



## FAVELAS VIA SATÉLITE: PRECARIIDADE URBANA SOB A ÓTICA DO SENSORIAMENTO REMOTO

*SOBREIRA, Fabiano José Arcadio (1); BARROS, Mauro Normando (2)*

(1) Arquiteto e Urbanista, Doutor em Desenvolvimento Urbano (UFPE/UCL-UK), Professor e Pesquisador do Departamento de Arquitetura e Urbanismo ESUDA-PE, Coordenador do GTeP - Grupo de Estudos sobre Tecnologia e Sustentabilidade associadas ao Planejamento – e-mail: [fjasobreira@yahoo.co.uk](mailto:fjasobreira@yahoo.co.uk); (2) Arquiteto e Urbanista, Mestre e Doutorando em Desenvolvimento Urbano (UFPE) - Professor e Pesquisador do Departamento de Arquitetura e Urbanismo ESUDA-PE - e-mail: [mmrbarros@ig.com.br](mailto:mmrbarros@ig.com.br) - Faculdade de Ciências Humanas ESUDA - Rua Bispo Cardoso Ayres, s/n - Boa Vista - Recife

Fone: (81) 3412.4273 - [arquitetura@esuda.com.br](mailto:arquitetura@esuda.com.br)

### RESUMO

De acordo com o Relatório Global de Assentamentos Humanos (Nações Unidas, 2003), quase 1 bilhão de pessoas (32% da população mundial) vivem em favelas ou assentamentos subnormais. Ao longo dos últimos anos, essas favelas, da posição de tumores malignos que se alastram por cidades doentes e terminais, aos poucos têm sido interpretadas como expressões sociais de uma dinâmica urbana mais complexa, que precisam ser tratadas em dosagens homeopáticas, e não simplesmente estirpadas, como células cancerígenas. Mas, de acordo com relatório da UNCHS - United Nation Center for Human Settlements (Imparato, 1995), alguns dos principais desafios das cidades na tentativa de intervir sobre o problema da informalidade estão relacionados a questões de mapeamento, registros cadastrais e espacialização dos dados sociais. É nesse contexto que apresentamos, neste artigo, os resultados preliminares da pesquisa Favelas Via Satélite, desenvolvida pelo Grupo de Estudos sobre a Dinâmica Urbana, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da ESUDA. Trata-se de um estudo que busca interpretar a cidade sob o ponto de vista da textura urbana, tendo como base de dados imagens de satélite de alta resolução. Foram realizados experimentos analíticos a partir de recortes do tecido urbano, na tentativa de identificação de padrões de texturas que pudessem representar (ou não) os diversos níveis de precariedade urbana e tipos de organização espacial. Essas análises são realizadas sob a ótica da Complexidade dos Sistemas, Fractais e Lacunaridade, com o auxílio de programas computacionais de domínio público, tradicionalmente utilizados para o processamento e análise de imagens na Física e na Biologia (ImageJ e FracLac). Resultados preliminares sugerem que o tecido urbano é Fractal por natureza, e que a partir das diferenças de textura é possível relacionar padrão social à configuração espacial, tornando possível a construção de ferramentas computacionais que possam gerar, via satélite, mapeamentos e classificações preliminares sobre a precariedade e a informalidade urbana.

### ABSTRACT

According to the Global Report on Human Settlements (United Nations, 2003), almost 1 billion people (32% of world population) live on squatter settlements or slums. Recently, the perspective over those settlements has changed, from harmful tumours which would spread around sickly and unhealthy cities, to a new perspective that interpret them as social expressions of a more complex urban dynamic, that need to be treated according to a "homeopathic" treatment, instead of simply being eliminated, as cancerous cells or tissues. However, considering a report from UNCHS - United Nations Center for Human Settlements (Imparato, 1995), in relation to illegal and disordered urbanisation issue, some of the main challenges faced by cities are related to mapping, registering, geographic information and social data spatial analysis. In this context, we present, in this paper, preliminary results from the research Favelas Via Satellite, carried by the Study Group on Urban Dynamics - Department of Architecture and Urban Planning - ESUDA. It is an study that aims to interpret city from the perspective of urban texture, using for this purpose, high resolution remote sense images. We have developed analytic experiments of "urban tissue" samples, trying to identify texture patterns which could (or not) represent distinct levels of urban poverty associated to spatial patterns. Such analysis are based on some Complex Theory concepts and tools, as Fractal Dimension and Lacunarity, aided by freeware softwares available on the internet, traditionally applied to image processing and analysis on Physics and Biology. They are ImageJ and FracLac. Preliminary results seems to suggest that the urban tissue is Fractal by nature, and from the distinct texture patterns it is possible to relate social pattern to spatial configuration, making possible the development of methodologies and computational tools which could generate, via satellite, alternative and complementary mapping and classifications for urban poverty.

