

## Monitorização da cidade africana a partir de imagens de satélite. Potencialidades e limites

Cristina Delgado Henriques\*

A informação geográfica sobre as dimensões física, demográfica, económica, social e cultural da cidade participa na produção de conhecimento sobre a mudança física e funcional dos meios urbanos e sobre os factores que estão na origem das novas configurações sociais emergentes. A localização da mudança e a compreensão do seu conteúdo social e económico dão sentido à explicação da realidade física urbana.

Os dados físicos sobre a cidade africana são escassos. Quando existem raramente estão estruturados; quando estão estruturados raramente apresentam actualidade. Por isso, as imagens de satélite são, actualmente, uma fonte alternativa de dados para caracterizar a realidade física urbana, muito valorizadas pela riqueza espectral e pela alta resolução geométrica que já apresentam. Acresce a estes factos a 'completude', a exactidão, a exaustividade espacial e o grau de repetitividade temporal das observações por satélite.

É neste contexto que a Detecção Remota se insere. Ou seja, a observação da cidade à distância garante a sua monitorização permanente e as imagens de satélite permitem o desenvolvimento de, pelo menos, quatro grandes tipos de aplicações: i) a determinação dos seus limites físicos, das suas densidades e

morfologias; ii) a categorização, embora ainda muito agregada, da ocupação do solo; iii) a quantificação das propriedades de superfície como sejam o calor, o estado do coberto vegetal dos parques, jardins e alinhamentos arbóreos; iv) o grau de mineralização.

As imagens de satélite não resolvem todos os problemas de falta de informação física urbana. Essas imagens apresentam limitações mas seguramente muitas vantagens quando os dados não existem; ou quando existem mas não se lhes reconhece um grau de confiança suficiente.

### Cidade e imagens de satélite de alta resolução geométrica

Na maioria dos países africanos, o crescimento acelerado das cidades, caracterizado predominantemente pela proliferação de estruturas urbanas informais, impõe aos técnicos de ordenamento e gestão urbana intervenções urgentes e, conseqüentemente, necessidades muito específicas de informação sobre o território. Ou seja, um conhecimento da cidade, quase em tempo real, que permita identificar e equacionar os problemas concretos

\* Assistente da FA.UTL

do território urbano, monitorizar e modelar tendências, é fundamental no estabelecimento de plataformas de entendimento com os agentes das transformações, necessário num processo de planeamento.

A capacidade de localizar efectivamente os problemas da cidade em rápida transformação é, em muitas situações, limitada pela falta de informação geográfica disponível e de técnicas adequadas à sua manipulação. São provavelmente poucos os países de África que dispõem de cartografia actualizada à escala urbana ou de recursos para a fazer.

A fotografia aérea tem sido utilizada, desde há muito tempo, como fonte importante de informação na análise urbana pelas possibilidades que fornece ao reunir elevadas resoluções espaciais (na ordem dos 0,25m), resoluções espectrais que correspondem às necessidades da análise visual de imagens e resoluções temporais mínimas para a análise das dinâmicas (considerando que há países que dispõem de acervos fotográficos consideráveis). Contudo, por razões que se prendem com o elevado custo de obtenção,

de actualização e de processamento, bem como com a existência de situações de guerra, comuns a muitos destes países, que limitam a utilização do espaço aéreo para fins civis, a sua utilização generalizada tem ficado condicionada.

A recente disponibilização à comunidade civil de imagens de alta resolução geométrica, provenientes de satélites em órbitas baixas e permanentes, trouxe novas hipóteses para a produção de informação geográfica. Com efeito, se com os satélites como o IRS e o SPOT é possível cartografar a escalas entre 1/50000 e 1/25000, com IKONOS e QUICKBIRD, que apresentam resoluções geométricas da ordem de 1m2, pode pensar-se em produzir cartografia à escala 1/10000 (Figura 1).

Comparando o detalhe das imagens obtidas por fotografia aérea com imagens de satélite de alta resolução espacial, para fins de análise visual, rapidamente se percebe que todos os objectos registados são igualmente perceptíveis e que as diferenças se notam apenas na melhor definição de contornos da primeira (Figura 2).

