

TEXTURAS URBANAS E DISTINÇÕES MORFOLÓGICAS

MAURO NORMANDO BARROS FILHO
LUIZ AMORIM

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano – MDU
Laboratório de Estudos Avançados em Arquitetura – IA2
mbarrosfilho@gmail.com; amorim@ufpe.br

RESUMO – O estudo verifica as diferenças entre padrões morfológicos urbanos a partir da análise de textura de fragmentos de imagem de satélite da cidade do Recife, considerando a complexa combinação entre seus elementos visuais (superfícies de água, cobertura vegetal, edificações, pavimentação, etc.). Apresenta o conceito de lacunaridade e introduz a análise de subfragmentos cujo propósito é identificar com mais clareza diferenciações na morfologia urbana.

ABSTRACT – The study verifies the differences between urban morphological patterns according to the texture analysis of satellite picture fragments of Recife, considering the complex combination among its visual elements (water surfaces, vegetation, buildings, pavement, etc.). It presents the concept of lacunarity and introduces sub fragment analysis aiming at capturing subtleties in urban morphology.

1 INTRODUÇÃO

Cidades são sistemas complexos compostos por iterações não lineares e multi-escalares de componentes espaciais e físicos heterogêneos. Apesar de complexos, estes sistemas são auto-organizados e geram padrões socioespaciais como resultado das atividades humanas, em particular, movimento intra-urbano. A forma urbana está entre os padrões mais estáveis deste sistema que estrutura não apenas as atividades humanas, mas também estabelece os limites para futuras reconfigurações. Pode ser descrita de acordo com tamanho (escala), propriedades geométricas e topológicas; representada por vetores (ponto, linha e polígono) e matrizes (imagens); e associada a distintos atributos. Dados matriciais, apesar de exigir processamento de dados mais eficiente, oferecem uma plataforma mais adequada para articular distintas informações referenciadas geograficamente.

A análise de dados espaciais tem por objetivo ampliar o conhecimento sobre a forma urbana, já extensamente explorada por procedimentos consagrados em estudos morfológicos. No entanto, avanços recentes em processamento computacional, como também a ampliação no interesse de pesquisadores no tema, permitiram a emergência de distintos procedimentos no contexto de distintas disciplinas, segundo as bases teóricas e metodológicas que as fundamentam. É neste contexto que este estudo se enquadra, mas com o objetivo de estabelecer a integração de duas diferentes abordagens da análise da forma urbana, tendo como interesse uma descrição mais eficiente dos padrões socioespaciais. A primeira abordagem consiste na análise de textura de imagens de satélite de alta resolução utilizando medidas fractais e análise de lacunaridade (MANDELBROT,

1982). A segunda desenvolve a análise configuracional da forma urbana, descrevendo propriedades de acessibilidade e visibilidade segundo procedimento já estabelecido no contexto sintaxe espacial (HILLIER; HANSON, 1984, HILLIER, 1996). Espera-se que ao correlacionar padrões de textura e análise configuracional padrões socioespaciais possam ser mais bem identificados e descritos, contribuindo para ampliar e aperfeiçoar o instrumental teórico e metodológico necessário para entender o complexo fenômeno urbano.

Este artigo é o primeiro de uma série de três¹ que apresentam os resultados desta investigação. Tem por objetivo analisar fragmentos urbanos da cidade do Recife, Brasil, com o intuito de definir procedimento de análise de textura de imagens mais eficiente para identificar sutis variações nos padrões espaciais intra-urbanos. Foram observados quatro fragmentos de uma imagem de satélite do Recife, cada qual representando diferentes aspectos da forma urbana, e descritos segundo suas propriedades de lacunaridade, por meio da aplicação do algoritmo *Differential Box-Counting* (DONG, 2000). Os resultados preliminares revelaram que os padrões de textura das imagens deixaram de revelar aspectos importantes da forma urbana. Para superar estas limitações, foi introduzido o procedimento de análise de subfragmentos das imagens selecionadas, o que permitiu distinguir com maior precisão as diferenças das formas urbanas selecionadas.

¹ O segundo artigo (AMORIM; BARROS FILHO, 2008a) da série compara os resultados de análises de lacunaridade, já aperfeiçoado pelo método aqui descrito, com a análise sintática, observando as variáveis de profundidade, acessibilidade e visibilidade. O terceiro artigo (AMORIM; BARROS FILHO, 2008b) propõe procedimento inovador de análise de lacunaridade dos mapas de representação sintática.

