

## **Detecção de mudanças em solo urbano com a utilização de imagens de sensoriamento remoto de alta resolução espacial**

Júlio César Martins de Bessa

Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano, Habitação e Meio Ambiente  
Governo do Distrito Federal  
SCS Q 6 Bloco A Lote 13/14 – Brasília, DF – CEP 70.306-918  
julio.bessa@seduma.df.gov.br  
bessa1234@gmail.com

**Abstract.** The present work aims at presenting an approach on the geometric correction, supervised classification and automatic feature extraction from digital high spatial resolution remote sensing imagery as a contribution to urban studies. The wish for a technique that can be used within the daily works at the the Environment, Housing and Urban Development State Secretariat (Seduma), part of the Federal District Government (GDF), Brazil, has motivated the search for simplified automated processes to quantify the large amount of new houses in certain areas looking forward government urban planning in a cartographic basis and geographic information system context. After an initial test concerning the processing of the rational polynomial coefficients (RPCs) file, a Digital Elevation Model (DEM) and some Ground Control Points (GCPs) the result needed to pass through a fine tuning consisting in image-to-image registration. A QuickBird orthorectified image were used as reference Time 1 image. Thousands of tie points were generated automatically. The result was excellent. After that a layer stack was assembled with bands of images of Time 1 and Time 2. The next step was a supervised classification to separate the class of new buildings. Finally the raster-to-vector processing was run and an area criteria was applied to separate relevant results. The softwares used were ERDAS Imagine Professional as the platform and Imagine Autosync and Imagine Delta Cue modules add-on running upon the first. ERSI Arcview GIS was used in the last two steps.

**Palavras-chave:** detect change, remote sensing, geometric correction, feature extraction, supervised classification, urban planning, detecção de mudanças, QuickBird, sensoriamento remoto, planejamento urbano, classificação supervisionada, extração de feições, ERDAS, ArcGIS.

### 1. Introdução

A Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação (Seduma), órgão do Governo do Distrito Federal (GDF), Brasil, adquiriu entre os anos de 2007 e 2008 um acervo de aproximados 1.700 km<sup>2</sup> de imagens ortorretificadas de alta resolução espacial (satélite QuickBird) das áreas urbanas do Distrito Federal (que possui pouco mais de 5.800 km<sup>2</sup>) cuja informação sobre o adensamento urbano há muito se encontrava desatualizada. O objetivo, dentre outras demandas institucionais, foi ao atendimento à Cláusula 32<sup>a</sup> do Termo de Ajustamento de Conduta 02/2007 celebrado junto ao Ministério Público do Distrito Federal e Territórios, que preconiza o monitoramento da ocupação do solo urbano do Distrito Federal, mediante projeto piloto que incluía as regiões do Setor Habitacional Vicente Pires, do Setor Habitacional Sol Nascente, da Vila Estrutural, do pólo JK e dos Setores Habitacionais Jardim Botânico e São Bartolomeu.

Tal iniciativa previu a comparação com imagens de períodos subsequentes para analisar o adensamento ocorrido. Foram investidos recursos na compra de programas de computador para o processamento de novas imagens (desta vez não ortorretificadas), adquiridas a partir de licitação realizada em 2009. O presente estudo-piloto avalia os resultados obtidos com o monitoramento da ocupação no Setor Habitacional Sol Nascente, de área aproximada de 48 km<sup>2</sup>, com declividade média em torno dos 3 a 6% (com valores de 16 a 18% próximo aos cursos d'água pouco ocupados), localizado na cidade de Ceilândia, distante aproximadamente 25 km de Brasília (Figura 1), entre o período de junho/2007 (Tempo 1) e setembro/2008 (Tempo 2).