## INTRODUÇÃO

O presente artigo sintetiza os resultados preliminares da pesquisa Dinâmica Urbana, subprojeto Favelas Via Satélite, desenvolvida pelos autores como parte das atividades do GTeP - Grupo de Estudos sobre Tecnologia e Sustentabilidade Associadas ao Planejamento, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Ciências Humanas ESUDA. O texto está dividido em três seções: Contextos, Conceitos e Análises.

Na seção Contextos os autores apresentam um panorama global das questões que circundam os objetivos a pesquisa, abordando algumas possíveis interações entre a problemática da pobreza urbana e a sua interpretação a ótica da morfologia urbana. Na segunda seção, Conceitos, são apresentadas as teorias e ferramentas que permitirão desenvolver um estudo morfológico que possa relacionar complexidade geométrica, processamento e interpretação de dados espaciais obtidos a partir de imagens de satélite: são apresentados os conceitos de Complexidade, Dimensão Fractal e Lacunaridade. As análises espaciais são o foco da terceira e última seção, que inclui breve descrição dos softwares utilizados (FracLac e ImageJ), detalhamento dos algoritmos aplicados em cada experimento, imagens selecionadas e finalmente os resultados e interpretações preliminares.

## CONTEXTOS

Os espaços urbanos, devido à sua natureza complexa, para que possam ser devidamente compreendidos (ou preliminarmente explicados), precisam ser objeto de análises múltiplas e complementares, que incluam estudos sob a ótica da dinâmica social, econômica, política, cultural, entre outras. Esta pesquisa apresenta contribuições sobre a perspectiva espacial da complexidade urbana. Nesse caso, a complexidade é apreendida preliminarmente através de análises de imagens, que podem ser posteriormente confrontadas a dados estatísticos e informações sócio-econômicas e culturais. A cidade é observada inicialmente como um conjunto de padrões espaciais e texturas, que integram uma rica e diversificada "colcha de retalhos", que guarda por trás da aparente aleatoriedade, traços de ordem não-linear.

Para se estudar a cidade sob a ótica da forma e do espaço é preciso inicialmente sintetizar a complexidade de relações existentes no meio urbano, através da escolha de elementos relevantes para o enfoque adotado, destacando apenas o que é essencial sob o ponto de vista morfológico. Esse exercício de síntese não é simples e muitas vezes é confundido com reducionismo analítico. Faz-se necessário, portanto, entender a Morfologia Urbana (método e conceito relacionado ao estudo urbano sob a ótica da forma e do espaço) não como um método exclusivo de análise, mas como ferramenta complementar dentro da complexa rede de possíveis ferramentas analíticas do meio urbano.

Nessa abordagem do meio urbano sob o ponto de vista da forma e do espaço, o ponto de partida é a observação de padrões que caracterizem morfológicamente o objeto estudado. Quando as formas são planejadas, ou são expressões de uma geometria clássica e matematicamente linear, a observação de padrões parece um exercício quase que direto de observação. Mas o que fazer quando a forma aparentemente não oferece indícios de lógica? Como estudar morfológicamente padrões espaciais que parecem se caracterizar pela completa ausência de padrões? (Figura 1). Ao mesmo tempo, surge uma inquietação: a reincidência dessa aparente desordem observada nas estruturas urbanas, especialmente das áreas informais, não seria um sinal de ordem oculta? (SOBREIRA, 2002)

## CONCEITOS

### **Fractais: Geometria e Complexidade**

Esses questionamentos sobre a complexidade e aparente desordem das formas não se iniciou na observação das cidades. A observação de padrões espaciais na natureza que pareciam ser lógicos mas que não podiam ser explicados através das ferramentas tradicionais da matemática e da geometria ganhou respaldo científico através de Benoit Mandelbrot (1983), em um clássico da literatura científica, em que o autor lança as bases do que viria a ser conhecido como a Geometria Fractal. Em outras palavras: A Geometria da Natureza.



Figura 1 - Vista aérea de favela em Caracas, Venezuela.

A lógica dos fractais está em observar um objeto sob múltiplas escalas. Um círculo, um quadrado ou um triângulo (exemplos clássicos da Geometria Euclidiana) mantêm as mesmas propriedades, independente da escala de observação. São objetos descritíveis segundo uma Geometria Linear, inteira (não-fracionária), pois novos detalhes não surgem à medida que nos aproximamos do objeto. No entanto, se observarmos o mapa de uma região litorânea, por exemplo, veremos que à medida que nos aproximamos, mais detalhes surgem, mais reentrâncias e saliências se destacam no mapa. Uma samambaia é composta por uma série de outras pequenas samambaias auto-similares. Da mesma forma, a cada escala em que observamos a cidade, encontramos uma riqueza maior de detalhes e informações, uma diversidade de formas e texturas. Em geral, esses objetos ou texturas que revelam novos detalhes a cada aproximação na escala de observação apresentam características fractais e não podem ser descritos pela geometria euclidiana, tradicional. Hoje em dia dizer que a cidade é um sistema de características fractais não é apenas especulação retórica. Diversos estudos confirmam que a cidade está estruturada em uma lógica não linear, cujos padrões não podem ser medidos pelos instrumentos da geometria clássica (BATTY, 1994; FRANKHAUSER, 1997; SOBREIRA, 2000) . Afinal, se para Mandelbrot "nuvens não são esferas, montanhas não são cones, linhas costeiras não são círculos, cascas de árvores não são suaves nem o raio se propaga em linha reta" (MANDELBROT, 1983, apud GLEICK, 1991, p.90), poderíamos dizer que as cidades não são tabuleiros de xadrez.