2 ANÁLISE DE TEXTURA DE IMAGENS

A análise figura-fundo ou sólido-vazio originalmente aplicada pelo topógrafo Giovan Battista Nolli, em 1748, para a elaboração de mapas da cidade de Roma, é uma técnica muito empregada na análise da morfologia urbana. O antropólogo James Holston (1933) aplicou esta técnica na análise comparativa de tecidos urbanos, a partir de um recorte da cidade modernista de Brasília (Brasil) por volta de 1960 e de outro recorte da cidade pré-industrial de Parma em 1830, no mesmo tamanho (350 m x 530 m) (Figura 1). O autor percebeu que a simples relação figura-fundo produz “ordens flagrantemente inversas de sólidos e vazios” (HOLSTON, 1993, p.130). Enquanto Parma é quase totalmente sólida no plano; Brasília é quase toda vazia.

Segundo Holston (1993) Parma apresenta uma manipulação de vazios, tais como ruas, praças e quintais, por sólidos não modulados; Brasília, por sua vez, ‘apresenta uma manipulação de sólidos (edifícios) em vazios no mais das vezes não modulados’. Em Parma, é a estrutura espacial que se sobressai, enquanto que em Brasília, é o objeto que adquire importância. Portanto, na cidade pré-industrial, os espaços são as figuras e os edifícios um fundo com certo grau de continuidade. Já na cidade modernista, os espaços são um vazio contínuo, e os edifícios as figuras de destaque. ‘Na primeira, os espaços contidos se definem por uma massa compacta. Na segunda, edifícios isolados surgem soltos em um espaço sem limites’ (HOLSTON, 1993, p. 130).

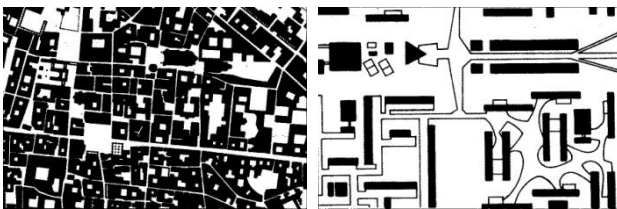


Figura 1 Recortes utilizados por Holston (1993, p.131)

Uma forma de descrever quantitativamente as diferenças entre esses dois recortes de James Holston (1993) é pela observação das suas dimensões fractais e dos valores de lacunaridade, cujo conceito e algoritmo utilizado serão descritos no próximo item. As dimensões fractais das imagens de Parma e de Brasília foram 1.9284 e 1.6939, respectivamente. Verifica-se, portanto, que a dimensão fractal da imagem de Parma fica bem mais próxima de 2.00 do que a dimensão fractal da imagem de Brasília, o que significa que os edifícios representados em preto em ambas as imagens preenchem quase totalmente o espaço na imagem de Parma, e preenchem muito menos o espaço na imagem de Brasília.

No gráfico 1, abaixo, a imagem de Brasília apresenta valores de lacunaridade nitidamente mais elevados que os valores da imagem de Parma, em todos os tamanhos de caixas analisados. Esse resultado é coerente com os resultados de outras análises realizadas

entre áreas urbanas com baixo padrão de habitabilidade (favelas) e áreas urbanas com alto padrão de habitabilidade (não-favelas) (BARROS FILHO; SOBREIRA, 2007, BARROS FILHO, 2006, SOBREIRA; BARROS FILHO, 2005). Diante desses resultados, acredita-se que as diferenças de textura entre imagens de cidades modernistas e não-modernistas possam ser relacionadas com as diferenças de textura entre imagens de não-favelas e de favelas.

