

## I. Introdução

O desenvolvimento das tecnologias digitais tem provocado uma profunda reflexão sobre as etapas da projeção arquitetônica. De posse dessas ferramentas, com uma ampla gama de recursos, os arquitetos estão reformulando os seus processos de trabalho. É cada vez mais fácil encontrar programas com recursos que foram desenvolvidos justamente para atender às necessidades demandadas por estes profissionais.

Em projetos de restauração essa discussão pouco tem afetado a metodologia de trabalho até agora. Esses projetos apresentam especificidades que dificultam a utilização eficiente dos programas CAD encontrados no mercado. Para que sejam desenvolvidas ferramentas orientadas para essa área de trabalho, é necessário que se compreendam as peculiaridades de como um projeto de restauração se desenvolve.

Enquanto essas ferramentas específicas não estão disponíveis, encontramos dois extremos na prática profissional da área. Se, em algumas raras situações, se faz o uso da tecnologia do *3D Laser Scanning* e o desenvolvimento do trabalho se dá totalmente utilizando-se a tecnologia digital, com software específico para se trabalhar com a nuvem de pontos gerada por esse equipamento, por outro lado, o que é a prática corrente, os projetos são desenvolvidos com a mesma metodologia utilizada antes do surgimento da tecnologias computacionais, com a ferramenta CAD sendo utilizada como um simples editor de desenhos, não incorporando efetivamente a evolução tecnológica ao exercício profissional.

Diante desse fato, o presente trabalho procurou discutir, analisar e viabilizar o uso de tecnologias digitais disponíveis que podem ser usadas de maneira mais efetiva na fase de diagnóstico de um projeto de restauro.

### O Projeto De Restauração

Um Projeto de Restauração deve ser feito sempre que uma edificação considerada patrimônio cultural de uma sociedade encontra-se degradada ou em mau estado de conservação. Para Ruskin *apud* Dourado (1996), "Nós podemos viver sem [a arquitetura], adorar nosso Deus sem ela, mas sem ela não podemos nos lembrar".

Uma edificação pode ser patrimônio cultural de uma sociedade tanto pela sua importância histórica como artística, independentemente desse valor ser reconhecido oficialmente ou não pelos órgãos públicos competentes. Como tal, a edificação merece

# Simulação Digital: Modelos Digitais Fotorealísticos no Mapeamento e Quantificação de Patologias em Projetos de Restauração

*José Rodrigues Cavalcanti Neto*  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*  
*LCAD - Faculdade de Arquitetura - UFBA*  
*E-mail: zeneto@zeneto.arq.br*

*Arivaldo Leão de Amorim*  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*  
*LCAD - Faculdade de Arquitetura - UFBA*  
*E-mail: alamorim@ufba.br*

This article is about the experience in the use of digital three-dimensional models as an auxiliary tool in the phase of diagnosis on an architecture project of restoration. At first it deals with the importance and the methodology usually used in development of those projects. After telling about an experience that urged to look for new solutions, it was made a first exercise searching a new tool. It had about positive points the fact of being modeled quickly, to have made possible a clear vision of the pathologies and for being easily manipulable, providing a dynamic visualization of the construction. Another experience looked for the possibilities of analysis and quantification of damages in a photo-realistic model. Afterwards analyzing the different potentials and restrictions of each accomplished experiment, this work looks for point out news ways that can be followed.



cuidados especiais para a sua preservação e conservação.

O Projeto Arquitetônico de Restauração inicia-se com uma pesquisa documental e iconográfica, levantando os dados existentes sobre o edifício, além de contextualizá-lo no momento em que foi construído e utilizado. Esse levantamento é feito buscando todas as fontes disponíveis: bibliotecas, acervos, bases de dados na Internet, entrevistas e, importante salientar, a própria edificação, que revela informações da sua história, especialmente da sua construção e conservação. A partir dos dados coletados é elaborado um relatório, dando o panorama da edificação e da pesquisa realizada.

Em seguida, é feito um amplo e minucioso levantamento cadastral e fotográfico do imóvel, no estado em que ele se encontra (*as found*).

Toda essa documentação constitui a base de dados para a conceituação, a formulação e o desenvolvimento do projeto de intervenção.

Normalmente o cadastro é feito de forma "manual", sendo a edificação fotografada, medida e esboçada, segundo as tradicionais regras do levantamento cadastral. São feitas medições e anotações com o objetivo de registrar de maneira inequívoca, e com o maior grau de detalhes possível, a situação do edifício. Já na fase de produção dos desenhos técnicos, normalmente se utiliza uma ferramenta CAD.

O próximo passo é o diagnóstico que primeiramente identifica todos os danos existentes na edificação. O mapeamento de danos auxilia o profissional na visualização sistematizada dos problemas encontrados, sejam esses provenientes da umidade, do intemperismo físico e químico, do ataque de insetos e/ou microorganismos, ou mesmo, de intervenções inadequadas realizadas anteriormente. Nesta etapa também são realizadas prospecções, ensaios e testes de materiais, nos locais onde isto se fizer necessário. Após a coleta e a análise do conjunto de dados sobre a edificação, é feita uma avaliação do estado de conservação do imóvel, correlacionando os danos às suas causas, sendo produzido o relatório conclusivo desta etapa.