### Dimensão Fractal

A dimensão fractal quantifica o grau de irregularidade ou fragmentação do conjunto considerado (MOREIRA, 1999). Existem várias formas de se medir as propriedades fractais de um objeto ou estrutura geométrica.

Uma das formas mais usuais de se medir o quanto uma imagem ou objeto tem características fractais é através do método de "contagem por caixas", que apresenta como resultado a dimensão fractal do objeto ou imagem. A dimensão fractal baseada na contagem de caixas mede a intensidade de crescimento de detalhes em um objeto ou imagem, à medida que a escala aumenta. Os passos a serem seguidos nesse método de contagem são os seguintes:

- a. divide-se a área a ser estudada em um certo número de caixas iguais, de tamanho  $t_1$ ;
- b. registra-se o número de caixas de tamanho  $t$  que contém pelo menos uma parte ou segmento geral da estrutura;

- c. divide-se novamente a área em um certo número de caixas, desta vez de tamanho menor ( $t_2 < t_1$ );
- d. conta-se o número de caixas ( $t_2$ ) ocupadas, e assim sucessivamente para diversos tamanhos decrescentes de caixa ( $t_1, t_2, \dots, t_n$ ).

Ao final da contagem, os dados referentes a cada tamanho da caixa ( $t$ ) são confrontados ao respectivo número de caixas ocupadas. Finalizada a matriz, gera-se o gráfico logaritmo (por se tratar de uma função multiescalar) de  $N$  (número de caixas ocupadas) em função de  $t$  (tamanho das caixas). A dimensão fractal ( $D$ ), neste caso, corresponderá à inclinação do gráfico gerando pela função  $\log N \sim \log t^{-D}$ .

### **Lacunaridade: analisando texturas**

Se as cidades são fractais por natureza e se as texturas urbanas tendem a apresentar padrões diversificados, como diferenciar uma textura de outra? Da necessidade de traçar e interpretar perfis multiescalares das texturas presentes na natureza (células, tecidos, mapas, etc) surgiu o conceito de Lacunaridade.

As favelas, por exemplo, apesar de aparentemente desordenadas, apresentam características espaciais comuns em qualquer parte do mundo, e essas características podem ser definidas a partir da fragmentação (uma das modalidades de análise fractal) de sua estrutura urbana (SOBREIRA, 2002). Mas se por um lado os padrões de fragmentação revelam o que há de comum entre as favelas no mundo, um olhar mais atento sobre as texturas urbanas desses espaços informais pode revelar diversidades sócio-econômicas e culturais que são características desses assentamentos (VALLADARES e PRETECEILLE, 2000).

Lacunaridade pode ser compreendida como uma espécie de complemento ou subclassificação da dimensão fractal, uma vez que descreve a textura de um fractal (ou de outra estrutura geométrica qualquer). A Lacunaridade está relacionada à distribuição de tamanho dos vazios em uma imagem. Grosseiramente falando, se uma imagem de propriedades fractais tem grandes vazios, ela tem alta lacunaridade; por outro lado, se um fractal é quase invariante na dimensão dos vazios, o valor da lacunaridade será baixo. Diversos fractais podem ser construídos, com a mesma dimensão, porém de aparências bem distintas, pois eles apresentam diferentes padrões de lacunaridade. As aplicações da lacunaridade se iniciaram no processamento de imagens, ecologia, medicina e outros campos diversos. O que se sugere, nesta pesquisa, é que se pode utilizar a lacunaridade como um indicador de textura urbana que permita no futuro relacionar imagens de satélite a padrões sócio-econômicos e culturais (GARDNER et al, 1996).

No que se refere a diferenciação de texturas, a lacunaridade é a medida mais apropriada para a análise das imagens de satélite, pois é multiescalar, isto é, permite analisar as características de adensamento, aglomeração ou dispersão em uma textura (uni, bi ou tridimensional), ao longo de diversas escalas. A análise sobre os padrões de lacunaridade não é baseada em uma única medida, mas através de gráficos que revelam a variação da textura ao longo das escalas. Enfim, é uma medida de heterogeneidade espacial que está diretamente relacionada à escala, que mede o desvio de uma estrutura geométrica em relação à invariância. Em outras palavras, traça um perfil gráfico da permeabilidade de uma estrutura geométrica.

