

## A Fotogrametria Digital como Ferramenta ao Planejamento Urbano

Arq. Fabíola Simon Westphal <sup>1</sup>  
 MEng. Luiz Ernesto Renuncio <sup>2</sup>  
 Prof. Dr. Carlos Loch <sup>3</sup>

UFSC - Departamento de Engenharia Civil  
 Lab. De Fotogrametria, Sens. Remoto e Geoprocessamento  
 Campus Universitário - 88040-900 - Florianópolis - SC

<sup>1</sup> ✉ [ecv3fwl@ecv.ufsc.br](mailto:ecv3fwl@ecv.ufsc.br)

<sup>3</sup> ✉ [loch@ecv.ufsc.br](mailto:loch@ecv.ufsc.br)

<sup>2</sup> Universidade de Karlsruhe  
 Instituto de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
 Englerstr. 7, D-76128, Karlsruhe – Alemanha  
 ✉ [renuncio@ipf.bau-verm.uni-karlsruhe.de](mailto:renuncio@ipf.bau-verm.uni-karlsruhe.de)

| Conteúdo |   |
|----------|---|
|          | 1 Motivação   |
|          | 2 Fotogrametria Arquitetural Digital                          |
|          | 3 Área Piloto   |
|          | 4 Planejamento Urbano integrado ao Plano Diretor              |
|          | 4.1 Plano Diretor do município de São José                    |
|          | 5 Constituição do Banco de Dados Geométrico por Fotogrametria |
|          | 5.1 Aquisição dos Dados                                       |
|          | 5.2 Processamento das imagens                                 |
|          | 5.3 Visualização dos Resultados                               |
|          | 6 Situação Atual  |
|          | 7 Perspectivas  |
|          | 8 Bibliografia  |
|          | Agradecimentos  |

**Resumo.** Este trabalho aborda a utilização de técnicas emergentes de fotogrametria e processamento digital de imagens como ferramentas para o planejamento urbano. Através destes instrumentos, o engenheiro, arquiteto e urbanista poderá entender, visualizar, simular e avaliar intervenções na paisagem da cidade antes de sua execução. Foi escolhida uma área piloto no município de São José, pois a administração municipal demonstrou grande interesse na implantação da proposta já que a cidade vem sofrendo uma acelerada expansão urbana. O trabalho divide-se em duas etapas: inicialmente é feita a modelagem espacial com textura foto-realística da área, utilizando para isso a restituição fotogramétrica em meio digital. A seguir, a área modelada sofre as intervenções planejadas obedecendo o que prevê o Plano Diretor para a zona urbana em estudo. De posse desse produto, é possível realizar uma série de análises referentes a qualquer inserção no meio urbano.

**Palavras chaves:** Fotogrametria digital, fotogrametria arquitetural, modelagem 3D, realidade virtual, planejamento urbano.

**Abstract.** This paper focus its attention at the utilization of new emerging low-cost technologies to help planning urban areas. Low-cost digital architectural photogrammetry and image processing are applied for the 3D reconstruction of a city district. Concerned with the high rates of urban growing, the administration of the city of Sao Jose (SC, Brazil) showed great interest in developing tools which make it possible to understand, preview, simulate and evaluate the city. One can basically divide this work in two different parts: the first phase regards the spatial modeling, applying real textures to the objects (buildings); the second part presents the same area with modifications and analyses of the current Urban Development Plan for that city district.

**Keywords:** Digital photogrammetry, architectural photogrammetry, 3D modeling, virtual reality, urban planning.

### 1 Motivação

É de conhecimento geral a situação alarmante em que se encontra a maioria das cidades brasileiras, devido principalmente a um crescimento rápido e desordenado: de um país tipicamente rural até 1940, o Brasil tem hoje 77% de sua população total vivendo nas cidades (Santos, 1996).

Um exemplo desse crescimento pode ser claramente observado no município de São José, vizinho a Florianópolis: em 1980 o município contava com uma população de 87.817 habitantes e que em 1996 aumentou para 151.024 habitantes, ou seja, um aumento de 74% (4% a.a.). (IBGE, 1996). Em 1996 a população urbana já representava 92% da população total do município. A área rural de São José é muito pequena, principalmente depois da emancipação de São Pedro de Alcântara e da expansão do Parque Industrial.

A tabela 1 apresenta um comparativo de crescimento populacional e número de domicílios para algumas principais cidades do Sul do Brasil, no período de 1980 a 1996. A partir destes dados pode-se facilmente mostrar que o município de São José apresentou expansão urbana (sobretudo no número de domicílios e, conseqüentemente, de edificações) superior às grandes cidades de sua região. A tabela 2 mostra o grande aumento no número absoluto de habitantes na área urbana em relação a área rural, o que explica em parte o crescimento desordenado da cidade e a descaracterização da área rural.

