

Revista Brasileira de Cartografia (2013) N^o 65/2: 361-374
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

ATUALIZAÇÃO DE CADASTRO URBANO A PARTIR DE IMAGENS QUICK BIRD

Updating of Urban Cadastre from the Quick Bird Images

Gabriel Gustavo Barros de Souza & Amilton Amorim

Universidade Estadual Paulista - UNESP

Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT

Rua Roberto Simonsen, 305, 19060-900 - P. Prudente, SP

gabriel_cart@yahoo.com.br, amorim@fct.unesp.br

Recebido em 12 de março, 2012/ Aceito em 20 de maio, 2012

Received on march 12, 2012/ Accepted on may 20, 2012

RESUMO

A atualização cadastral de área urbana é uma das questões mais importantes a ser considerada no planejamento municipal. Por esta área tratar de uma riqueza de detalhes acentuada, quando comparada as áreas rurais e de expansão urbana, torna-se difícil traçar uma metodologia de atualização de dados cadastrais que possa ser generalizada às áreas urbanas dos municípios. Neste trabalho é apresentada uma proposta de atualização cadastral de área urbana a partir da utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial (Quick Bird). São empregados, para isso, alguns métodos e técnicas nos processos de utilização das imagens adotadas. As imagens utilizadas abrangem a área teste, definida no município de Presidente Prudente. Para a detecção das alterações incorporadas ao banco de dados cadastrais foram utilizadas imagens pancromáticas e multiespectrais de épocas diferentes e empregaram-se técnicas de classificação de imagens para identificar e descrever visualmente os tipos de alvos alterados. A partir das imagens e processos descritos, as alterações identificadas foram atualizadas no banco de dados cadastrais.

Palavras chaves: Atualização Cadastral, Detecção de alterações, Banco de dados Cadastrais, Classificação de Imagens.

ABSTRACT

The urban cadastral updating is a important question to municipal planning. Due the high details of this area, it's difficult to make a method for cadastral updating. In this paper is presented a urban cadastral updating approach based in the use of high resolution satellite images with the use of some methods to obtain the changes between the images from two different epochs. The test area of study was a part of Presidente Prudente, São Paulo. The change detection process was done with multispectral and panchromatic images using classification processes do describe the targets. With the changes detected the cadastral database was updated.

Keywords: Cadastral Updating, Change Detection, Cadastral Database, Image Classification.

1. INTRODUÇÃO

O Cadastro descreve, num município, a situação física e jurídica dos imóveis. O exercício

do Cadastro implica, então, no conhecimento de dados e informações cartográficos já que, na maioria das vezes, o que se deseja é obter a geo-informação.

A importância de se manter os dados cadastrais atualizados é: a- além de dispor coerência dos dados à realidade; b- dar suporte à tomada de decisões no planejamento municipal. Isto permite que secretarias municipais, população e órgãos sejam beneficiados e, ainda, que haja justiça fiscal.

As experiências anteriores a este trabalho, pelos autores, são relacionadas à atualização cadastral a partir de detecção de alterações, utilizando algumas fontes de dados distintas. Essa experiência iniciou-se durante o ano de 2005 com a utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial para a atualização cadastral. O objetivo da pesquisa era implementar funções no Sistema de Atualização de Mapeamento (SAM), desenvolvido por Amorim (2000), que utilizava apenas fotografias aéreas. No ano de 2006, foi incorporada ao SAM a possibilidade de associar fotografias aéreas e imagens de satélite de alta resolução espacial no processo de detecção de alterações para o Cadastro.

O objetivo principal deste trabalho é reunir alguns conceitos metodológicos e ferramentas que, além de permitirem as modificações para o Cadastro de área urbana, possam identificar que tipo de alvo sofreu mudança. Neste trabalho as modificações se dão através de técnicas de classificação de imagens e posteriores análises que permitam a associação das novas informações obtidas ao banco de dados cadastrais, alterando o atributo do imóvel, quando detectada a alteração.

Para o processo de identificação de mudanças este trabalho utiliza o espaço de cores e, portanto, a utilização de imagens multiespectrais. Neste aspecto se empregam técnicas de classificação de imagens por Redes Neurais Artificiais como auxílio no processo de identificação de alterações para a atualização cadastral, como é descrito neste trabalho. Com isso, além de identificar as modificações na área há a possibilidade de descrever o tipo de alvo alterado, ou seja, seu atributo (descrição qualitativa da modificação identificada).

2. SISTEMA DE INFORMAÇÃO TERRITORIAL E SISTEMA CADASTRAL

Larsson (1991) relata que a definição mais conhecida do Sistema de Informação Territorial (SIT), adotada e recomendada pela Federação Internacional de Geômetras (Fédération

Internationale des Géomètres - FIG), o considera como uma ferramenta para auxiliar o planejamento e tomada de decisão administrativa, econômica e legal.

Souza (2007) descreve que há uma proposta da Federação Internacional de Geômetras (FIG), para que ocorra uma compatibilização e padronização da terminologia de Cadastro e subáreas, a fim de que se tenham artigos, workshops, livros e documentos utilizando a mesma terminologia. A proposta foi nomeada Cadastro 2014. Muitos países encontram-se distanciados da realidade que é proposta pelos princípios do Cadastro 2014. Contudo, antes de imaginar como adaptar ou mesmo melhorar um Sistema Cadastral num país e, mais especificamente, em um município, deve-se conhecer a realidade da situação em que se encontra o exercício do Cadastro neste país e municípios pertencentes a ele.

2.1 A atual situação do Cadastro no Brasil

A maioria das cidades brasileiras possui um Sistema Cadastral cujas informações componentes servem, quase que exclusivamente, para a tributação e mercado de imóveis. Além disso, nota-se que essas informações não são atualizadas sistematicamente, fato este que causa prejuízos à arrecadação municipal e à justiça fiscal. (AMORIM; SOUZA; DALAQUA, 2004)

No Brasil não existe um modelo padronizado de Cadastro a ser seguido na área urbana. Devido a este fato, o que se observa é a diferenciação que ocorre nos municípios brasileiros no exercício do Cadastro. Embora, como relatado, não exista um modelo padronizado de Cadastro no Brasil para a área urbana e, tampouco, normas ou leis estabelecidas a respeito da precisão a ser alcançada nos levantamentos de vértices limítrofes de imóveis urbanos para o registro, existem as Normas de Rede de Referência Cadastral Municipal (NBR 14166 – Agosto de 1998) e as Normas Brasileiras de Levantamento Topográfico (NBR 13133 – Maio de 1994) que podem ser utilizadas para os imóveis urbanos, contribuindo para uma direção a ser adotada no processo dos levantamentos.

Entretanto, não é apenas a diferenciação do exercício do cadastro que pode ser observado entre as prefeituras municipais. De modo geral, alguns problemas podem ser verificados nas prefeituras, assim como Antunes (2007) menciona: falta de

recursos humanos nas prefeituras (Cartógrafos, Geógrafos, Arquitetos) que possam gerenciar as informações; plantas cadastrais desatualizadas; imprecisão da posição física dos imóveis ou incerteza dos limites que os configuram; falta de integração entre o registro e o cadastro físico e falta de investimento para o levantamento e atualização cadastral.

2.2 Atualização Cadastral

Cohen (2000) afirma que o mapeamento é ferramenta fundamental no processo de tomada de decisões na administração pública, porém a sua existência é muito escassa. De acordo com IDB (International Database) 72% das municipalidades da América Latina não possuem mapas de sua jurisdição em papel nem em meio digital.