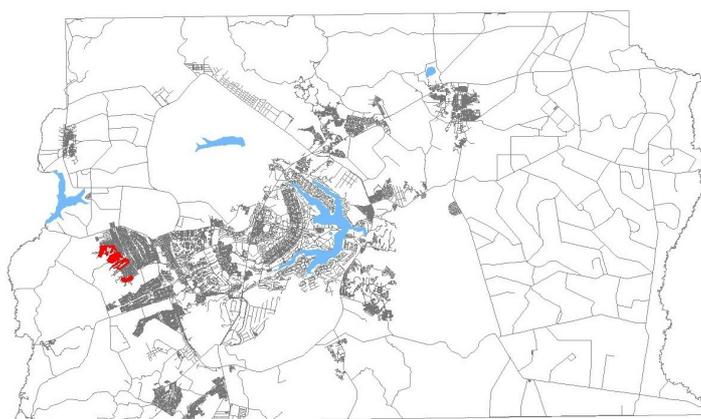


Figura 1. Localização da área do estudo (cor vermelha) no DF

## 2. Metodologia de Trabalho

O primeiro passo foi a correção geométrica da imagem de 2008, que foi adquirida no nível básico de processamento e no *datum* WGS84 (Figura 2a). Ao passo da necessidade de se migrar para o SIRGAS, a imagem foi georreferenciada ao Sistema Cartográfico do Distrito Federal (Sicad) ao qual ainda se referem a quase totalidade das bases geográficas do GDF.

A tentativa inicial de ortorretificação com o uso dos RPCs, de um DEM e de pontos de controle, não apresentou um resultado satisfatório (Figura 2b). Partiu-se então para o registro imagem-imagem com a utilização do *software* *Imagine Autosync* (Figura 2c).

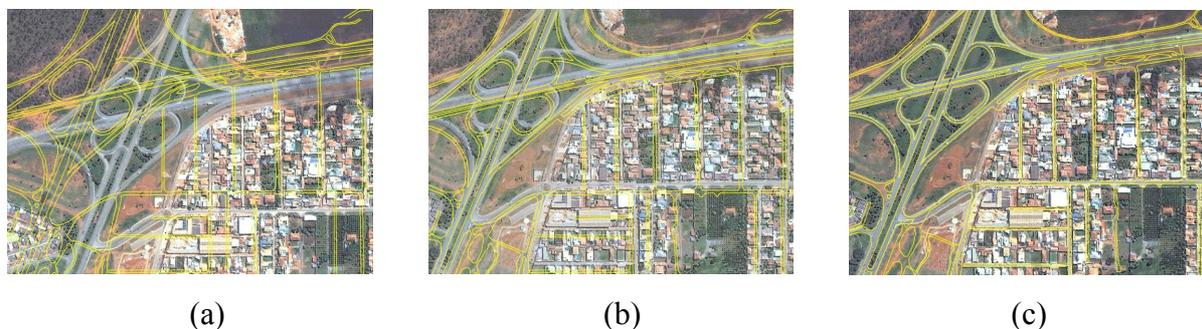


Figura 2. (a) Imagem original em WGS84. (b) Imagem após processamento dos RPC e DEM (c) Imagem após o registro com auxílio do *Autosync*. Em amarelo os vetores das vias em Sicad.

Este *software* permite a escolha do modelo de transformação desejado e da imagem de referência. No presente caso, escolheu-se a transformação de afinidade (*default*) e uma imagem QuickBird ortorretificada de 2007. O primeiro processamento gerou 780 *tie points* (pontos brancos na Figura 3a abaixo) com RMSE 3.84 pixels. O software permite que seja selecionada uma linha de corte para o erro, que foi então fixado em 1 pixel no próximo passo. O número de *tie points* que atendem a um RMSE menor que 1 (no caso o modelo foi resolvido com um erro 0.66 pixel) cai para 52 (Figura 3b), gerando um resultado excelente.

Um outro exemplo de registro imagem-imagem usando esta metodologia pode ser visto na figura 4, onde estão acopladas uma imagem WorldView 2 com pixel de 50 cm (à esquerda) e outra, ortofoto, gerada por aerofotogrametria com 1 metro de pixel (à direita).