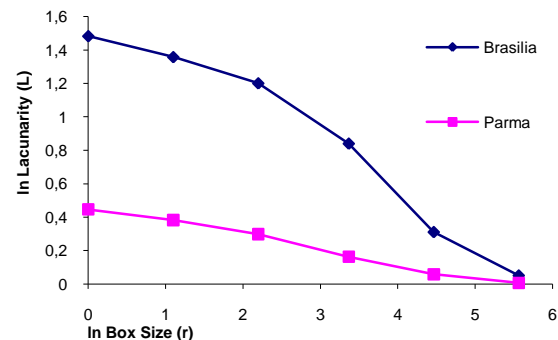


Gráfico 1. Curvas de lacunaridade das imagens de Brasília e Parma

Parma e Brasília oferecem cenários urbanos bastante distintos cujas propriedades formais são devidamente percebidas nas suas dimensões fractais e lacunaridade. No entanto, muitas das cidades contemporâneas são caracterizadas por um amalgama de distintas formas urbanas. De fato, Recife não apresenta padrões morfológicos tão díspares como aqueles descritos por Holston, entretanto, é possível verificar nítidas diferenças entre partes da cidade ocupadas de diferentes modos e em diferentes períodos.

Pretende-se analisar essas diferenças de padrões morfológicos, a partir de recortes de imagens de satélite da cidade de Recife sem que seja feita uma prévia classificação das imagens, ou seja, não foram abstraídos das imagens utilizadas os sólidos (construções) e os vazios (áreas não-construídas) como na análise figura-fundo apresentada por Holston. De fato, a análise adotada considera todos os seus elementos visuais (jardins, rios, árvores, estacionamento, edificações com diferentes tipos de cobertas, etc.) e a complexa combinação entre os mesmos.

2.1 Lacunaridade

O conceito de lacunaridade foi originalmente introduzido por Mandelbrot (1982) para descrever e quantificar o desvio de objetos fractais de sua invariância translacional. O termo provém do latim “lacuna” que significa “vazio”, e está relacionado com a distribuição dos *pixels* da imagem que não constituem os objetos de interesse (PLOTNICK et al, 1996).

Medidas baseadas em lacunaridade têm sido utilizadas no sensoriamento remoto, devido à sua habilidade em distinguir diferentes padrões de textura em imagens (HENEGBRY; KUX, 1995), tendo se mostrado eficientes na melhoria da acurácia nos métodos de segmentação (DU; YEO, 2002) e classificação de imagens de áreas urbanas (MYINT et al, 2006). Além disso, essas medidas têm revelado a possibilidade de distinguir padrões morfológicos entre favelas e não-favelas, e entre favelas com diferentes padrões de parcelamento, densidade e níveis de urbanização (SOBREIRA; BARROS FILHO, 2005).

Existem diversos algoritmos para calcular a lacunaridade de uma imagem. Nesta análise foi aplicado o algoritmo *Differential Box-Counting* (DBC) proposto por Dong (2000). De acordo com este algoritmo, uma caixa deslizante de tamanho r é colocada canto superior esquerdo de uma janela da imagem com tamanho $W \times W$. Este tamanho deve ser um número ímpar para permitir que o valor computado seja associado ao pixel central, e $r < W$. Dependendo dos valores dos pixels dentro da caixa deslizante $r \times r$, uma coluna com mais de um cubo pode ser necessária para cobrir o maior valor do pixel, por meio da sobreposição de cubos. Se o mínimo e o máximo valor do pixel dentro de uma dada coluna cair dentro do cubo u e v , respectivamente. Então, a altura relativa dessa coluna em i e j será (MYINT et al, 2006):

$$n_r(i, j) = v - u + 1 \tag{1}$$

Quando as caixas deslizam sobre a janela $W \times W$, a massa M será:

$$M = \sum_{i,j} n_r(i, j) \tag{2}$$

A distribuição de probabilidade $Q(M, r)$ é obtida pela relação entre o número de caixas deslizantes com tamanho r e massa M , e o número total de caixas. A lacunaridade na caixa de tamanho r é definida como o desvio quadrado médio da variação da distribuição de probabilidade da massa $Q(M, r)$ dividida pela sua média ao quadrado:

$$L(r) = \frac{\sum_M M^2 Q(M, r)}{\left[\sum_M M Q(M, r) \right]^2} \tag{3}$$

O valor de lacunaridade é associado ao pixel central da janela $W \times W$ à medida que desliza por toda a imagem.

