável na área de estudo caracterizada por moradias. Em de torno de 30 % da área impermeável foram classificadas como solo exposto.

5. Conclusões

5.1 Classificação Orientada a Objetos

Segundo ANTUNES (2003), a interpretação dos objetos oriundos da segmentação foi bastante útil no processo de generalização, abstração e estruturação da semântica. O processo de interpretação da imagem com vistas à classificação passou pelas seguintes etapas:

- Estruturação da base do conhecimento;
- Análise da forma dos objetos no domínio dos segmentos;
- Características dos descritores dos objetos e suas propriedades discriminatórias;
- Inserção do conhecimento por meio de regras fuzzy e relações de contexto entre as regiões.

Conclui-se que parâmetros de contexto foram fundamentais para a extração das classes *floresta*, *vegetação alterada* e *vegetação esparsa*. Desta forma foi possível separar classes espectralmente próximas entre si o que não poderiam ser bem discriminadas pela classificação ao nível de pixel. A interpretação da imagem segmentada é tão importante quanto a interpretação multiespectral, uma vez que as propriedades espaciais, tais como forma, tamanho e orientação, são bem evidentes. Os objetos da imagem, quando associados aos pixels que lhe deram origem, conduzem a uma percepção menos abstrata da cena, e conseqüentemente a uma classificação mais acurada.

A classificação dos objetos se apresenta como uma metodologia eficaz quando se trata de imagem multiespectral de alta resolução.

5.2 Aplicação Ambiental

Segundo STURM (2003), conclui-se:

- A tecnologia de imagens de alta resolução como IKONOS II se mostrou como um dado muito importante à análise ambiental e, portanto no planejamento e gestão ambiental;
- A metodologia aplicada foi satisfatória para extração da informação temática;
- Do ponto de vista de APP é recomendável que as áreas com solo exposto e gramíneas sejam recuperadas (reflorestada);
- As áreas com remanescentes florestais ou vegetação arbórea sejam preservadas, como ocorre no Parque Florestal do Rio da Onça;
- O mapa temático resultante pode ser importante para desencadear o remanejamento das ocupações irregulares.

Referências bibliográficas

ANTUNES, A.F.B. **Object oriented analysis and semantic network for high resolution image classification.** Boletim de Ciências Geodésicas. Volume 9, n 2, 2003.

BAATZ, M & SCHÄPE, A. **Mutiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation.** München. Disponível em <www.definiens.com> Acesso em março 2001.

BIGARELLA, J. J. **Matinho: Homem e Terra – Reminiscências....** 1.ed. Matinhos: Prefeitura Municipal de Matinhos: Associação de Defesa e Educação Ambiental,1991. 212p.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA ; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) ; INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL . **Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período de 1990 – 1995.** Disponível em: <http://www.sosmatatlantica.org.br>. 2003.

LEAL, C. T. **A valoração paisagística aplicada ao planejamento ambiental urbano – estudo de caso do Município de Matinhos-PR.** Curitiba, 2002. 134 p. Dissertação (Mestre em Ciências do Solo). Curso de Pós-Graduação em Agronomia do Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná.

MOLENAAR, Martien. **An introduction to the theory of object Modelling for GIS.** Taylor&Francis, 1998.

STURM, U. **Nutzungskonflikt bei uferstreifen in südostbrasilien erfasst durch objektoreinterte klassifizierung eines Ikonos II- satellitenbilbes.** Diplomarbeit, Universität Karlsruhe, 2003. Brasil. Lei Nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <http://www.sosmatatlantica.org.br>. 2003.