Ben Wu e Sui (2002), em artigo sobre a análise da segregação residencial urbana a partir de análise dos padrões de Lacunaridade, apresentam um algoritmo baseado em uma caixa deslizante de tamanho "r", que inicialmente está situada em um canto da imagem a ser analisada (uma imagem binária). A partir daí, a massa "S" de cada caixa (o número de pixels ocupados pela caixa em cada ponto) é determinada. A caixa é sistematicamente deslocada através da imagem, pixel por pixel, e a massa "S" é definida para cada uma dessas caixas que se sucedem. Nesse algoritmo, a Lacunaridade para uma caixa de tamanho r é definida como:

$$1 + (\text{var}(S)/E^2(S)),$$

onde  $E(S)$  é a média e  $\text{var}(S)$  é a variância dos valores das massas das caixas de tamanho "r". A variância é o quadrado do desvio padrão ( $\text{var}(S) = \text{std}(S)^2$ ).

Baixa Lacunaridade em geral significa homogeneidade, enquanto alta lacunaridade significa heterogeneidade. Quanto maior a lacunaridade, maior a variação na maneira com que os pixels estão distribuídos em uma imagem. Em outras palavras, um alto valor de Lacunaridade significa que existem agrupamentos muito grandes e muito pequenos de pixels, ou considerável heterogeneidade na forma com que os pixels se agrupam na imagem.

## ANÁLISES

### Ferramentas: FracLac e ImageJ

A análise espacial de objetos complexos como a cidade requer uma capacidade de processamento de dados bastante elevada. Em se tratando de análise fractal e lacunaridade, em que a multiplicidade de escalas é fundamental para a compreensão do objeto, essa tarefa seria impossível sem o auxílio de ferramentas computacionais. Não é casual a estreita correlação que se observa a partir da década de 60, entre o desenvolvimento da microinformática e o avanço nas pesquisas relacionadas à Complexidade dos Sistemas.

Para realizar a análise das texturas urbanas nesta pesquisa a ferramenta utilizada é o FracLac, um aplicativo computacional de domínio público, desenvolvido e disponibilizado entre cientistas para a difusão de pesquisas na área de processamento e análise de imagens de alta complexidade. O FracLac foi criado para analisar a complexidade e riqueza de detalhes de imagens, originalmente nas ciências biológicas. Pode ser utilizado para interpretar formas geométricas que em geral são difíceis de descrever. O FracLac é apropriado para a análise de texturas, como imagens de células, por exemplo. Trata-se de um aplicativo que funciona dentro do IMAGEJ, um programa de análise e processamento de imagens, também de domínio público. O IMAGEJ possibilita a análise de imagens digitais através da dimensão fractal, espectro de dimensão generalizada, lacunaridade, entre outras medidas morfológicas.

### Experimentos e Resultados Preliminares

As imagens foram selecionadas, inicialmente, em função da disponibilidade de amostras, e em seguida foram identificados recortes que correspondessem a configurações urbanas caracterizadas, preliminarmente, como formais e informais. Trata-se de amostras de imagens capturadas pelo IKONOS, de alta resolução, e disponibilizadas para consulta e avaliação pela Space Imaging do Brasil.

Os experimentos estão divididos em dois blocos: dimensão fractal e perfis de lacunaridade.

No cálculo da Dimensão Fractal, foi utilizado o ImageJ, que se utiliza do algoritmo da "contagem de caixas", descrito anteriormente. Para isso, o programa lança grelhas sobre uma imagem, com diversos tamanhos de quadrados (2,3,4,6,8,12,16,32,64) e para cada tamanho de caixa, registra o número de caixas que contêm pelo menos uma unidade de pixel ocupada. A partir desses dados, o FracLac calcula a Dimensão Fractal, que é a inclinação do gráfico log-log que tem em x os tamanhos das caixas e em y a contagem do número de pixels.

Nessa análise foram utilizadas imagens de parte da cidade de Campinas. Foram selecionados três recortes, correspondentes a 02 (duas) áreas cuja configuração espacial indica padrões formais de ocupação urbana e 01 (uma) área de aparente irregularidade, neste artigo classificada como informal (Figura 2). Todas os recortes apresentaram valores aproximados de Dimensão Fractal (D), com um forte coeficiente de correlação (R2), o que confere ao resultado grande confiabilidade (Figura 2). O que à primeira vista pode causar surpresa é que tanto as áreas formais quanto a área informal apresentaram padrões fractais semelhantes. Nesse aspecto, o que se especula é que independentemente da configuração espacial, tanto um tipo de área quanto outro são ricos em detalhes ao longo das escalas, o que reforça teorias e reflexões de pesquisadores como BATTY (1994) e FRANKHAUSER (1997), segundo os quais a cidade é fractal por natureza.