2.2 Seleção dos fragmentos

A metodologia proposta consistiu na seleção de 4 imagens Quickbird do Recife, com 0,70 metros de resolução espacial, obtidas em 2001. Como mostra a figura 1, as imagens foram selecionadas de áreas urbanas da cidade com padrões morfológicos bem distintos entre si, e cada uma apresenta um tamanho de 712 x 712 pixels

(500 x 500 metros). Dois fragmentos representam áreas não-planejadas: parte do bairro histórico de São José (Figura 1a), originalmente ocupada durante os séculos XVII e XVIII, e parte do bairro de Casa Amarela, uma típica área urbana periférica de autoconstrução (Figure 1b). As outras duas imagens referem-se ao urbanismo modernista, definido por grelhas ortogonais, algumas vezes levemente deformadas: uma seção do bairro de Boa Viagem (Figura 1c) e um fragmento de conjunto habitacional do IPSEP, construído nos anos de 1950 (Figura 1d). Essas imagens foram submetidas a um realce com equalização de histograma e, depois, foi estimada a lacunaridade da textura dos fragmentos selecionados.

O quadro 1, abaixo, apresenta informações gerais sobre os fragmentos selecionados: os bairros a que pertencem, as coordenadas UTM e suas respectivas folhas na UNIBASE.

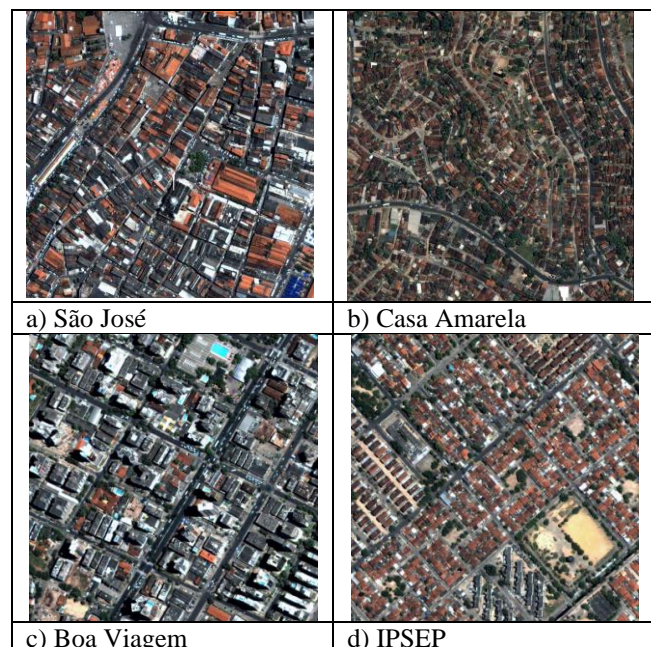


Figura 2. Fragmentos do tecido urbano do Recife.

Quadro 1. Referências dos fragmentos selecionadas

Bairro	X1 ²	X2 ³	Unibase(s)
Boa Viagem	290.750, 9.103.000	291.250, 9.102.500	90/02:05 e 90/12:00
Casa Amarela	289.500, 9.113.500	290.000, 9.113.000	81/93:00
IPSEP	288.250, 9.103.250	288.750, 9.102.750	80/82:05 e 80/82:00
São José	292.750, 9.108.000	293.250, 9.107.500	90/27:05 e 90/37:05

² X1 são as coordenada UTM do canto superior esquerdo da imagem.

³ X2 são as coordenada UTM do canto inferior direito da imagem.

3. RESULTADOS

De acordo com os resultados da análise de textura utilizando algoritmo de lacunaridade baseado no método de contagens de caixas diferenciais, verificou-se que o fragmento de Casa Amarela é o que apresenta valores de lacunaridade mais baixos e mais distintos dos valores obtidos nas outras imagens (Gráfico 2). O fragmento de Boa Viagem foi a que apresentou valores mais elevados de lacunaridade. Esses resultados são coerentes com os de outros experimentos com imagens de áreas urbanas com altas e baixas condições de habitabilidade (Barros Filho, 2006). Os fragmentos de São José e do IPSEP apresentam valores muito semelhantes e bem mais próximos dos valores de Boa Viagem do que dos valores de Casa Amarela. Não sendo assim possível distinguir com essa técnica o traçado urbano regular do conjunto do IPSEP do traçado irregular em São José.