Para a área urbana o problema encontrado na atualização dos dados é ainda mais expressivo por se tratar de um ambiente onde há mudanças a todo o momento, como novas construções, novos loteamentos, canalização de cursos d'água, entre outros. Todas essas alterações devem estar contidas nas cartas cadastrais.

Existem formas diferenciadas para a atualização de dados cartográficos destinados ao Cadastro. Utilizando-se da Fotogrametria, segundo Amorim (2000), várias pesquisas têm sido realizadas na Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT, da UNESP de Presidente Prudente – SP, pelo grupo de pesquisa em Fotogrametria, produzindo vários programas que resolvem casos particulares de cada pesquisa realizada.

Com o intuito de facilitar e inovar as metodologias e integrar vários aplicativos objetivando a atualização cartográfica foi desenvolvido o programa SAM, que consiste em um Sistema de Atualização de Mapeamentos, baseado em modelos estereoscópicos híbridos. O SAM foi desenvolvido na linguagem C++ e no ambiente Borland Builder, pelas facilidades que este proporciona na área de computação de imagens.

A premissa básica do SAM é a utilização de um modelo estereoscópico híbrido formado por duas fotografias aéreas e, a partir do ano de 2005, também foi incorporada a utilização de imagens de satélite pancromáticas de alta resolução espacial. As imagens, portanto, devem ser da mesma área, tomadas em épocas diferentes, permitindo a

identificação das novas feições, feições com alterações e das feições que deixaram de existir.

3. ESTRATÉGIAS DE DETECÇÃO DE ALTERAÇÕES E ATUALIZAÇÃO CADASTRAL DE ÁREA URBANA

A premissa básica da metodologia proposta é a utilização de imagens de satélite de alta resolução como auxiliar no processo de atualização cadastral da área urbana.

Foi estabelecida uma sequência para possível detecção das alterações ocorridas entre os anos de 2006 e 2007 para a área teste da cidade de Presidente Prudente e atualização de informações sobre os imóveis no banco de dados cadastrais simulado.

Esta área foi escolhida por se tratar de uma região que, apesar de um curto espaço de tempo considerado, sofreu alteração com uma nova avenida implantada. Os imóveis em seu entorno sofreram alterações, bem como o surgimento de novos imóveis e empreendimentos.

O que é possível salientar é que, de acordo com Pinho e Kux (2004), com o lançamento de satélites com sensores de alta resolução espacial, houve uma grande inovação para o Sensoriamento Remoto do espaço intra-urbano.

Apesar de poder contar com alta resolução espacial das fotografias aéreas métricas não havia ainda um tipo de dado que reunisse alta resolução espacial (em torno de 1 metro) e radiométrica (11 bits, com os novos sensores).

A região, especificamente, é apresentada na Figura 1. Para a atualização do banco de dados cadastrais da área analisada foram adotados: pré-processamento das imagens, classificação das imagens, detecção de alterações e, enfim, consulta ao banco de dados.

Na etapa de pré-processamento das imagens foram realizados testes para a fusão (técnica *Gram-Schmidt*) entre as bandas das imagens.

Com a fusão das imagens realizada, a etapa seguinte foi a classificação das mesmas pelo método de Redes Neurais Artificiais.

Após a classificação das imagens fusionadas, cada classe foi exportada separadamente e, com a obtenção de classes da mesma região em anos distintos, a classe do ano de 2006 foi subtraída da classe do ano de 2007. Esta etapa possibilitou identificar a alteração ocorrida em cada classe.



Fig. 1 - Área teste, Quick Bird.

Com a detecção das alterações ocorridas o banco de dados cadastrais simulado foi atualizado. O fluxograma apresentado na Figura 2 refere-se às etapas da metodologia proposta.

As principais etapas da metodologia são brevemente comentadas a seguir:

a) Etapa Preliminar

De posse das imagens Quick Bird dos anos de 2006 e 2007 foi definida a área teste dentro do perímetro urbano que evidenciava uma considerável alteração no período de tempo em questão.

Para as posteriores etapas foi efetuado o registro das imagens no SPRING. As bandas multiespectrais e pancromáticas passaram por este pré-processamento e, posteriormente, realizou-se a fusão da banda pancromática com as bandas multiespectrais do ano de 2006. O mesmo processo foi realizado para as bandas da imagem do ano de 2007.

Concomitantemente a esta etapa foi realizada a fusão entre as bandas pancromáticas de 2006 e 2007 no aplicativo SAM para uma simples identificação visual da alteração ocorrida entre as imagens. Isso permitiu uma comparação no fim do processo de detecções que é explanado nos tópicos seguintes deste trabalho.

b) Detecção de alterações no SAM

O SAM trabalha com imagens em tons de cinza, por isso utilizou-se apenas as bandas

pancromáticas neste processo, já que estas são as que possuem melhor resolução espacial quando comparadas às bandas multiespectrais.

No fim do processo de fusão das bandas pancromáticas da imagem Quick Bird dos anos de 2006 e 2007 o que se obteve foi uma imagem fusionada, similar ao modelo anaglifo, quando se utiliza fotografias aéreas no próprio aplicativo (SAM). Nesta imagem as feições que sofreram alteração aparecem destacadas em vermelho (novas feições) ou em ciano (feições que deixaram de existir).

c) Fusão entre as bandas pancromática e multiespectrais de cada ano e classificação

Foi aplicada a técnica de fusão *Gram-Schmidt*. Com as imagens fusionadas, foram estabelecidas as classes de informação de interesse para a etapa de classificação de imagens. Para isso, além da análise visual das imagens foi efetuado um trabalho de campo para constatar as feições de interesse da área teste. Houve a coleta de dados de treinamento para a classificação supervisionada, utilizado-se do método de Redes Neurais Artificiais.

Cada tema classificado foi exportado separadamente, gerando imagens de cada classe para os anos de 2006 e 2007. As classes de 2006 foram subtraídas de suas correspondentes no ano de 2007, detectando, com isso, a alteração entre as épocas analisadas.

