

Levantamento Fotogramétrico e Integração de Informações para Monumentos Arquitetônicos: Estado da Arte

Profª. Simone da Silva, MSc. ¹

Prof. Dr. Quintino Dalmolin ²

UFPR - Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Centro Politécnico - Jardim das Américas - Curitiba - Paraná
CEP 81531-990 - Tel. (041) 361-3153
Setor de Ciências Exatas - Departamento de Desenho
Cx. Postal 19081 - Tel. (041) 361-3039/361-3090 - Fax (041) 267-4236

¹ ✉ moni@cce.ufpr.br

Setor de Tecnologia - Departamento de Geociências
Cx. Postal 19011 - Tel. (041) 361-3148

Conteúdo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introdução 2. Fotogrametria arquitetônica <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Levantamentos arquitetônicos no Brasil 3. Classificação de levantamentos de monumentos históricos <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Levantamentos rápidos e relativamente simples 3.2 Levantamentos precisos <ol style="list-style-type: none"> 3.2.1 Aplicações dos levantamentos precisos 3.3 Levantamentos muito precisos 4 Levantamentos fotogramétricos <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Restituição fotogramétrica 4.2 Fotografia retificada e ortofoto 4.3 Videogrametria 5. Informação não gráfica e banco de dados 6. Considerações finais 7. Bibliografia consultada
-----------------	---

Resumo: *Resumo: Muitos trabalhos relacionados à conservação e restauração de monumentos, sejam eles arquitetônicos, arqueológicos ou históricos, têm mostrado a importância e a aplicabilidade da fotogrametria na elaboração da documentação geométrica (dados gráficos). Esta documentação é uma das aplicações da fotogrametria com finalidade não topográfica. Além da documentação geométrica, os conservadores e os restauradores necessitam de informações físicas, históricas e semânticas dos monumentos, denominadas de informações não gráficas. O presente trabalho mostra o estado da arte da fotogrametria arquitetônica, as técnicas fotogramétricas (restituição, videogrametria e ortofotos) que estão sendo utilizadas para a obtenção da documentação geométrica e sobre banco de dados e integração de informações.*

Palavras chaves: *Fotogrametria, arquitetura*

Abstract: *Many works related to withs the preservation and restoration of monuments, be them architectural, archaeological or historical, it have shown the importance and the aplicability of the photogrammetry in the elaboration of the geometric documentation (graphic data). This documentation is one of the photogrammetry applications with non topographical purpose. Besides the geometric documentation, the preservators and the restorers need physical, historical and semantics information about the monuments, denominated non-graphics information. The present paper shows the art states of the architectural photogrammetry, the photogrammetric technics (restitution, videogrammetry and orthophotos) that are being used for obtaining the geometric documentation in database and integration of the information.*

Keywords: *Photogrammetry, architecture*

1. Introdução

O inchaço das grandes cidades, conseqüência de um crescimento acelerado e desordenado, resulta em medidas de ampliação do espaço urbano, gerando portanto, especulação imobiliária, o que pode representar ameaça ao patrimônio urbano, seja ele ambiental ou arquitetônico.

Muitos países tem revelado suas preocupações com respeito à preservação de sua cultura, o que implica, entre outros fatores, na conservação e restauração dos monumentos arquitetônicos. A conciliação entre a preservação do patrimônio com o desenvolvimento regional tem sido objetivo de vários projetos urbanísticos pois eles possuem valor econômico e podem ser considerados como instrumentos de progresso.

O Conselho Internacional de Monumentos e Sítios - ICOMOS, na sua 8ª Assembléia Geral recomenda que cada país constitua um arquivo fotogramétrico de seus monumentos e sítios, por considerar a fotogrametria como o principal e mais avançado método para levantamento de monumentos históricos. Ela mostra-se útil e eficaz em levantamentos arquitetônicos pois reduz o custo do levantamento de campo e facilita a execução dos desenhos. O retorno ao campo para a obtenção de novos dados, muito comum no levantamento tradicional, é eliminado devido a fotografia conter todas as informações necessárias para a representação gráfica.