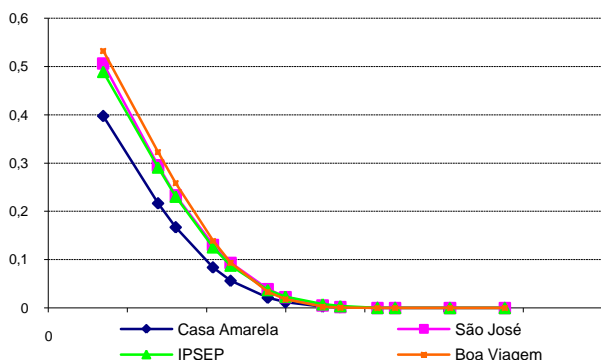


Gráfico 2. Curvas de lacunaridade dos fragmentos de 712 x 712 pixels, segundo algoritmo *Differential Box Counting*.

3.1 Seleção dos subfragmentos

Diante da diversidade de padrões de textura visualmente identificados dentro dos fragmentos selecionados, cada fragmento com 712 x 712 pixels foi subdividida em 9 fragmentos menores sobrepostos entre si, com 356 x 356 pixels (a partir de agora chamadas de 'subfragmentos'), conforme mostra a figura 3, abaixo. As figuras de 4 a 7 mostram os 9 subfragmentos que compõem cada uma dos 4 fragmentos selecionados. Em seguida, cada subfragmentos foi realçado e a sua lacunaridade estimada com o mesmo algoritmo anterior. Por fim, foi calculada a *Lacunaridade Média* (Lm) do subfragmento, ou seja, a média dos valores de lacunaridade do subfragmento nos 13 tamanhos de caixa considerados. Com esses procedimento foi possível analisar a variação dos valores de Lm no conjunto de subfragmentos que compõem cada fragmento selecionado.

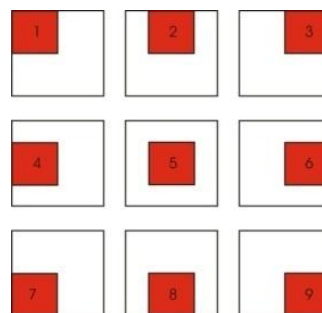


Figura 3. Localização das subfragmentos.

A variação de valores de Lm dentro de cada conjunto de subfragmentos dos fragmentos de Casa Amarela e Boa Viagem é muito baixa (baixo desvio-padrão). Em Casa Amarela, os maiores valores são encontrados nos subfragmentos 1.4, 1.7, 1.8 e 1.9, revelando a influência da Rua Arlindo Cisneiros, via pavimentada mais larga da imagem, assim como dos lotes e edificações maiores, lindeiros a esta via. Em Boa Viagem, o subfragmento 4.9 apresenta um valor mais elevado, devido à influência de edifícios diferenciadas (mais altos e compridos), na orla marítima da Avenida Boa Viagem. A variação dos valores de Lm dentro de cada conjunto de subfragmentos do fragmento de São José e, principalmente, do fragmento do IPSEP é muito mais elevada (maior desvio-padrão) que em Casa Amarela e Boa Viagem. Os valores mais elevados em São José estão associados à, relativamente, grande dimensão do largo da Igreja Nossa Senhora do Carmo (subfragmentos 2.1 e 2.2) e do mercado de São José (subfragmentos 2.6 e 2.9). Já no fragmento do IPSEP, os valores mais altos estão associados com o campo de futebol da Praça Senador Roberto Kennedy (subfragmentos 3.6 e 3.9).

Para evitar subfragmentos com texturas atípicas, foi calculada a diferença dos valores de Lm de cada subfragmento em relação à média dos valores de Lm do conjunto de cada fragmento. Em seguida, foram removidas os valores dos 3 subfragmentos de cada conjunto com diferenças mais elevadas (células em amarelo na tabela 1). Finalmente, foi calculada uma nova média para cada conjunto desconsiderando os valores dos 3 subfragmentos removidos (última linha da tabela 1).

3.2 Remoção de valores extremos

Para evitar subfragmentos com texturas atípicas, a diferença dos valores de Lm de cada subfragmento em relação à média dos valores de Lm do conjunto de cada imagem foi calculada. Em seguida, foram removidas os valores dos 3 subfragmentos de cada conjunto com diferenças mais elevadas (células em amarelo na tabela 1). Finalmente, foi calculada uma nova média para cada conjunto desconsiderando os valores dos 3 subfragmentos removidos (última linha da tabela 1).