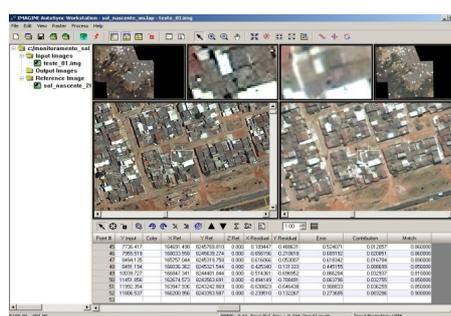
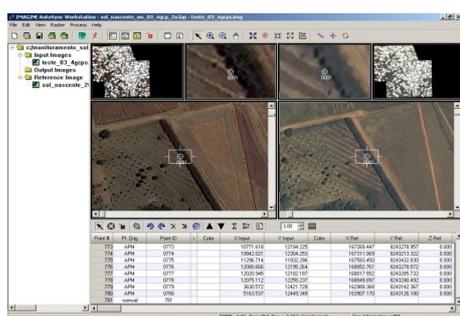


Figura 3(a) 780 tie points, RMSE 3,84 pixels. Figura 3(b) 52 tie points, RMSE 0,66 pixel.



Figura 4. Visualização simultânea de imagens acopladas (WorldView e ortofoto aérea)

De posse das imagens de 2007 e 2008, o próximo passo foi a verificação do adensamento urbano. Para tanto foi utilizado o software Imagine Delta Cue, que tem vários métodos para a detecção de mudanças. Foi utilizada a opção *Site Monitoring*, mais apropriada à avaliação em uma cena com muitos detalhes. O resultado pode ser visto na Figura 5.

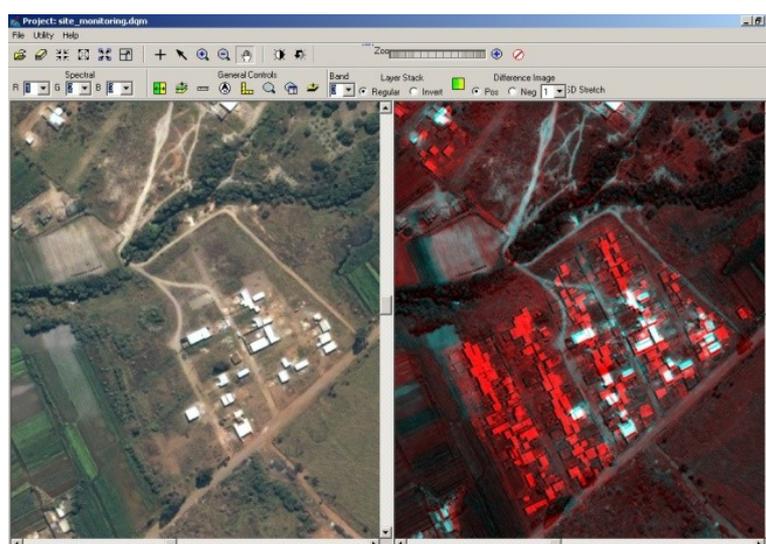
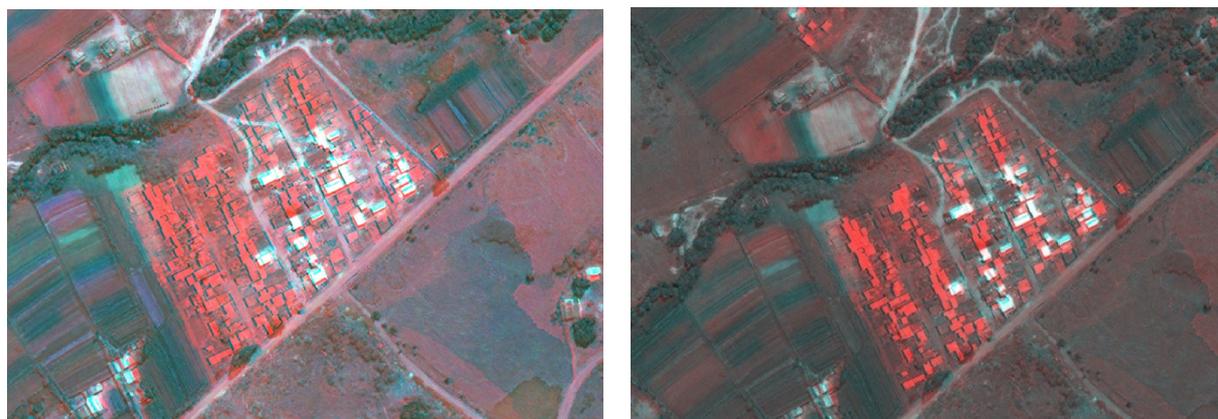