**Tabela 1** - Crescimento populacional e do número de domicílios em algumas das principais cidades do Sul do Brasil

| MUNICÍPIO       | ANO             |               |                 |            |               |             |
|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|------------|---------------|-------------|
|                 | 1980            |               | 1996            |            |               |             |
|                 | População Total | Cresc. (%)    | População Total | Cresc. (%) | Nº Domicílios | Cresc. (%)  |
| Florianópolis   | 187.871         | 42.621        | 271.281         | 44%        | 79.758        | 87%         |
| Joinville       | 235.812         | 51.373        | 397.951         | 69%        | 107.255       | 109%        |
| <b>São José</b> | <b>87.817</b>   | <b>19.427</b> | <b>151.024</b>  | <b>72%</b> | <b>41.718</b> | <b>115%</b> |
| Curitiba        | 1.024.975       | 240.917       | 1.476.253       | 44%        | 429.963       | 78%         |
| Porto Alegre    | 1.125.477       | 299.368       | 1.288.879       | 15%        | 415.006       | 39%         |

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 1980 e Contagem da População 1996.

**Tabela 2** – População residente no Município de São José, de acordo com a localização e ano

| ANO             |               |              |                 |                |               |
|-----------------|---------------|--------------|-----------------|----------------|---------------|
| 1980            |               |              | 1996            |                |               |
| População Total | urbana        | rural        | População Total | urbana         | rural         |
| <b>87.817</b>   | <b>79.200</b> | <b>8.617</b> | <b>151.024</b>  | <b>137.659</b> | <b>13.365</b> |

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 1980 e Contagem da População 1996.

Diante de uma taxa de expansão urbana desta natureza, a administração municipal defronta-se com uma situação de emergência, sem contudo dispor de informações e ferramentas adequadas para lidar com os novos problemas. Metodologias que permitam a aquisição de um grande volume de informações (adequadas aos fins a que se propõe, íntegras e consistentes) ainda estão por ser desenvolvidas e implantadas. Uma das carências diz respeito a bancos de dados geométricos e ferramentas de visualização eficientes destes dados, possivelmente utilizando-se do espaço tridimensional.

É cada vez maior a necessidade de obter ferramentas capazes de solucionar, com rapidez e economia, os problemas urbanos mais frequentes.

O comprometimento da paisagem é, sem dúvida, um dos problemas mais comuns nos centros urbanos. Isso se deve principalmente à inexistência de qualquer tipo de estudo prévio quando da implantação de um novo projeto. É aí que entra um dos mais novos produtos possíveis de serem gerados a partir da fotogrametria digital, já sendo utilizado em alguns países e oferecendo novas e atraentes possibilidades ao planejador urbano e à administração municipal: os modelos tri-dimensionais com textura foto-realística de áreas urbanas. Estes modelos, combinados com tecnologias de apresentação auxiliada por computador, são capazes de inserir o usuário no espaço planejado, permitindo-lhe explorar (*walk through*) virtualmente um ambiente existente, ou uma realidade simulada.

O uso de modelos tridimensionais urbanos também permite a criação de um cenário virtual representativo da realidade futura que se pretende construir. Com este produto disponível, não só a administração pública e as empresas de construção civil, mas também a comunidade em geral terá a oportunidade de analisar, questionar e opinar sobre toda e qualquer mudança significativa que se pretenda fazer na paisagem urbana e sugerir mudanças, se o caso implicar, nas normas do Plano Diretor para a área.

Segundo Ferrari (1986), antes de qualquer passo no sentido de obter soluções no meio urbano, é necessário o diagnóstico da situação atual para que os problemas existentes sejam apontados e identificados.

Dentre os diversos aspectos que se pretende analisar, podem ser destacados:

- i. análise da paisagem do ponto de vista arquitetônico, ou seja, se o estilo adotado, cores, materiais construtivos, volumetria e gabarito do edifício, comprometem a harmonia do conjunto;
- ii. avaliação da taxa de ocupação, índice de aproveitamento e gabarito previstos pelo Plano Diretor, ou seja, se estes estão de acordo com adequam-se a realidade da área e/ou se tem sido respeitados pelas novas edificações;
- iii. simulações no ambiente construído: a inserção de novas edificações pode ser simulada e analisada no contexto do espaço urbano;
- iv. estudos visando determinar o sombreamento provocado pela edificação e suas conseqüências prováveis em prédios/áreas vizinhas.

## 2 Fotogrametria Arquitetural Digital

Precursora de todas as áreas da Fotogrametria, desde a segunda metade do século passado a fotogrametria arquitetural tem sido utilizada principalmente na documentação e preservação de edifícios antigos. Na reunião do ICOMOS (Comitê Internacional de Monumentos e Sítios) em Washington (1987) a técnica fotogramétrica foi apontada como a mais indicada para o levantamento arquitetônico preciso de monumentos e sítios históricos.