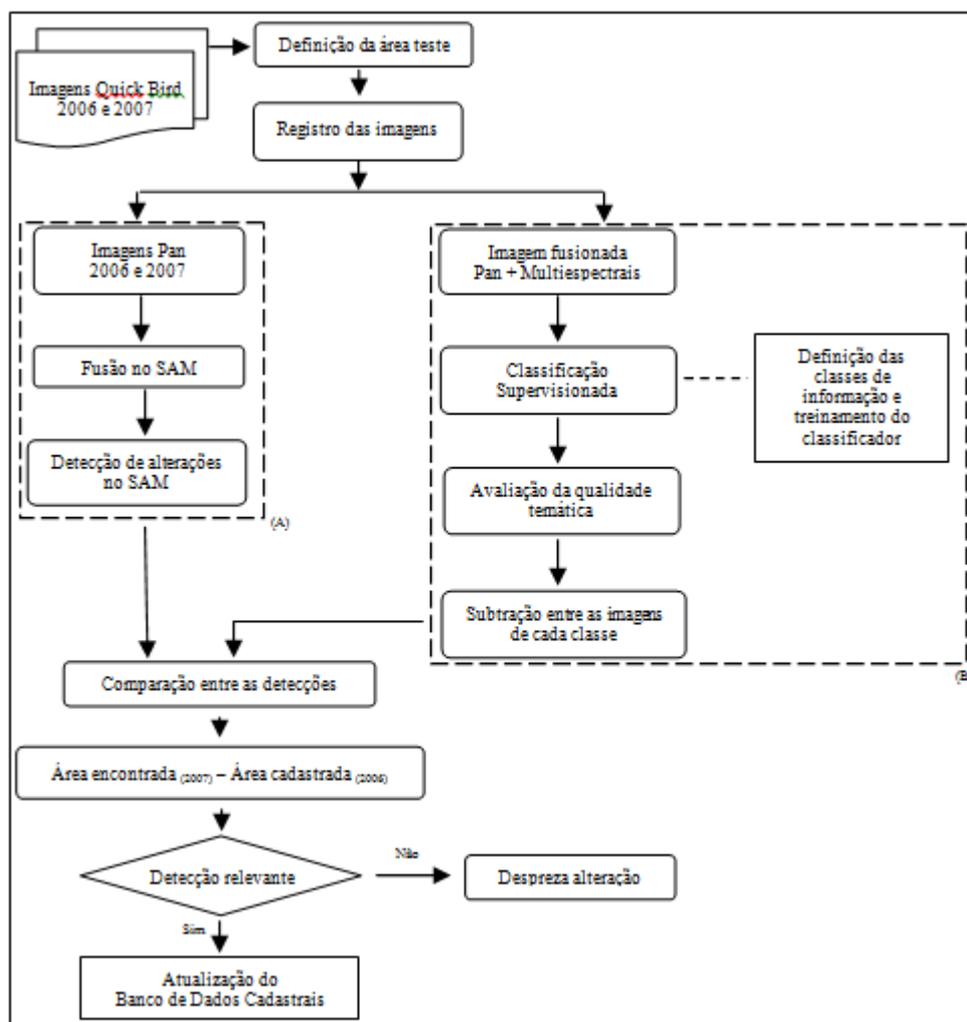


Fig. 2 - Fluxograma das etapas da metodologia.

d) Comparação entre as detecções: SAM e a partir das classificações

Nesta etapa foi realizada uma análise visual das feições identificadas como alteração nos dois processos. Apesar de o SAM identificar as feições que sofrem alteração, não é simples analisar exatamente qual tipo de alvo sofre alteração, por exemplo, se este alvo alterado é telha de barro ou telha de fibrocimento. Isto porque o SAM não trabalha com o espaço de cores.

Obs: As imagens inseridas para os procedimentos efetuados no SAM ficam dispostas no sistema apenas em tons de cinza. Portanto, no SAM, não há como associar alvos identificados na imagem em cores diferentes, dificultando a diferenciação entre os mesmos.

Com o processo de classificação, realizado no IDRISI, foram obtidos outros resultados. A análise de alteração dos atributos do imóvel é importante para o Cadastro, pois possibilita além de atualizar os dados sobre este, aferir valores que

podem ser destinados a cobrança de impostos e planejamento de estratégias para regiões da área urbana que sofreram alterações consideráveis.

e) Atualização do Banco de Dados Cadastrais

De posse do Banco de Dados Cadastrais, simulado para a área analisada, e das alterações identificadas e analisadas, foi estabelecido um limiar teste para a inclusão de novas áreas no banco de dados cadastrais. Este banco de dados é relacional e o identificador utilizado como “chave” é a inscrição cadastral de cada lote. Ao lote é associada uma coordenada central diretamente ligada à sua inscrição no banco de dados.

As atualizações identificadas foram referidas a esta inscrição cadastral.

4. EXPERIMENTOS REALIZADOS –

As etapas realizadas que compreendem os processos dos experimentos foram: a Fusão *Gram-Schmidt*, Classificação das imagens, Detecção de

alterações e Consulta ao Banco de Dados. Esta sequência é apresentada nos itens a seguir.

4.1 Fusão *Gram-Schmidt*

Após o registro das imagens no SPRING foi realizada a fusão das mesmas através da técnica *Gram-Schmidt* (*software* ENVI). A Figura 3 apresenta a composição colorida RGB para as bandas 3, 2 e 1 e o resultado da técnica de *Gram-Schmidt* aplicada para o conjunto de imagens de 2006.

Nesta técnica de fusão o melhor delineamento das feições na imagem se dá pela utilização de quatro bandas multiespectrais. As imagens-fusão apresentam maior correlação com os dados originais, como descreve Pinho, Rennó e Kux (2005).

4.2 Classificação das imagens

O método de classificação de imagens escolhido foi o supervisionado que, segundo Wongprayoon, Vieira e Leach (2006), envolve o



Fig. 3 - Composição colorida R(3)G(2)B(1) de 2006 e Fusão *Gram-Schmidt*.

conhecimento *a priori* da área de estudo para facilitar e permitir a geração da assinatura espectral que será usada para treinar o algoritmo de classificação. As classes de cobertura do solo urbano selecionadas são apresentadas no esquema de classificação da Figura 4. Neste experimento foi aplicada a classificação supervisionada por Redes Neurais Artificiais e, para isso, foram coletadas amostras das feições de interesse para possibilitar o treinamento dos classificadores.

Para a geração das classificações a partir de Redes Neurais Artificiais foram adicionadas ao processo imagens de textura efetuadas no *software* ENVI a partir das imagens pancromáticas de 2006 e 2007. De acordo com Gonzalez e Woods (2000) existem muitos tipos de texturas que são descritos na literatura e estes são encontrados em três abordagens: estrutural, espectral e estatísticas. Neste

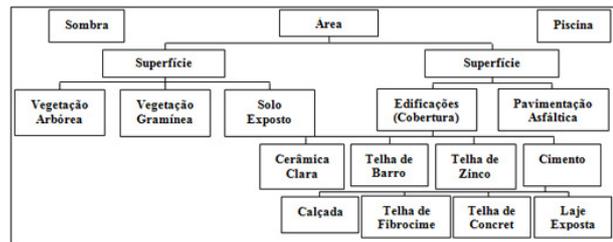


Fig. 4 - Esquema de classificação utilizada no experimento.

experimento foram adotadas algumas imagens de textura que, visualmente, apresentavam melhor delineamento das feições da área em questão. As imagens de textura escolhidas foram: *dissimilarity*, *homogeneity* e *second-moment*.

A configuração da Rede Neural Artificial foi de sete elementos de processamento de entrada (4 bandas fusionadas Quick Bird e 3 imagens de texturas mencionadas anteriormente) e quinze elementos de processamento na camada de saída (correspondentes às classes de cobertura selecionadas). A definição das camadas escondidas e o número de nós foram definidos a partir de simulações da verificação de desempenho para a área teste. A arquitetura da rede foi [7-10-15]. As Tabelas 1 e 2, apresentadas a seguir, demonstram o resultado obtido para os erros de omissão e inclusão e a acurácia do produtor e do usuário para cada classe mapeada.

Obs: E_o = erros de omissão; E_i = erros de inclusão; A_u = Acurácia do usuário; A_R = Acurácia do produtor.

Ao analisar as classes de 2006 verifica-se que todas apresentaram erro de omissão e inclusão, sendo que a classe “sombra” apresentou menor erro e a classe “laje exposta” a que apresentou o maior erro. Há de serem observados os elevados índices de erro nas classes que caracterizam construções de cimento: calçada, fibrocimento, laje exposta e telha de concreto. Embora sejam as feições distintas entre si, estas apresentam resposta espectral semelhante, dificultando a exata caracterização de suas diferenças no processo de classificação adotado.