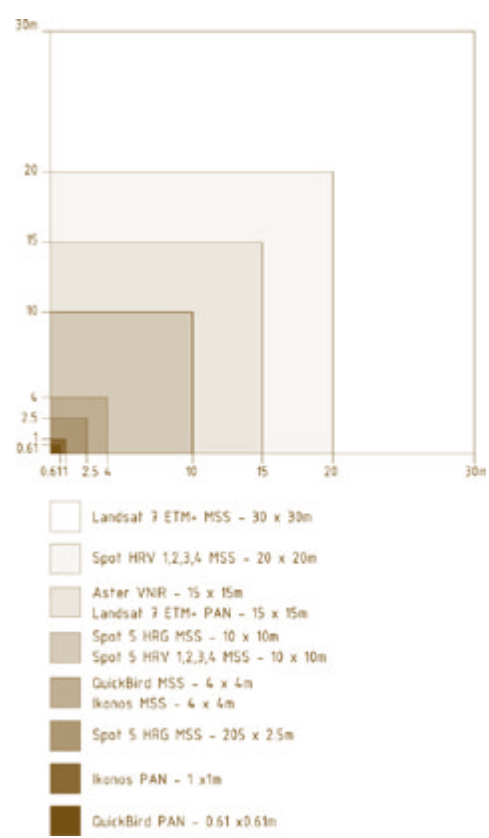


fig.1 – Resolução geométrica de diferentes sensores de satélites de observação da terra



a) Fotografia Aérea. 1996 (imagem obtidas por fotografia aérea)



b) Imagem IKONOS. 2001 (imagem obtida por satélite de alta resolução geométrica).



Composição colorida de imagens IKONOS de Maputo utilizando as bandas azul, pancromático e infra-vermelho próximo

## Imagens de satélite e aquisição de conhecimento sobre a cidade africana.

A possibilidade de combinação do detalhe geométrico, da exactidão espacial e da diversidade espectral, com associação a um custo mais baixo quando comparado à obtenção de fotografia aérea e à possibilidade de utilização de algoritmos de 'interpretação' automática, leva-nos a poder concluir que, por um lado, se pode colmatar a falta de informação geográfica em aplicações que necessitam de uma monitorização contínua, como é o caso do crescimento urbano e, por outro, que se abrem novas perspectivas e interessantes desafios aos técnicos e investigadores das questões urbanas africanas.



Figura 4 – Carta verde de uma zona do centro e da periferia de Maputo obtida pelo cálculo automático de índice de vegetação NDVI

Compreender a cidade a partir de imagens de detecção remota é uma tarefa complexa, pois requer a interpretação da intrincada interacção das estruturas artificiais, da actividade económica e das políticas governamentais que marcam a paisagem urbana.

Um olhar desatento sobre uma imagem – em composição colorida resultante da combinação de diferentes bandas do espectro electromagnético – de uma periferia urbana africana pode facilmente induzir a uma visão redutora das representações da cidade: monótonas e extensas áreas de habitação de carácter informal incorporando, em malhas cerradas, alguns vazios 'expectantes' e equipamentos sociais que se destacam pela sua volumetria mais arrojada (Figura 3). A abundante vegetação reduz a imagem de uma paisagem urbana fortemente mineralizada: pelos edifícios, pelas vias ou simplesmente pelo solo exposto sem uso aparente.

Uma análise mais pormenorizada da imagem mostra uma apreciável mistura de elementos, concentrada em poucos metros quadrados produzindo uma reflectância espectral muito diversificada: telhados de zinco ou de argila, minúsculas porções de terra, ora a descoberto ora cultivadas, sebes artificiais, vivas e árvores, e as respectivas sombras de tudo o que tem altura, vias pavimentadas, de terra batida e de areia solta. É esta diversidade que caracteriza morfologicamente a cidade africana e que ao nível dos valores espectrais captados pelas imagens de satélite as tornam difíceis de interpretar e gerar conhecimento de forma automática. Contudo, é possível extrair a estrutura física e a configuração espacial das cidades através da utilização de alguns algoritmos de processamento de imagem.

No caso de Maputo, por exemplo, a vegetação é um elemento dominante na paisagem da cidade, quer no centro definindo os quarteirões da cidade colonial, quer na periferia revelando ora a ocupação desorganizada de alguns bairros ora a intervenção planeada noutros. A interacção entre a energia electromagnética nos comprimentos de onda do vermelho (onde é baixa a reflectância da clorofila) e do infra-vermelho (com alta reflectância das folhas) permite calcular uma série de índices de vegetação com resultados como o que mostra a Figura 4.

A morfologia da cidade africana, a sua forma física, a constituição progressiva do seu tecido e as combinações que o geram (ruas, largos, espaço edificado, espaço não edificado, espaços públicos) podem observar-se por satélite sob condição de se inter-

pretar o que está para além dessa materialidade, ou seja as combinações funcionais que explicam a repartição dos usos do solo (dinâmica da actividade económica, lógicas de funcionamento dos mercados, fluxos preferenciais de bens e pessoas, etc.) e as opções de política urbana (ou ausência dela) que permitiram a formação de um espaço complexo como o urbano e peri-urbano.