Em nosso país são ainda pouco expressivos os resultados obtidos através da fotogrametria arquitetural, mesmo se considerarmos sua utilização apenas para a documentação de patrimônio histórico. Segundo Gomes (1995), os primeiros levantamentos desse tipo no Brasil foram:

- i. as fachadas do Castelo da Torre de Garcia D'Ávila (Praia do Forte, Bahia, 1977),
- ii. a fachada da Igreja de São Francisco de Assis (Ouro Preto, MG, 1977),
- iii. a fachada do Teatro Municipal (Rio de Janeiro, RJ, 1977),
- iv. a fachada do Museu Ipiranga (São Paulo, SP, 1980),
- v. fachadas, paredes e torres das Ruínas de São Miguel das Missões (RS, 1981)
- vi. o monumento do Cristo Redentor (Rio de Janeiro, RJ, 1996)

A técnica da fotogrametria arquitetural analítica, até há pouco tempo a mais moderna comercialmente disponível, é pouco utilizada devido a falta de pessoal especializado, utilização de equipamentos e infra-estrutura que exigem investimentos elevados e por resultar num produto final com atributos de precisão muitas vezes superiores aos necessários. Por estes motivos talvez se explique o fato de que no Brasil, a maioria dos prédios levantados por fotogrametria arquitetural são de relevada importância cultural que, estando sob tutela do poder público, dispõem dos recursos necessários a esse tipo de trabalho.

Os altos custos envolvidos tornaram a fotogrametria arquitetural analítica praticamente inviável para a restituição de um elevado número de edificações (conjuntos urbanos).

A introdução do processamento digital de dados trouxe uma mudança de paradigma em distintas áreas do conhecimento, e a fotogrametria não deixou de ser uma delas (Ackerman, 1995). Através da evolução do processamento digital levou-se a cabo a implantação de formulações analíticas já existentes. Executados em computadores de pequeno porte, uma nova corrente de *softwares* de restituição fotogramétrica monocular de baixo custo permite agora também ao não-fotogrametrista a modelagem 3D de objetos. Algumas conseqüências positivas para a documentação e planejamento urbano, de curto e longo prazo, advêm deste fato:

- i. Uso mais eficiente dos recursos investidos.

O uso dos PCs como estações fotogramétricas digitais, além de economicamente viáveis e de fácil manipulação, permitem serem usados em outras tarefas, não se restringindo apenas ao uso fotogramétrico. Desta maneira são acessíveis a qualquer administração pública ou empresa ligada ao planejamento urbano.

- ii. Ampliação da base de edifícios documentados.

Redução dos investimentos necessários e uma maior facilidade no que diz respeito ao treinamento de pessoal para operar as atuais estações fotogramétricas digitais. *Softwares* capazes de restituir coordenadas 3D de objetos a partir de fotos já estão disponíveis no mercado a um baixo custo (em torno de R\$ 1500,00).

De acordo com Capanni & Flamigni (1996) os *softwares fotogramétricos, conhecidos como restituidores fotogramétricos digitais, têm tido uma larga aceitação no mercado devido a flexibilidade de operação, extensão do campo de aplicação e integração com os Sistemas de Informação Geográfica (SIG).*

- iii. Fotogrametria para todos.

A simplificação na aquisição e processamento dos dados trouxe a fotogrametria mais perto daquelas profissões que potencialmente podem beneficiar-se do seu uso (engenheiros, arquitetos, médicos, oceanógrafos...).

Recentemente, no *International Symposium on Real-Time Imaging and Dynamic Analysis* da Sociedade Internacional de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto (ISPRS, Comissão V, Hakodate, Japão) foi proposto pelo Comitê Internacional de Fotogrametria Arquitetural - CIPA um sistema de informações de fotogrametria arquitetural. Para este sistema de informações podem contribuir quaisquer indivíduos, com imagens que vão desde aquelas obtidas em viagens por turistas, até levantamentos arquitetônicos especializados.

Outra inovação neste sentido, possível principalmente graças a redução de custos e maior simplificação do manuseio de *softwares*, é a iniciativa da Universidade de Viena de levar a fotogrametria arquitetural também a escolas. Através de um caderno com regras básicas e fáceis de serem seguidas, os alunos são incentivados a utilizar a fotogrametria para modelar objetos de seu interesse pessoal (seu domicílio, automóvel, ...).

O Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da UFSC (Brasil) e o Instituto de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto da Universidade de Karlsruhe (Alemanha) vem trabalhando no sentido de introduzir novas tecnologias de aquisição de dados por fotogrametria a curta distância desde 1995. Em Florianópolis e Karlsruhe trabalha-se intensamente em duas áreas básicas: para a proteção de monumentos arquitetônicos desenvolvem-se sistemas de baixo custo, os quais visam documentar conjuntos citadinos ou amplos conjuntos arquitetônicos, o que até agora técnica e cientificamente ainda não se fazia possível. Uma segunda linha básica de pesquisa conjunta trata a questão do suporte através de imagens para administração de grandes instalações, como universidades, hospitais e sistemas industriais. A estrutura similar dos campus universitários de Florianópolis e Karlsruhe induziu à escolha do tema central desta segunda atividade como Sistema de Informações do Campus Universitário.