Ainda em relação à classificação de 2006 os melhores índices para a acurácia do produtor foram para as classes “sombra”, “pavimentação asfáltica”, “telha de barro”, “telha de barro antiga”, “telha de zinco”, “piscina”, “sombra” e “cobertura branca”. Os índices de acurácia do usuário foram mais bem

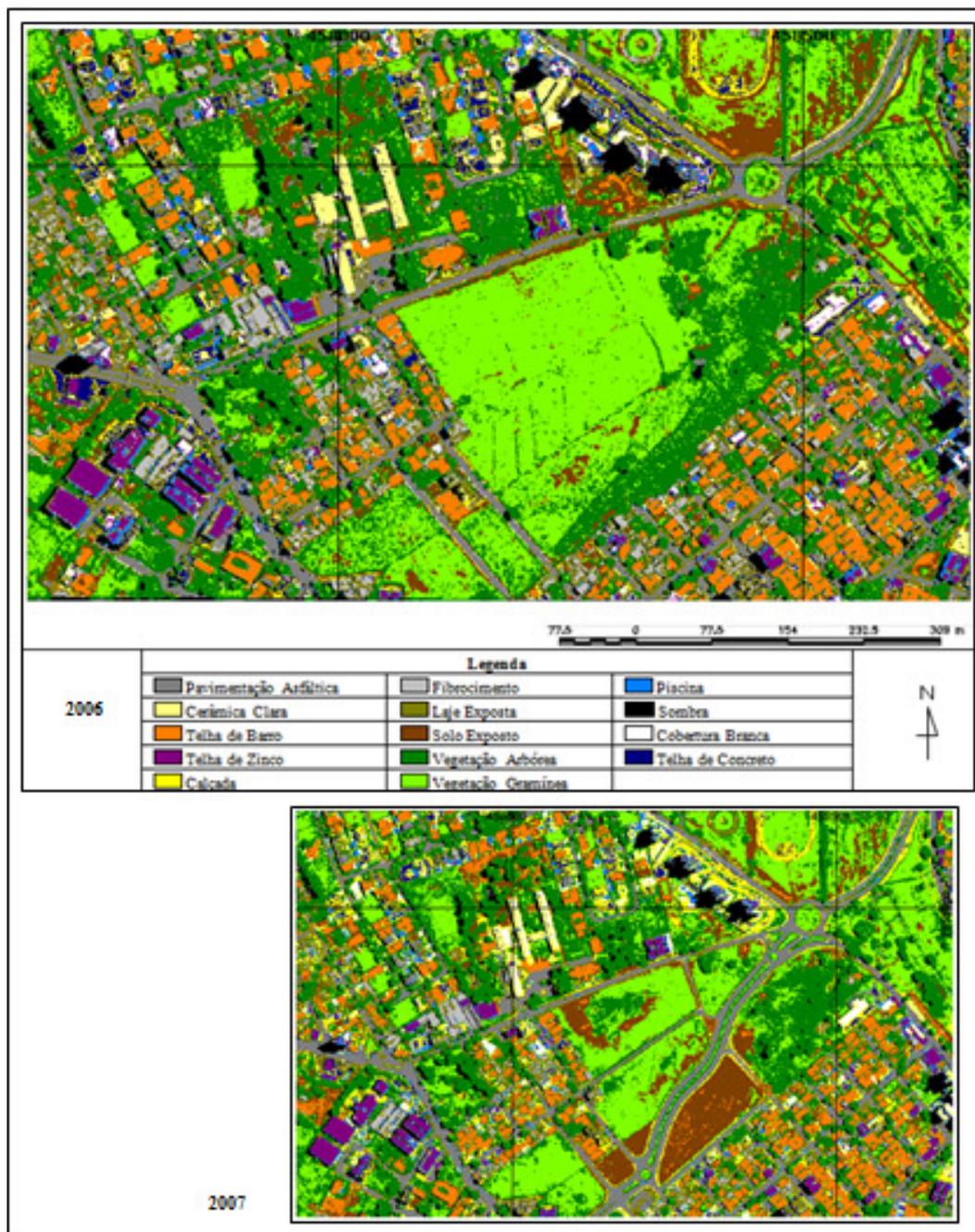


Fig. 5 - Classificação por Redes Neurais Artificiais das imagens fusionadas.

atribuídos para as classes “pavimentação asfáltica”, “telha de zinco”, “cerâmica clara”, “solo exposto”, “vegetação gramínea”, “piscina” e “sombra”.

De forma análoga foram analisadas as classes de 2007. A única classe que não apresentou erro de omissão foi a “sombra”, sendo este o melhor índice, seguido da classe “piscina”.

A classe que apresentou maior erro de omissão foi a “cerâmica clara”. Do mesmo modo como observado para as classes de 2006, nas classes da imagem de 2007 os altos índices de erro de omissão ficaram caracterizados para as classes provenientes da mesma origem: cimento.

Os melhores índices para acurácia do produtor na classificação de 2007 foram para as classes “pavimentação asfáltica”, “telha de barro”, “telha de zinco”, “fibrocimento”, “vegetação arbórea”, “piscina”, “sombra” e “cobertura branca”. A acurácia do usuário foi mais bem identificada para as classes “pavimentação asfáltica”, “telha de zinco”, “solo exposto”, “vegetação gramínea” e “sombra”.

Rosenfield e Fitzpatrick-Lins (1986) *apud* Banco (1998) descrevem que a estimativa *Kappa* é uma medida global de concordância dos dados de referência e a classificação automática, e a probabilidade de concordância entre os dados de

TABELA 1 - INDICADORES DE ACURÁCIA DAS CLASSES MAPEADAS DE 2006.

	Revegetação de floresta	Cerradão Ciliar	Terra de Barro	Terra de Barro Antiga	Terra de Zinco	Cajalá	Florestamento	Laje Exposta	Solo Exposto	Vegetação Arborea	Vegetação Gramínea	Piscina	Sombria	Cerradão Barro	Terra de Concreto
E_o (%)	2,89	4,16	2,86	7,74	7,47	41,00	20,24	33,71	14,21	16,36	11,68	1,75	0,04	7,72	21,69
E_c (%)	3,41	9,29	14,41	15,78	1,72	21,79	16,61	69,29	5,01	64,20	1,82	1,97	0,17	15,14	19,06
A_r (%)	97,11	95,64	97,14	92,26	98,21	57,00	79,76	47,29	65,77	31,44	86,12	98,25	99,96	90,28	76,11
A_c (%)	96,37	90,71	85,39	84,22	98,28	76,21	81,17	10,30	91,99	15,80	98,18	98,01	99,83	84,66	89,94

TABELA 2 - INDICADORES DE ACURÁCIA DAS CLASSES MAPEADAS DE 2007.

	Revegetação de floresta	Cerradão Ciliar	Terra de Barro	Terra de Barro Antiga	Terra de Zinco	Cajalá	Florestamento	Laje Exposta	Solo Exposto	Vegetação Arborea	Vegetação Gramínea	Piscina	Sombria	Cerradão Barro	Terra de Concreto
	8,17	31,36	3,87	11,71	3,10	14,71	9,91	44,29	19,97	3,96	11,14	0,14	0	0,62	42,60
	0,17	14,47	1,17	16,28	0,07	14,26	13,91	84,95	1,99	2,67	1,33	12,14	0,07	70,34	14,68
	91,83	4644	97,11	832,9	979,0	652,9	900,7	53,11	800,1	94,04	856,6	996,6	100	90,18	374,0
	99,83	83,53	66,23	61,72	99,93	65,74	84,99	15,95	98,91	70,11	96,43	87,86	99,91	29,46	65,12

referência e a classificação aleatória. Este índice é amplamente utilizado e recomendado como um padrão, sendo definido matematicamente como:

$$\hat{\kappa} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (1)$$

Sendo,

r: número de linhas da matriz de confusão;

x_{ii} : observação na linha i e coluna (diagonal principal);

n_{i+} e n_{+i} : totais marginais da linha e coluna, respectivamente;

N: número total de *pixels*.

