

COMPARAÇÃO DE GERAÇÃO DE MODELOS TRIDIMENSIONAIS USANDO LASER SCANNER TERRESTRE E RESTITUIÇÃO FOTOGRAMÉTRICA MONOCULAR

Prof. Dr. Jorge Silva Centeno¹
Juliana Dias Wutke²
Ana Paula Baungarten Kersting³

1 UFPR - Departamento de Geomática, centeno@ ufpr.br

2 UFPR - Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, judias@ ufpr.br

3 LACTEC - Depto. de Informações Georreferenciáveis/UFPR - Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, anapaula@lactec.org.br

RESUMO

Para a documentação do patrimônio cultural de uma cidade, existe grande interesse em documentar a arquitetura dos prédios históricos. Para esta tarefa, a fotogrametria e, mais recentemente, a tecnologia de varredura a laser tornam-se ferramentas muito úteis. Neste artigo é apresentada uma comparação entre estas duas metodologias de documentação da geometria de uma construção com características peculiares. Trata-se de um prédio circular, um antigo paiol. Para isto, foi efetuada a varredura a laser usando um laser scanner terrestre e fotografias digitais foram restituídas usando o programa *Photomodeler*, baseado na restituição monoscópica a partir de fotografias convergentes. Os resultados são apresentados e discutidos no artigo.

Palavras chaves: laser scanner, fotogrametria, patrimônio histórico.

COMPARISON OF GENERATION OF THREE-DIMENSIONAL MODELS USING LASER TERRESTRIAL SCANNER AND RESTITUTION FOTOGRAMÉTRICA MONOCULAR

ABSTRACT

For the documentation of the cultural heritage of a city, the documentation of the architecture of the historical building is one of the main topics of interest. For this purpose, photogrammetry and, more recently, laser scanner technology proved to be useful tools. In this article a comparison between the use of these two methodologies for the documentation of the geometry of a building with peculiar characteristics is presented. The object is a circular building. A terrestrial laser scanner was used to scan the building from angles and digital photographs had been restituted using Photomodeler, a program based on the monoscopic restitution from convergent photographs. The results are presented and discussed..

Keywords: laser scanner, photogrammetry, historical heritage.

1 INTRODUÇÃO

Informações geométricas sobre edifícios existentes, ou até inexistentes mas de relevância cultural, em plantas ou sob forma de modelos digitais são relevantes para muitas finalidades, como por exemplo para o planejamento, a preservação e a reconstrução do patrimônio cultural. Lastimosamente, muitas construções de valor cultural não contam com a devida documentação, pois as plantas originais foram perdidas, ou nunca existiram, ou o prédio sofreu inúmeras alterações desde o projeto original, sendo elas não documentadas. A preservação de construções típicas e prédios públicos com características arquitetônicas representativas é uma preocupação atual, que esbarra nas limitações econômicas e falta de políticas de preservação. Uma das estratégias para a eficiente preservação do patrimônio cultural é a documentação dos prédios para apoiar futuras ações de restauração.

Este problema é de escala mundial. Recentemente, esculturas históricas foram destruídas no Afeganistão em função de uma decisão política do grupo governante, como aponta o relatório mundial do ICOMOS 2002-2003 "herança em risco 2002/2003" (ICOMOS, 2003). Da mesma maneira, o risco de

perda é constatado em todo o planeta, incluindo o Brasil. No Brasil, em particular, os esforços orientados à preservação são, muitas vezes, insuficientes, devido ao elevado número de monumentos. O país, de dimensões continentais e afligido por problemas econômicos e sociais, presencia um quadro particularmente alarmante, em relação à preservação de seu patrimônio, embora existam esforços para a preservação. A elevada taxa de expansão urbana, fruto da concentração da atividade econômica nos grandes centros, aliada à precária situação em que se encontram certas construções no centro das cidades, são responsáveis pela substituição dos mesmos por prédios mais modernos e mais rentáveis. Esta preocupação se aplica não somente a prédios isolados, mas, como a Carta de Veneza (ICOMOS, 1964) salienta, deve ser estendida também ao meio ambiente no qual elas se localizam, de maneira a preservar o conjunto. No seu artigo segundo, a mesma carta salienta que "na preservação e restauração dos monumentos devem ser aplicados os recursos de todas as ciências e técnicas que possam contribuir ao estudo e proteger da herança arquitetônica".