Figura 5. Interface *Site Monitoring* do Delta Cue. À esquerda a imagem de 2007. À direita, em vermelho, as novas edificações em 2008. Em branco as edificações originais de 2007.

Nesse ponto, devido ao fato de que a única bibliografia existente ser somente os Guias do Usuário, chegou-se a um impasse. O *software* Delta Cue procede a uma montagem (*layer stack*) com as 3 bandas das imagens do Tempo 1 e do Tempo 2, gerando uma nova imagem com 6 bandas. Ao ser aberta essa imagem, ela vem configurada da seguinte maneira: banda 1 da imagem de 2008 no canal vermelho, banda 3 da imagem de 2007 no verde e a banda 2 da imagem de 2007 no azul, conforme a Figura 6a. Por outro lado, ao se solicitar a informação sobre a composição de um pixel por exemplo, o software parece operar com apenas as bandas 3 de ambas as imagens. Assim, realizou-se um *layer stack* com a banda 3 da imagem de 2008 no canal vermelho e a banda 3 da imagem de 2007 repetida nos canais verde e azul, como na Figura 6b. De fato, nessa combinação, a imagem apresenta um maior contraste (é a que mais se aproxima da imagem à direita na Figura 5), e que foi a utilizada desse ponto em diante.



(a)

(b)

Figura 6. Em (a) a composição com as banda 1 de 2008 (R), e bandas 3 (G) e 2 (B) de 2007. Em (b) tem-se a banda 3 de 2008 (R) e a banda 3 de 2007 repetida nos canais (G) e (B).

A seguir, buscou-se um processo automatizado de vetorização afim de se obter os polígonos das novas edificações. Procedeu-se a classificação supervisionada pelo método da distância mínima a partir da definição de amostras para 3 classes: edificação nova, edificação existente e solo exposto, obtendo-se a Figura 7 abaixo.



Figura 7. Classificação pela distância mínima e 3 classes de treinamento

O próximo passo foi a extração de feições vetoriais (polígonos) representando as edificações, conforme apresentado na Figura 8 a seguir. Foi utilizada a função *Raster to Vector* no *software* ESRI Arcmap. A escolha por esse programa se deu pelo fato de o mesmo já compor o patrimônio da Seduma. Caso contrário, um novo módulo ERDAS chamado “*Vector*” teria que ser adquirido para se atingir os objetivos propostos. Assim, a solução foi levar a imagem para o ambiente ArcGIS, que possibilitou inclusive o cálculo da área de cada polígono.