A aquisição de conhecimento sobre a morfologia urbana é uma das chaves para a compreensão da cidade africana. Por Detecção Remota com imagens de alta resolução poderemos perceber, em boa medida, o todo: em primeiro lugar as tendências do crescimento espacial, depois as macro-formas. Mas é pela observação das partes de cidade, sobretudo no que diz respeito ao tipo de 'malhas' produzidas ('espontâneas', 'orgânicas', 'impostas'), e pelo processamento digital de imagens de satélite de alta resolução que podemos obter informação quantitativa interessante: direcções preferenciais do traçado de arruamentos (por filtragem direcciona local), textura produzida pelos elementos urbanos (índices de rugosidade urbana), forma e dimensão dos elementos urbanos (índices de forma). Esta abordagem quantitativa é certamente redutora na explicação; mas a quantificação é apenas um meio suplementar possibilitado pela observação por satélite.

### Potencialidade e limites da detecção remota para a observação da mudança em meio urbano

Em países onde a inexistência ou inadequação da cartografia urbana é uma realidade, a utilização de imagens de satélite como fonte de dados espaciais tem sido sugerida como uma opção a considerar.

Neste contexto, a "Economic Commission for Africa" das Nações Unidas refere, num documento intitulado "The future orientation of geoinformation activities in Africa" que os países africanos deviam considerar a Detecção Remota como fonte primordial de dados espaciais, em igualdade de circunstâncias com outras fontes de dados. Destacam a importância das imagens de satélite pelo facto de os produtos já se encontrarem em formato digital e permitirem um tipo de processamento diferente dos tradicionais. Sugerem, ainda, que embora o estabelecimento de estações de recepção de dados de satélite a nível nacional não seja viável em termos financeiros, o estabelecimento de uma infra-estrutura regional para a aquisição centralizada de dados do continente africano, pode ser uma solução.

As vantagens da utilização de imagens de satélite parecem ser muitas: cobertura global e multi-escala, ao recolherem dados do mesmo tipo num curto intervalo de tempo cobrindo um país inteiro, uma região, ou uma cidade; a maioria dos sensores permite registos multi-temporais; têm um baixo custo de obtenção; fornecem dados objectivos em formato digital passíveis de serem incorporados em bases de dados georreferenciadas e processados por sistemas de informação geográfica.

Ao contrário dos ambientes naturais, as cidade têm uma dinâmica espacial muito elevada. A mudança na dimensão física, na forma, na densidade e nos principais tipos de cobertura do solo, são aspectos que podem ser monitorizados pelo processamento automático de imagens de satélite. Porém, este tipo de análise de dados pouco acrescenta ao conhecimento da dinâmica das actividades económicas no território e das condições sócio-económicas das populações.

Há, portanto, necessidade de se passar da simples cartografia da evolução da forma física das áreas urbanas para a criação de indicadores das transformações do seu funcionamento social e económico, o que o processamento digital da imagem baseado exclusivamente nos valores espectrais dos pixels não permite.

A análise visual de imagens, que se baseia na inferência de informação fazendo uso de um conjunto de primitivas (cor, tonalidade, forma, textura, tamanho, sombra, contexto, etc.), permite a obtenção de resultados mais adequados à criação desses indicadores (Figura 5).

Utilizando um extracto de uma imagem de alta resolução obtida para uma cidade africana (Maputo) e aplicando um algoritmo de classificação da imagem (ISOCCLUS), dificilmente conseguimos individualizar mais do que 4 classes: solo a descoberto, sombra, vegetação e áreas edificadas.

