



Teresa Santos,
*e-GEO, Centro de Estudos de Geografia e
Planeamento Regional, Faculdade de Ciências
Sociais e Humanas – Universidade Nova de Lisboa*
teresasantos@fcsh.unl.pt

Sérgio Freire,
*e-GEO, Centro de Estudos de Geografia e
Planeamento Regional, Faculdade de Ciências
Sociais e Humanas – Universidade Nova de Lisboa*
sfreire@fcsh.unl.pt

Ana Fonseca,
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
anafonseca@lnec.pt

José António Tenedório,
*e-GEO, Centro de Estudos de Geografia e
Planeamento Regional, Faculdade de Ciências
Sociais e Humanas – Universidade Nova de Lisboa*
ja.tenedorio@fcsh.unl.pt

Detecção de alterações em meio urbano baseada na comparação de elementos extraídos a partir de imagens de alta resolução espacial. Aplicação à área da Alta de Lisboa.

Tecnologias de Informação e Cartografia em Geografia

1. Introdução

A componente espacial está subjacente à maioria das actividades dos municípios, em particular nos domínios do planeamento, ordenamento e gestão do território. Porém, qualquer um desses domínios necessita de informação geográfica actualizada regularmente de forma a reflectir toda a dinâmica territorial. Diversos países, incluindo Portugal, continuam a utilizar fotografia aérea como informação de base para a produção de cartografia vectorial de grande escala. Por um lado, embora este suporte de informação resulte em mapas bastante precisos, a sua análise visual tem custos muito elevados e consome muito tempo. Neste trabalho, explora-se esta fonte de dados para produção de informação geográfica actualizada utilizando métodos semi-automáticos.

Os métodos tradicionais de extracção automática de informação de imagens baseiam-se em classificadores digitais que operam ao nível do pixel. Porém, nenhum destes métodos de classificação parece satisfazer as necessidades de dados precisos e robustos que caracterizam as aplicações de imagens para grandes escalas (Meng et al., 2009). Este facto é tanto mais pertinente quanto maior é a resolução dos dados, pois esta é também acompanhada por um aumento do volume de informação disponível e de uma maior evidência das relações espaciais existentes entre os elementos presentes na imagem (comportamentos lineares, relações de proximidade, etc.). Consequentemente, e para melhorar a qualidade temática e geométrica da

informação recolhida em imagens de alta-resolução espacial, desenvolveram-se classificadores que actuam não ao nível do pixel mas ao nível do objecto/elemento (Blaschke e Strobl, 2001).

No presente trabalho, a classificação temática das imagens realiza-se ao nível do elemento. A experimentação teve como objectivo a extracção automática de elementos de interesse municipal para detecção de alterações. Dos elementos com maior relevância para a actualização cartográfica de bases de dados municipais podem-se distinguir os edifícios, as vias de comunicação e áreas verdes. Numa área urbana com elevada dinâmica como a do concelho de Lisboa, a informação actualizada sobre o edificado é necessária para dar cumprimento aos pedidos de licenciamento, à emissão de licenças de construção ou para emissão de plantas. Actualmente, a cartografia municipal é actualizada durante a fase de revisão do Plano Director Municipal (PDM), o que acontece geralmente todos os 10 anos, por imposição legal. Porém, muitas vezes este período é superior (e.g., o actual PDM de Lisboa data de 1994), o que conduz a um grande desfasamento entre as bases de dados cartográficas e a realidade.

A metodologia escolhida para a detecção de alterações foi a comparação pós-classificação, aplicada sobre imagens de dois períodos distintos. O objectivo é pois a análise das alterações registadas nos dois mapas. A análise ocorre em três passos: primeiro, detecta-se a alteração (sim/não), depois identifica-se o tipo de alteração (de-para) e, por fim, quantifica-se as alterações em termos de área. Posteriormente, seleccionou-se a classe “Edifício” para uma análise de qualidade de forma a determinar a sua exactidão.

Este caso de estudo demonstra a possibilidade de produzir cartografia de ocupação do solo e monitorizar possíveis alterações, em situações em que não existe cartografia disponível (actual ou histórica) mas em que está disponível uma cobertura de imagens ópticas de grande-resolução espacial.

2. Dados e área de estudo

Os dados espectrais incluem duas ortofotografias digitais, uma de 1998 e outra de 2004. Ambas estão projectadas no sistema Hayford-Gaus, Datum 73, e têm uma resolução espacial de 50 cm. O ortofoto de 1998 tem apenas as três bandas espectrais primárias (Azul, Verde e Vermelho), enquanto que o de 2004 tem quatro (Azul, Verde, Vermelho e Infravermelho Próximo). Adicionalmente, para cada imagem fez-se a análise em componentes principais, tendo-se seleccionado a 2ª componente para 1998 e a 3ª componente para 2004, por serem aquelas que melhor discriminam os edifícios na área de estudo.