A fotogrametria é sem dúvida um método rápido de obter informações confiáveis, uma vez que a própria fotografia se constitui um documento. Outra vantagem está relacionada ao não contato com o objeto (monumento), pois a fotogrametria é um método de medição indireta.

Outras questões como seletividade e homogeneidade também são características positivas da fotogrametria, nas quais se aumentam a qualidade e confiabilidade das informações pois todos os pontos, elementos e detalhes são extraídos das imagens com a mesma precisão, sem hierarquização de importância ou precisão.

2. Fotogrametria arquitetônica

O uso da fotogrametria surgiu como opção para levantamentos arquitetônicos por volta de 1840. As primeiras experiências, porém, só começam a aparecer dez anos após, sendo que o primeiro levantamento foi desenvolvido por Albrecht Meydenbauer no ano de 1867, quando foi introduzido o termo "fotogrametria arquitetônica".

O método utilizado por Meydenbauer foi o de interseção gráfica sendo utilizado por uns 60 anos pelo "Messbildanstalt" (organização fotogramétrica alemã para levantamentos de monumentos históricos). No início do século 20, a utilização de métodos estereofotogramétricos e de retificação de fotografias começam a se intensificar, porém ainda não em aplicações arquitetônicas. Em 1910 a Sociedade Internacional de Fotogrametria incentiva o uso da estereofotogrametria para levantamentos de monumentos. A comunidade de arquitetos ainda não mostra interesse.

Após a 2ª Guerra Mundial a conservação de monumentos foi motivada, conduzindo, em 1964, a elaboração da Carta internacional sobre conservação e restauração de monumentos e sítios históricos, conhecida como Carta de Veneza, que considera as obras monumentais como testemunho vivo das tradições de um povo. A manutenção de um monumento passa a ter interesse estético, técnico e histórico.

Vários países começam a institucionalizar programas de manutenção de monumentos históricos, através de organizações nacionais de conservação de patrimônio. A nível internacional existem a UNESCO (Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura) e a ICOMOS (Conselho Internacional de Monumentos e Sítios).

2.1 Levantamentos arquitetônicos no Brasil

O assunto patrimônio histórico começa a ser discutido no Brasil em 1920, quando foi elaborado um anteprojeto de lei de defesa do patrimônio artístico, em especial dos bens arqueológicos, sendo que em 1923 a Câmara dos Deputados propõe a criação de uma Inspeção de Monumentos Históricos.

No ano de 1934 organizou-se o Serviço de Proteção aos Monumentos e às Obras de Arte Tradicionais junto com a nova Constituição Brasileira, que em seu artigo 148 dispõe: "Cabe à União, aos Estados e aos Municípios ... proteger os objetos de interesse histórico e o patrimônio artístico do país."

Em 1937 é criado o Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - SPHAN, sendo em 1946 transformado em instituto (IPHAN). Em 1976 o IPHAN é reestruturado e descentralizado em nove Diretorias Regionais e sete grupos de museus e casas históricas. Em 1979 foi criada a Secretaria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - SPHAN como também a Fundação Nacional Pró-Memória, entidade incumbida de executar a política da SPHAN. Em 1981 foi criada a Secretaria da Cultura do MEC, sendo que a SPHAN tornou-se uma Subsecretaria subordinada ao novo órgão.

Em 1986, com a criação do Ministério da Cultura, restabelece-se a Secretaria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional e em 1987 sobe para onze o número de Diretorias Regionais.

Com relação as atividades atualmente desenvolvidas pelo IPHAN, no início de 1998 foi estruturado um Plano Global de Ação, tendo como temas centrais as comemorações dos 500 anos do descobrimento do Brasil e do centenário de Rodrigo Melo Franco de Andrade, criador do SPHAN (Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional). Tal plano envolve todas as unidades da instituição e está organizado em programas interdepartamentais, sendo um deles o Programa de Preservação do Patrimônio Cultural.