O índice *Kappa* foi de aproximadamente 84% para a classificação de 2006 e 82% para a classificação de 2007.

4.3 Detecção de alterações a partir de análise de imagens pancromáticas e imagens classificadas

Para o processo de detecção de alterações foram adotados dois objetivos principais: identificar a alteração e retratar o tipo da alteração ocorrida. Este processo diz respeito a não apenas identificar que houve mudança, mas caracterizar esta mudança que é validada a partir das classificações das imagens dos anos de 2006 e 2007.

Para a detecção de alterações entre as épocas 2006 e 2007 foi realizada uma fusão das imagens pancromáticas Quick Bird ortorretificadas,

apresentadas em Miyashita (2008). A fusão das imagens foi obtida através do Sistema de Atualização de Mapeamento (SAM), que resultou em um destacamento de algumas feições que podem ser visualizadas na Figura 6.

As feições novas detectadas neste processo são destacadas em vermelho e as feições que deixaram de existir são destacadas em ciano.

De posse da imagem gerada, apresentada na Figura 6, foi possível a realização da vetorização das novas feições identificadas (em vermelho). A extração dos vetores teve por objetivo compatibilizar as detecções geradas a partir do SAM e as detecções a partir dos processos de classificação das imagens. A Figura 7 apresenta o resultado dessa vetorização.

A partir da Figura 6 justifica-se a utilização de imagens coloridas como fonte de análise de alterações ocorridas, visto que as imagens pancromáticas inseridas no processo, apesar de apresentarem resolução espacial melhor, não permitem a caracterização das feições em relação às cores que são assumidas nas imagens multiespectrais. Ou seja, a partir do processo empregado com imagens pancromáticas identifica-se que houve alteração, mas nem sempre é possível descrever qual o tipo de alteração (atributo).

Como ponto de partida, para a utilização das composições coloridas das imagens multiespectrais, era conhecida a necessidade da realização da fusão das bandas pancromática e multiespectrais das imagens de 2006 e 2007, como discutido anteriormente. Sabia-se, também, que a possibilidade do uso de classificação das imagens em classes temáticas ajudaria a distinguir as feições presentes das imagens. Mas restava uma questão: “como efetuar, de fato, um resultado visual das feições “alteradas” no espaço de tempo de 2006 a 2007 das imagens?” Seguiu-se do seguinte modo:

1 – De posse das imagens classificadas, foram exportadas as classes temáticas de cada ano separadamente no *software* IDRISI. Para minimizar o tempo computacional, já que para cada tema exportado haveria apenas um tipo de feição de interesse, a partir de cada imagem contendo apenas uma classe foi gerada uma imagem binária (fundo em preto e alvo de interesse em branco – 0 e 255, respectivamente);

2 – O resultado desse processo foi dois blocos de imagens (2006 e 2007) que continham

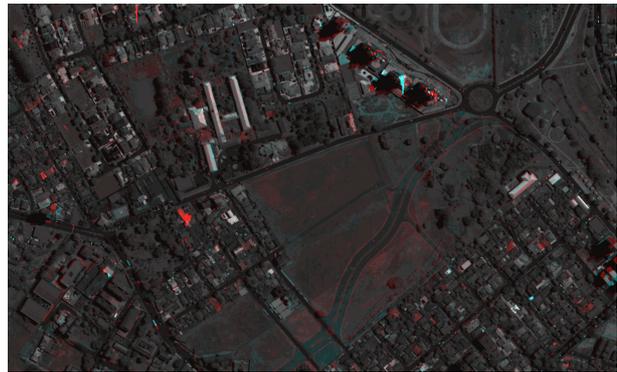


Fig. 6 - Fusão das imagens pancromáticas de 2006 e 2007 geradas no SAM.

as mesmas classes temáticas, referentes ao processo de classificação;

3 – A partir daí, para cada classe, foi efetuada a subtração das imagens contendo os temas, como exemplificam as Figuras 8 e 9.

Analisando a Figura 9 é possível notar que houve ruídos no resultado da subtração das imagens que contém os temas. Todos os temas apresentaram ruídos semelhantes ao da classe Telha de Barro. Isso porque, mesmo utilizando mesma metodologia para as imagens fusionadas dos anos de 2006 e 2007, ainda assim são imagens diferentes, possuem condições de iluminação diferentes e estes fatores não foram tratados durante os processamentos. Outro aspecto a ser analisado é que em se tratando da etapa de classificação, mesmo utilizando o mesmo algoritmo pertencente ao processo adotado para as imagens de 2006 e 2007, os resultados são distintos. Embora estes sejam semelhantes na classificação geral das imagens de 2006 e 2007, não caracterizam mesma qualidade para todas as classes temáticas.

A definição das quinze classes temáticas utilizadas neste trabalho se deu com intuito de melhor descrever visualmente a “separabilidade” das feições na área de teste, bem como permitir o tipo de feição identificada. Um exemplo disso é que para minimizar as confusões com solo exposto foram definidas duas classes para representar telhas de barro: “Telha de barro” e “Telha de Barro Antiga”. No processo de exportação das classes a classe “Telha de Barro” as classes “Telha de Barro” e “Telha de Barro Antiga” foram reunidas em apenas uma classe.

Para a atualização cadastral foram consideradas as classes: pavimentação asfáltica, cerâmica clara, telha de barro, telha de zinco,

