

Composição de Ortomosaicos de Fotografia Aérea do Arquivo da Câmara Municipal do Porto

Rita LINO¹, Sandra ALVES², Célia AZEVEDO², José A. GONÇALVES¹

¹ Faculdade de Ciências, Universidade do Porto

² Câmara Municipal do Porto

up200902726@fc.up.pt; sandraalves@cm-porto.pt; celiaazevedo@cm-porto.pt; jagoncal@fc.up.pt

Palavras-chave: Fotografia aérea, orientação automática, pontos de controlo, modelo digital de superfície, ortofoto.

Resumo:

A fotografia aérea é utilizada para a produção de cartografia já há cerca de um século. Recentemente tem vindo a sofrer grandes desenvolvimentos, nomeadamente com a digitalização, as câmaras digitais e com o desenvolvimento de métodos automáticos de processamento. Dado que existem muitos arquivos de fotografias aéreas históricas, torna-se importante explorar as novas tecnologias, quer para a preservação, quer para uma nova exploração por métodos automáticos de ortorretificação.

Este artigo descreve a criação de três ortomosaicos a partir de fotografias do arquivo histórico da Câmara Municipal do Porto (CMP). As coberturas aéreas da cidade utilizadas neste estudo são de 1939, 1979 e 1992. No processamento foi usado o programa Agisoft Photoscan que permitiu criar ortomosaicos, usando pontos de controlo obtidos através de ortofotos e cartografia mais recentes. A ortorretificação baseou-se em modelos digitais de superfície extraídos automaticamente.

Os ortomosaicos foram analisados em SIG por comparação com informação atual, tendo os resultados sido bastante satisfatórios. Nas duas séries mais recentes, 1979 e 1992, obteve-se uma concordância de localização da ordem de 1 a 2 metros. Foi possível obter uma cobertura total da cidade do Porto para estas duas datas. Na cobertura de 1939 o EMQ foi de 3 metros, o que, tendo em conta as condições em que se encontrava as fotografias, o resultado é aceitável. Devido a falhas de sobreposição e à qualidade das imagens, este ortomosaico tem algumas lacunas, mas apresenta ainda assim a maior parte do território da cidade.

1. Introdução

O tempo é uma variável importante na gestão da informação geográfica, especialmente quando estamos interessados na evolução da ocupação do território. Como tal, a existência de níveis de informação relativos a diferentes épocas é de grande interesse, especialmente se se apresentarem sob a forma de dados geoespaciais, corretamente georreferenciados e utilizáveis num Sistema de Informação Geográfica (SIG). No contexto da gestão municipal, a disponibilidade de informação histórica é de aplicação imediata, sendo disso exemplo as questões ligadas ao licenciamento da construção. Frequentemente é necessário saber se um certo edifício já existia em determinada data. A existência de camadas de informação que permitam identificar o edificado, relativas a datas anteriores e/ou posteriores a essa data de referência ajudarão certamente a responder a questões desse tipo. Assim a informação geográfica antiga tem interesse não só pelo estudo histórico, mas também na gestão diária de um município.

A cartografia analógica poderá constituir este tipo de informação. Ela pode ser digitalizada e georreferenciada, originando camadas raster que permitem uma interpretação visual da informação. Isso tem sido feito frequentemente em muitos municípios que dispõem de plantas topográficas, nalguns casos mesmo do século XIX. Muita da cartografia urbana feita no século XX recorreu já à fotografia aérea, existindo normalmente os arquivos da fotografia que deu origem à restituição. A fotografia aérea apresenta-nos muita informação adicional, que os utilizadores facilmente conseguem interpretar, que não é necessariamente transposta para a representação cartográfica pelo fotogrametrista. Assim, será sempre de grande interesse a manutenção desses arquivos de imagem. Obviamente que no SIG será de muito maior utilidade se se apresentar numa forma georreferenciada. Para tal ela deverá passar por um processo de ortorretificação, o que envolve um trabalho bastante especializado do âmbito da fotogrametria, e que normalmente não é realizável de forma simples pela maior parte dos utilizadores da informação geográfica.