A segunda análise experimental refere-se à utilização do conceito de Lacunaridade para a avaliação de texturas urbanas selecionadas em imagens de satélite. Neste caso foi utilizado o aplicativo FracLac, a partir do ImageJ. O algoritmo do FracLac que calcula a Lacunaridade baseia-se na contagem por quadrados deslizantes, descrita anteriormente. Nesse algoritmo, o quadrado desliza sobre toda a imagem, registrando o número de pixels em seu interior, a cada ponto de parada, e ao final, é calculada a média e o desvio padrão. O FracLac calcula Epsilon (E) (tamanho do quadrado corrente sobre o tamanho do quadrado máximo), médias, desvio padrão e lacunaridade, além de apresentar um gráfico que apresenta a variação da lacunaridade (L) em relação ao tamanho relativo do quadrado (E). O algoritmo funciona apenas sobre pixels pretos sobre fundo branco, ou pixels brancos sobre fundo preto, de forma que as imagens precisam ser convertidas em imagens binárias e 'saturadas' previamente a fim de garantir que apenas os pixels de interesse sejam considerados na análise.

A figura 3 apresenta os resultados obtidos a partir das análises dos mesmos recortes da cidade de Campinas. Como se pode observar na figura, diferentemente da dimensão fractal, que indicou alta similaridade entre as estruturas, observa-se que através dos padrões de lacunaridade é possível distinguir dois grupos de configuração e textura. As áreas formais apresentam em média valores mais altos de lacunaridade, resultado que





provavelmente decorre da existência de espaços abertos consideráveis, associados a vias largas e regulares. Por outro lado, a área informal apresenta baixa lacunaridade média, indicando pouca permeabilidade, provavelmente decorrente do alto adensamento característico desse tipo de ocupação.

A figura 4 corresponde à confrontação dos dados correspondentes a dois recortes de áreas informais: Campinas e Rio de Janeiro. Diferentemente do que se poderia esperar, as duas áreas informais divergem consideravelmente em seus padrões de lacunaridade. Se observarmos mais atentamente os resultados e avaliarmos, paralelamente, a configuração espacial, entenderemos que as diferenças decorrem das particularidades morfológicas de cada assentamento.

Os resultados dos experimentos com a lacunaridade sugerem importantes reflexões:

1. Se por um lado a Dimensão Fractal revela que as diversas partes da cidade são similarmente complexas, a Lacunaridade complementa a análise e revela as diferenças e particularidades por trás dessa complexidade;
2. É possível distinguir, através dos perfis de Lacunaridade, as diferenças de texturas correspondentes aos dois grupos de configuração espacial: formais e informais.
3. Quando a comparação é feita entre áreas informais, observa-se que as diferenças de adensamento, parcelamento do solo e, provavelmente, os níveis de precariedade urbana, geram texturas distintas, que correspondem a padrões de lacunaridade completamente diversos.

## **PERSPECTIVAS**

O que se pode observar preliminarmente, como consequência dos resultados obtidos nesta pesquisa, é que as imagens de satélite de alta resolução, quando combinadas a ferramentas e conceitos de análise espacial fundamentados na complexidade dos sistemas, podem se configurar em poderosos instrumentos de gestão e monitoramento dos espaços urbanos.

Se por um lado vimos a comprovação da complexidade e fractalidade das estruturas urbanas, por outro lado não há como ignorar a diversidade que se oculta por trás das similaridades. A dimensão fractal revela o que há de comum entre essas estruturas, que é a dinâmica descentralizada e a multiplicidade de escalas; a lacunaridade revela o que poderia ser definido como uma subclassificação das estruturas fractais e sua correlação com padrões sociais, econômicos e culturais distintos.

Acredita-se que um passo natural no caminho da interpretação das imagens das cidades, e conseqüentemente a sua subclassificação morfológica e social, será a tentativa de confrontar padrões espaciais e geométricos a dados sócio-econômicos, o que permitiria gerar rotinas preliminares de classificação, zoneamento ou caracterização dos espaços urbanos, baseadas no sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica (BARROS, 2000). Para isso, é necessário investir esforços em especial nas gestões municipais, no sentido de democratizar o acesso ao amplo e potencial acervo de imagens e informações sobre as cidades.

O que se observa, infelizmente, é a subutilização de recursos que poderiam se converter em importantes instrumentos de gestão, causados pela rigidez e pela burocratização prejudicial e desnecessária na manipulação e difusão dos recursos e informações municipais, além da falta de integração entre gestores e técnicos municipais, de um lado, e a comunidade científica, de outro. De um lado, os que detêm as informações, do outro, os que desenvolvem as análises e ferramentas. E no meio desse impasse, as cidades permanecem desconhecidas, ocultas, invisíveis.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a valiosa contribuição do Professor Dr. Marcelo Gomes, do Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BARROS, F. A Especificidade da Heterogeneidade Socioespacial Urbana. O caso da ZEIS Torrões na Cidade do Recife. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano: Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2000.
- BATTY, M; LONGLEY, P. Fractal Cities: A Geometry of Form and Function. 1. ed. London: Academic Press, 1994.