Atualmente dispõe-se de tecnologia suficiente para a documentação da maioria das construções, a busca, no entanto, não para, pois a necessidade de encontrar métodos baratos e cada vez mais eficientes fundamenta a pesquisa e o desenvolvimento de alternativas. Entre os métodos tradicionais de levantamentos encontram-se aqueles que empregam equipamentos conhecidos como teodolitos e distanciômetros eletrônicos para documentação de um objeto. Estes métodos oferecem grande precisão, mas demandam muito tempo de trabalho em campo, bem como experiência no manuseio dos equipamentos. A fotogrametria terrestre é uma alternativa interessante que comprovou sua viabilidade. Estudos como Gomes et al. (1999) e Borges e Borges (1999) comprovam que o uso de câmeras digitais ou analógicas e métodos de restituição fotogramétrica são ferramentas que permitem agilizar o processo de documentação, reduzindo o trabalho de campo. Recentemente, alternativas mais modernas encontram-se disponíveis. Entre elas se destaca o uso da varredura a laser, também conhecida como laser scanner terrestre. Neste caso, trata-se da tecnologia de digitalização tridimensional usando um feixe laser que é direcionado aos objetos e permite capturar, visualizar e modelar tridimensionalmente cenas complexas com rapidez e alta precisão, cujas vantagens ganham reconhecimento em situações onde a restituição fotogramétrica pode ser mais morosa.

Este trabalho tem a finalidade de comparar o uso destas duas alternativas: a restituição fotogramétrica, baseada na restituição monocular, e a varredura a laser em uma situação particular, que é a documentação de um prédio circular, onde a identificação de superfícies planas é difícil. A comparação de métodos fotogramétricos e laser scanner é tema atual de literatura (Tommaselli, 2003; Baltsavias, 1999). No entanto, a discussão se concentra em restituição estereoscópica, de custo maior e maior complexidade em termos práticos, pois depende da perícia do operador. Neste caso, um método barato, de restituição monocular é utilizado.

2 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo desta comparação é o Teatro Paiol, na cidade de Curitiba. Este prédio foi construído em 1874 e foi inicialmente utilizado como paiol de pólvora. A construção se destaca por suas características arquitetônicas romanas. Trata-se de um antigo depósito de pólvora, de construção circular que foi desativado pelo Exército do Brasil. Em 1971 este velho arsenal foi recuperado e, mantendo as características da construção original, foi reformado para abrigar um teatro em formato de arena com 225 lugares. Este teatro, denominado Teatro Paiol, foi inaugurado em 1971 e faz parte dos atrativos turísticos da cidade de Curitiba.

3 LASER SCANNER TERRESTRE

O laser scanner terrestre é um sistema usado para a determinação da posição tridimensional dos pontos de uma superfície utilizando um sistema de varredura bidimensional. Seu funcionamento baseia-se na utilização de um feixe de laser (LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiance) que é emitido na direção da superfície. Ao atingi-la, parte deste pulso é refletido na direção do sensor, onde o retorno é medido junto com o tempo decorrido entre a emissão do pulso e o registro do retorno. A partir deste tempo de retardo (dt), a distância entre o sensor e o objeto é calculada. Junto com este tempo, a intensidade do retorno também é medida, pois ela oferece informações a respeito das características da superfície naquele ponto.

$$R = c * dt / 2 \quad (1)$$

O sistema de varredura a laser pode ser dividido em três componentes principais: a unidade de medição laser propriamente dita, encarregada de emitir e receber o sinal laser, um sistema de varredura optomecânico e uma unidade de registro de medições de apoio. A unidade de medição laser é responsável pela determinação da distância entre o sensor e a superfície. Para isto existem duas alternativas: o sistema de pulsos e o sistema de onda contínua. O sistema de pulso é o mais usado e se

baseia na emissão e recepção de curtos pulsos de energia. No sistema de pulso, o tempo de retardo (dt) é medido em relação a um ponto determinado do pulso, por exemplo seu início, como é mostrado na figura 1a. A resolução do sistema de pulso em termos de distância é determinada pelo afastamento e a duração do pulso, ou seja a resolução da medida do intervalo de tempo:

$$DR = c * Ddt / 2 \quad (2)$$

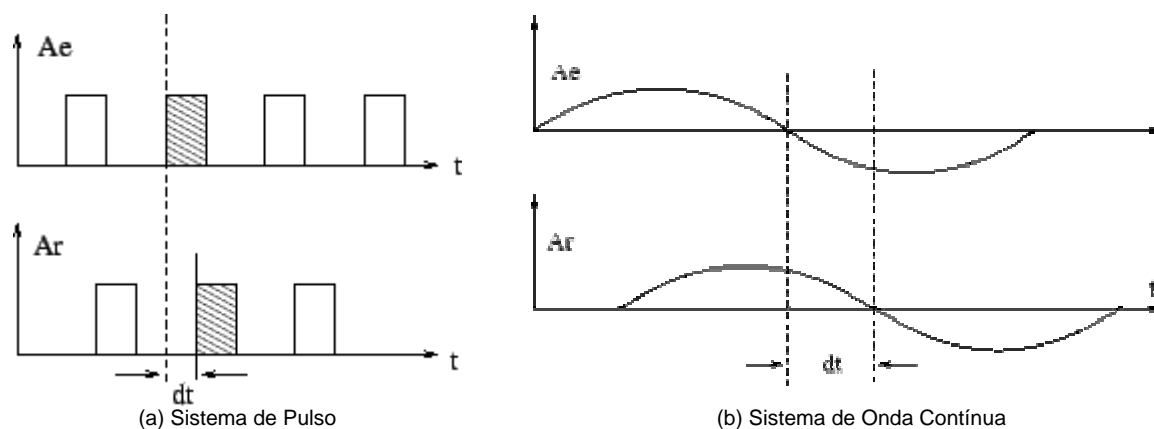


Figura 1 - Princípio de Medição de Tempo no Sistema Laser Scanner (Adaptado de Wehr & Lohr [1999])

No sistema de ondas contínuas, o intervalo entre a emissão e registro do retorno é determinado calculando a defasagem da onda de retorno em relação à onda emitida, como mostra a figura 1b. O intervalo entre a emissão e o registro do retorno é diretamente proporcional à diferença de fase (f) entre a onda emitida e a recebida. Sendo conhecido o período "P" da onda, o intervalo entre os dois eventos (emissão e recepção) pode ser calculado (Baltsavias, [1999b]). Conhecendo-se a diferença de fase, a distância (range) pode ser determinada como:

$$R = (f * c) / (4 * p * f) \quad (3)$$

A resolução do sistema em termos de distância é determinada pela resolução da medida do intervalo de tempo:

$$DR = (Df * c) / (4 * p * f) \quad (4)$$

Na varredura a laser, o feixe deve ser direcionado a vários pontos do objeto com o objetivo de cobrir uma faixa. O sistema de varredura é diferente em função do fabricante. Os mecanismos mais conhecidos são o uso de espelhos móveis, que produzem linhas paralelas ou em zig-zag, e o espelho em forma de polígono rotatório, que produz linhas paralelas.

No processo de varredura, a medição de dois ângulos, para cada ponto, é condição necessária para o cálculo das coordenadas dos pontos associadas a cada pulso captado. Como mostra a figura 2, o ângulo horizontal e o ângulo vertical (a e b), junto com a distância medida pelo feixe e a posição do sensor possibilitam determinar a coordenada de cada ponto varrido. Quando não é necessário amarrar as medições a um sistema de referência, a posição exata do sensor em cada tomada não é necessária, sendo o modelo ajustado para uma posição relativa. A determinação dos ângulos é feita pelo sistema durante a varredura. A variação em termos de linhas permite determinar o ângulo vertical (b) enquanto a variação em termos de colunas é associada ao ângulo horizontal instantâneo (a).

Para a realização do levantamento foi utilizado o equipamento de varredura a laser ILRIS-3D da empresa canadense Optech. Da mesma forma que um distanciômetro eletrônico ou uma estação total, este equipamento é portátil e montado sobre um tripé. Uma câmara digital foi acoplada ao corpo do varredor, o que permite obter uma imagem digital colorida do mesmo ponto de vista. A distância operacional do equipamento varia tipicamente de 3 a 350 m, sendo que pode-se ter alcances de até 1 km. Os dados são coletados a uma taxa de repetição do pulso laser de 2000 Hz e são armazenados em uma unidade de memória interna removível do tipo Compact Flash.