A partir de 1940 foram feitas regularmente coberturas aéreas do país, sendo algumas delas fornecidas pelas instituições detentoras. É o caso da cobertura de 1947, efetuada pela Força Aérea Inglesa, a de 1958, pela Força Aérea Americana e várias da década de 1940 efetuadas pela SPLAL – Sociedade Portuguesa de Levantamentos Aéreos, Lda. (Redweik, 2010). Outras coberturas existem detidas pela Direção Geral do Território, com centenas de milhares de fotos (Silva et al. 2018), não ortorretificadas. Para além de organismos centrais os municípios dispõem também de coberturas de fotografia aérea bastante antigas, como é o caso de Coimbra (Manta et al., 2011), com uma cobertura de 1932. No caso do Porto existe a cobertura da totalidade do concelho realizada nos anos de 1939-1940.

O processo de ortorretificação de fotografias aéreas é realizado digitalmente em programas profissionais de processamento fotogramétrico, de forma semelhante ao que se faz atualmente, com fotografias aéreas analógicas digitalizadas. No caso de fotografias aéreas antigas, o desconhecimento de características das câmaras utilizadas pode ser uma séria dificuldade para a realização do processo. Ele foi estudado e implementado por Redweik (2010) para as coberturas USAF, RAF e SPLAL.

Existem arquivos com muitas outras coberturas de fotografia aérea, das décadas de 1960 a 1990, obtidas com câmaras com características mais semelhantes às das câmaras atuais, como as câmaras Wild RC-20 e RC-30, que foram usadas para produção de cartografia de traço, mas não para a produção de ortofotos. É o caso da CMP, que dispõe de coberturas de 1979 e 1992. Nestas duas coberturas mais recente a abordagem de usar métodos fotogramétricos profissionais para este processo de ortorretificação até seria facilmente realizável, mas envolveria custos elevados para uma Câmara Municipal, nunca tendo sido realizada.

A Fotogrametria tem conhecido grandes evoluções no que ao processamento das imagens diz respeito, recorrendo a técnicas vindas da visão computacional, quer pela necessidade de processar de forma expedita grande número de imagens adquiridas por drones (Haala N., 2009, Haala e Rothermel, 2012), quer também na fotogrametria profissional com câmaras fotogramétricas digitais. O trabalho apresentado recorreu à metodologia descrita por Gonçalves (2016) que faz uso de software usado habitualmente no processamento de imagens de drones – concretamente o programa Agisoft Photoscan. Recorreu-se à cartografia e ortofotos atuais (de 2014) para obter pontos de controlo que permitiram orientar as imagens antigas. Foi também extraído um modelo digital de superfície, que permitiu que as fotos fossem ortorretificadas e exportadas para análise e comparação com dados atuais num SIG.

2. Metodologia

A metodologia seguida para a criação de ortomosaicos baseia-se na cadeia de processamento usada habitualmente com imagens obtidas por drones. Naturalmente que ela é adequada para imagens de base digitais, o que não é o caso presente. As imagens digitais de uma dada câmara digital caracterizam-se por terem uma dimensão constante de linhas e colunas, e por estarem numa posição fixa em relação ao sistema ótico de lentes da câmara, isto é o ponto principal está numa posição fixa da matriz da imagem.

As imagens analógicas digitalizadas num scanner não possuem estas características. Provavelmente o número de linhas e colunas das várias imagens que digitalizarmos não terão sempre o mesmo número de pixels. Mesmo que isso acontecesse, quando colocamos no scanner as imagens analógicas (filme, papel, etc.) é natural que não fiquem todas na mesma posição relativa ao scanner, pelo que o ponto principal não ficará sempre na mesma posição da imagem digitalizada. O problema é resolvido recorrendo às marcas fiduciais, que nos permitem localizar o sistema de coordenadas fotográficas.

2.1 Pré-processamento de retificação das imagens

De forma a resolver os problemas acima referidos será necessário realizar uma fase inicial de pre-processamento para regularizar as imagens e torná-las equivalentes a imagens de uma câmara digital. Isso é feito em três fases, que são as seguintes:

1. Registrar todas as imagens no sistema de coordenadas fotográficas, usando as marcas fiduciais. Isto é equivalente a “georreferenciar” a imagem através de uma transformação afim com pontos de controlo, neste caso as marcas fiduciais. Isso pode ser realizado num software de SIG.
2. Proceder à reamostragem das imagens, de forma a que elas passem a ter as suas linhas e colunas alinhadas com os eixos do sistema de coordenadas fotográficas.
3. Seccioná-las, de forma a que todas fiquem com o mesmo número de pixels e cortadas na mesma posição. No caso presente escolheu-se seccioná-las de forma a que os centros das marcas fiquem exatamente nos cantos das novas imagens.