- BEN WU, X. & SUI, Daniel Z. *GIS-Based lacunarity analysis for assessing urban residential segregation*. Paper apresentado na ESRI International User Conference July 8-12, 2002. Obtido em <http://gis.esri.com/library/user conf/proc02/abstracts/a0667.html> em 8 de março de 2003. Disponível em: <<http://www.casa.ucl.ac.uk>> Acesso em: 20 fev. 2001
- FRANKHAUSER, P. Fractal analysis of urban structures. In: HOLM, E. (Edit). *Modelling space and networks: Progress in theoretical and quantitative geography*. Umea: Gerum Kulturgeografi, 1997. p. 145-181.
- GARDNER, Robert; HARGROVE, William; PERLMUTTER, Martin; PLOTNIK, Roy; PRESTEGAARD, Karen. *Lacunarity analysis: a general technique for the analysis of spatial patterns*. In: *Physical Review*. Vol. 55, N. 5, May, 1996, p.5461-5468.
- GLEICK, J. *Caos: A Criação de uma Nova Ciência*. 4. ed. São Paulo: Campus, 1991. HILLIER, B.; HANSON, J. *The social logic of space*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- MANDELBROT, M. *The Fractal Geometry of Nature*. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1983.
- MOREIRA, I. Fractais. In: NUSSENZVEIG, H. (Org.). *Complexidade e caos*. Rio de Janeiro: UFRJ/COPEA, 1999. p. 51-82.
- SOBREIRA, F. *A Lógica da Diversidade: Complexidade e Dinâmica em Assentamentos Espontâneos*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano: Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2002.
- SOBREIRA, F.; GOMES, M. *The Geometry of Slums*. Working Paper Series. CASA – Centre for Advanced Spatial Analysis - University College London, London, n. 30, 2000.
- VALLADARES, Lícia & PRETECEILLE, Edmond. “Favela, favelas: unidade ou diversidade da favela carioca.” In: RIBEIRO, Luiz César de Queiroz (Org.). *O futuro das metrópoles: desigualdades e governabilidade*. Rio de Janeiro: Revan: FASE, 2000, p.375.