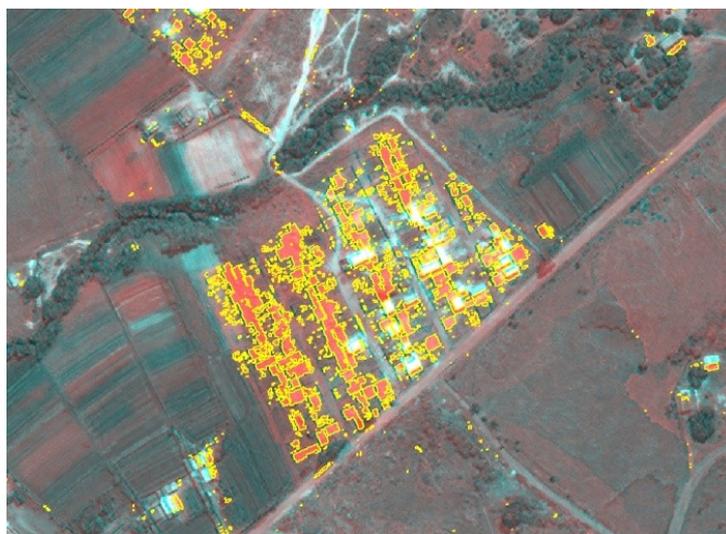


Figura 8. Vetorização da imagem classificada

Como já era esperado, muitos polígonos sem significado para o presente trabalho foram gerados nesse processo, conforme se observa na Figura 9 a seguir, haja vista que a classificação foi feita levando-se em conta apenas a informação radiométrica da imagem. Toda e qualquer alteração ocorrida foi detectada, tendo sido gerados os polígonos correspondentes.

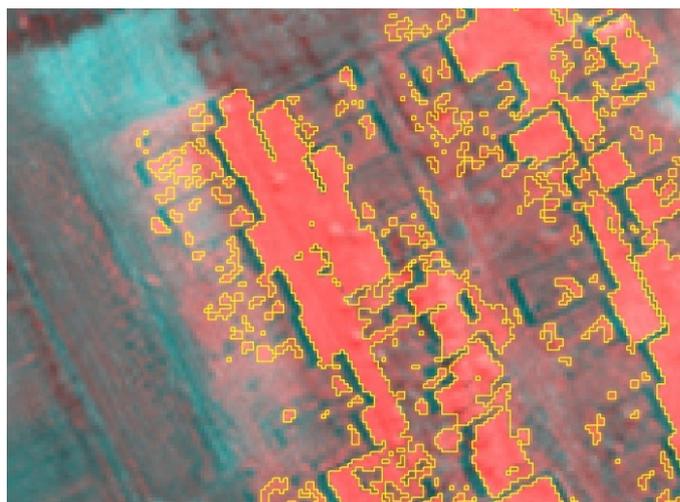


Figura 9. Pequenos polígonos a serem eliminados

Partiu-se então para a seleção dos polígonos que atendessem a um critério de área. Estabeleceu-se como parâmetro os polígonos maiores que 30 m<sup>2</sup>, uma linha de corte representativa das menores edificações precárias do assentamento (Figura 10, polígonos

pretos). Após uma cautelosa inspeção de porções distintas da área de estudo, como se pode ver na Figura 11 (polígonos sem preenchimento), observou-se a distribuição regular das novas edificações ao longo do tecido urbano. Isso deu credibilidade à metodologia empregada.

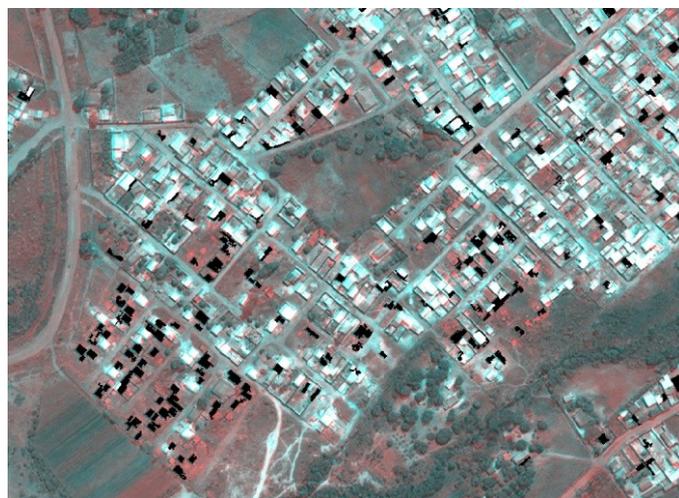


Figura 10. Edificações com área maior que 30 m<sup>2</sup> (cor preta)

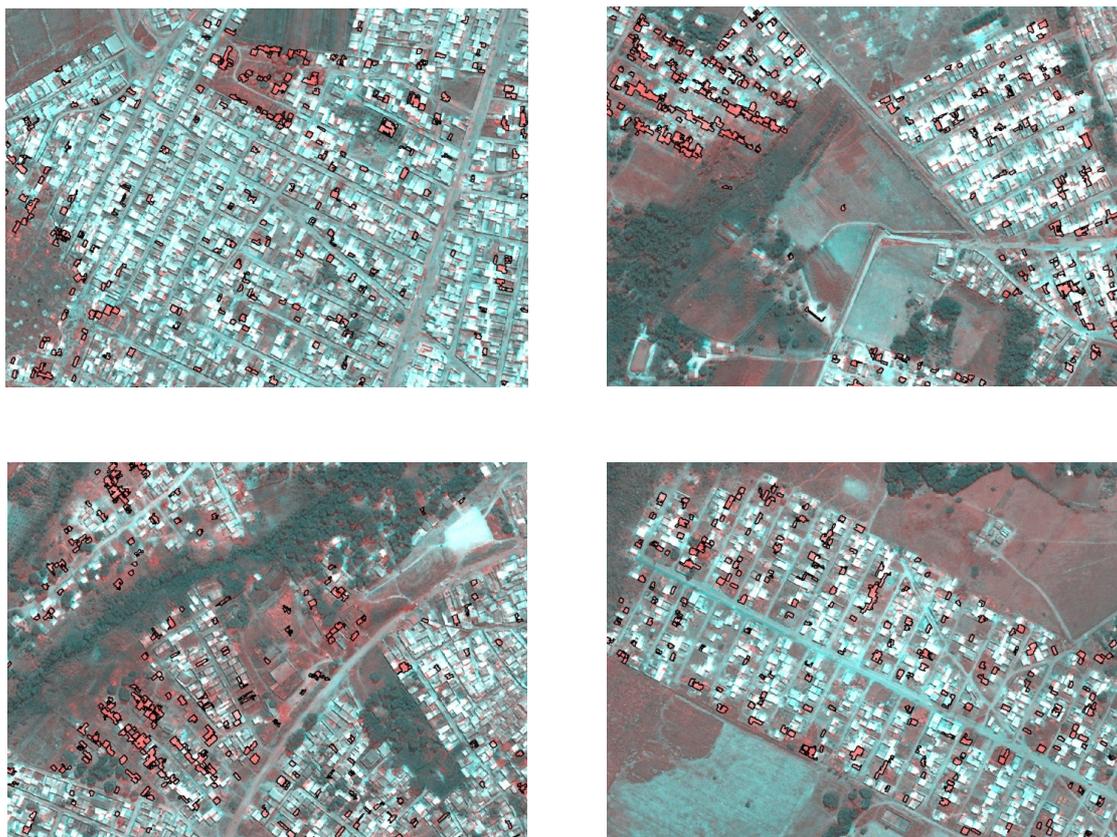


Figura 11. Distribuição regular dos polígonos na região após a classificação/vetorização

### 3. Análise dos resultados

O Distrito Federal é palco de um fenômeno sem precedentes no Brasil. Iniciado na década de 80, transformado-se em um *boom* na de 90 e com reflexos até nos dias de hoje, as ocupações irregulares (de baixa, média e média-alta renda) de terra para fins de parcelamento

urbano são um triste cenário num território concebido desde o início sob as bases do planejamento. O Governo do Distrito Federal tem, nos últimos anos, adotado políticas públicas visando regularizar o cenário configurado, com a realização de projeto urbanístico para cada setor.

Na Figura 12 a seguir, é apresentado um mapa com o adensamento verificado entre junho/2007-setembro/2008 (a), e entre setembro/2008-setembro/2009 (b). Pode-se observar o resultado das ações de fiscalização promovidas pelo GDF afim de conter as ocupações irregulares. Os quantitativos remetem à uma diminuição em torno de 50%. O levantamento entre os anos de 2009-2010 está em andamento.



Figura 12. Evolução da ocupação irregular entre os anos 2007-2008(a) e 2008-2009 (b). Em preto o sistema viário do projeto urbanístico a ser implantado. Em cinza, o sistema viário da cidade de Ceilândia.