As fases 2 e 3 são realizadas em conjunto, utilizando o programa GDALWARP da biblioteca GDAL. Concluída a 3ª fase disporíamos de um conjunto de novas imagens, todas com o mesmo número de pixels, com um pixel de dimensão conhecida, em milímetros e também com uma distância focal conhecida.

2.2 Processamento no programa Photoscan

As novas imagens são inseridas no programa Agisoft Photoscan, juntamente com a informação referida no parágrafo anterior, relativa à orientação interna. São executadas as seguintes fases:

1. Proceder ao alinhamento das imagens. Esta designação, não comum na fotogrametria tradicional, corresponde a uma orientação relativa em bloco, que é realizada automaticamente. Um algoritmo detecta pontos comuns entre fotos e procede a orientações relativas sequenciais. Iremos designar esta operação, daqui para a frente, como “alinhamento”. Dos pontos conjugados obtidos automaticamente resultará uma nuvem de pontos 3D, esparsa, que poderia já modelar o terreno com alguma aproximação.
2. Inserção dos pontos de apoio. Estes deverão ser pontos bem definidos, identificados nas fotos e em ortofotos ou cartografia atuais. Deverão ser marcados em todas as fotos em que forem identificados. Após a inserção de todos os pontos é realizado um processo de triangulação aérea que permitirá determinar a orientação externa de todas as fotos. Nesse procedimento pode ser incluído um refinamento dos parâmetros de orientação interna, ou determinar outros, inicialmente desconhecidos, como a descentragem do ponto principal, ou coeficientes de distorção radial. Isto poderá ser importante em câmaras mais antigas, com informação incerta, ou com distorções.
3. Geração de um modelo digital do terreno. A nuvem de pontos esparsa é densificada, originando uma nuvem densa, e a partir dela um modelo digital de superfície (MDS). Esse modelo poderá eventualmente ser filtrado de forma a obter um novo modelo mais próximo de um modelo digital do terreno, por eliminação de vegetação e edifícios.
4. Ortoretificação e composição de um mosaico. Utilizando os parâmetros de orientação externa e o MDS gerado, todas as fotos são ortoretificadas e um mosaico contínuo é gerado, com transições suaves de imagem para imagem. A utilização de um

MDS origina um orto verdadeiro, uma vez que é essa a abordagem efetuada pelo software utilizado. A eventual falta de qualidade do MDS, por exemplo na representação dos edifícios, poderá originar um ortofoto com algumas deformações. Nesse caso pode-se utilizar o MDT ou mesmo um outro MDT importado para o projecto. Finalmente é feita a exportação do mosaico, normalmente no formato Geotiff, com a resolução média no terreno, para posterior análise em SIG.

3. Criação dos ortomosaicos do Porto

Para dar início ao trabalho foi necessário analisar as fotografias e recolher informação sobre as respetivas marcas fiduciais para ser possível proceder a uma orientação interna das mesmas e posteriormente recortar os bordos das fotografias. Foi também necessário recolher informação sobre a distância focal da lente utilizada. Como se esperava, quão mais antigas são as fotos mais difícil é obter esta informação. As figuras 1, 2 e 3 mostram exemplos de fotos das 3 séries processadas, respetivamente 1992, 1979 e 1939. Todas elas são de escala aproximada 1:5000.



Figura 1 – Exemplo fotografia da cobertura aérea de 1992



Figura 2 – Exemplo fotografia da cobertura aérea de 1979/1980



Figura 3 – Exemplo fotografia da cobertura aérea de 1939/1940

As fotos foram digitalizadas, a partir das cópias em papel que estavam disponíveis, num scanner comum de secretária, em resolução relativamente baixa de 600 dpi. O resultado está longe de ter a qualidade que resultaria da utilização de um scanner fotogramétrico, assim como do uso de diapositivos. Note-se que este processo não segue, obviamente, as regras de rigor habituais na fotogrametria, já que o objetivo era dispor de ortomosaicos com uma qualidade aceitável para usar no SIG do município.

Tal como descrito atrás, feita a identificação das marcas fiduciais, procedeu-se à reamostragem e corte pelas marcas fiduciais. Após as imagens se encontrarem prontas foram inseridas no programa Agisoft Photoscan. Em todos os projetos foram definidos alguns parâmetros para facilitar o processo de alinhamento das mesmas.