A área de estudo seleccionada localiza-se na ‘Alta’ de Lisboa e corresponde a um quadrado com 400 metros de lado. Esta área apresenta uma das situações de maior dinâmica de alteração do coberto do solo no município de Lisboa na última década. A área inclui vegetação herbácea, matos, solo descoberto, edifícios uni-familiares e pluri-familiares, uma escola e arruamentos (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudo e a base de dados testada

3. Extracção de informação

A fase de extracção de informação teve como objectivo inicial a correcta identificação e classificação dos objectos geográficos de interesse municipal. Uma vez que a mesma área mudou muito nas duas datas em análise, foi necessário criar uma nomenclatura compatível. As classes identificadas no nível 1 foram: “Edifício”, “Solo nu”, “Pavimento”, e “Vegetação”. A classe “Edifício” refere-se a estruturas permanentes, com telhado e parede, e com área superior a 50 m². O “Solo nu” identifica áreas de rocha, solo descoberto e areia, estando aqui incluídas áreas de construção. “Pavimento” descreve aquelas áreas impermeáveis como ruas, parques de estacionamento, superfícies de asfalto ou cimento, e passeios. A “Vegetação” contempla zonas com mato, plantas herbáceas ou árvores. No 2º nível da nomenclatura foram detalhadas as classes identificadas no 1º nível, e também incluídas outras classes para melhor descrever as imagens em questão. Deste modo, o 2º nível é distinto nas duas datas (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Nomenclatura de Ocupação do Solo para 1998

Classes de Ocupação do Solo em 1998	
Nível 1	Nível 2
Edifício	Edifício com telha laranja Edifício com outra cobertura
Solo nu	Solo nu
Pavimento	Estradas Passeios e outras sup. impermeáveis
Vegetação	Matos

Tabela 2. Nomenclatura de Ocupação do Solo para 2004

Classes de Ocupação do Solo em 2004	
Nível 1	Nível 2
Edifício	Edifício com telha laranja Edifício com fibrocimento Edifício com telha escura Edifício com outra cobertura Fachada*
Solo nu	Solo nu
Pavimento	Estradas Passeios e outras sup. impermeáveis
Vegetação	Matos Vegetação herbácea
Sombra	Sombra*

As classes “Fachada” e “Sombra”, em 2004, foram utilizadas como classes auxiliares no processo de extracção, e não são posteriormente utilizadas na detecção de alterações.

Utilizou-se depois a aplicação *Feature Analyst* desenvolvida para ArcGIS, para extrair as classes identificadas. Este software baseia-se numa abordagem supervisionada, pelo que o passo inicial consiste na digitalização de áreas de treino pelo utilizador, para a classe de interesse. Nesta fase recorreu-se a outra informação auxiliar como as imagens oblíquas disponíveis em www.bing.com/maps, e trabalho de campo realizado em 2008, com levantamento de dados GPS e fotografias dos elementos á superfície.

De seguida, segue-se a fase de treino do classificador onde se indica a informação a usar (e.g., bandas da imagem) e o tipo de representação espacial. Esta representação permite fazer uso do contexto espacial, e a sua escolha é fundamental para determinar a relação do pixel com os seus vizinhos. Para cada método é possível ajustar a dimensão (janela) do padrão ao elemento de interesse. Existe também a opção de agregar áreas de forma a identificar objectos com um número mínimo de *pixels*. Para classificar são disponibilizados três algoritmos, tendo-se usado a primeira abordagem pois produziu melhores resultados, de acordo com o recomendado (VLS, 2005).

Após o treino do classificador e obtenção dos resultados vectoriais iniciais, é permitido ao utilizador indicar exemplos de elementos correctos, incorrectos, e elementos omitidos. A reclassificação do mapa inicial permite assim a aprendizagem hierárquica do classificador, e o aperfeiçoamento da identificação dos elementos geográficos até à obtenção do mapa final.

As extracções foram processadas independentemente para cada classe, em cada data, mas aplicando parâmetros semelhantes. Em ambas as classificações, usou-se um factor de re-amostragem de 1 (i.e., sem re-amostragem), melhoria de contraste (*histogram stretch*),

aprendizagem tipo 1 e procura de elementos com diferentes rotações. As Tabelas 3 e 4 mostram os parâmetros usados na fase de treino do classificador para cada classe, e para cada data.