Nos trabalhos acima desenvolvem-se paralelamente também conceitos de aquisição e tratamento dos dados bem como ferramentas úteis para documentação e planejamento urbano.

### 3 Área Piloto

A área escolhida fica no centro antigo do município de São José, distante 9 km em linha reta da capital do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, e com a seguinte referência geográfica: latitude 27° 36' 22" S e longitude 48° 37' 47" O.

De colonização açoriana, a Vila São José da Terra Firme foi fundada em 1750 e até hoje guarda um pouco de sua história nos casarios preservados no centro antigo. Com uma área atual de 116 km<sup>2</sup> e uma população de 151.024 habitantes (IBGE, 1996), São José ocupa hoje o 5º lugar em arrecadação de ICMS (Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços) em grande parte devido ao parque industrial com mais de 600 indústrias.

A área piloto (figura 1) foi escolhida por apresentar edificações representativas do período colonial e estar com sua paisagem comprometida por edificações recentes que foram implantadas sem qualquer estudo prévio.



Figura 1. A) Área piloto, B) Imagem da Rua Dr. Homero Gomes

#### 4 Planejamento Urbano integrado ao Plano Diretor

De acordo com a Constituição de 1988, Art. 182, parágrafo 1º, o plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

Entende-se dessa forma, que é obrigação das municipalidades exercerem através desse instrumento, a previsão e o controle do desenvolvimento de seu espaço, evitando os problemas econômicos, ambientais e sociais decorrentes do mau uso do solo em cidades que estão em acelerado processo de crescimento. (Santos & Baratta *in* Gondim, 1991)

Segundo Bourscheid (1997), o planejamento urbano é a base para o desenvolvimento social e econômico de uma cidade, pois ao se planejar de forma satisfatória o espaço urbano, se está contribuindo para o bem estar da população, e também para uma melhor eficiência das atividades econômicas.

O planejamento é essencialmente um processo dinâmico. Deve contemplar coleta de dados, transformação destes dados em informações através da introdução do conhecimento especializado e previsão de mudanças. Esta última deve vir em função da avaliação dos Resultados Obtidos vs. Planejados.

Assim como a paisagem urbana, a cidade é extremamente dinâmica e o que pode ser facilmente percebido nos grandes centros. As transformações sofridas podem ser tanto positivas como negativas, dependendo das ferramentas disponíveis para auxiliar nesse processo. Nesse caso, ferramentas que permitam a análise prévia das transformações propostas contribuem de maneira efetiva na obtenção de resultados mais próximos aos desejados.

Dessa forma, concluímos que um plano diretor eficaz e adequado a realidade do município auxiliado por ferramentas digitais modernas torna-se um poderoso instrumento na obtenção de soluções e prevenção de problemas urbanos.

##### 4.1 Plano Diretor do município de São José

Segundo a Lei Nº. 1.605, de 17 de abril de 1985, que dispõe sobre o zoneamento de uso e ocupação do território do município de São José e que compõe o Plano Diretor (Lei Nº. 1.604/85), a área piloto é classificada como Área de Preservação Cultural (APC).

Sua importância deve-se à presença de sítios históricos e arqueológicos e possui seu uso preservado ou controlado para que seja assegurada sua existência. As APCs são subdivididas em outras áreas, dentre as quais Áreas Históricas (APC-4), na qual se encaixa a área piloto.

Nessas áreas, segundo a Lei Nº. 1.605, Art. 173, parágrafo 1º, a aprovação de novas construções ou de modificações das construções existentes exige uma verificação prévia da harmonia dos projetos com as reconstruções já existentes, com respeito ao volume e altura das edificações, coberturas e prolongamentos dos telhados, relações entre cheios e vazios, proporção das aberturas (portas e janelas), materiais e cores dos revestimentos exteriores.

Essas diretrizes, segundo o parágrafo seguinte, não devem inibir uma concepção arquitetônica contemporânea, que pode manifestar-se na composição das fachadas, na proporção das linhas de cornijas, nos pormenores das carpintarias e na natureza dos revestimentos.

O Art. 175 esclarece que em Área de Preservação Cultural o município, com a finalidade de preservar a área, poderá criar regulamentos especiais de ocupação.

De acordo com o Anexo 5 da Lei de Zoneamento, na APC o número máximo de pavimentos permitido é dois, o índice de aproveitamento máximo (IA) é 1.00 e a taxa máxima de ocupação (TO) depende de um estudo específico que considera as características da ocupação tradicional.

Os afastamentos frontais para a área, segundo a Lei Nº. 1.605, Art. 85, parágrafo 3º, será igual ao que predomina nos lotes da quadra. Os afastamentos laterais para edificações de até dois pavimentos ficam dispensados, desde que não contenham aberturas laterais (Art. 88).