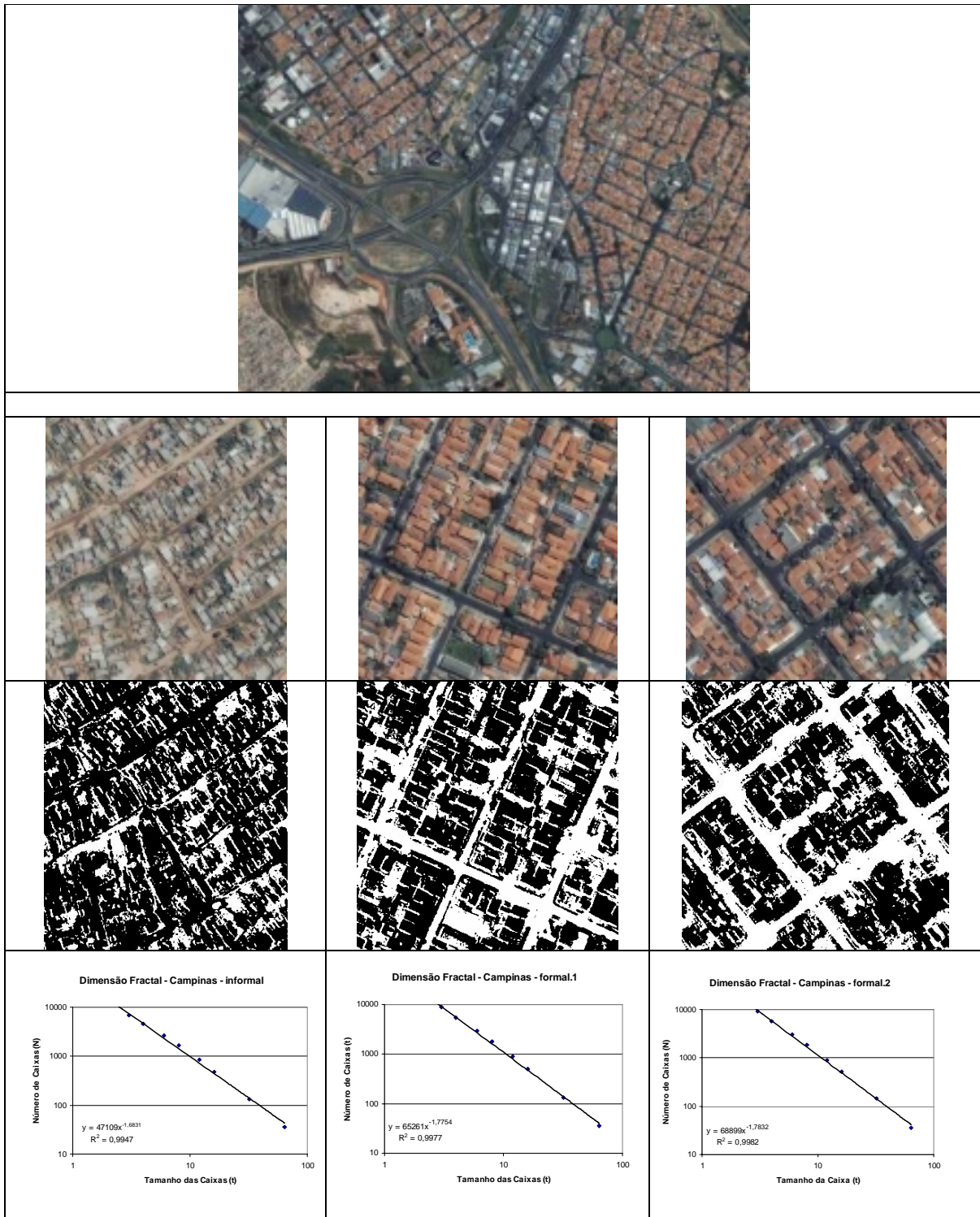


Figura 2 - Imagens de Satélite - Campinas - SP - Fonte: Space Imaging do Brasil <sup>1</sup>. De cima para baixo: trecho da cidade de Campinas - SP; recortes de áreas formais e área informal; versões binárias dos recortes; Dimensão Fractal (D) - gráficos logxlog indicando a relação entre o número (N) e o tamanho (t) de caixas, no cálculo da dimensão fractal D, representada pela inclinação do gráfico.

<sup>1</sup> As imagens apresentadas neste trabalho referem-se a amostras disponibilizadas pela Space Imaging do Brasil apenas para avaliação. Proibida a utilização para fins comerciais.



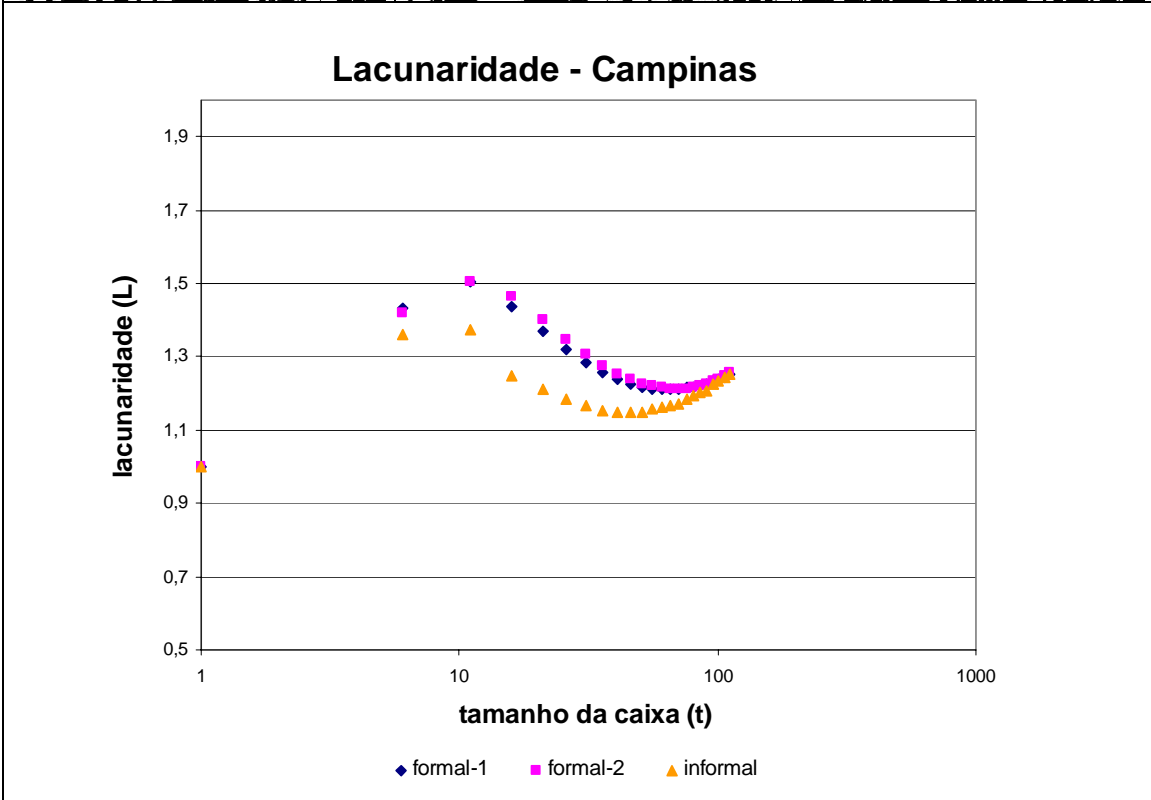


Figura 3 - Lacunaridade - Campinas. De cima para baixo, da esquerda para a direita: recortes das imagens de satélite, versões binárias dos recortes, gráfico da Lacunaridade (L) em função do logaritmo do tamanho da caixa (t), descrevendo a variação ao longo das escalas.