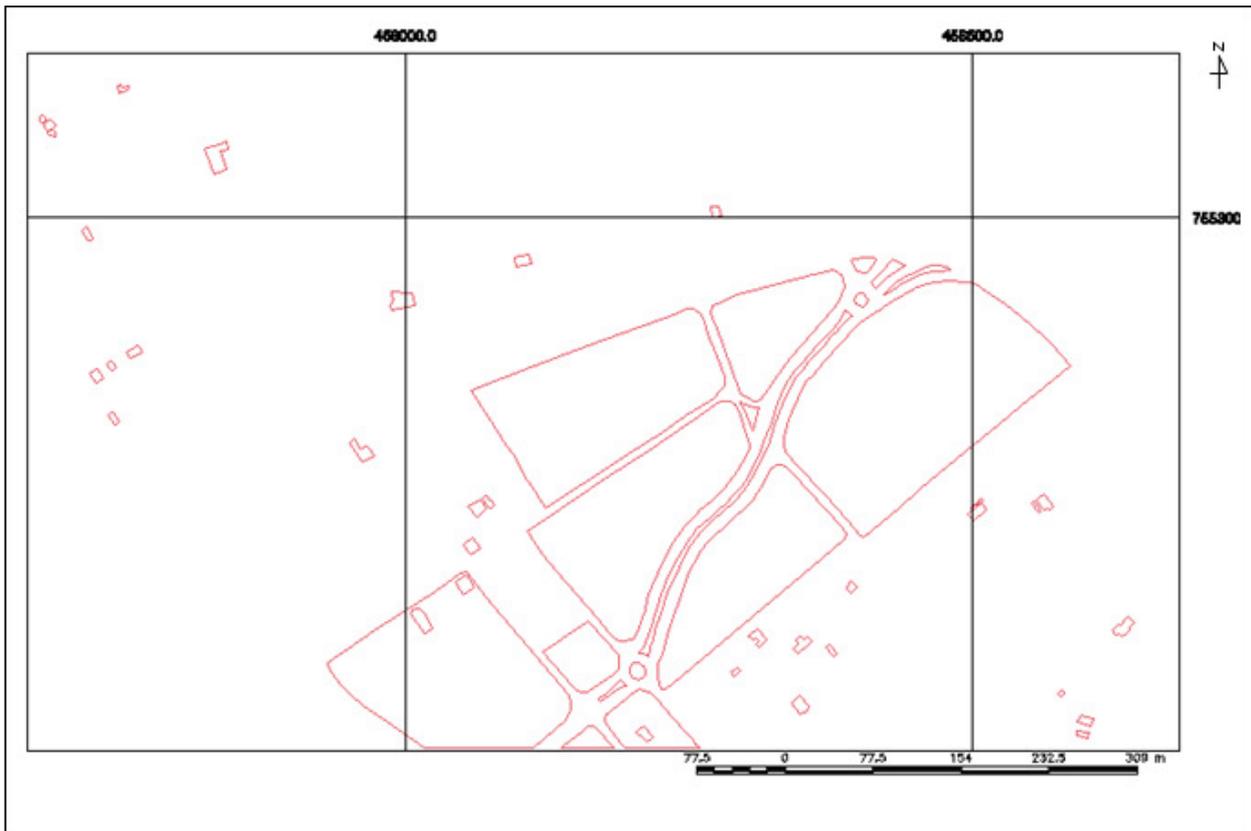


Fig. 7 - Vetorização das novas feições detectadas.

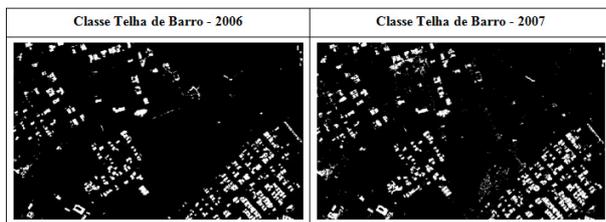


Fig. 8 – Classe Telha Barro retratada dos anos de 2006 e 2007.



Fig. 9 – Resultado da subtração da classe Telha de Barro de 2006 e 2007.

cimento e piscina. A imagem com as classes temáticas consideradas para a atualização cadastral, que indicam alteração, é apresentada na Figura 10, sobreposta à imagem pancromática Quick Bird de 2006. Tem-se como resultado as alterações que

devem ser analisadas para possíveis atualizações e verificação em campo.

Através do cruzamento das informações advindas pelo processo de detecção de alterações no SAM (Figura 6) e pelo processo a partir das classificações realizadas e posteriores procedimentos (Figuras 10 e 11), tem-se as áreas de alteração (vetorizadas) com a descrição visual do tipo de alteração ocorrida, como pode ser verificado na Figura 11.

As principais modificações observadas foram a nova avenida, a divisão de quadras em seu entorno, novos imóveis e ampliação de imóveis já existentes. Houve também algumas alterações de coberturas em algumas residências (telha de fibrocimento para telha de barro).

Com as mudanças identificadas é importante validar essa informação *in loco*, para que haja efetivamente a alteração no banco de dados cadastrais.

4.4 Consulta ao Banco de Dados

Aplicados os processos para detecção de alterações, é apresentada na Figura 12 uma quadra da área de teste para validar a atualização do banco de dados cadastrais, verificando a relevância das alterações identificadas.

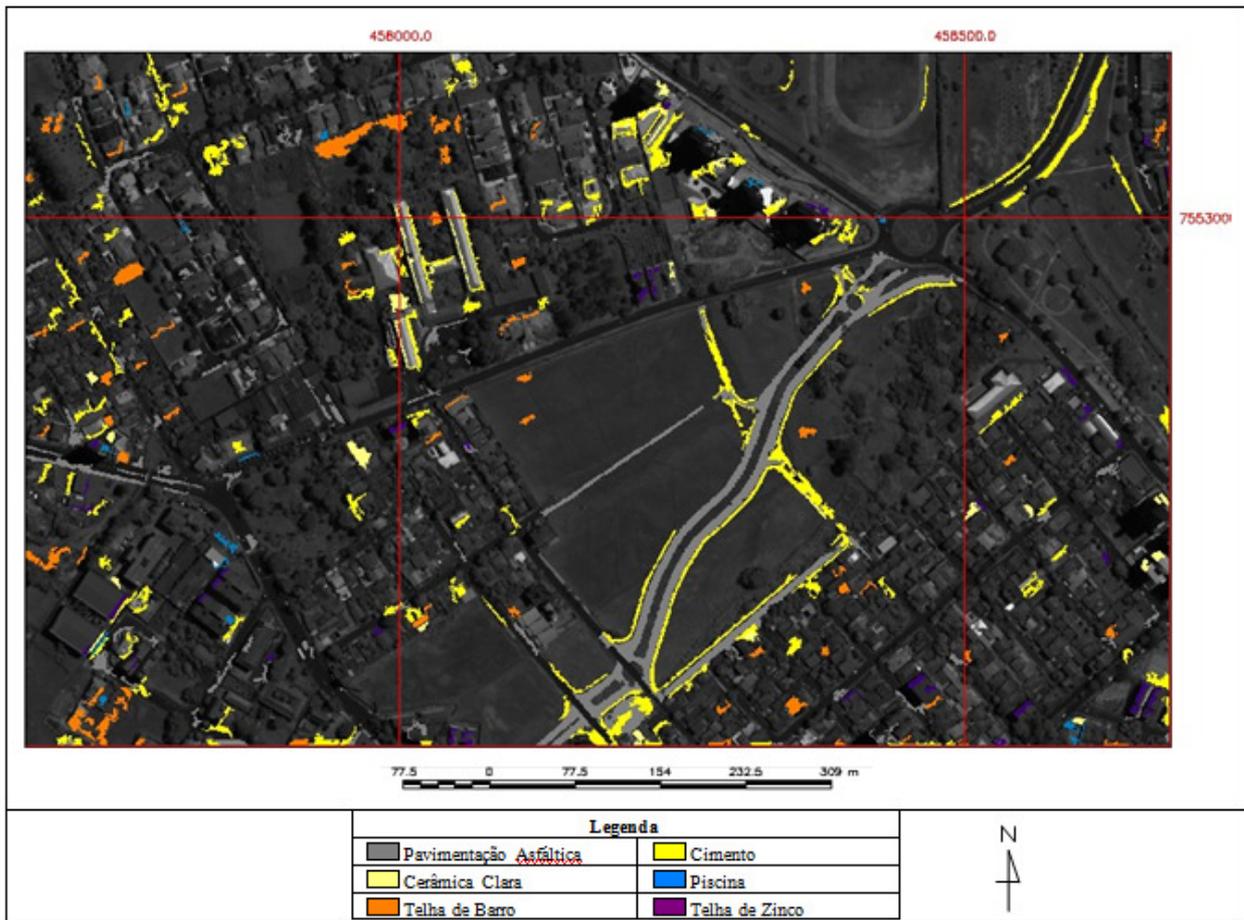


Fig. 10 – Imagem pancromática de 2006, sobreposta pelas classes para a atualização cadastral.