Tabela 3. Parâmetros utilizados para a extracção de elementos na imagem de 1998

Classes Nível 2	Áreas de treino	Representação e dimensão da janela	Aggregação (pixels)
Edifício com telha laranja	4	Manhattan 5	100
Edifício com outra cobertura	1	Manhattan 5	100
Solo nu	8	Manhattan 5	1000
Estradas	5	Bull's Eye 2, 7	200
Vegetação	4	Manhattan 3	100
Passeios e outras sup. impermeáveis		Restante área	

Tabela 4. Parâmetros utilizados para a extracção de elementos na imagem de 2004

Classes Nível 2	Áreas de treino	Representação e dimensão da janela	Aggregação (pixels)
Edifício com telha laranja	8	Manhattan 5	200
Edifício com fibrocimento	5	Manhattan 5	300
Edifício com telha escura	8	Manhattan 5	100
Edifício com outra cobertura	3	Manhattan 5	300
Fachada	2	Manhattan 5	100
Solo nu	16	Manhattan 5	1000
Estradas	11	Bull's Eye 2, 7	200
Matos	9	Manhattan 3	50
Vegetação herbácea	17	Bull's Eye 2, 11	100
Sombra	15	Manhattan 3	100
Passeios e outras sup. impermeáveis		Restante área	

Os resultados desta fase são dois mapas de ocupação do solo da área de estudo, um para 1998 e outro para 2004. A Figura 2 mostra os dois mapas obtidos na fase de extracção de informação.

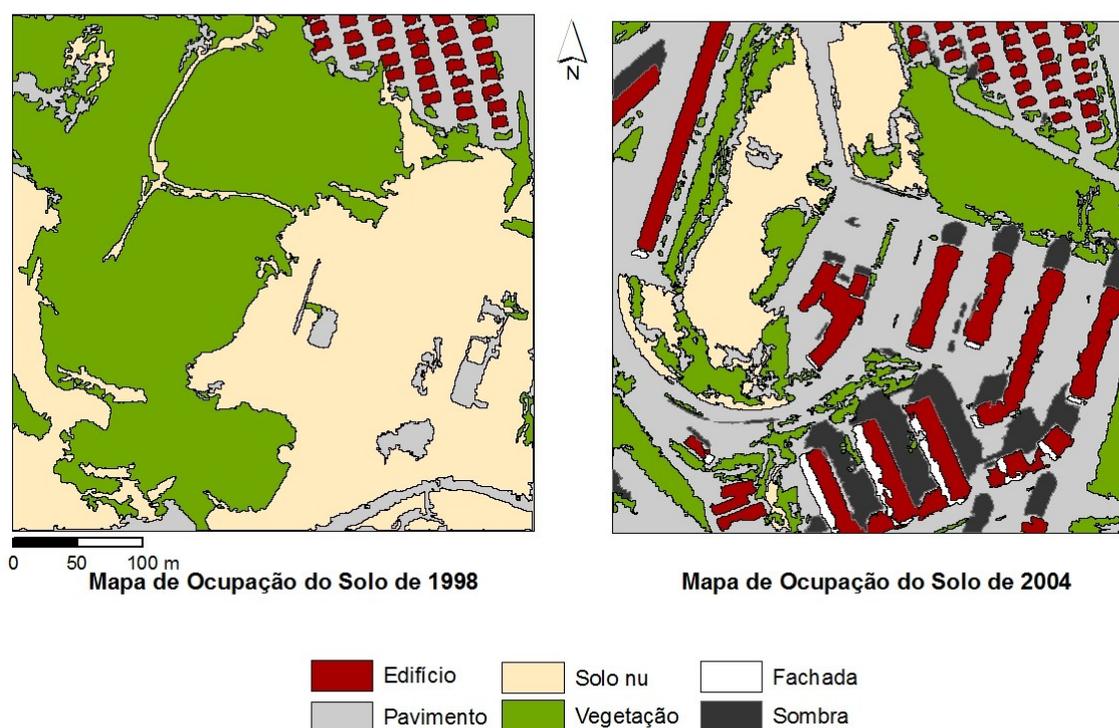


Figura 2. Mapas de Ocupação do Solo de 1998 e 2004, obtidos na fase de extracção de informação

4. Detecção de alterações na ocupação do solo

A fase de detecção de alterações segue uma abordagem do tipo comparação de elementos pós-classificação. Este método permite não só identificar a presença de mudança, como qualificá-la e identificar as dinâmicas inter-classe, do tipo 'de-para'.