Por vezes o programa não conseguiu realizar o alinhamento de todas as imagens num só bloco, por exemplo por faltas de sobreposição ou por diferenças de tonalidade. Nesses casos foi necessário dividir as imagens em vários blocos. Uma vez realizado o alinhamento é possível inserir os pontos de controlo para se obter uma georreferenciação do bloco de imagens.

Para cada bloco tentou-se recolher pelo menos uma dezena de pontos de controlo. Eles foram identificados em ortofotos recentes, sendo aí lidas as suas coordenadas planimétricas. As altitudes respetivas foram obtida na cartografia digital atual de escala 1:1000. No caso dos pontos de controlo para o voo mais antigo foram utilizados os ortomosaicos realizados neste projeto (orto de 1992 a fornecer pontos para fotos de 1979) pois não era possível encontrar pontos suficientes nos ortofotos atuais. Devido às alterações ocorridas na cidade a identificação de pontos de controlo pode ser muito difícil, especialmente nas fotos mais antigas.

Através da inserção dos pontos de controlo as imagens ficaram correctamente orientadas, após o que foi possível gerar uma nuvem de pontos 3D e a partir dela criar um modelo digital de superfície. Com a informação obtida até este momento (orientação das imagens e MDS) passou-se à ortorectificação da fotos e composição de um ortomosaico. Nas duas primeiras séries o resultado visual foi muito apelativo, mas na última série com a falta de imagens e as lacunas existentes na nuvem de pontos o ortomosaico não ficou completo.

3.1 Cobertura aérea de 1992

A câmara usada neste voo foi a Leica RC-30, que possui marcas fiduciais nos cantos definindo um quadrado de lado 212 mm. Consideram-se coordenadas fotográficas x,y das marcas de ± 106 mm. A distância focal da câmara (153,08mm) encontra-se escrita nas próprias fotografia. O carto-índice disponível mostrava que o voo foi realizado longitudinalmente, mas as fiadas não são seguidas nem em zig-zag. Algumas fiadas tinham também uma orientação oblíqua. Apesar disso o programa conseguiu alinhar quase todas as imagens e obter um bom resultado na orientação das imagens.

Na nuvem de pontos esparsa foram inseridos os pontos de controlo retirados dos ortofotos de 2014, tendo sido utilizados 56 pontos. Feita a otimização da orientação externa passou-se à geração da nuvem densa e do MDS. Por fim foi criado o orto mosaico e exportado em formato Geotiff no sistema de coordenadas PT-TM06, com resolução de 0.50 metros. Apesar de a resolução média proposta pelo programa ser melhor (0.32 m) foi escolhido o pixel de 0.5 metros para não gerar um ortofoto excessivamente grande. Foi também exportado em KMZ, para observação sobre o Google Earth. A figura 4 mostra o mosaico exportado e um extracto com cartografia vetorial sobreposta.



Figura 4 – (a) Ortomosaico criado a partir da cobertura de fotografia aérea de 1992, (b) extracto com sobreposição de vias

Após uma análise visual é possível verificar que não existem lacunas significativas no ortomosaico. Este apresenta uma diferença de tonalidades no centro da imagem devido a algumas fiadas estarem mais claras que as restantes. Isso poderia ser corrigido através de um pré-processamento dessas imagens e repetindo a criação do mosaico. Utilizou-se um conjunto de 22 pontos comuns aos ortofotos atuais e avaliaram-se diferenças de coordenadas tendo sido obtido um erro médio quadrático (EMQ) de aproximadamente 1 metro.

3.2 Cobertura aérea de 1979

Para as imagens da cobertura de 1979 não foi possível obter a informação do modelo da câmara aérea usada, mas as imagens tinham no bordo assinalado a distância focal. As marcas fiduciais apresentavam distâncias entre si semelhantes às da câmara usada em 1992, pelo que foram usadas as mesmas coordenadas fotográficas.

Outra informação obtida nas fotografias foi a diferença de datas de algumas imagens, pelo que na realidade se deveria tratar de dois voos diferentes feitos com a mesma câmara. Neste caso essas imagens encontravam-se com uma tonalidade diferente o que causou dificuldade na construção da nuvem de pontos densa e consequentemente no MDT. O modelo digital do terreno teve de ser gerado com recurso só aos pontos da categoria terreno para não haver tantas distorções. O ortomosaico foi exportado no sistema PT-TM06, com a mesma resolução do anterior (0.50 m), em formato GeoTIFF e KML. A figura 5 mostra o mosaico, que cobre também uma área significativa para norte da cidade.