## 5 Constituição do Banco de Dados Geométrico por Fotogrametria

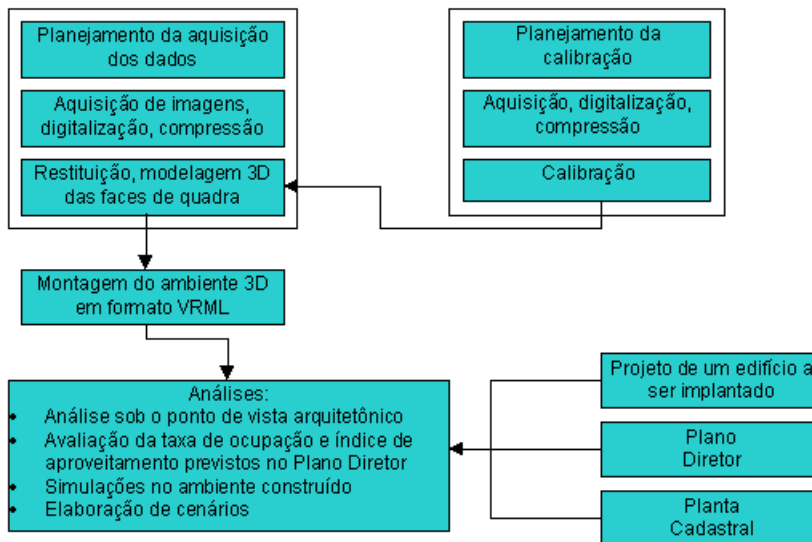


Fig. 2 Fluxograma representativo das etapas de aquisição e processamento dos dados.

### 5.1 Aquisição dos Dados

A etapa de aquisição dos dados compreendeu o levantamento das informações necessárias para o trabalho: bibliografia / trabalhos similares já realizados; mapa cadastral e dados das edificações junto a Prefeitura Municipal; levantamento fotogramétrico.

Especial atenção deve ser dada aqui ao levantamento fotogramétrico. Os procedimentos utilizados seguem a metodologia de trabalho de campo apresentada por Martins (1997), onde é utilizada a aquisição híbrida dos dados (câmara métrica analógica e posterior digitalização dos diapositivos).

A tomada das fotografias foi feita pela câmara Pentax-Leica PAMS 645, que é uma câmara métrica de médio formato (56 x 41,5 mm) controlada por um microprocessador. Na câmara, um dispositivo capaz de gerar vácuo mantém o filme plano no momento da tomada da foto, substituindo o tradicional *réseau*. Os parâmetros internos da câmara são conhecidos *a priori*, tendo sido fornecidos pelo fabricante. Maiores detalhes sobre o equipamento utilizado podem ser obtidos em Renuncio & Loch (1997).

Uma vez obtidas as fotografias, estas foram digitalizadas em um *scanner* para filmes (Microtek ScanMaker 45t), com resolução espacial de 25,4 x 25,4 micra (1000 x 1000 dpi) e resolução espectral de 24 bits (16 milhões de cores). O *software* que acompanha o *scanner* permite ainda que se faça o pré-processamento das imagens, alterando-se brilho, contraste, etc.

Os arquivos de imagens digitais devem ser comprimidos devido ao grande volume de armazenamento requerido. As imagens fotográficas de alta qualidade contém muitos *bits* de informação, o que torna difícil seu armazenamento e grande o tempo consumido na sua manipulação.

Desse modo, a fim de minimizar o espaço de armazenamento do computador, as imagens foram comprimidas segundo o padrão jpeg, utilizando-se baixa compressão para evitar-se dano aos dados. Os arquivos de imagens, inicialmente em formato TIFF com 12 MB, foram reduzidos para o tamanho aproximado de 1,8 MB cada um.

Outro aspecto importante é a calibração da câmara. Apesar de ser possível utilizar-se os valores de coordenadas das marcas fiduciais, ponto principal e centro óptico fornecidos pelo certificado de calibração da câmara, o *software* utilizado na restituição dos dados recomenda que seja feita uma nova calibração, dispondo-se para isso de um modelo que o acompanha.

O programa *Camera Calibrator* que acompanha o PhotoModeler, calibra a câmara e o aparelho usado para converter as fotografias para o formato digital (*scanner*) como uma só unidade. Se o *scanner* é trocado a calibração deve ser refeita.

### 5.2 Processamento das imagens

O PhotoModeler é um programa que extrai dados, medições e modelos em 3D a partir de fotografias. Qualquer objeto que pode ser fotografado pode também ser modelado e os modelos são dimensionalmente acurados e detalhados, permitindo que medidas sejam

extraídas. Hanke (s/d) realizou um estudo comparativo da exatidão obtida com o Photomodeler em diferentes situações e empregando distintas câmaras, obtendo resultados muito promissores e que indicam a aplicação do *software* para modelagem tridimensional de objetos arquitetônicos.