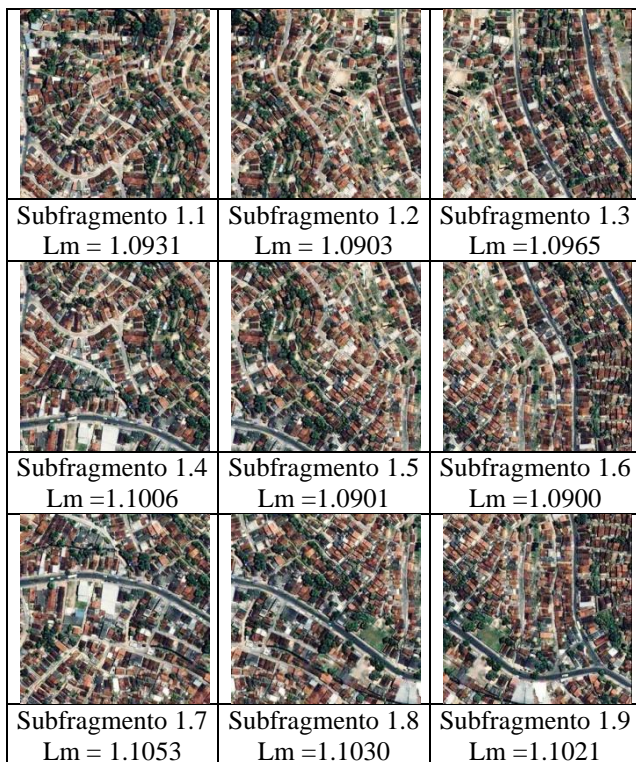


Figura 4. Subfragmentos de Casa Amarela.

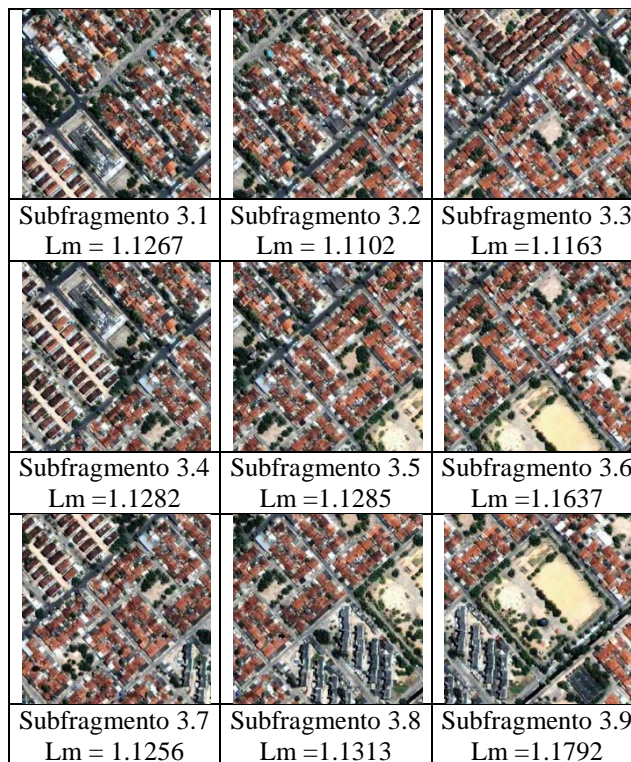


Figura 6. Subfragmentos do IPSEP.

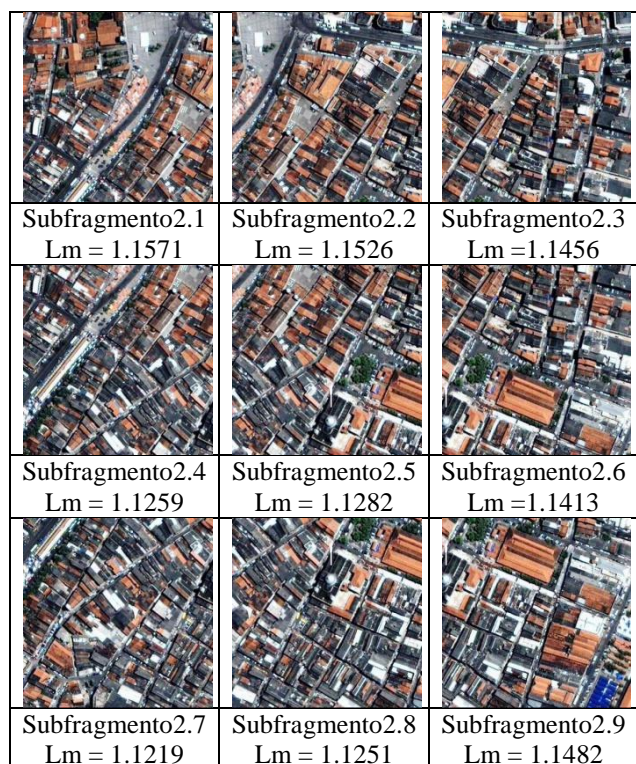


Figura 5. Subfragmentos de São José.