3. Classificação de levantamentos de monumentos históricos

Durante o colóquio realizado pela ICOMOS, em 1968, efetuou-se o estudo de agrupamento de necessidades e exigências para levantamentos e representações de monumentos. Este estudo conduziu a formação de três grupos de levantamentos fotogramétricos para monumentos: a) levantamentos rápidos e relativamente simples; b) levantamentos precisos; e c) levantamentos muito precisos.

3.1 Levantamentos rápidos e relativamente simples

Este grupo de levantamento engloba os estudos preliminares, inventários, estudo da história da arte, entre outros. A precisão requerida é de 5 cm, sendo que a representação gráfica é efetuada na escala de 1:100 ou 1:200. A representação envolve as linhas arquitetônicas principais, em elevações e seções verticais. Normalmente são empregadas câmaras fotográficas de pequeno formato ou as estereométricas, e o método de retificação é muito usado devido a sua simplicidade, rapidez e baixo custo. As fotografias retificadas são utilizadas para a obtenção do desenho, através da seleção das linhas arquitetônicas desejadas.

3.2 Levantamentos precisos

As exigências mais gerais dos arquitetos e historiadores da arte pertencem a este segundo grupo, que engloba os levantamentos de conservação do patrimônio, administrado por organizações oficiais. A escala da representação gráfica é normalmente de 1:50, com precisão de 1 a 2 cm. Para edifícios grandes a escala preferida é de 1:100, porém para os detalhes utiliza-se as escalas 1:20 ou 1:10.

O levantamento envolve representações de fachadas exteriores e de paredes interiores, seções horizontais e verticais, plantas, desenho de abóbadas ou tetos. Para expressar a forma de superfícies curvas, abóbadas ou cúpulas utiliza-se curvas de nível. Quanto a aquisição de dados, esta deve ser planejada e organizada "In loco". Geralmente envolve pares de fotografias horizontais, verticais ou inclinadas. As fotografias são tiradas a partir do solo, de andaimes, construções vizinhas ou de uma plataforma montada. Em casos excepcionais utiliza-se helicópteros. Operações de campo são necessárias e incluem a determinação dos elementos de controle, limitados em medidas de distância para referência vertical e horizontal. Quando um número grande de pares fotográficos for necessário, utiliza-se métodos topográficos para determinação de coordenadas de pontos de controle para efetuar uma fototriangulação.

Para levantamentos precisos a retificação não é muito usada, devido a precisão exigida por tais levantamentos, exceto para murais de superfícies planas, janelas e vitrais, mosaicos e fachadas em baixo relevo. A ortofoto tem interessado pesquisadores, porém sua utilização tem sido limitada para aplicações em pinturas e mosaicos em cúpulas ou para superfícies decorativas.

3.2.1 Aplicações dos levantamentos precisos

A variedade de aplicações de levantamentos precisos para monumentos é grande, sendo dividida em seis diferentes grupos. O primeiro destes grupos corresponde a análise de monumentos, onde as linhas arquitetônicas são levantadas para a compreensão do monumento, colaborando para o entendimento da sua estrutura e sua concepção global. Além dos detalhes da arquitetura, materiais de construção e decoração são freqüentemente detalhados em mapas para aumentar a compreensão de particularidades técnicas e estilísticas.

O segundo grupo corresponde as operações de conservação e restauração, que ocupam o primeiro lugar nos programas de levantamentos fotogramétricos. Nestes levantamentos são registrados todas as linhas arquitetônicas e materiais de construção, sendo freqüentemente indicadas as rachaduras e deformações. A restituição fotogramétrica se mostra muito útil a este grupo de levantamento, dando à representação alta precisão, permitindo a determinação da inclinação de paredes e pilares, a falta de paralelismo, o perfil de arcos e formas das abóbadas, assim como o estudo de outros elementos que conduzem a uma análise das estruturas.