O nome completo do PhotoModeler é: "sistema fotogramétrico analítico-digital convergente para curta-distância" (Manual do Photomodeler, 1997). O programa permite que sejam obtidos dados geométricos no espaço tridimensional a partir de imagens fotográficas, através da aplicação de formulações analíticas. O sistema é convergente na medida em que os raios que emergem do filme passando pelo centro ótico da câmara para duas fotos distintas imageando um mesmo ponto cruzam-se no espaço. Apesar de parecer um pouco complicado, na realidade, a maior qualidade do PhotoModeler é oferecer capacidades poderosas da fotogrametria para não-fotogrametristas em um ambiente Windows fácil de usar.

Outra grande qualidade do *software* é o fato de possuir arquivos de apoio *on-line* (*Help*) muito bem estruturados, contendo tutoriais que simplificam o entendimento dos procedimentos que devem ser executados.

O processo de retificação no PhotoModeler ocorre em conjunto com a restituição, que é o resgate das feições do objeto. Ao mesmo tempo em que se está restituindo a edificação, o PhotoModeler está ajustando o modelo a um sistema de projeção ortogonal. Uma melhor descrição destes processos podem ser encontrada em Martins (1997).

No campo da arquitetura e planejamento, o *software* PhotoModeler pode ser usado para:

- i. documentar estruturas antigas para preservação e conservação;
- ii. gerar modelos espaciais em 3D para visualização e estudos;
- iii. gerar desenhos de elevação de estruturas existentes;
- iv. gerar ortofotos de fachadas;
- v. produzir modelos espaciais foto-texturados.

Depois do modelo ser produzido, medições acuradas podem ser tiradas e o modelo pode ser exportado para programas de edição tipo CAD, bem como para visualização, como a Linguagem para Modelagem de Realidade Virtual - VRML. (Manual do PhotoModeler, 1997)

### 5.3 Visualização dos Resultados

Após a elaboração do modelo em 3D este será exportado juntamente com a base cartográfica digital da área de estudo (escala 1:2 000) no formato VRML. Através de um *Browser* para Internet, equipado com *plug-in* para esta linguagem (no caso, Cosmo Player 2.1), é possível visualizar a área restituída em um cenário virtual, através do qual o visitante poderá caminhar pela base de dados 3D (*walk through*), definindo sua direção de movimento com o *mouse*.

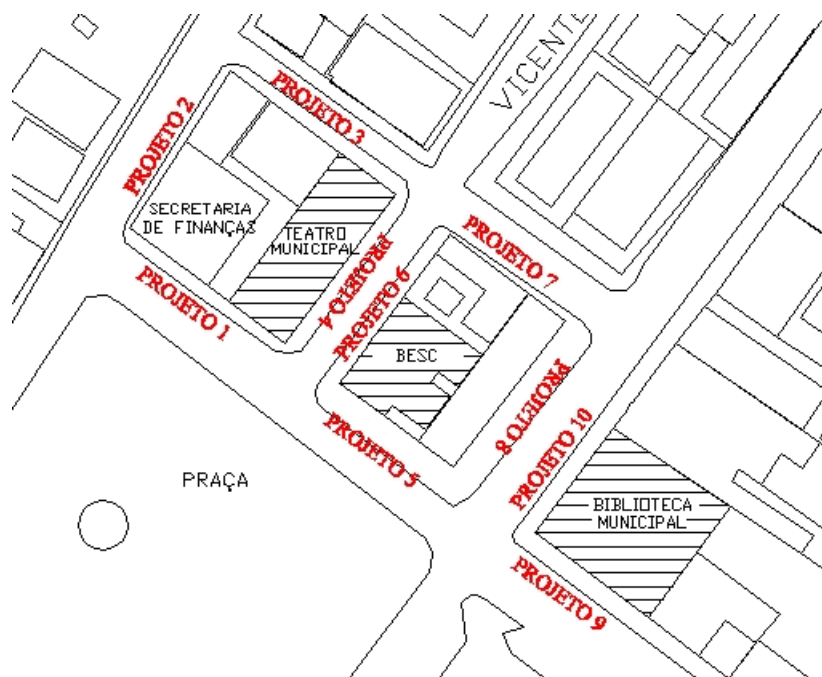
Com esse ambiente virtual elaborado referenciado a um sistema de coordenadas conhecido (UTM), é possível a inserção de qualquer projeto e a análise prévia do seu impacto na área antes de sua execução, em tempo real e no espaço.

Poderão ser analisados fatores como adequação com a paisagem, taxa de ocupação, índice de aproveitamento, gabarito, ou seja, será analisada a viabilidade do Plano Diretor para a área em estudo.

## 6 Situação Atual

Como o objetivo do trabalho é a obtenção do modelo em 3D de todas as quadras para que se possa fazer a análise do impacto provocado na paisagem global como um todo, e não sobre uma edificação isoladamente, estão sendo restituídas as feições mais importantes de maneira geral. Isso implica em pouco tempo dispendido para o trabalho de restituição, cerca de seis horas, para cada face de quadra.