Um aspecto importante a ser ressaltado é que a área considerada no presente estudo é caracterizada pela baixa renda dos moradores, onde as edificações em sua maioria são pequenas e, como se viu, podem estar lado a lado em determinados trechos do setor habitacional. Nestes casos o software se confunde e trata todos os telhados contíguos como sendo apenas um polígono (Figura 13), quando na realidade são vários, o que denota que valores ainda maiores poderiam ser encontrados ao final do processo.

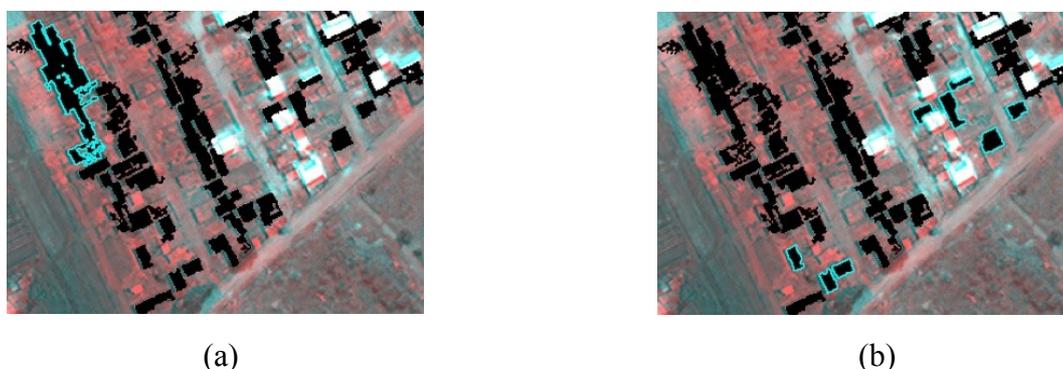


Figura 13. Observar os polígonos com contorno azul. Em (a) as novas edificações são contíguas e o software considera como apenas um polígono. Em (b) a boa separabilidade favorece a quantificação das novas edificações.

### 3. Conclusão

O sensoriamento remoto se mostrou ser uma alternativa de excelente relação custo/benefício para auxiliar na obtenção de um retrato do cenário altamente dinâmico que se apresenta. Um passo adiante foi dado com a utilização das ferramentas de processamento digital de imagens para que, em um curto lapso de tempo, o corpo técnico da Seduma possa apresentar aos dirigentes uma medida de como anda o ritmo das ocupações, sobretudo quando se considera a extensão da área em análise.

O estudo, nos moldes que se apresenta – avaliar a magnitude da expansão urbana ao nível da edificação – é pioneiro no Distrito Federal. Os números são alarmantes e muito há que ser melhorado na metodologia adotada. O mais importante é que uma nova frente de trabalho se abre com esse tipo de monitoramento trazendo novas perspectivas, como por exemplo, a de se aprimorar os processos de classificação de imagens, mais especificamente aqueles que consideram outros atributos que vão além da informação radiométrica (por exemplo forma e contexto). O aprofundamento nas técnicas empregadas pelos softwares AutoSync e Delta Cue se faz necessária, mediante a capacitação técnica dos servidores da área de geoprocessamento da Seduma, haja vista que, toda a fonte de referência disponível estava somente nos Guias do Usuário, que não trazem a informação customizada para cada tipo de necessidade.

### 4. Agradecimento

O autor agradece aos dirigentes ligados à Seduma, nas pessoas de Eliana Ferreira Bermudez e Danilo Pereira Aucélio por todo apoio e incentivo para a realização dos trabalhos.

### 5. Referências Bibliográficas

ERDAS, Inc. **ERDAS Field Guide**. November 2009. 852p.

ERDAS, Inc. **IMAGINE AutoSync. User's Guide**. November 2009. 82p.

ERDAS, Inc. **IMAGINE DeltaCue. User's Guide**. November 2009. 138p.

SILVA, W. B.; VERGARA, O. R. Avaliação da qualidade geométrica de imagens IKONOS ortorretificadas utilizando-se a transformação polinomial racional. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2581-2588. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.15.38/doc/2581.pdf>>. Acesso em 26 de outubro de 2010.

CRÓSTA, A.P. **Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas. IG/Unicamp, 1992.170p.