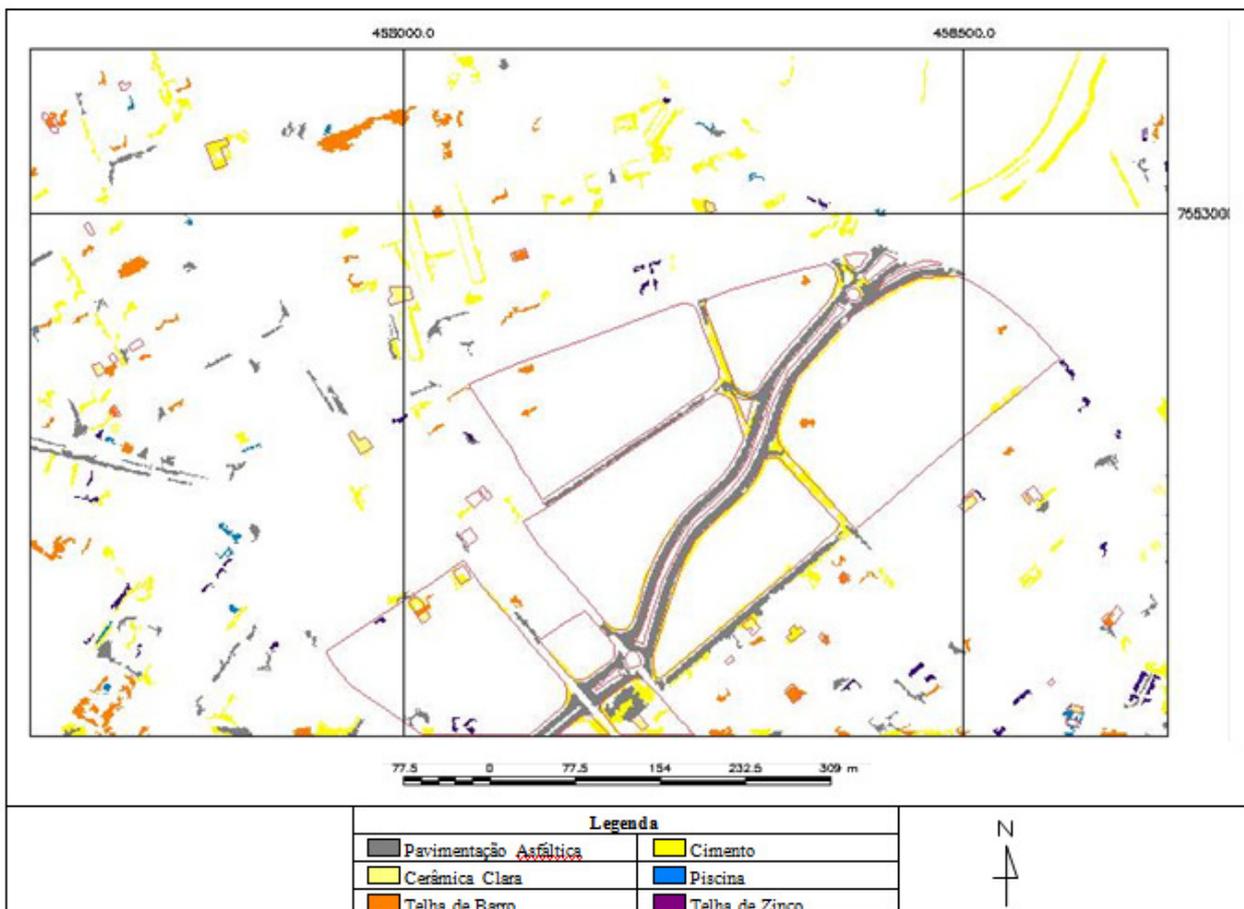


Fig. 11 – Vetorização das feições identificadas no SAM e classes para a atualização cadastral em 2007.

No banco de dados a inscrição cadastral (SSQQLLFF: SS – setor, QQ – quadra, LL – lote, FF - fração) está associada à coordenada central do lote (E, N – coordenadas planas UTM). Tem-se, assim, como demonstrado na Tabela 3 a estrutura para a atualização do banco de dados cadastrais.

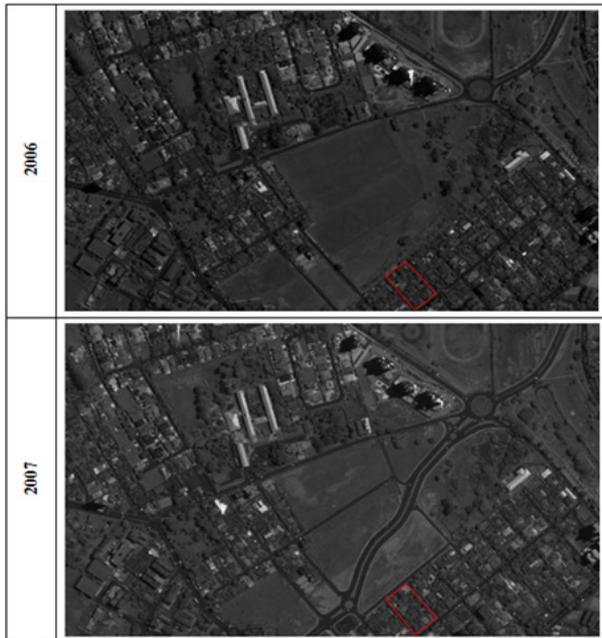


Fig. 12 – Seleção de quadra para a atualização do banco de dados cadastrais.

Tabela 3 – Estrutura do banco de dados cadastrais para identificação de lotes.

Lote	Área	Área	Atributo	Atributo	Modificação
	Construída cadastrada	Construída detectada	-2006	-2007	
	(m ²)	(m ²)			
SSQQLLFF	SSQQLLFF	SSQQLLFF			Sim ou Não
Coordenada	Área	Área			
	Construída	Construída			

Para o cálculo de área da feição construída das edificações foram utilizadas imagens pancromáticas Quick Bird ortorretificadas disponibilizadas em Miyashita (2008). As áreas foram obtidas pelo método apresentado em Souza (2007). Neste método a área da edificação é buscada no banco de dados a partir da coordenada central do lote. A nova área identificada é, então, associada ao banco de dados de acordo com um limiar estabelecido (limiar, em porcentagem, definido para identificara alteração ocorrida em m2 nos

imóveis analisados). Há de ser ressaltado que o método de Souza (2007) realiza uma compatibilização entre o valor de área obtido a partir da imagem e o valor introduzido no banco de dados, já que as medidas são estabelecidas através dos telhados e coberturas das edificações.

A partir da região analisada, identificada na Figura 12, tem-se os seguintes dados na Tabela 4.

Nesta pesquisa é assumido que se o valor de área construída detectada no ano de 2007 fosse acima de 5% (limiar adotado) do valor cadastrado no ano de 2006 ou houvesse alteração de atributo (classe), a alteração é considerada relevante. Assim, por análise visual referencia-se o tipo de feição (alteração) detectada a partir das classes temáticas apresentadas na Figura 11.

Toda modificação identificada, antes de ser incorporada ao banco de dados cadastrais deve ser validada em campo.

5. CONCLUSÕES

O dinamismo e complexidade das mudanças dentro do espaço urbano das cidades foram pontos instigantes para a realização deste trabalho. A atualização cadastral e os métodos para sua ocorrência são temas de muitas discussões, visto que o Cadastro em um município visa atender aspectos, muitas vezes, particulares quando comparado a outras municipalidades.