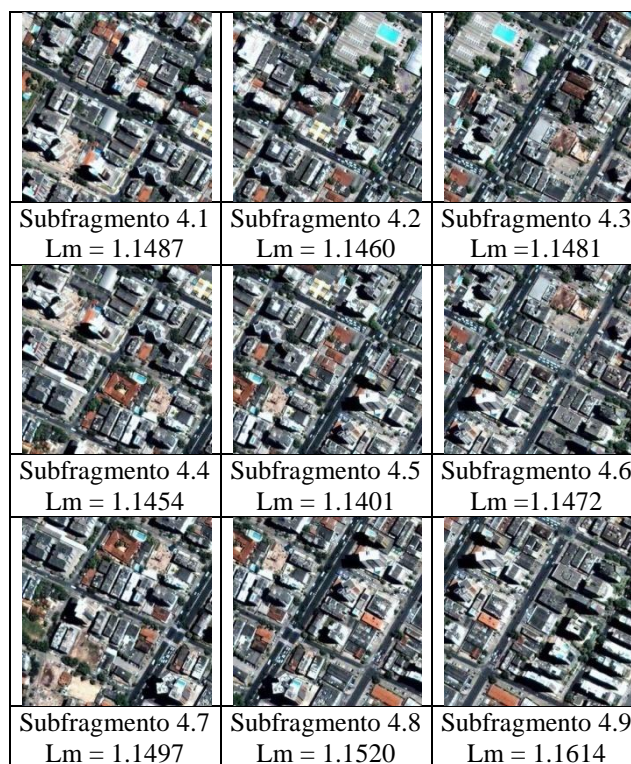


Figura 7. Subfragmentos de Boa Viagem.

Os valores da nova média gerada com a remoção dos subfragmentos com valores extremos possibilitam ampliar a diferenciação entre os fragmentos de São José e do IPSEP, ficando a média dos valores do segundo ainda mais inferior que ao do primeiro. Esses resultados reafirmam que o padrão de textura de Casa Amarela é o mais baixo e o que mais se diferencia dos padrões das demais áreas, enquanto que o padrão de Boa Viagem é o mais alto e está mais próximo do padrão de São José e do IPSEP. Além disso, esses resultados sugerem, em relação aos padrões de São José e do IPSEP, que o primeiro está mais próximo do que o segundo do padrão de Boa Viagem. Isto significa dizer que apesar de São José apresentar um traçado urbano mais orgânico que o traçado do IPSEP, o tamanho dos espaços construídos em São José é mais semelhante aos de Boa Viagem.

Quadro 3. Lacunaridade média das subfragmentos selecionadas

Subfragmento	Casa Amarela	São José	IPSEP	Boa Viagem
1	1.0931	1.0932	1.0933	1.1487
2	1.0903	1.1526	1.1102	1.1460
3	1.0965	1.1456	1.1163	1.1481
4	1.1006	1.1259	1.1282	1.1454
5	1.0901	1.1282	1.1285	1.1401
6	1.0900	1.1413	1.1637	1.1472
7	1.1053	1.1219	1.1256	1.1497
8	1.1030	1.1251	1.1313	1.1520
9	1.1021	1.1482	1.1792	1.1614
<i>Média</i>	1.0968	1.1313	1.1307	1.1487
<i>Nova Média</i>	1.0976	1.1313	1.1234	1.1475

4 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A análise de textura de imagens urbanas se mostrou relativamente eficiente para identificar padrões morfológicos em fragmentos urbanos do Recife de distintas filiações urbanísticas, do não-planejado para o planejado. No entanto, foi possível observar que de acordo com a qualidade da imagem e das características dos tecidos urbanos se faz necessário empreender procedimentos analíticos mais sensíveis às particularidades da forma urbana. O procedimento de seleção de subfragmentos aqui proposto mostrou-se eficiente para discernir as diferenciações dos fragmentos selecionados.