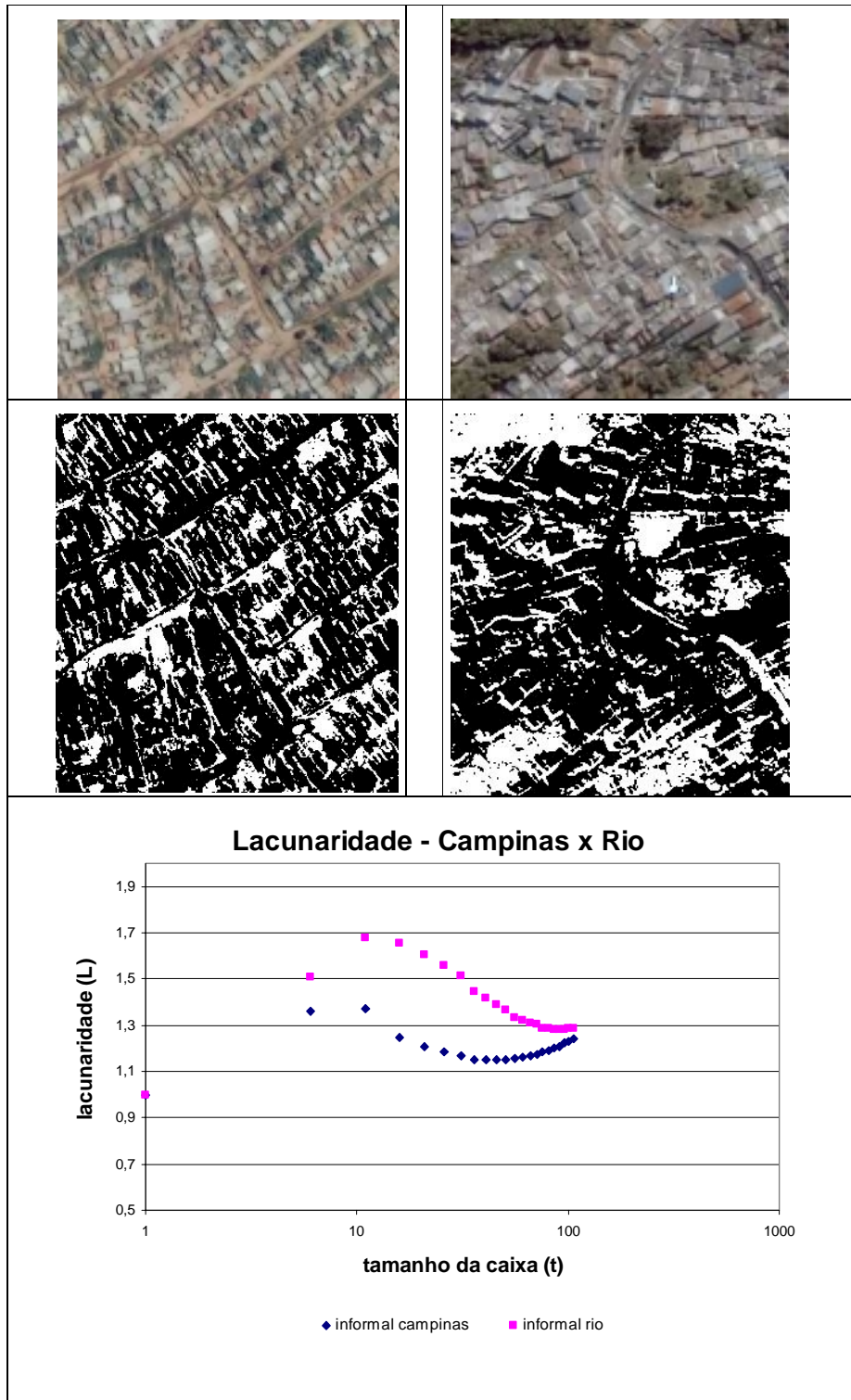


Figura 4 - Comparação entre os perfis de Lacunaridade de recortes de áreas informais em Campinas (à esquerda) e Rio de Janeiro (à direita). O gráfico indica a diferença nas texturas das duas áreas.