Na Tabela 5 estão listadas as áreas e a proporção de cada uma das classes de nível 1, presentes na área de estudo, em 1998 e 2004. A área das alterações bem como a sua proporção em relação à área inicial de cada classe são também aí apresentadas. Verifica-se que as áreas de "Solo nu" e "Vegetação" foram reduzidas significativamente, enquanto que as áreas de "Pavimento" e "Edifício" aumentaram. Entre 1998 e 2004, a proporção destas áreas impermeáveis aumentou 51%, à custa das classes "Vegetação" e "Solo nu".

Tabela 5. Área das classes de ocupação, e sua alteração entre 1998 e 2004

Classes	1998		2004		Alteração relativa	
	Área (m ²)	Proporção (%)	Área (m ²)	Proporção (%)	Área (m ²)	Proporção (%)
Solo nu	66194	41	21033	14	-45161	-27
Edifício	3541	2	20128	14	16587	12
Pavimento	15789	10	71820	49	56031	39
Vegetação	74476	47	33151	23	-41325	-24

A Tabela 6 mostra a matriz com as transições entre classes do nível 1. O valor de cada célula da matriz indica a área (m²) de conversão entre 1998 e 2004. Na diagonal principal, estão representadas as áreas que não se alteraram; todas as outras células representam áreas de mudança. Por análise da matriz pode-se verificar que os novos edifícios em 2004 foram

maioritariamente construídos em áreas de solo nu e vegetação em 1998. As células a laranja correspondem a falsas alterações introduzidas pelos diferentes ângulos de obtenção das imagens. O total de área em 1998, varia nas Tabelas 5 e 6, uma vez que as classes “Fachada” e “Sombra” não foram consideradas na análise da mudança.

Tabela 6. Alterações na ocupação do solo entre 1998 e 2004 (m²), obtidas pelo método de comparação pós-classificação

De \ Para	Solo nu (m ²)	Edifício (m ²)	Pavimento (m ²)	Vegetação (m ²)	Total linha
Solo nu	2042	10206	33532	11432	57212
Edifício	0	2468	1053	16	3536
Pavimento	269	2010	10912	1272	14463
Vegetação	18721	5445	26324	20432	70922
Total coluna	21033	20128	71820	33151	146139

Através da matriz de alterações produzida pela sobreposição dos dois mapas, pode-se verificar que apenas 22% da área de estudo se manteve inalterada no período em análise.

5. Avaliação da qualidade da detecção de alterações na classe Edifício

De forma a avaliar a abordagem testada, criaram-se, por análise visual dos ortofotos, dados de referência para os elementos extraídos. Esta referência traduz a “realidade” do terreno e é confrontada com o resultado da classificação. Trata-se deste modo de uma análise de conformidade entre dois mapas, obtidos por diferentes processos.

O processo de validação consiste em três análises: 1) exactidão temática, 2) completude e correcção (*correctness*) e, 3) qualidade geométrica de acordo com parâmetros cartográficos oficiais.

A qualidade temática é uma análise muito comum na avaliação de mapas resultantes do processamento de dados de detecção remota. A análise resulta da correspondência espacial entre os elementos da classe no mapa classificado e nos dados de referência, com base na área (m²) ocupada. Neste cruzamento obtém-se, para cada classe, três métricas quantitativas. A área comum aos dois mapas considera-se correctamente classificada e traduz-se no índice de Exactidão Global. A área que se encontra na referência mas que não foi classificada é indicada pelo Erro de Omissão, enquanto que a área que se encontra na classificação mas não existe na referência é indicada pelo Erro de Comissão.

A completude traduz a percentagem de entidades na referência que são detectadas pela metodologia, enquanto que a correcção (*correctness*) avalia em que medida as entidades detectadas se assemelham com a referência. Esta última métrica está relacionada directamente com a taxa de falsos alarmes (Rutzinger et al., 2009). Estas duas medidas são avaliadas com base no objecto, através contagem dos elementos que correspondem a Verdadeiros Positivos (VP), Falsos Positivos (FP) e Falsos Negativos (FN). Os VP são aqueles elementos que estão presentes tanto no mapa como na referência. Os FP são elementos que figuram no mapa mas não existem na referência, enquanto que os FN são elementos que existem na referência mas não no mapa. A identificação destas situações faz-se com recurso a operações de sobreposição do tipo ponto-em-polígono, correspondendo neste caso ao ponto o centróide de um elemento e ao polígono uma área mapeada. A fórmula de cálculo de cada uma destas medidas é a seguinte:

$$\text{Completude} = \frac{\text{Verdadeiro Positivo}}{\text{Verdadeiro Positivo} + \text{Falso Negativo}}$$

$$\text{Correcção} = \frac{\text{Verdadeiro Positivo}}{\text{Verdadeiro Positivo} + \text{Falso Positivo}}$$