Neste sentido, foi apresentada uma proposta para a atualização de um banco de dados cadastrais no aspecto de informações de descrições visuais (tipos de alvos que sofreram modificações). Isso permite a incorporação de constantes atualizações da área urbana nos bancos de dados cadastrais das prefeituras.

A detecção das alterações na área de teste deu-se a partir da definição das classes de interesse traçadas neste trabalho e comumente utilizadas na identificação de alvos para área urbana.

Em relação aos identificadores do banco de dados abordados é utilizada sua relação à coordenada central de cada lote, obtido pelo método descrito em Souza (2007) que apresenta uma proposta para a determinação automática dessas coordenadas centrais para os imóveis identificados em um processo de atualização cadastral, baseado na utilização de imagens.

A maior preocupação aplicada a esta pesquisa foi a utilização de imagens de satélite de alta

Tabela 4 – Estrutura do banco de dados cadastrais para identificação de lotes da área selecionada.

Lote	Área	Área	Atributa	Atributa	Modificação
	Construída	Construída	2006	2007	
	cadasturada	detectada			
	em 2006 (m ²)	em 2007 (m ²)			
7050101	207,476	-	cimento	cimento	Não
7050201	205,955	-	cimento	cimento	Não
7050301	143,469	-	telha de barro	telha de	Não
				barro	
7050401	158,504	-	cimento	cimento	Não
7050501	175,658	-	telha de barro	telha de	Não
				barro	
7050601	152,248	-	telha de barro	telha de	Não
				barro	
7050701	146,402	-	telha de barro	telha de	Não
				barro	
7050801	131,823	140,242	cimento	telha de	Sim
				barro	
7050901	87,375	-	telha de barro	telha de	Não
				barro	
7051001	88,912	-	telha de barro	telha de	Não
				barro	
7051101	73,352	-	cimento	cimento	Não
7051201	77,254	-	telha de barro	telha de	Não
				barro	
7051301	0	-	solo exposto	solo	Não
				exposto	
7051401	113,23	243.273	cimento	cimento	Sim

resolução espacial para a atualização de dados de atributos do cadastro urbano. Um passo importante

foi estabelecido ao integrar o espaço de cores na sequência apresentada.

Os resultados apresentados aqui não têm pretensão de relatar uma visão apenas otimista da utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial.

A proposta de atualização do banco de dados cadastrais por esta pesquisa não contempla qualidade geométrica no mapeamento para que as coordenadas dos imóveis sejam armazenadas, já que o que se obtém é apenas a coordenada central do imóvel para posterior conferência em campo e não saber exatamente as dimensões do mesmo através de processos de classificação de imagens. As medidas do imóvel devem ser tomadas por equipe de campo.

O banco de dados cadastrais adotado, por ser simulado, não faz parte de dados disponibilizados pela prefeitura do município analisado. Este banco de dados trata-se de uma simulação dos dados que podem ser atualizados a partir da proposta estudada nesta pesquisa.

Os resultados obtidos com os processos mencionados não estabelecem fixação de sequências e processos para a atualização do banco de dados cadastrais a partir da utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial. Isso porque cada região de uma imagem de satélite pode retratar uma realidade diferenciada, quando comparada à região adotada neste trabalho. Diante disso, é necessário cuidado e esforço em conhecer a região analisada, bem como estabelecer parâmetros diferentes no processo de classificação, de acordo o objetivo traçado.

Espera-se que a proposta apresentada neste trabalho sirva como apoio para novas pesquisas e que esse processo seja aplicado a outras áreas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve apoio da CAPES, mediante atribuição de bolsa de mestrado ao primeiro autor (2007-2009).

BIBLIOGRAFIA

AMORIM, A. **Utilização de modelos estereoscópicos híbridos na atualização cartográfica.** São Carlos. 124p. Tese. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2000.

- AMORIM, A.; SOUZA, G. H. B.; DALAQUA, R. R. Uma metodologia alternativa para a otimização da entrada de dados em sistemas cadastrais. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.56, p. 47-54, jul. 2004.
- ANTUNES, A. F. B. **Cadastro Técnico Urbano e Rural**. Curitiba: Ufpr, 2007. 81 p.
- BANKO, G. A. **Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data and of Methods Including Remote Sensing Data in Forest Inventory**. 42 f. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, nov. 1998.
- CARNEIRO, A. F. T. **Cadastro Imobiliário e Registro de Imóveis**. 1ªEd. Editora Sérgio Antonio Fabris, Porto Alegre 2003. 272p.
- COHEN, N. Space Imaging: Um novo paradigma da imagem. (Entrevista). **Revista InfoGeo**, n14, p. 18. 2000.
- GONÇALVES, J. R. Métodos de Atualização Cadastral Urbana. In: **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 7**, Anais CD-Rom. Florianópolis, SC, 2006.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital de Imagens**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. 717p.
- HENSSEN, J. Basic Principles of the Main Cadastral Systems in the World. In: **CADASTRE AND RURAL LAND MANAGEMENT, OF THE INTERNATIONAL FEDERATION OF SURVEYORS (FIG)**, 2005, Netherlands. Disponível em: <https://www.fig.net/commission7/reports/events/delft_seminar_95/paper2.html>. Acesso em: 26 jun. 2008.
- KUX, H. J. H.; PINHEIRO, E. S. Dados do satélite QUICKBIRD para o mapeamento do uso e cobertura da terra numa seção da Mata Atlântica no Estado do Rio Grande do Sul. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII**, Goiânia. Anais... 2005. p. 4509-4516.
- LABEN et al. **Process for Enhancing the Spatial Resolution of Multispectral Imagery Using Pan-Sharpening**. US Patent 6011875. 2000.
- LARSSON, G. **Land registration and cadastral systems**. London: Longman Group UK. 1991.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. 4 ed. New York: John Wiley & Sons, 2004. 721 p.
- LOCH, R. N.; KIRCHNER, F. F. Potencialidade de imagem espectral e espacial de alta resolução no fornecimento de dados de uso da terra em áreas degradadas pela mineração. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, X**, Foz do Iguaçu, Anais... 2001.
- MIYASHITA, P. M. **Cadastro de propriedades em áreas de expansão e vazios urbanos: avaliação de uma metodologia de baixo custo**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado) – UNESP, Presidente Prudente, 2008.
- PINHO, C. M. D. KUX, H. J. H. Dados do Quick Bird para subsidiar o planejamento urbano: Uma proposta metodológica, município de São José dos Campos, SP. In: **Simpósio Latinoamericano sobre Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial**, 11., 2004, Santiago. Anais XI Simposio Latinoamericano sobre Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial. Santiago: Selper, 2004. p. 1 - 10. Disponível em: <http://www.definiens.com/pdf/publications/Selper_2004_final.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2007.
- ROSENFELD, G. H. FITZPATRICK-LINS, K., 1986, A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 52, 223–227.
- SOUZA, G. H. B. **Otimização de processos semi-automáticos de detecção de alterações aplicadas ao cadastro multifinalitário**. 2007. 98 p. Dissertação (Mestrado) – UNESP, Presidente Prudente.
- WONGPRAYOON, S.; VIEIRA, C. A. O.; LEACH, J. J. H.; Assessing the Thematic Accuracy for Coral Reef Classification. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPATIAL ACCURACY ASSESSMENT IN NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENTAL SCIENCES**, 7, 2006, Portugal, 653-662 p.