O levantamento de monumentos históricos corresponde ao terceiro grupo de aplicação, sendo muito incentivado pelas campanhas da UNESCO para salvaguardar o patrimônio arquitetônico. O levantamento consiste em gerar uma documentação de caráter geral para atender as necessidades de centros de manutenção, sendo utilizado em estudos históricos ou em restaurações do todo ou parte do monumento.

Um exemplo deste tipo de levantamento foi realizado no trabalho de valorização dos Remanescentes da Igreja de São Miguel Arcanjo, no Rio Grande do Sul. Tal levantamento teve como objetivo representar e analisar graficamente as características físicas do monumento, os processos de degradação assim como documentar as diversas intervenções que o mesmo sofreu ao longo de sua história. A maior parte do levantamento foi efetuado por métodos topográficos. A fotogrametria restringiu-se ao levantamento da frontaria e da torre. A representação gráfica identificou além dos elementos componentes das superfícies dos maciços, suas fraturas, lacunas e desníveis.

O quarto grupo envolve o desenvolvimento de fachadas, caracterizado por levantamentos sistemáticos das edificações de uma rua, quadra ou centro histórico. Este levantamento é obtido por estereofotogrametria ou por retificação de imagem.

A decoração de monumentos se caracteriza como o quinto grupo de aplicações. O levantamento para este grupo consiste na representação gráfica em casos excepcionais, motivados pela estrutura ou por análise histórica. Geralmente utiliza-se fotografias retificadas ou ortofotos. A decoração deve ser representada quando faz parte essencial da arquitetura, como por exemplo o relevo na arquitetura barroca. A representação gráfica apresenta problemas se a escultura é muito detalhada ou se representada em alto relevo (problemas de escala, contorno aparente, planos de referência, etc.).

O sexto grupo corresponde aos levantamentos arqueológicos, nos quais as fotografias retificadas ou as ortofotos se mostram de grande valor.

3.3 Levantamentos muito precisos

Os projetos que pertencem a este grupo são em menor número que os projetos envolvidos nos levantamentos precisos ou mesmo nos levantamentos rápidos. A precisão requerida para levantamentos muito precisos fica em torno de 1 mm, chegando em alguns casos a 0,1 mm. A aplicação destes levantamentos está na representação dos elementos esculpidos (estátuas ou decorações) ou ainda em objetos arqueológicos ou de arte. Um dos objetivos dos levantamentos precisos em monumentos é o monitoramento periódico da degradação.

4 Levantamentos fotogramétricos

4.1 Restituição fotogramétrica

O produto da restituição é denominado de original fotogramétrico. Este original pode ser obtido através de métodos estereoscópicos ou monoscópicos. O método de estereorestituição é baseado na utilização simultânea de duas fotografias de um mesmo objeto, porém, obtidas com centros de perspectiva diferentes. Estas fotografias devidamente combinadas produzem a sensação da visão tridimensional, resultado de uma ilusão ótica. O método de monorestituição pressupõe a solução do problema em uma única fotografia, sendo necessários seus dados de orientação e a forma de representação do relevo fotografado.

A estereorestituição é um dos métodos fotogramétricos mais utilizados em levantamentos arquitetônicos, como pode ser observado em "PAROS: un système d'information pour l'architecture" de L. Baratin, G. Folloni e J. P. Saint Aubin; "Numerical inventory of architectural objects" de J. Orlińska e R. Preuss; e "The CIPA - O. Wagner Pavilion - Test" de A. Almagro, P. Patias e P. Waldhäusl, todos publicados no *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, de 1996.

A utilização de métodos monoscópicos também tem sido objeto de estudo para utilização em fotogrametria arquitetônica, como apresentado em "*Low cost surveying systems in architectural photogrammetry*" de M. Fellbaum (publicado no *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 1994). Este artigo mostra um estudo de vários novos sistemas de medição estereoscópicos e monoscópicos disponíveis no mercado.