A área foi dividida em dez projetos (figura 3), sendo que cada projeto representa uma face de quadra. Já foram restituídas as quatro primeiras faces de quadra. Para cada projeto é feita uma série de tentativas buscando-se o melhor resultado.



Um dos objetivos do trabalho é fazer previsões de cenários, ou seja, inserir novos projetos e modificações na paisagem. Na quadra proposta para sofrer as modificações será inicialmente feita uma reforma externa nas edificações existentes. Buscar-se-á mostrar várias opções, entre positivas e negativas, para a área.

A seguir, outra proposta será a implantação de novos projetos, obedecendo o que o Plano Diretor prevê para a área, em termos de taxa de ocupação, índice de aproveitamento, gabarito, estilo a adotar, etc.

Após, será feita uma análise crítica de cada cenário proposto, o que implicará diretamente na análise da viabilidade do Plano Diretor.

Analisando o que o plano diretor prevê para a área em estudo, conclui-se que é essa a maneira como todos os planos diretores tratam os antigos centros históricos dos municípios. Atribuindo uma legislação específica para essas áreas, que na maioria das vezes é copiada do plano diretor de outro município, busca-se preservá-las e poupá-las de fins menos dignos, já que são testemunho da história da colonização da cidade. No entanto, tem-se observado que só isso não tem bastado: "abandonados" com o passar dos anos, muitos acabam abrigando cortiços e zonas de prostituição.

Essa realidade vem se transformando graças ao apoio que comerciantes e a população têm dado as prefeituras, conseguindo dotar esses lugares de uma intensa vida cultural, e por conseqüência, em uma atração turística importante. Exemplo disso é a reforma do Pelourinho, em Salvador, que atrai 100 mil visitantes por ano e São Luís do Maranhão, que tem mais de duzentas construções centenárias tombadas e preservadas pelo Patrimônio Histórico. O mesmo vem acontecendo em Belém, Fortaleza, João Pessoa, Recife, Curitiba e Lapa.

Dessa forma, pode-se constatar que o cumprimento do plano diretor é insuficiente na manipulação dessas áreas, visto que cada caso exige medidas específicas o que se torna difícil se fosse feita uma legislação para cada caso.

Quando o plano diretor descreve que "...a aprovação de novas construções ou de modificações das construções existentes exige uma verificação prévia da harmonia dos projetos com as reconstruções já existentes ..." abre-se a oportunidade de especular sobre a área, já que análises prévias que dependem do bom senso de determinadas pessoas é uma maneira muito subjetiva de decidir sobre determinada ação. Talvez por esse motivo encontramos tantas disparidades nas áreas históricas, como edificações recentes que se chocam com a paisagem existente, mesmo obedecendo todas as previsões do plano diretor como gabarito, taxa de ocupação, afastamento, etc.

Se, além de normas e diretrizes legais, os responsáveis pelo planejamento urbano também dispuserem de ferramentas de visualização do cenário futuro, com a edificação que se pretende implantar e sua relação com o entorno existente, diminuiriam as chances de ocorrerem resultados inesperados e desfavoráveis. Além disso, esses cenários poderiam estar a disposição de qualquer pessoa, o que inclui inclusive o cidadão comum que mora ou trabalha nessas áreas.

## 7 Perspectivas

A fotogrametria arquitetural em sua forma digital desponta como uma interessante tecnologia para a aquisição de coordenadas espaciais de objetos e constituição de ambientes virtuais a um baixo custo. O estabelecimento de padrões na aquisição e digitalização de imagens, devido a ampla gama de aplicações da fotogrametria de curta distância, não é tão simples assim. Estudos de precisão, acurácia, formas de armazenamento da imensa quantidade de informações em imagens devem ser realizados e, ao longo de um processo de experimentação prática, determinar-se aqueles procedimentos e equipamentos que devem ser sugeridos para cada caso.

A redução de custos provocada pela introdução da fotogrametria digital de curta distância provocou a sua aplicação pelas mais diversas disciplinas. A utilização de fotografias para análise, registro, documentação, modelagem e controle de estruturas pode ser encontrada hoje na medicina (Veress, 1989), documentação de patrimônio histórico (Carbonell, 1989; Pallaske *et al*, 1992), modelagem tridimensional urbana (Landes, 1998), indústria (Adams, 1989), microscopia eletrônica (Ghosh, 1989), sistema de informação geográfica (Renuncio *et al*, 1998) entre outras.

## 8 Bibliografia

ACKERMANN, F. **Digitale Photogrammetrie - ein Paradigmasprung**. Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung, 4/95, pp. 106-115.

ADAMS, L. P. **Industrial Photogrammetry**. IN: Non-Topographic Photogrammetry. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2ª edição, 1989. pp. 37-55.

BOURSCHEID, J. A. **Uma Nova Metodologia para Avaliação da Ocupação do Solo Urbano, Estudo do Caso de São José, SC**. Tese de Doutorado, Engenharia Civil, UFSC. Florianópolis, 1997.

CAPANNI, G. & FLAMIGNI, F. **SISCAM Softcopy Photogrammetry Workstation**. Internacional Society for Photogrammetry and Remote Sensing. IN: XVIII<sup>th</sup> ISPRS Congress, ANAIS, Viena, 1996. Vol. XXXI.

CARBONELL, M. **Architectural Photogrammetry**. IN: Non-Topographic Photogrammetry. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2ª edição, 1989. pp. 321-346.

**Constituição da República Federativa do Brasil**, São Paulo, Ática, 11ª. ed., 1994.

FERRARI, C. **Curso de Planejamento Municipal Integrado**. São Paulo, Pioneira, 1986. 631 p.

GHOSH, S. K. **Electron Microscopy: Systems and Applications**. IN: Non-Topographic Photogrammetry. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2ª edição, 1989. pp. 187-202.

GOMES, C. J. M. *et al*. **Anteprojeto do Cadastro Fotogramétrico de Monumentos Históricos do Brasil**. IN: XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, ANAIS, Salvador, 1995.

GONDIM, L. **Plano Diretor e o Município: Novos Tempos, Novas Práticas**. Rio de Janeiro, IBAM, 1991. 132p.

HANKE, K. **Accuracy Study Project of Eos Systems' PhotoModeler**. Eos Systems Inc. Publicação disponível na WWW sob o endereço <http://www.photomodeler.com/study/study3.htm>.

IBGE, **Censo Demográfico: Dados Distritais 1980**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1982. Volume 1 - Tomo 3. Números 18, 19 e 20.

IBGE, **Contagem da População 1996**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1997. Volume 1.

LANDES, S. **Impact on 3D Modelling from the Design of a Web-based 3D Information System**. IN: Proceedings of the International Symposium on Real-Time Imaging and Dynamic Analysis, ISPRS, Commission V, Working Group 3, 2-5 June, Hakodate, Japan, 1998.

**Manual do PhotoModeler Pro - Version 3.0**. Eos Systems Inc. Canada, 1997.

MARTINS, J. M. **A Fotogrametria Terrestre no Auxílio a Projetos de Recuperação do Patrimônio Histórico**. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997. 174 pp

PALLASKE, R., MARTEN, W. & MAUELSHAGEN, L. **Digital Orthophoto-System for Architecture Representation**. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. IN: XVII<sup>th</sup> ISPRS Congress, ANAIS, Washington, D.C., 1992. Commission III.

PIVNICKA, F. *et al.* **Cost-Effective Digital Photogrammetry**. IN: XVIII<sup>th</sup> ISPRS Congress, ANAIS, Viena, 1996. Vol. XXXI.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ. **Lei Nº. 1.604, de 17 de abril de 1985** (Plano Diretor). 8p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ. **Lei Nº. 1.605, de 17 de abril de 1985** (Lei de Zoneamento). 91p.

RENUNCIO, L. E. & LOCH, C. **Documentação de Patrimônio Histórico através da Aplicação de Técnicas de Fotogrametria a Curta Distância**. IN: XVIII Congresso Brasileiro de Cartografia, ANAIS, Rio de Janeiro, 1997.

RENUNCIO, L. E.; LANDES, S.; BÄHR, H.-P.; LOCH, C. **Low cost record of a historical brazilian city ensemble by digital procedures**. IN: Proceedings of the International Symposium on Real-Time Imaging and Dynamic Analysis, ISPRS, Commission V, Working Group 5, 2-5 June, Hakodate, Japan. 1998

RENUNCIO, L. E.; LOCH, C.; BÄHR, H.-P. **Parceria Universidade de Karlsruhe - UFSC em Fotogrametria e Geoprocessamento**. IN: INTERTECH 98 - V Conferência Interamericana de Educação em Eng<sup>a</sup> e Tecnologia, ANAIS, Rio de Janeiro, 1998.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. São Paulo, HUCITEC, 3<sup>a</sup> ed., 1996. 157 p.

VERESS, S. A. **X-Ray Photogrammetry, Systems and Applications**. IN: Non-Topographic Photogrammetry. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2<sup>a</sup> edição, 1989. pp. 37-55.

WALDHÄUSL, P. **3 x 3 rules for simple photogrammetric documentation of architecture**. Artigo convidado. Simpósio da ISPRS, Comissão V. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing XXX-5, Melbourne, Março 3, 1994, pp. 426 - 429.

---

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao apoio dos organismos governamentais que subsidiaram, na forma de bolsa ou outros recursos financeiros, o desenvolvimento desta pesquisa. São eles: Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnológica - CNPq, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Serviço Alemão de Intercâmbio Acadêmico – DAAD, Sociedade Alemã de Pesquisa - DFG.