O fragmento do bairro histórico de São José se caracteriza pelo traçado irregular, portanto vias públicas com distintas dimensões e ângulos de interseção entre ruas e entre ruas e largos. As quadras são relativamente grandes, particularmente quando comparadas àquelas dos demais fragmentos, e o parcelamento se faz com lotes estreitos e compridos. Como consequência, as edificações são

compridas e estreitas. Esta irregularidade do conjunto urbano é reforçada pela presença de edificações de destaque, como igrejas – São Pedro, Livramento, Terço, etc. e do Mercado de São José, adicionando uma maior diversidade à forma urbana.

Já o fragmento de Casa Amarela, apesar de apresentar a mesma irregularidade no traçado viário, os elementos que compõem a textura urbana são menores, salvo raras exceções, e mais numerosos. Neste sentido, as aparentes semelhanças entre São José e Casa Amarela são dissipadas pela dimensão dos objetos. Da mesma forma, os fragmentos do IPSEP, como o de Casa Amarela, são compostos de um número maior de pequenos objetos, quando comparados aos de Boa Viagem e São José, respectivamente.

Em síntese, no caso dos fragmentos estudados, a análise revelou que o tamanho das edificações torna-se uma propriedade mais significativa para a caracterização dos padrões morfológicos do que a regularidade do traçado viário. Assim sendo, o parcelamento urbano (quantidade e dimensão dos lotes) parece estabelecer maior determinação na caracterização das texturas urbanas, na medida em que as edificações são, na sua grande maioria, dependentes dos limites e área dos lotes urbanos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão de Bolsa de Fixação de Pesquisador, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de Bolsa de Produtividade em Pesquisa, que possibilitaram o desenvolvimento da investigação.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, L., BARROS FILHO, M. **Lacunaridade e acessibilidade: propriedades urbanas comparadas**. Recife: IA2 (mimeo), 2008a.
- AMORIM, L., BARROS FILHO, M. **Imagem configuracional: analisando padrões de lacunaridade em mapas sintáticos**. Recife: IA2 (mimeo), 2008b.
- BARROS FILHO, M.; SOBREIRA, F., 2007. Urban textures: a multi-scale analysis of sociospatial patterns. In: **Proceedings of X Computers in Urban Planning and Urban Management**, CUPUM, Foz de Iguacu, Brazil.
- BARROS FILHO, M., 2006. **As múltiplas escalas da diversidade intra-urbana**. PhD Thesis - Federal University of Pernambuco, Brazil.
- BATTY, M.; LONGLEY, P. **Fractal cities: a geometry of form and function**. London: Academic Press, 1994.

DONG P. Test of a new lacunarity estimation method for image texture analysis. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke (GB), v. 21, n. 17, p. 3369-3373, 2000.

DU, G.; YEO, T.S. A novel lacunarity estimation method applied to SAR image segmentation. **IEES Transitions on Geoscience and Remote Sensing**, S.l., v. 40, n. 12, 2002.

HENEBRY, G. M.; KUX, H. J. H. Lacunarity as a texture measure for SAR imagery. **International Journal of Remote Sensing**, S.l., n. 16, p. 565-571, 1995.

HILLIER, B.; HANSON, J. **The Social logic of space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

HILLIER, B. **Space is the machine**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

HOLSTON, J. **A Cidade modernista: uma crítica de Brasília e sua utopia**. São Paulo. Cia. das Letras, 1993.

MANDELBROT, B. B. **The fractal geometry of nature**. New York: Freeman, 1982.

MYINT, S. W., LAM, N. A study of lacunarity-based texture analysis approaches to improve urban image classification. **Computer, Environment and Urban Systems**, S.l., n. 21, p. 501-523, 2005.

PLOTNICK, R. et al. Lacunarity analysis: a general technique for the analysis of spatial patterns. **Physical Review**, New York (US), v. 55, n.5, p. 5461-5468, 1996.

SOBREIRA, F.; BARROS FILHO, M. Favelas via satellite: spatial analysis in slums. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN URBAN AND SPATIAL PLANNING AND IMPACTS OF ICT ON PHYSICAL SPACE. 2005, Vienna (Austria). **Anais...** Vienna: CORP, 2005. 1 CD-ROM.