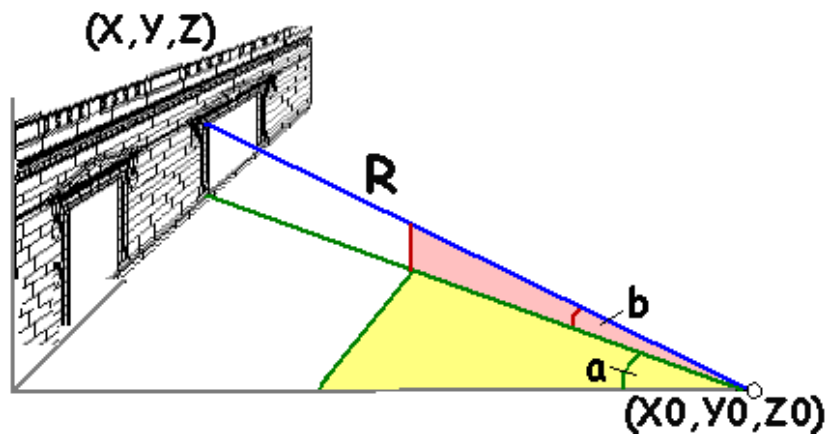


Figura 2 - Geometria da Varredura Laser

Foram realizadas 9 tomadas em pontos diferentes. Teoricamente seriam necessárias apenas 4 tomadas para que todo objeto fosse mapeado. No entanto, o número de tomadas foi aumentado em função da impossibilidade de colocar o equipamento a uma distância suficiente para um recobrimento adequado devido à largura das ruas adjacentes e a presença de obstáculos no campo de visão. A figura 3 mostra um exemplo da área coberta por uma única tomada. Nela, as partes visíveis desde o ponto de tomada aparecem em tons de cinza. Nota-se que outros objetos, como a vegetação e o piso também são registrados.

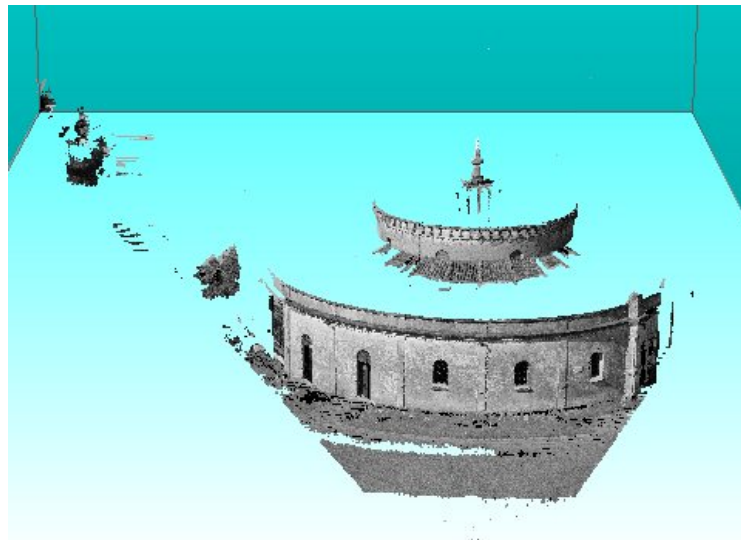


Figura 3 – Exemplo de Faixa Coberta por uma Varredura

Após o levantamento, os dados tridimensionais foram processados para gerar o modelo tridimensional do objeto. Quando as estações encontram-se associadas a um referencial, o modelo gerado está referenciado a este sistema. No caso apresentado aqui, não foi fixado um referencial, motivo pelo qual o resultado encontra-se num referencial local. No entanto, as dimensões do objeto encontram-se na escala 1:1, ou seja, o posicionamento relativo das estações não afeta a medição de distâncias nem a determinação da posição relativa dos pontos medidos.

Finalmente, o último passo é a geração do modelo tridimensional para visualização. Para isto, existem três alternativas. Na primeira, o modelo pode ser visualizado apenas como uma superfície sem textura. A segunda opção é usar os dados da intensidade do retorno como textura. Esta opção permite uma representação mais realista do objeto, porém a informação espectral proveniente do laser scanner é muito pobre, motivo este que desestimula a utilização deste dado. A melhor alternativa é o uso da imagem fotográfica obtida durante o levantamento. Neste caso, as diferentes fotografias devem ser processadas de forma a diminuir a diferença de iluminação e contraste entre as mesmas. Depois, as imagens podem ser sobrepostas ao modelo tridimensional, criando assim uma visão realista do objeto. A figura 4 mostra o resultado da superposição das texturas derivadas das imagens no modelo tridimensional do Teatro Paiol. Na figura, pode-se notar falhas de recobrimento na região inferior do telhado e no telhado superior, devido à falta de tomadas desde pontos elevados, capazes de atingir o

telhado, encoberto pelas paredes nas tomadas ao nível do chão e a árvore localizada na frente do mesmo.