4.2 Fotografia retificada e ortofoto

A retificação consiste em transformar fotografias inclinadas em verticais. A necessidade de retificação de fotografias vem pelo fato da superfície fotografada não se apresentar plana, o eixo principal da câmara não se encontrar exatamente vertical e por ser desconhecida a exata distância ao objeto fotografado.

Em uma ortofoto, as imagens dos objetos são apresentadas em um sistema de projeção ortogonal, ao contrário de uma fotografia, que é concebida em um sistema de projeção cônico. O centro perspectivo é deslocado para o infinito, portanto, todos os raios projetantes são paralelos entre si e ortogonais ao plano da fotografia, sendo então válidas todas as propriedades das projeções cilíndricas.

A ortofoto é vista com bons olhos perante a comunidade de arquitetos, devido aos detalhes nela representados. Alguns sistemas de ortofotos direcionados para representação de monumentos arquitetônicos podem ser observados em "Digital orthophoto-system for architecture representation" de Rainer Pallasko, Werner Marten e Landolf Mauelshagen e "Digital orthoimagens in architectural photogrammetry using digital surface models" de Albert Wiedemann, (publicados respectivamente no *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 1994 e *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 1996).

4.3 Videogrametria

Na videogrametria, assim como na fotogrametria convencional, é necessário o planejamento da tomada das fotografias, seleção de pontos de apoio e fototriangulação. A vantagem da videogrametria é a não necessidade do cálculo do intervalo de tempo na tomada das imagens, pois esta operação segue em um processo contínuo na obtenção das mesmas. O método de videogrametria é considerado novo, se comparado com a fotogrametria, porém já tem apresentado bons resultados para a representação de feições arquitetônicas.

Técnicas de videogrametria já tem sido utilizadas para fins de restituição arquitetônica, como pode ser observado no artigo "Contribuion of videogrammetry to the architetural restitution" de P. Patias e Streilein (publicado no *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 1996), que mostra como principais vantagens da videogrametria o baixo custo, o uso universal, a portabilidade, a não necessidade de equipamentos especiais, além de ser um meio barato para armazenar grande quantidade de dados. A videogrametria, porém, apresenta baixa resolução, limitação no número de detalhes mensuráveis e instabilidade geométrica.

5. Informação não gráfica e banco de dados

Além da representação gráfica dos monumentos, a Carta de Veneza recomenda que informações descritivas adicionais também sejam documentadas, ou seja que se elabore um banco de dados sobre o monumento. Este banco de dados é composto portanto de informações gráficas (ou geométricas) e informações não gráficas (descritivas). Um banco de dados corresponde a uma coleção de informações sobre vários fenômenos e suas correlações, e os itens armazenados precisam ter a possibilidade de serem acessados e analisados.

O objetivo de armazenar e manter informações em um banco de dados é o de relacionar fatos e situações que foram previamente selecionadas e separadas. Isto pode consistir apenas de uma simples recuperação de informação ou de uma intensa operação de processamento no qual relações múltiplas de dados são avaliadas.

O primeiros sistemas de banco de dados surgiram para atender a uma série de funções bem definidas usando uma área de informações bem específica. A informação era guardada em um ou mais arquivos digitais que estavam disponíveis a programas de banco de dados idealizados por um projetista. Estes sistemas apresentavam algumas desvantagens uma vez que cada programa precisava acessar diretamente cada arquivo por ele exigido. Isso fazia com que o programa precisasse saber como estavam armazenadas as informações em cada arquivo de dados, criando redundâncias consideráveis, uma vez que as instruções de acesso aos bancos de dados precisavam estar presentes em cada programa.

Outro problema aparece quando os dados são compartilhados por programas diferentes e acessados por usuários também diferentes. Se os arquivos puderem ser acessados e modificados por vários programas e usuários, deverá então, existir algum tipo de controle sobre o todo, que indique quais usuários terão acesso e a quais arquivos de dados e que modificações eles poderão fazer. A falta de um controle central poderá afetar a integridade do banco de dados seriamente, sendo esta integridade uma questão crítica. Informações de qualidade duvidosa podem ser piores que não dispor de nenhuma informação.