Realizada a análise a este ortomosaico, utilizando os mesmos 22 pontos da análise do ortomosaico anterior, obteve-se um EMQ de aproximadamente 2 metros. Neste caso também existe uma cobertura total do concelho do Porto.

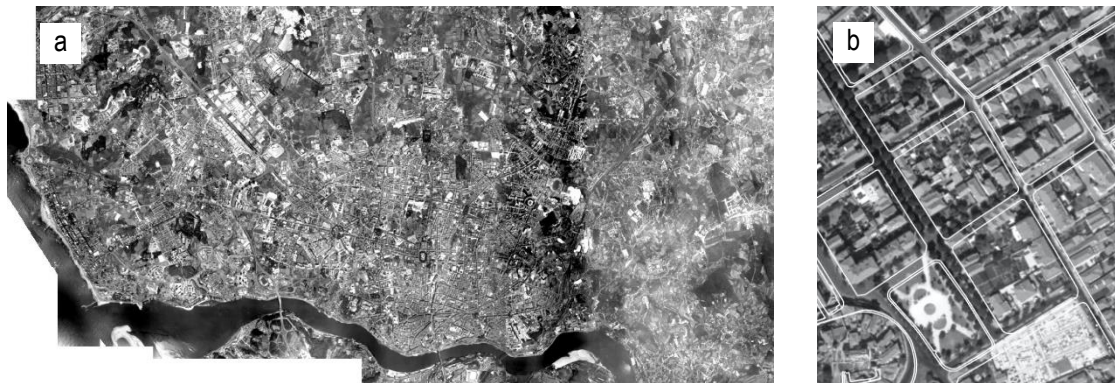


Figura 5 – (a) Ortomosaico criado a partir da cobertura de fotografia aérea de 1979, (b) extracto com sobreposição de vias.

3.3 Cobertura aérea de 1939

No caso da cobertura de 1939, as fotografias não apresentavam nenhuma informação nas imagens, como o modelo da câmara, a distância focal, ou a altura de voo. As fotos são de formato 5 polegadas, com 4 marcas a meio dos lados. Dado que nada era sabido sobre este padrão de marcas o procedimento foi o de tomar uma das fotografias como referência e registar as restantes sobre esta, usando as marcas fiduciais. Feita a reamostragem todas tinham a dimensão da primeira. Relativamente à distância focal considerou-se um valor inicial grosseiro que foi ajustado no processo de auto-calibração, depois de inseridos os pontos de controlo.

A cobertura não se encontrava completa, o que gerou diversos problemas no alinhamento das imagens. Devido a essas faltas e à má qualidade de algumas imagens o programa não conseguiu obter pontos de ligação em várias zonas. Para tentar ultrapassar este problema as imagens foram divididas por diferentes blocos de forma a obter o maior número de imagens alinhadas. A nuvem de pontos tinha muitas descontinuidades pelo que não foi possível criar um MDT. Recorreu-se ao que havia sido criado para o ano de 1979, para o processo de ortorretificação. O ortomosaico foi exportado no sistema PT-TM06, com a mesma resolução dos anteriores (0.5 m), nos formatos GeoTIFF e KMZ. A figura 6 mostra o mosaico mais completo que se conseguiu e um extracto, com linhas da cartografia atual sobrepostas, em que se pode observar a concordância da georreferenciação.



Figura 6 – (a) Ortomosaico criado a partir da cobertura de fotografia aérea de 1939, (b) extracto com sobreposição de vias

Fez-se também uma avaliação do rigor posicional com 12 pontos de verificação, como anteriormente, tendo-se obtido um EMQ de cerca de 3 metros. Numa sobreposição com cartografia vetorial os desvios encontrados também não ultrapassaram os 3 metros, pelo que obedece aos requisitos para uma impressão à escala 1:10.000.

4. Comparação com a atualidade

Os ortomosaicos corretamente georreferenciados, e inseridos num SIG permitem-nos verificar as alterações ocorridas. Fazem-se a seguir algumas exemplificações de algumas alterações devidas a obras importantes ocorridas nas décadas de 1940 e seguintes.