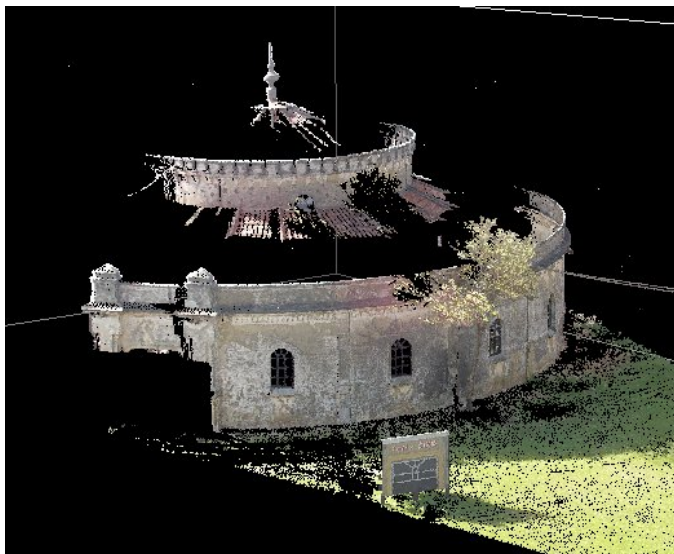


Figura 4 - Fachada Leste do Teatro Paiol

4 RESTITUIÇÃO MONOSCÓPICA

Na segunda etapa do trabalho, fotografias do prédio foram tomadas com a finalidade de efetuar a restituição monocular por técnicas fotogramétricas. Para isto, o local foi novamente visitado e foi feito um reconhecimento inicial da área, visando identificar os melhores pontos para a tomada das fotografias, levando em consideração as características arquitetônicas mais relevantes do prédio, bem como sua forma e tamanho, a largura das ruas adjacentes e a presença de obstáculos em frente ao prédio, como árvores. As fotografias foram adquiridas sem a instalação de plataforma elevada, dificultando a visão de partes mais elevadas, como o telhado. Isto, de certa forma, coincide com a geometria da tomada das medições por varredura a laser. Foi garantida a superposição entre fotografias.

Tratando-se de prédios retangulares, as fotografias utilizadas para a modelação tridimensional podem ser obtidas mantendo-se um ângulo de aproximadamente 90° entre as tomadas. Dessa maneira consegue-se a maior área de sobreposição possível com um número reduzido de fotografias, fazendo com que a quantidade de pontos homólogos seja suficiente. No entanto, no caso da construção circular, optou-se pela aquisição de um número maior de fotografias, pois a curvatura da parede diminui a possibilidade de identificação de pontos.

As fotografias digitais foram importadas para o programa *Photomodeler*, para o processamento, dando início a um projeto dentro deste ambiente. Na tela do computador, foram abertas três fotografias de cada vez, sendo uma perpendicular e duas oblíquas da mesma região da parede, para dar início à marcação de pontos nas mesmas. Os pontos identificados na fotografia perpendicular foram também identificados e marcados nas fotografias vizinhas, para serem posteriormente referenciados, constituindo assim a formação de pares homólogos. A marcação de pontos é altamente dependente da resolução da fotografia, bem como do ângulo de aquisição. Outros fatores que influenciam a identificação dos pontos são a presença de objetos na frente dos mesmos, como árvores, e o próprio formato da parede, circular. Também cabe ressaltar a dificuldade de identificar pontos localizados nos cantos de janelas e portas, num plano atrás do plano da parede, pois estes pontos não são visíveis nas imagens oblíquas.

A geometria da formação dos pontos no plano da imagem é similar àquela apresentada na varredura a laser. A diferença é que, no caso da fotografia não são medidos os ângulos verticais e horizontais, mas eles podem ser calculados, para cada ponto na fotografia, a partir das coordenadas fotogramétricas no espaço bidimensional do plano da imagem (Figura 4). A grande diferença é que o processo fotográfico não resulta na estimativa da distância entre a câmara e o objeto, o que impossibilita a determinação das coordenadas tridimensionais de cada ponto a partir de uma única fotografia.

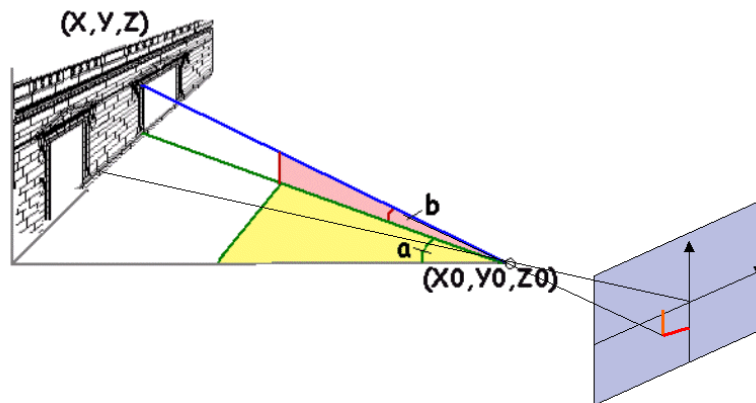


Figura 5 -Projeção dos Pontos no Plano da Imagem

Para a formação do modelo tridimensional é necessário obter as coordenadas dos mesmos pontos em várias fotografias e, através do cálculo da recessão espacial, estimar a orientação exterior das câmaras. O programa *Photomodeler* calcula a recessão espacial utilizando os seguintes dados (Lopez et al. 2003): a quantidade de fotografias, os pontos homólogos assinalados em cada foto e os parâmetros de orientação interna da câmara. Esta etapa trata do ajustamento das observações superabundantes, das coordenadas de imagem (medidas em pixel) obtidas para cada ponto em várias fotografias. O processo é iterativo e ajusta os parâmetros da orientação exterior de cada estação (Figura 6).

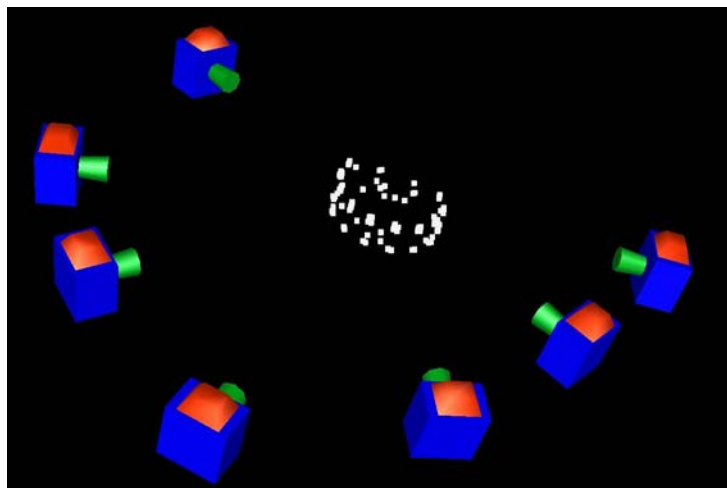


Figura 6 – Orientação Exterior No Photomodeler

Finalizada a orientação exterior (relativa) das fotografias, é possível introduzir novos pontos homólogos no conjunto, os quais são localizados no espaço tridimensional, definido na etapa anterior em função de sua posição em cada fotografia. O programa permite definir, além de pontos, linhas retas ligando dois pontos ou polígonos, através da inserção de vários pontos. Uma grande dificuldade encontrada neste processo foi a carência de pontos em regiões onde os detalhes arquitetônicos são pouco freqüentes (Figura 7). Devido à forma circular da parede, ela foi aproximada por uma série de planos. Esta aproximação é grosseira, mas necessária, pois os pontos identificáveis nas fotografias encontram-se localizados apenas nos pilares que separam trechos da parede exterior. Uma aproximação mais fiel demandaria o uso de marcas pré-sinalizadas aderidas à parede.

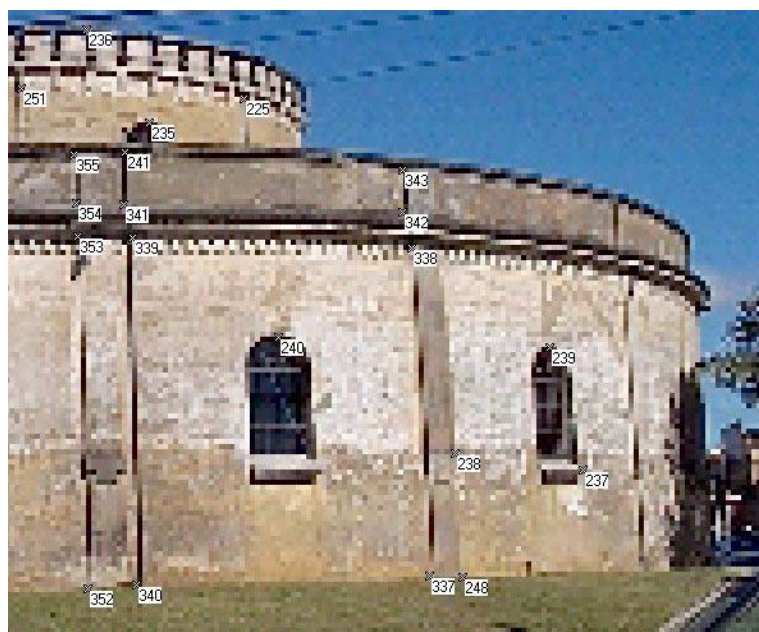


Figura 7 – Marcação De Pontos Em Uma Fotografia

Com a orientação exterior definida e com os pontos homólogos referenciados, foi possível definir superfícies. O programa permite que sejam colocadas as texturas realistas obtidas das fotografias nas superfícies do modelo tridimensional (Figura 8). Nota-se a presença de sombras e até de uma árvore junto a edificação, dificultando assim, a coleta dos pontos de referência utilizados na determinação do modelo tridimensional. O Teatro Paiol possui um formato circular, mas não foi possível a reprodução do modelo tridimensional nesse formato, porque foram utilizados poucos segmentos de reta. Para uma reprodução mais fiel, seria necessária a coleta com um maior número de pontos.



Figura 8 – Modelo Tridimensional Com Texturas Realistas

5 DISCUSSÃO

A comparação entre as duas alternativas aponta vantagens para cada uma delas. Quanto à exatidão, o método baseado na varredura a laser mostra ser superior, pois permite a descrição da curvatura do objeto com eficiência. Já a restituição monocular do objeto curvo torna-se difícil em função da falta de pontos identificáveis no meio da parede. Isto pode ser contornado usando pontos pré-sinalizados. Como o processo fotogramétrico demanda a identificação de detalhes em mais de uma fotografia, a área coberta por cada uma delas deve ser relativamente grande, o que restringe a aproximação da câmara para obter maior exatidão. Esta restrição pode ser contornada, em parte, pelo aumento da resolução da fotografia.

A identificação de pontos nas fotografias não é uma tarefa trivial, embora a princípio assim pareça. Os pontos devem ser identificados e marcados em detalhes bem definidos em pelo menos duas fotografias. Como se trata de fotografias convergentes, isto exclui pontos localizados em planos mais distantes do que a parede, como bordas de janelas e portas, bem como regiões de textura uniforme. Usando a varredura a laser, a textura da parede pode se tornar um fator limitante, quando o objeto apresenta superfícies cobertas por vidro. Neste caso, o feixe pode atravessar o objeto e ser refletido por objetos localizados no interior do prédio. No caso do teatro do paiol, isto ocorreu nas janelas, onde o

retorno foi causado por uma parede interior. Soma-se a isto a possibilidade de reflexão especular, que pode ocorrer para superfícies lisas em determinados ângulos de incidência. Além disso, a presença de vegetação na frente do objeto comprovou ser menos grave para a varredura a laser, pois alguns feixes conseguem passar pela vegetação e atingir a parede. Já nas fotografias, torna-se difícil identificar pontos localizados atrás da vegetação. Nas fotografias do Teatro Paiol, por se tratar de uma construção circular, verificou-se o efeito da curvatura do objeto nas fotografias. Devido à curvatura, a localização de pontos nos extremos do objeto tornou-se difícil e uma fonte de imprecisão. Os pontos mais confiáveis encontram-se nas regiões próximas à câmara, que aparecem menos inclinadas em relação ao plano da fotografia. No entanto, como o processo é baseado em fotografias convergentes, o uso de pontos nos extremos é uma necessidade. Isto não é um problema no levantamento a laser, pois o feixe é retornado pelos pontos da parede independentemente de sua forma.

O tempo dedicado à coleta de dados é menor para a fotogrametria, pois a aquisição de dados por varredura a laser com alta densidade é um processo mais demorado. No caso particular do Teatro Paiol, a quantidade de tomadas é quase a mesma, pois em ambos os casos, a câmara foi colocada a uma distância suficientemente grande para cobrir o objeto inteiro. A grande vantagem do uso de laser scanner é o fato do processamento dos dados ser menor, pois as leituras de distância e os ângulos de varreduras são combinados rapidamente para cada tomada e para cada ponto medido. No método fotogramétrico, o tempo necessário para a restituição é muito maior, pois várias etapas devem ser cumpridas, cada uma delas com o respectivo controle de qualidade, como por exemplo a orientação exterior de cada fotografia. Além disso, a identificação dos pontos para a formação do modelo tridimensional é uma tarefa manual, sujeita a erros humanos e depende da qualidade das fotografias, o que, em alguns casos, conduz à repetição do processo para garantir um bom resultado.

Em ambos os casos, as tomadas foram realizadas durante o dia. Por um lado, a fotografia é geralmente feita com iluminação solar, embora seja possível usar também luz artificial, o que é mais caro e torna o trabalho moroso. Já o levantamento por varredura a laser não requer iluminação solar, mas, quando se deseja usar texturas realistas para sobrepor ao modelo tridimensional, fotografias são necessárias. A varredura a laser pode ser efetuada a noite, quando o trabalho é mais fácil, devido à ausência de carros e pessoas atravessando o local. Um especial cuidado deve ser tomado para planejar a tomada de fotografias, pois, dependendo do horário, sombras podem ocorrer na imagem do prédio, dificultando a identificação dos pontos. Além disso, grandes diferenças de iluminação dificultam a representação de um modelo contínuo da superfície, quando se usam as fotografias como textura.

Uma das maiores diferenças entre os dois métodos é a quantidade de dados disponíveis para representar o objeto. O laser scanner apresenta a vantagem de oferecer uma grande quantidade de pontos, efetuando o recobrimento denso da superfície. Por outro lado, isto pode se tornar uma desvantagem, quando a superfície em questão é plana, como ocorre em muitas construções. Neste caso, é verificado um alto grau de redundância, que aumenta com o aumento da densidade de pontos da varredura. A redundância de pontos pode ser contornada usando algoritmos de simplificação de malhas, ou por digitalização manual ou semi-automática de superfícies, em uma etapa posterior.

6 CONCLUSÕES

O artigo descreve o trabalho de coleta de dados tridimensionais e fotografias de um objeto real, um teatro de forma circular, para a geração de um modelo tridimensional com texturas reais. Dois métodos foram comparados, a restituição monocular e a varredura laser. Ambas opções provaram ser ferramentas de grande potencial para a geração de modelos tridimensionais. Do ponto de vista operacional, ambas são de fácil manipulação, demandando um treinamento básico para seu uso pleno. Do ponto de vista de custo, a varredura a laser ainda é muito mais cara que a opção baseada em fotografias digitais, em função do custo do equipamento. Parte deste custo é compensado pela rapidez e exatidão do levantamento. O resultado obtido pela varredura a laser também é vantajoso, pois ele já se encontra em um sistema ortogonal no qual medições podem ser feitas. A restituição monocular e a varredura laser oferecem, assim, grandes vantagens para a documentação de construções do patrimônio histórico e podem ser aplicadas também para a documentação de monumentos ou conjuntos de objetos, imprimindo maior dinâmica a este processo de documentação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALTSAVIAS, E.: A comparison between photogrammetry and laser scanning, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, No 54/1999, p. 83-94.
- BALTSAVIAS, E.: Airborne laser scanning: basic relations and formulas, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, No 54/1999b, p. 199-214.
- BORGES, A.M.L.V.B. e BORGES, P.A. Practical Applications of Architectural Photogrammetry in the documentation of historical buildings and cities - for effective utilization by architects, planners and

heritage preservation professionals, CIPA International Symposium 1999. October 3-6, 1999. Recife/Olinda - PE - Brazil

GOMES, C.J.M. ; PRADO, W.S. ; ERWES, H e KOATZ, G.D. A Photogrammetric Project in Brazil: the Use of the PhotoModeler Software, CIPA International Symposium 1999. October 3-6, 1999. Recife/Olinda - PE - Brazil

ICOMOS: The Venice Charter. http://www.icomos.org/venice_charter.html, 2003.

ICOMOS: Heritage at Risk 2002-2003. <http://www.international.icomos.org/risk/2002/intro.htm>, 2003.

LOPEZ, B.;de ANDRADE J.; CENTENO, J.A.S. e ARAKI, H. Uma Metodologia para Mapeamento Tridimensional de Sítios Históricos Usando Técnicas de Fotogrametria de Baixo Custo. GISBRASIL 2003. <http://www.gisbrasil.com.br/>

TOMMASELLI, A.M. Um Estudo sobre as Técnicas de Varredura a Laser e Fotogrametria para Levantamentos 3d a curta Distância. GEODÉSIA online · 4 / 2003. <http://geodesia.ufsc.br/geodesia-online/Arquivo/2003/04.1/AT2003.htm>.

WEHR, A. e LOHR, U., Airborne laser scanning--an introduction and overview, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, No 54/1999, p. 2-3.