A análise da qualidade geométrica baseia-se na adopção da tolerância planimétrica exigida na cartografia a grandes escalas, definida pelo Instituto Geográfico Português (IGP, 2005) (Tabela 7). Este teste baseia-se na ideia de que a área e forma de um polígono são definidos pelos seus limites, fazendo assim sentido analisar os seus desvios de uma referência também poligonal. A tolerância planimétrica é um indicador utilizado para a avaliação da qualidade posicional de pontos. A sua adaptação à avaliação de polígonos envolve a geração de buffers para a linha que delimita cada polígono de referência utilizando a distância (tolerância) da escala respectiva, e cálculo da percentagem do limite do elemento classificado que está contido na faixa de tolerância. Dado que a verificação do valor Erro Médio Quadrático (EMQ) é difícil nesta abordagem, optou-se pela verificação do cumprimento do critério dos 90%: se pelo menos 90% do limite do polígono classificado respeita a tolerância, considera-se que cumpre a norma.

Tabela 7. Tolerância planimétrica para as escalas seleccionadas

Escala	Tolerância (m)	
	EMQ	90%
1:1 000	0.18	0.27
1:5 000	0.75	1.25
1:10 000	1.50	2.30

A fase de validação da detecção de alterações foi realizada apenas para a classe “Edifício”, por ser aquela que revela maior interesse para as aplicações a nível municipal. Analisaram-se as transições de-para “Edifício”, tendo por base duas classes: “Alteração” e “Não-alteração”. Na classe “Não-alteração”, estão todos os elementos que foram classificados como “Edifício” no mapa de 1998, e também o são no mapa de 2004. Todas as restantes classes, de-para Edifício, estão representadas na classe “Alteração”.

Nesta análise de qualidade não ocorreu nenhuma amostragem, tendo sido avaliados todos os elementos mapeados. Através da análise das métricas de qualidade pretende-se concluir sobre o valor da abordagem proposta para detecção de alterações na área de estudo.

5.1 Referência

Não existe qualquer cartografia oficial da área de estudo que registe a sua ocupação do solo em 2004. Mesmo que existisse, a cartografia de base representa a área de implantação dos edifícios no solo, enquanto que o que o sensor aéreo capta a cobertura/telhado, cuja área é normalmente superior. Deste modo, criou-se um mapa que representa os edifícios na área de estudo em 2004. Este mapa foi obtido por foto-interpretção dos ortofotos de 1998 e 2004, tendo sido identificados e digitalizados 42 edifícios em 2004, dos quais 13 são novas construções e 29 já existiam em 1998.

5.2 Generalização cartográfica

O mapa de referência foi digitalizado por um foto-intérprete. Deste modo, os elementos aí contidos têm um grau de generalização associado. De forma a tornar mais comparável o mapa obtido pela extracção de elementos com este de referência obtido por digitalização, o primeiro foi sujeito a um processo de generalização cartográfica.

O processo ocorreu em dois passos: simplificação geométrica e eliminação de áreas abaixo de um limiar. A simplificação recorreu a um algoritmo de *square up*, seleccionando-se 1 m

para a suavização e seis pixels para a tolerância, como parâmetros de actuação. Após esta generalização, apenas elementos com área superior a 50 m² foram considerados para a avaliação da qualidade. Este limiar corresponde à área mínima esperada para um novo edifício, e pretende eliminar falsos alarmes introduzidos pelos diferentes ângulos de aquisição entre as imagens de 1998 e 2004. A figura 3 mostra o mapa de alterações para a classe “Edifício”, proveniente da extracção de informação e sujeito a um processo de generalização cartográfica. Aí foram identificados 48 edifícios, 19 dos quais são novas construções e 29 são edifícios já existentes em 1998.

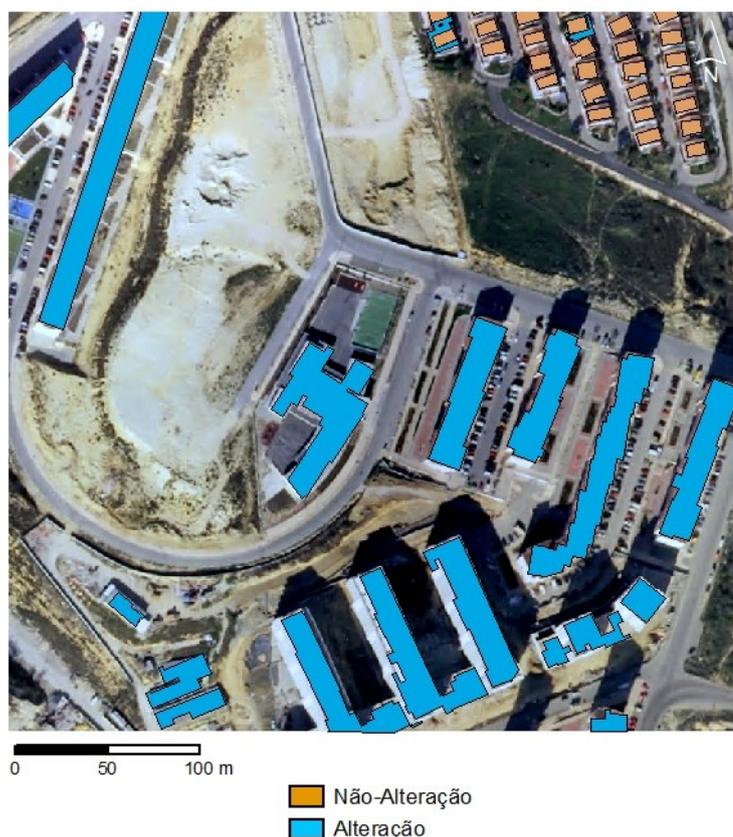


Figura 3. Mapas com os Edifícios existentes em 1998 e as novas construções em 2004, obtidos por comparação pós-classificação seguida por generalização

5.3 Exactidão temática

A avaliação da exactidão temática do mapa foi realizada para a classe “Alteração” e para a classe “Não-alteração”, em separado.

A classe “Alteração” inclui todas as classes de 1998 que passaram para “Edifício” em 2004. A matriz de erro foi preenchida com as áreas resultante da sobreposição do mapa com a referência, considerando apenas a classe “Alteração” (Figura 4). A Exactidão Global obtida indica que 82% de concordância em área entre os dados classificados e a referência. O Erro de Comissão indica que apenas 5% da área do mapa foi sobrestimada, enquanto que o Erro de Omissão indica que 15% da área foi subestimada. Esta situação é visível nos limites dos novos edifícios.



Figura 4. Exemplo da sobreposição da classe “Alteração” com a referência

A classe “Não-alteração” inclui todos os elementos classificados como Edifício em 1998, e que não mudaram de classe em 2004. A matriz de erro foi preenchida igualmente com as áreas resultantes da sobreposição do mapa com a referência, considerando agora a classe “Não-alteração”. A Exactidão Global obtida indica 72% de concordância entre as áreas do mapa e da referência. O Erro de Comissão indica que apenas 4% da área do mapa foi sobrestimada. Por outro lado, o Erro de Omissão indica que 25% da área foi subestimada, devido sobretudo às diferenças angulares aquando a captação das imagens em análise.

5.4 Completude e correcção

A análise de completude e correcção seguida foi a proposta por Rutzinger et al. (2009). Para avaliar a completude e a correcção de um mapa obtido por extracção de elementos, uma forma de contar os PV, FN e FP é utilizando os centróides dos elementos. Contudo, a contagem daquelas medidas não é igual para ambas as métricas. O primeiro passo é o cálculo do ponto central de cada elemento nos dados de referência e no mapa. Depois, para cada elemento da referência, conta-se o número de centróides dos elementos classificados que nele estão contidos (Figura 5). Se a contagem for positiva, então o elemento da referência é considerado um PV para a análise da completude, de outro modo é considerado um FN. A completude do mapa foi de 100%, o que indica que todos os edifícios da referência estão representados no mapa, e que não ocorreu nenhuma omissão.



Figura 5. Análise da completude

De modo análogo, para cada elemento classificado, conta-se o número de centróides dos elementos da referência nele incluídos (Figura 6). Deste modo, o elemento classificado é considerado um PV para a análise da correcção se a contagem é positiva, e um FP se não. A análise de correcção indicou que 95% dos edifícios estão bem classificados mas que há falsas alterações. Esta situação ocorre na zona do canto superior direito da imagem, e mais uma vez se deve às condições de aquisição das imagens.

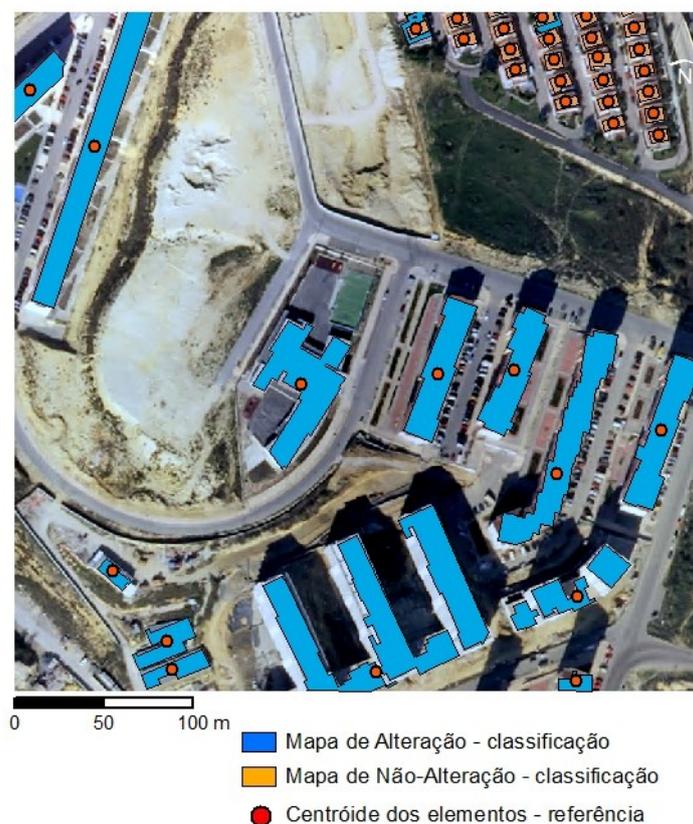


Figura 6. Análise de correcção

5.5 Qualidade geométrica

A análise da qualidade geométrica com base na tolerância planimétrica segue o método proposto por Freire et al. (2010).

Ao contrário das análises anteriores, a qualidade geométrica apenas é realizada para pares de elementos que representem o mesmo edifício quer na referência, quer no mapa. Os valores de tolerância planimétrica destinam-se a testar elementos pontuais (pares de coordenadas), pelo que neste trabalho foi feita uma adaptação para permitir avaliar elementos poligonais. A cada elemento da referência foi aplicado um buffer com a tolerância de cada uma das escalas seleccionadas (Tabela 7). Os elementos da classificação são interceptados com este mapa, sendo calculada a percentagem da sua fronteira que está incluída na área de cada buffer. Este valor indica o cumprimento da tolerância para a respectiva escala. Optou-se por se verificar o critério de 90% da fronteira cumprir a tolerância. Aí, se 90% da fronteira do edifício classificado estiver dentro do buffer do mesmo edifício na referência, então o edifício cumpre os requisitos da escala.

A selecção de elementos que apresentam uma relação de 1-1, resultou na análise de 40 pares de elementos. Os resultados não foram satisfatórios para as escalas 1:1 000 e 1: 5 000 (Tabela 8). Para a maior escala, nenhum elemento cumpriu o critério de 90% de concordância, enquanto que para a escala 1:5 000, apenas 33% o cumpriram (Figura 7). Para a escala 1:10 000, 90% dos elementos cumprem as especificações exigidas. Estes valores são semelhantes aos obtidos por Gianinetta (2008) e Freire et al. (2010).

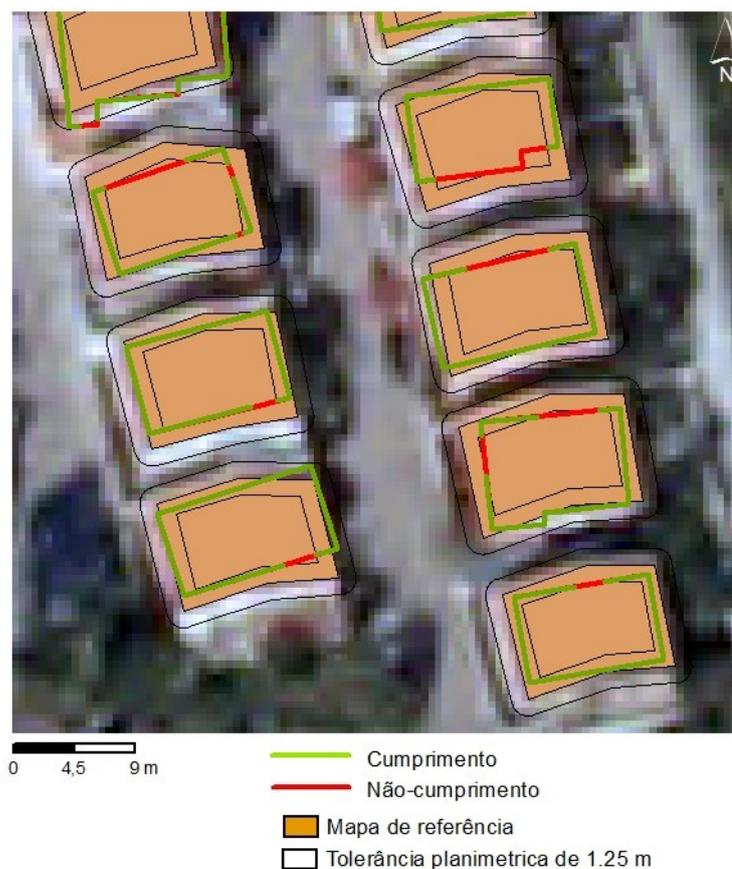


Figura 7 – Análise geométrica

6. Conclusões

Na avaliação do mapa de alterações quantificou-se não só a qualidade temática, mas também o nível de completude, correcção e qualidade geométrica dos edifícios. Do ponto de vista temático, o mapa final com os edifícios que se mantiveram e com os que surgiram entre 1998 e 2004, obteve uma Exactidão Global de 81%. Este valor demonstra que as alterações foram bem identificadas e diferenciadas das não-alterações. A completude teve o valor máximo de 100% e a correcção de 95%, o que também indica que a contagem de elementos é muito boa, e que a classificação reflecte bem o que existe no terreno.

Do ponto de vista da qualidade geométrica dos elementos extraídos, os resultados não foram muito satisfatórios. De facto, a forma dos edifícios mais complexos não foi extraída correctamente, e aí a generalização não foi suficiente. Através da análise da qualidade geométrica verificou-se que a grande maioria dos elementos extraídos apenas cumpre os requisitos quanto à tolerância planimétrica exigida para a escala 1:10 000. Estes dados comprometem o uso desta cartografia para actualização directa de bases de dados municipais, sem antes ser editada. Conclusões semelhantes foram já reportadas noutros estudos que lidam com a extracção de edifícios (e.g., Ioannidis et al., 2009; Eckert, 2008; Dutta and Serker, 2005).

Porém, os elevados valores de qualidade temática indicam que o processo semi-automático de detecção de alterações em ortofotos pode ser útil como ferramenta operacional para sinalizar potenciais áreas intervencionadas e que, como tal, requerem atenção e validação por parte de técnicos municipais.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado no âmbito de uma bolsa de doutoramento financiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT).

7. Bibliografia

Blaschke, T., Strobl, J. (2001) What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. *GeoBIT/GIS*, 6: 12-17.

Dutta, D., Serker, N.H.M.K. (2005) Urban Building Inventory Development using Very High-Resolution Remote Sensing Data for Urban Risk Analysis. *International Journal of Geoinformatics*, 1(1): 109-116.

Eckert, S. (2008) 3D-Building Height Extraction from Stereo IKONOS Data. - Quantitative and Qualitative Validation of Digital Surface Models - Derivation of Building Height and Building Outlines. *JRC Scientific and Technical reports*.

Freire S., Santos T., Navarro A., Soares F., Dinis J., Afonso N., Fonseca A., Tenedório J.A. (2010) Extraction of buildings from QuickBird imagery for municipal planning purposes: quality assessment considering existing mapping standards. *Proceedings of GEOBIA 2010 - GEOgraphic Object-Based Image Analysis*, Ghent, Belgium.

Gianinetto, M. (2008) Updating large scale topographic databases in Italian urban areas with Submeter QuickBird images. *International Journal of Navigation and Observation*, Vol. 2008.

IGP (2005) Cartografia e ortofotocartografia à escala 1:10 000. Normas técnicas de produção e reprodução. *Instituto Geográfico Português*, Lisboa.

Ioannidis, C., Psaltis, C., Potsiou, C. (2009) Towards a strategy for control of suburban informal buildings through automatic change detection. *Computers, Environment and Urban Systems*, 33: 64–74.

Meng, L., Fang, J., Lou, S., Zhang, W. (2009) Study on Image Segment Based Land Use Classification and Mapping. *Information Engineering and Computer Science, 2009. ICIECS 2009*.

Rutzinger, M., Rottensteiner, F., Pfeifer, N. (2009) A comparison of evaluation techniques for building extraction from airborne laser scanning. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2(1): 11-20.

VLS - Visual Learning Systems (2005) Reference Manual, Feature Analyst 4.0 for ArcGis (Missoula, MT: Visual Learning Systems).