A cidade do Porto foi sofrendo ao longo dos anos um crescimento substancial, tanto a nível populacional como também económico. Neste ortomosaico é possível ver esse crescimento ao longo dos anos com a expansão de áreas residenciais, da indústria, do comércio entre outros. Uma das grandes contribuições para o crescimento e alterações da cidade pode-se dever ao facto de o Porto possuir uma frente de rio e uma frente de mar, o que potenciou o comércio e a transação de mercadorias tanto para a própria cidade como para regiões do interior do país. Um desses exemplos foi a necessidade de construção da ponte Luís I, inaugurada a 1886, e mais tarde da construção da estação de S. Bento, em 1896. Como a movimentação em torno destas duas infraestruturas foi necessária a criação de uma avenida para ligar a estação ao tabuleiro superior da ponte. Esta já tinha sido delineada em 1888, aquando da construção da estação. Em 1947 foram dadas instruções para início das expropriações, demolições, escavações e terraplanagens na zona, mas só foi aberta a primeira faixa de rodagem provisória em 1954. O Terreiro da Sé, tal como se apresenta nos dias de hoje, foi construído logo após as demolições dos vários quarteirões de feição medieval que ainda subsistiam entre a Rua de Sebastião e a Sé do Porto. No ortomosaico de 1939 ainda é possível ver o Largo do Corpo da Guarda antes do começo das demolições (1947 – 1949).

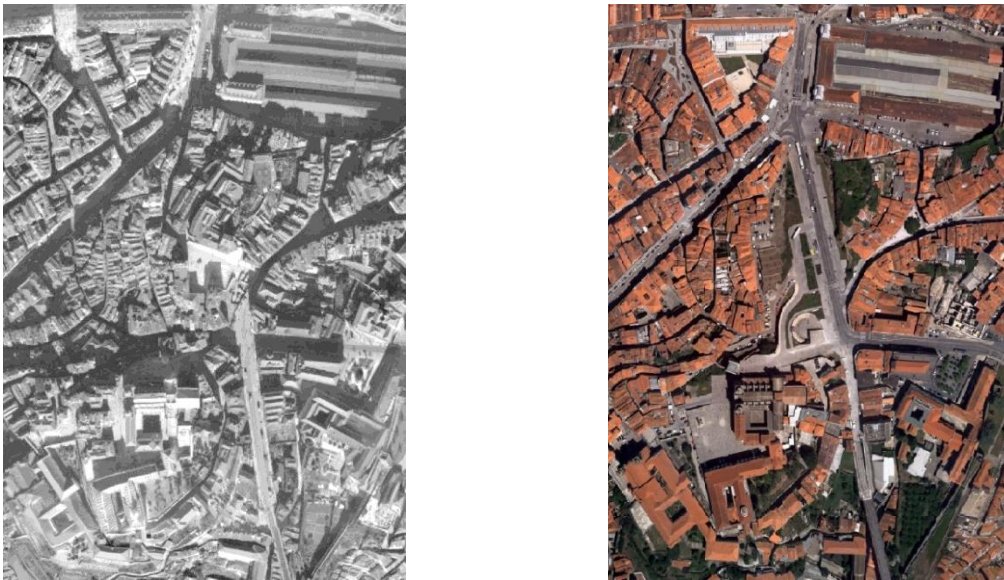


Figura 7 – Avenida construída para ligar a estação de São Bento ao tabuleiro superior da ponte Luís I (ortos de 1939 e atual)

Com o início das expropriações para a construção de uma artéria para ligação do tabuleiro superior da ponte à estação deram também início, em 1947, as obras para a ligação entre a Rua do Infante D. Henrique (antiga Rua dos Ingleses) e o tabuleiro inferior da ponte Luís I bem como à via marginal. O Túnel da Ribeira, foi o primeiro túnel rodoviário a ser construído no nosso país. A sua inauguração ocorreu no dia 28 de maio de 1956. O extracto da figura 8 mostra essa zona, na parte inferior, antes dessa intervenção.



Figura 8 – Avenida construída para ligar a estação de São Bento ao tabuleiro superior da ponte Luís I (orto de 1939)

Com estas crescentes alterações na cidade também o comércio local foi sendo alterado e reorganizado. Uma das maiores alterações perceptíveis nestes ortomosaicos foi a atual Praça de Lisboa, antigo Mercado do Anjo. A figura 9 mostra essa zona da cidade, onde se encontra a Torre dos Clérigos, nas épocas dos 3 voos tratados e nos ortofotos da atualidade (2014).