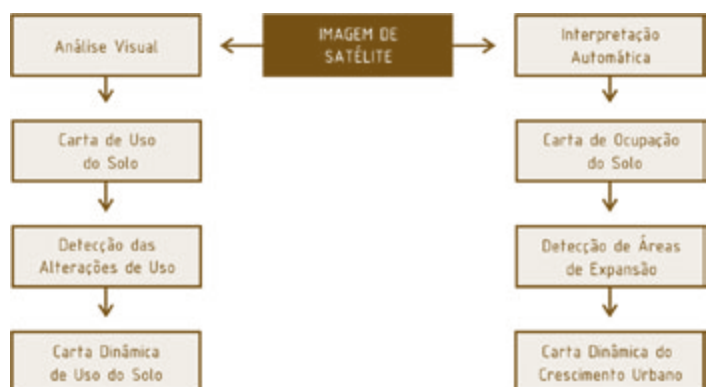
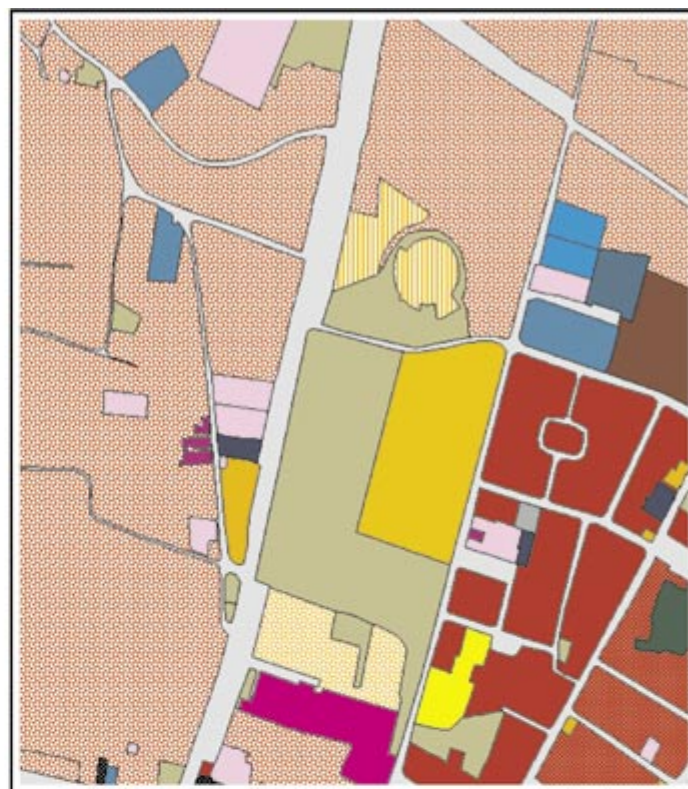


Figura 5 - Análise visual vs interpretação automática de imagens



#### OCUPAÇÃO DO SOLO

- Área edificada
- Área de circulação/ solo a Nu ou pavimentado
- Vazio
- Mató
- Vegetação arbórea
- Sombra



#### USOS DO SOLO

- Área residencial da periferia formalmente demarcada habitação plurifamiliar
- Área residencial da periferia formalmente demarcada habitação uni e plurifamiliar
- Área residencial da periferia formalmente demarcada habitação unifamiliar
- Área residencial da periferia não demarcada formalmente habitação unifamiliar
- Administração pública
- Apoio à infância e idosos
- Ensino
- Saúde
- Culto
- Armazém
- Fábrica
- Oficina/ estaleiro
- Centro comercial
- Mercado
- Comércio a retalho diverso
- Ferro velho
- Parque de estacionamento
- Área de circulação
- Horticultura/ culturas familiares
- Parque/ Jardim
- Área de vazio urbano e ruína

Figura 6 – Carta de Ocupação do Solo obtida por processamento automático vs Carta de Uso do Solo obtida por análise visual da imagem

Em contrapartida, a análise visual dessa imagem, que acarreta custos de tempo elevados na produção de uma carta de uso do solo, conduziu à identificação de 21 classes (Figura 6).

O potencial técnico da detecção remota em meio urbano dependerá da capacidade de criação de algoritmos de inferência complexos e não apenas da simples análise das características espectrais, incorporando dados complementares e analisando as propriedades espaciais e estruturais das áreas urbanas.

O potencial operacional da detecção remota urbana dependerá não só da sua capacidade de dar resposta a requisitos práticos dos planeadores e gestores urbanos, como, por exemplo, a localização e extensão das áreas urbanas, a natureza e distribuição espacial das diferentes classes de uso do solo, as redes de infra-estruturas de transporte, a capacidade de integrar dados provenientes de outras fontes, a de monitorizar mudanças nos usos ao longo do tempo, como também da rapidez com que esses técnicos conseguem integrar os dados nas suas actividades.

## Bibliografia

- DONNAY, Jean-Paul; Barnsley, Michael; Longley, Paul, 2001, "Remote Sensing and Urban Analysis", (London: Taylor & Francis).
- LONGLEY, Paul, 2002, "Geographical Information Systems: will developments in urban remote sensing lead to 'better' urban geography?", *Progress in Human Geography*, 26 (2), 231-239.
- MASSER, Ian, 2001, "Managing our future: the role of remote sensing and geographic information systems", *Habitat International*, 25, 503-512.
- MESEV, Victor (Ed), 2002, *Remotely Sensed Cities*, (London: Taylor & Francis).
- UNITED NATIONS – Economic Commission for Africa, 2001, *The Future Orientation of Geoinformation Activities in Africa – Synthesis*, Development Information Services Division, E/ECA/DISD/CODI.2/3.