Para solucionar a questão da integridade foram criados sistemas de gerenciamento de dados (SGBD), que consistem em programas que tem por função manipular e manter os dados, controlando o compartilhamento dos dados de forma ordenada. Um dos grandes benefícios do SGBD é que ele promove a independência dos dados. Isso significa que o programa aplicativo não precisa saber como os dados estão fisicamente armazenados pois todo acesso aos dados é executado via SGBD. O programa aplicativo envia o comando ao SGBD, que recebe e reenvia os dados no formato que o aplicativo precisa.

Uma representação gráfica de um objeto consiste em um conjunto de pontos, linhas e polígonos que estão posicionados com referência a um sistema de coordenadas pré-definido, deve possuir sempre uma legenda para promover a ligação das feições gráficas com as não gráficas (atributos). Os dados não gráficos são denominados também de atributo da feição gráfica, como por exemplo o tipo de revestimento de uma superfície do monumento. Além do atributo, uma feição gráfica é caracterizada também por sua posição espacial, relação espacial e pela variável tempo.

As feições gráficas de um objeto podem ser representadas através de suas coordenadas e os dados descritivos (atributos) podem ser organizados em uma série de registros em uma tabela. É necessário, portanto, prover um modo que permita ligar as feições gráficas e seus atributos. A integração é a denominação do processo que permite que diferentes fontes de dados sejam integradas dentro de um sistema de informações. Não é caracterizada como um processo trivial ou direto, sendo considerada como o coração de um sistema de informações.

6. Considerações finais

O levantamento fotogramétrico e o levantamento da documentação não gráfica são considerados como passos fundamentais a serem efetuados antes de qualquer trabalho de restauração, conservação ou revitalização de monumentos arquitetônicos, sítios arqueológicos ou de objetos de arte.

O processo de levantamento deve documentar de forma objetiva o caráter autêntico e o estado do monumento, considerando as mudanças ou transformações pelas quais ele passou durante a sua existência. A documentação resultante deve ser completa e detalhada, permitindo a análise correta de suas condições, de modo a servir de base para qualquer tipo de ação (conservação, restauração, relocação, revitalização ou intervenção).

7. Bibliografia consultada

ALMAGRO, A.; PATIAS, A.; WALDHÄUSL, P.: The CIPA "O. Wagner Pavillion" test. *In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.* Vienna, 1996. Pag. 463-470.

BARATIN, L.; FOLLONI, G.; SAINT AUBIN J. P.: PAROS: un système d'information pour l'architecture. *In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.* Vienna, 1996. Pag. 28-32.

DAL POZ, A. P.: Monorestituição: uma nova solução. *In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Cartografia.* São Paulo, 1991. Pag. 269-274.

FELLBAUM, M.: Low cost surveying systems in architectural photogrammetry. *In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.* , 1998. Pag. 771-776.

Fundação Nacional Pró-Memória. Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. n. 21/1987.

KARARA, H. M. (Editor): **Non-topographic photogrammetry.** *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.* Falls Church, Virgínia, 1989, 445 p. 2ª Edição.

MAGRO, F. H. S.: Videogrametria. *In: Cartografia e Cadastro.* Instituto Português de Cartografia e Cadastro, Lisboa, Dez. 1995, nº 3. Pag. 35-40.

Orlińska, J.; Preuss, R.: Numerical inventory of architectural objects. *In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.* Vienna, 1996. Pag. 438-442.

PATIAS, P.; STREILEIN, A.: Contribution of videogrammetry to the architectural restitution - results of the CIPA "O. Wagner Pavillion" test. *In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.* Vienna, 1996. Pag. 457-462.

SEIXAS, J. J. de.: *Retificação de fotografias.* Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1980.