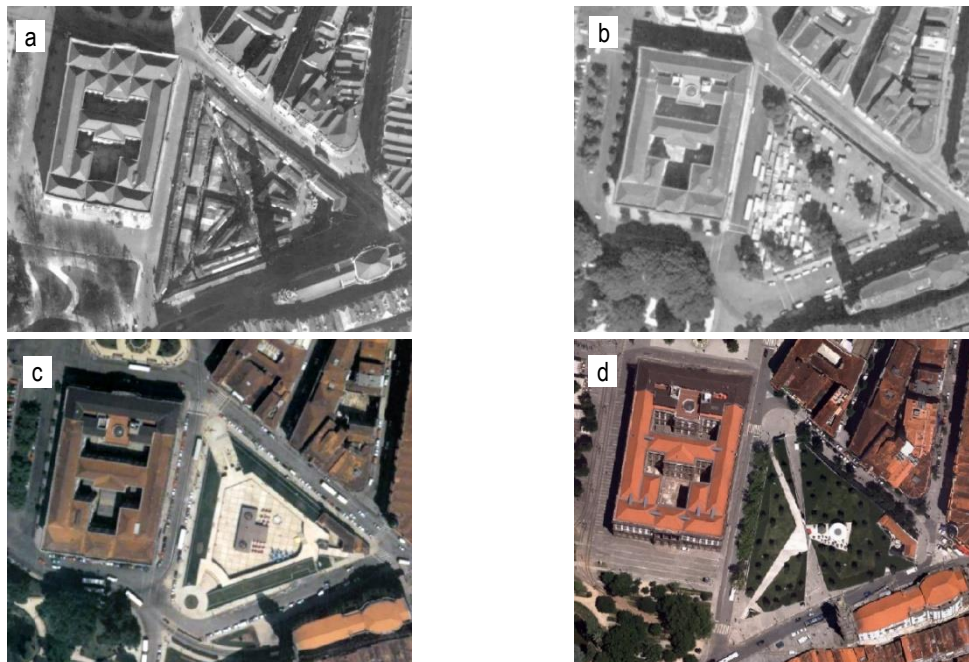


Figura 9 – (a) Mercado do Anjo (1939), (b) Mercado (1979), (c) Praça de Lisboa (1992), (d) Praça de Lisboa (2014)

5. Conclusões

Procedeu-se a um tratamento expedito de 3 coberturas de fotografia aérea da cidade do Porto, recorrendo a metodologias de base largamente automática. Apesar de não se ter seguido todos os preceitos do rigor fotogramétrico, conseguiu-se um resultado importante, e com a qualidade suficiente para um uso no SIG Municipal, ou para a impressão de plantas. Foram usados scanners simples e resoluções relativamente baixas, mas que permitiram obter ortos sempre com um pixel menor que meio metro. O rigor posicional, da ordem de 1 a 3 metros, é adequado para as tarefas essenciais de visualização de informação no SIG, e compatível com escalas cartográficas entre 1:5000 e 1:10.000.

Os ortomosaicos corretamente georreferenciados, e inseridos num SIG permitem uma percepção espacial mais detalhada das alterações ocorridas ao longo do tempo. O resultado deste trabalho é de interesse para o trabalho corrente do SIG Municipal, para diversas aplicações, em particular nas questões ligadas ao licenciamento da construção.

Referências Bibliográficas

- Gonçalves, J.A., 2016. Automatic Orientation and Mosaicking of Archived Aerial Photography Using Structure from Motion. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-3/W4, 2016.
- Haala N., 2009. Comeback of digital image matching. Photogrammetric Week 2009, Wichmann Verlag, Heidelberg, 289-301.
- Haala, N., Rothermel, M., 2012. Dense Multi-Stereo Matching for High Quality Digital Elevation Models. PFG Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation Jahrgang, 2012 Heft. Vol. 4 (2012), p. 331-343.
- Manta, V., França, P., Gonçalves, J.A., 2011. Planta Topográfica da cidade de Coimbra – 1932/1934. Contributo para a história da cartografia obtida por fotografia aérea. Actas do IV Simpósio Luso-Brasileiro de Cartografia Histórica. Porto, Nov. 2011.
- Redweik, P., Roque, D., Marques, A., Matildes, R., Marques, F. 2010. Triangulating the Past – Recovering. Portugal's Aerial Images Repository. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 76, No. 9.
- Silva, H., Valério, M., Patrício, P., Martins, P., Silva, M., Furtado, D., 2018. Webfototeca – pesquisa e visualização do espólio de fotografia aérea histórica da Direção-Geral do Território. IX Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia.