

# Análise comparativa de imagens de alta resolução para classificação através de Geometria Fractal

Graziella Valença de Souza<sup>1</sup>  
Jorge Centeno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geomática, Universidade Federal de Paraná - UFPR.  
Caixa Postal 19001, CEP 81531-990, Curitiba, PR, Brasil.  
regan.gra@gmail.com  
centeno@ufpr.br

**Abstract:** With the satellite images availability with high space resolution, remote sensing images analysis does not restrict only to digital pixels values analysis as describing Earth surface spectral characteristics, but it propitiated the inclusion of space characteristics on the classification process. On this research, the standards of an urban scene using a pre processed image and a pan-sharpened had been analyzed through fractal geometry. The indices of fractal dimension “D” and the Pareto parameter “a” had been determined for different objects class and visible surfaces on Quickbird Pan-sharpened segmented image. The class had been associates with the indices calculated through the fractal analysis. The results show that objects with regular edges they present a lesser fractal dimension index, increasing this bigger value as the edge irregularity of object. This study sample that the quality of urban scene classification can be increased through the parameters form analysis and the use of fractal indices is a viable option.

**Palavras-chave:** remote sensing, classification, urban scene standard, segmentation, fractal analisis, Quickbird, sensoriamento remoto, classificação, padrões de cena urbana, segmentação, análise fractal.

## 1. Introdução

Imagens de satélite de alta resolução espacial fornecem informações detalhadas sobre as cidades, o que possibilita a análise de características espaciais orientada a objeto, superando as limitações da abordagem do pixel no processo de classificação - Machado e Caetano (2004).

Resultantes do processo de segmentação da imagem, os objetos são homogêneos, representados de forma consistente e reproduzível - Baatz e Schäpe (1999), porém com formas bastante complexas, o que a Geometria Euclidiana Clássica não consegue descrever adequadamente através de retas, planos, esferas e cubos.

Formas geométricas de grande complexidade, denominadas fractais, são caracterizadas e explicadas pela Geometria Fractal, cujas três características fundamentais são auto-semelhança em diferentes níveis de escala, dimensão fractal e sua complexidade infinita - Backes e Bruno (2005).

Este trabalho apresenta dois estudos: um realizado sobre uma imagem *pan-sharpened*, e outro, sobre a mesma imagem, porém pré-processada. Ambos fazem uso da Geometria Fractal para análise da cena urbana.

O objetivo foi, através de uma imagem segmentada e classificada *Quickbird pan-sharpened*, encontrar parâmetros que possam ser utilizados para o estudo da cena urbana. O objetivo específico foi verificar a aplicação da dimensão fractal (D) e do parâmetro de Pareto (a) para as diferentes classes na área de estudo e a relação entre eles.

## 2. Área de Estudo

A área de estudo está localizada no estado do Paraná, no município de Curitiba, bairro Jardim das Américas.

Foi utilizada uma imagem *Quickbird* datada de 06 de março de 2002, com resolução espectral de 4 bandas e resolução espacial de 2,8m. A inclinação do sensor é de aproximadamente 15°.

### 3. Metodologia

Um recorte da imagem com uma área de 400 x 400 pixels, foi escolhido com o propósito de conter áreas de vegetação de grande porte, edificações, e vegetação rasteira, canteiro central em uma das vias, a fim de fazer um comparativo entre as classes existentes.

Os dois estudos são realizados sobre a mesma área. No primeiro estudo, utiliza-se a imagem *pan-sharpened* bandas 4,3,2. No segundo estudo faz-se uma segmentação sobre a imagem pancromática.

#### 3.1 Filtragem

O filtro de passa-altas atenua ou elimina os componentes de baixa frequência. Como estes componentes são responsáveis pelas características que variam lentamente em uma imagem, tais como contraste total e intensidade média, o efeito resultante da filtragem é uma redução destas características, correspondendo a uma aparente agutização das bordas e outros detalhes finos – Gonzales & Woods (2000).

Como se trata de uma área urbana, a fim de ressaltar as características não naturais da cena, um filtro de passa-altas recorreu a imagem pancromática, gerando a imagem filtrada.tif. Esta imagem foi subtraída da original, gerando o resultado abaixo:



**Figura 1** – Imagem pancromática filtrada e subtraída da original

#### 3.2 Segmentação

A obtenção das características espaciais orientada a objetos é executada em duas etapas: a segmentação e a classificação.

O processo de segmentação de imagens tem por objetivo dividir uma imagem em unidades homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas como, por exemplo, a uniformidade espectral dos *pixels*, sua textura e contraste - Woodcock et al (1994).

O critério de homogeneidade é uma combinação de parâmetros de cor e forma, em termos de suavidade e compactação dos objetos de imagem, na qual a aplicação de diferentes combinações dos vários parâmetros permite a criação de uma rede hierárquica de objetos de imagem - Darwish et al (2003).

A formação de regiões é controlada por um parâmetro, denominado parâmetro de escala (*scale parameter*), que é o resultado da combinação de dois fatores que descrevem a uniformidade em termos espaciais e espectrais das regiões formadas - Miqueles e Centeno (2005).

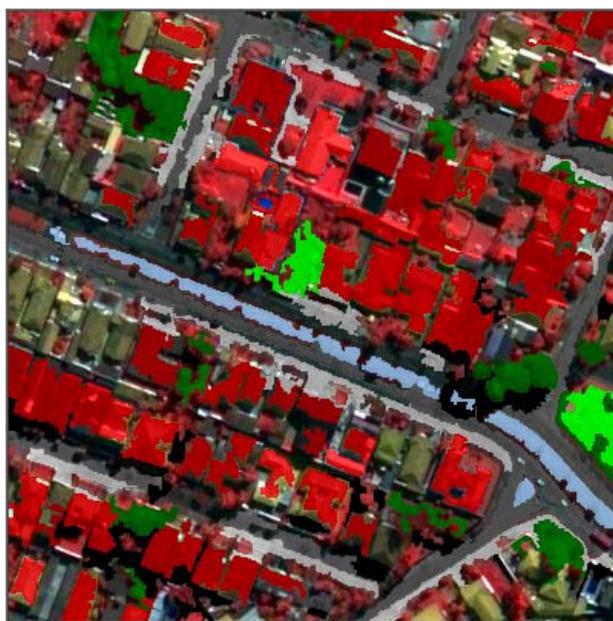
Para a imagem híbrida, o fator de escala utilizado foi 50, e para a imagem filtrada, o fator utilizado foi 10. EM ambas imagens o critério forma foi nulo, para não interferir nos resultados.

### 3.3 Classificação

A definição das classes foi feita com base nas feições existentes na imagem, sendo definidas sete classes:

- Calçada;
- Canteiro Central;
- Edificações;
- Vegetação grande porte;
- Vegetação rasteira;
- Via asphaltada;
- Árvore

Após este processo, os dados foram exportados e neles constam o perímetro e a área de cada segmento, calculados pelo próprio eCognition®, utilizados nos cálculos do índice de dimensão fractal (D) e parâmetro de Pareto (a).



**Figura 2:** Classificação da imagem segmentada.

### 3.4 Dimensão fractal

O índice de dimensão fractal é o número que representa o nível de irregularidade de um fractal.

A dimensão fractal transcende o espaço euclidiano - Mandelbrot (1983). Os valores da dimensão fractal (D) completam a dimensionalidade da representação clássica em números inteiros - Peitgen et al (1992).

De modo genérico podemos dizer - Christofletti (1999):

- Valores fractais entre 0 e 0,99 correspondem a estruturas com base em pontos;
- Valores fractais entre 1 e 1,99, correspondem a estruturas espaciais de lineamentos;
- Valores fractais entre 2 e 2,99 correspondem a estruturas espaciais de fenômenos que incluem informações volumétricas.

Para o cálculo da Dimensão fractal, foi usado o método baseado em entidade discreta que relaciona perímetro e área, proposto por Clark (1986) apud Lan e De Cola (1993) e pode ser expresso por Macgarical & Marks (1995).

$$D = 2 \log (0,25 \times P) / \log (A)$$

onde:

D = dimensão fractal;

P = perímetro;

A = área

Este método baseia-se na relação da variação da forma do fragmento de acordo com sua área.

### 3.5 Parâmetro de Pareto

O parâmetro de Pareto é calculado a partir da relação entre o segmento e seu grau. Para determinação do grau de cada fragmento, para cada classe, o segmento com maior área recebeu grau 2, o segundo maior grau 3 e assim sucessivamente até o último.

O cálculo realizado é estimado pelo modelo linear - De Cola (1989):

$$\ln (s_j) = a - b \ln (r_j)$$

onde:

$s_j$  = área do fragmento j;

a = parâmetro de Pareto na forma linearizada;

b = coeficiente;

$r_j$  = grau do segmento j

## 4. Resultados

Após os cálculos, da dimensão fractal (D) e do parâmetro de Pareto (a), foi feita uma análise de cada índice para cada classe, separadamente, e posteriormente, uma análise conjunta, para verificar a separabilidade das classes. O mesmo método foi utilizado em ambas imagens.

### 4.1 Dimensão fractal (D)

**Quadro 1** – Valores obtidos de Dimensão Fractal (D)

<b>Classes</b>	<b>Imagem <i>Pan-sharpened</i></b>	<b>Imagem filtrada</b>
Canteiro central	1,28 a 1,31	1,18 a 1,22
Calçada	1,22 a 1,48	1,28 a 1,32
Edificação	1,03 a 1,14	1,13 a 1,15
Vegetação grande porte	1,11 a 1,20	1,18 a 1,23
Árvores	1,02 a 1,07	1,13 a 1,14
Vegetação rasteira	1,15 a 1,20	1,03 a 1,07
Via asfaltada	1,29 a 1,41	1,25 a 1,40

## 4.2 Parâmetro de Pareto (a)

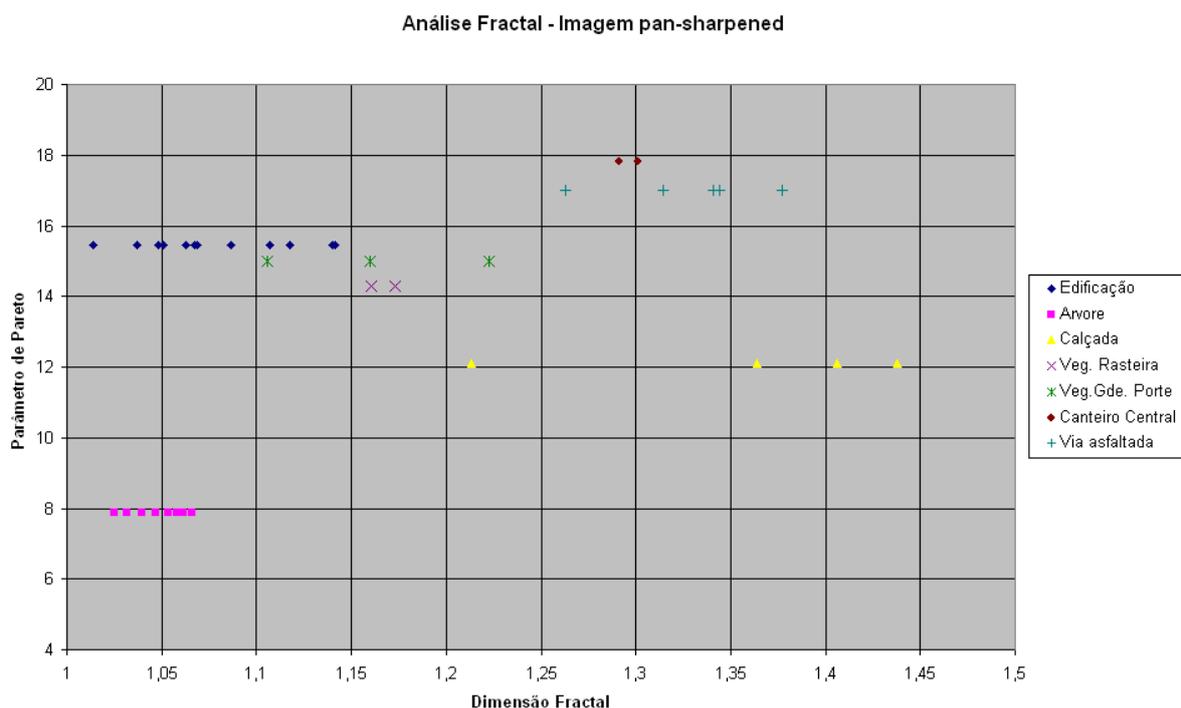
**Quadro 1** – Valores obtidos do parâmetro de Pareto

Classes	Imagem <i>Pan-sharpened</i>	Imagem filtrada
Canteiro central	17 a 18	15
Calçada	11 a 15	15
Edificação	14 a 16	11 a 18
Vegetação grande porte	14 a 17	15 a 17
Árvores	5 a 11	10 a 11
Vegetação rasteira	11 a 17	11 a 19
Via asfaltada	16 a 18	13 a 17

## 4.3 Análise fractal

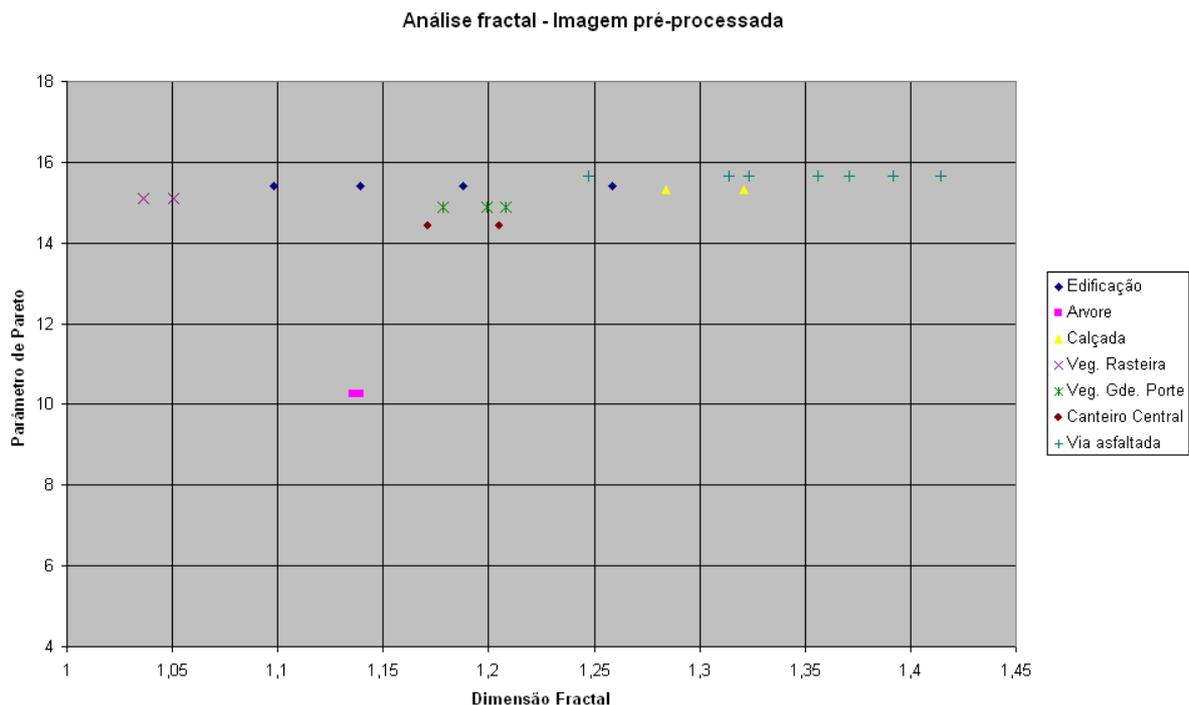
Para uma análise fractal completa, foram gerados gráficos para cada imagem, utilizando o valor médio do parâmetro de Pareto, para aumentar a separabilidade das classes, já que as amostras tomadas foram pequenas.

No eixo das ordenadas, consta o valor da dimensão fractal (D) e no eixo das abscissas, o valor do parâmetro de Pareto (a).



**Figura 3:** Gráfico para análise da imagem *pan-sharpened*

Para a imagem *pan-sharpened*, as classes árvore e calçada apresentam-se bem separadas das demais. As classes via asfaltada e canteiro central, apesar de aparecerem próximas, são separáveis. Já as classes vegetação grande porte, edificação e vegetação rasteira aparecem muito próximas.



**Figura 4:** Gráfico para análise da imagem pré-processada.

Para a imagem pré-processada, as classes árvore, vegetação rasteira, canteiro central e vegetação grande porte aparecem separadas. Já as classes via asfaltada, edificações e calçada, aparecem muito próximas, apesar de separadas.

Nota-se que em ambos casos, o valor do parâmetro de Pareto foi fundamental para determinar a separabilidade das classes.

## 5. CONCLUSÃO

Uma cena urbana foi segmentada e classificada em sete classes, utilizando uma imagem *Quickbird pan-sharpened* e outra imagem da mesma área pré-processada.

O processo de segmentação deve ser bem elaborado, pois a partir dele, são gerados os segmentos que irão ser classificados e analisados pela Geometria Fractal. Caso esta etapa não seja definida com exatidão, haverá um comprometimento nos resultados. Durante a execução deste trabalho, houve uma grande dificuldade de conseguir segmentar adequadamente a imagem, pois em uma cena urbana, encontramos uma heterogeneidade de formas e cores, o que dificulta também o processo de classificação, principalmente em relação aos índices espectrais, pois há telhados de construções de infinitas cores, calçadas que são confundidas com lajes de construções, árvores que aparecem muito próximas a construções, impedindo estas sejam tomadas em seu tamanho real, entre outros fatores, por isso a classificação feita foi realizada manualmente para avaliar os resultados das formas e distribuição dos objetos na cena. Deve-se ressaltar que no processo de segmentação, o parâmetro de forma deve ser igualado a zero, a fim de que o programa, com as suavizações não interfira na análise da e distribuição dos objetos segmentados.

Os índices de dimensão fractal ( $D$ ) e o parâmetro de Pareto ( $a$ ) calculados podem ser usados separadamente, sendo que a dimensão fractal exprime o comportamento do formato

dos segmentos e o parâmetro de Pareto demonstra o tamanho e a distribuição destes segmentos.

Os resultados mostraram que a os valores de dimensão fractal analisados são consistentes, pois avaliam apenas a forma dos objetos. Classes com grandes valores de dimensão fractal apresentam segmentos muito irregulares, em contraponto com classes com baixos valores, que possuem formas semelhantes às apresentadas pela geometria euclidiana. Um cuidado com a obtenção das amostras deve ser tomado, a fim de não haver um resultado enganoso, pois, como visto, árvores isoladas podem possuir formas regulares, bem como construções podem possuir formas complexas, de acordo com sua vizinhança.

Os valores do parâmetro de Pareto variam de acordo com a quantidade de amostras tomadas. Essa informação é de extrema importância, pois caso sejam tomados apenas exemplos de edificações de grande porte, bem como de pequenas vias, os resultados vão apresentar-se totalmente diferentes dos aqui expressos. Vale ressaltar que, de acordo com o objetivo da classificação, uma metodologia deve ser adotada.

A diferença de valores encontrados entre a imagem *pan-sharpened* segmentada e a imagem pré-processada mostra que a segunda apresenta uma maior separabilidade de classes que a primeira.

O filtro de passa-altas permitiu a distinção de feições naturais das artificiais na cena urbana, incluindo a classe canteiro central, que, apesar de ser artificial é constituída de vegetação, aumentando o potencial do uso da análise fractal na classificação de uma cena urbana.

## 6. REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Thiago Salomão de. **Análise Espaço Temporal da Dimensão Fractal de Matas Ciliares na Alta Bacia do Rio Passa Cinco – Centro Leste do Estado de São Paulo**. Rio Claro: UNESP, 2003.

BAATZ, M; SCHAPE, A. Object-Oriented and Multi-Scale Image Analysis in Semantic Networks. Proceedings of the 2nd Int. **Symposium on Operationalization of Remote Sensing**. Netherlands: Enschede, 1999.

BACKES, André Ricardo; BRUNO, Odemir Martinez. **Técnicas de Estimativa da Dimensão Fractal: Um Estudo Comparativo**. Lavras: UFLA, 2005.

CHRISTOFOLETTI, Anderson. **Modelagem de sistemas ambientais**. Rio Claro: Edgar Blücher, 1999.

DE COLA, Lee. Fractal Analysis of Classified Landsat Scene. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. V.55, n.5, p.601-610, 1989.

DARWISH, A., K. LEUKERT & W. REINHARDT, 2003. Image Segmentation for the Purpose of Object-Based Classification. **Neubiberg: Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003**. Disponível em < [http://www.definiens.com/pdf/publications/FR07\\_1420.PDF](http://www.definiens.com/pdf/publications/FR07_1420.PDF)>. Acesso em: 18/jun/2006.

MACHADO, Filipa; CAETANO, Mário. **Detecção de Alterações de Ocupação do solo com uma abordagem orientada por objetos**. Lisboa: IGP, 2004.

MANDELBROT, Benoit. **The fractal geometry of nature**. San Francisco: Freeman, 1983.

MIQUELES, Máximo; CENTENO, Jorge. Extração de edificações em ambientes urbanos utilizando imagem de alta resolução e dados do laser scanner. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia, 4155-4162, Abril, 2005. Disponível em <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.12.50/doc/4155.pdf>>. Acesso em: 15/jun/2006.

PEITGEN, Heinz-Otto; JÜRGENS, H.; SAUPE, D. **Fractals of the Classroom. Part One: Introduction to Fractals and Chaos**. New York: Printer-Verlag, 1992.

WOODCOCK, C. E., COLLINS, J., GOPAL, S., et al. **Mapping and forest vegetation using Landsat TM imagery and a canopy reflectance model**. San Jose: Remote Sensing Environment, 1994.