À luz dessa documentação é iniciado o projeto de restauração, que além de solucionar os problemas encontrados na edificação, visa adequá-la ao uso proposto, e trazer ao imóvel a sua unidade de concepção espacial, caso esta tenha sido perdida. Assim, a qualidade desse projeto é condicionada pela precisão e pela fidedignidade das informações compiladas.

## 2. Um Novo Conceito De Trabalho

A motivação que levou ao presente trabalho surgiu quando do desenvolvimento do projeto de restauração da Igreja Nossa Senhora da Glória, localizada em Curitiba, no Paraná. O projeto, iniciado em 2005, contou com a participação dos arquitetos Anna Finger, Sandra Correa e José Rodrigues Cavalcanti Neto.

Durante o desenvolvimento do projeto, o uso das ferramentas computacionais se deu de maneira um tanto quanto limitada, quando se compara com as potencialidades disponibilizadas pela tecnologia. O levantamento cadastral foi feito empregando-se trena, prumos, níveis, croquis, etc., sendo posteriormente digitalizado. Os arquivos contendo os desenhos técnicos em formato digital feitos no CAD constituem o volume chamado levantamento cadastral da edificação.

Após essa etapa fez-se o chamado mapeamento de danos. Para isso foram utilizados como base os desenhos do levantamento cadastral, impressos em formato A3, na escala de 1:75 e retornou-se à edificação para verificar as patologias. Sobre estes desenhos foram anotados criteriosamente todos os danos presentes no imóvel. Algumas rachaduras estavam encobertas por massa e pintura. Como apareciam deformações no reboco foram realizadas algumas prospecções para confirmar e mensurar as rachaduras. Para sistematizar as informações foram feitos dois mapeamentos diferentes. Um relativo a danos superficiais, como reboco deteriorado, problemas na pintura, presença de vegetação, etc.; e outro de danos mais sérios, possivelmente decorrentes de problemas estruturais, como fissuras e rachaduras. Após a realização do mapeamento partiu-se para a análise com o objetivo de identificar as causas dos danos e apurar qual o agente causador. Esse trabalho resultou num relatório de 46 páginas.

Em decorrência de ter-se feito o levantamento e analisado a edificação minuciosamente para mapear os danos, foi possível fazer a relação entre diversas patologias do imóvel. Nesse processo procurou-se sempre analisar, na medida do possível, in loco, se uma rachadura existente na face interna da parede tinha relação direta com uma rachadura presente na face externa. Mesmo assim, sentiu-se que esse exercício de montar a relação entre os diversos danos poderia levar a falhas. Essa sensação ficou patente após a discussão com os consultores de restauro a respeito dos problemas encontrados. Verificou-se a imprescindível necessidade das pessoas irem até a edificação para fazer a relação entre os vários danos mapeados nos desenhos. E, mesmo

após a vistoria técnica, a necessidade de inter-relacionar os diversos danos nem sempre foi uma tarefa trivial.

### 3. Seguindo Por Novos Caminhos

Frente a esse problema surgiu a idéia de produzir um modelo da edificação que fosse capaz de suprir, pelo menos em parte, as dificuldades aqui apontadas. Assim, pensou-se na possibilidade de se construir um modelo geométrico tridimensional, que expressasse com precisão geométrica e acuidade visual os danos e as patologias encontradas na edificação. Esse modelo permitiria uma análise integrada dos problemas e também poderia ser utilizado para análises posteriores de soluções de projeto, além de permitir a portabilidade necessária para ser enviado via Internet para outros consultores, em distintas localizações. Assim, partiu-se para a avaliação de alternativas tecnológicas que viabilizassem a construção de tal modelo.

#### 3.1 Experimento I

A primeira ação compreendeu a construção de um modelo geométrico simplificado, de superfícies da edificação, onde pudessem ser aplicados os mapas de danos das faces das paredes correspondentes.

Para fins de experimentação modelou-se apenas a nave da igreja e não a edificação na sua totalidade. Seguindo a analogia da criação de maquetes com papelão e cola, criou-se o modelo protótipo no AutoCAD, versão 2000, composto apenas por três paredes, a frontal e as duas laterais, além do piso e da cobertura. Já na manipulação do objeto no AutoCAD percebeu-se que a visualização era facilitada quando o modelo ficava sem a cobertura ou sem o piso. Fazendo uma analogia com uma caixa, tendo-se as seis faces principais fechadas tem-se dificuldade para correlacionar os aspectos interiores com os exteriores. A solução encontrada foi criar cada elemento num *layer* específico, de modo a se poder ocultar certas partes de acordo com a necessidade, com a finalidade de melhorar as condições de visualização para a análise.

Criado o esboço do modelo, preparou-se o mapa de danos para ser aplicado sobre as faces das paredes. Os desenhos do mapa de danos, originalmente feitos como croquis in loco, foram convertidos para o formato digital via *scanner* e em seguida aplicados sobre as faces das paredes correspondentes, utilizando-se para isto o *software* 3D Studio Max 5. Percebeu-se que no ambiente do 3D Studio Max a manipulação para visualização do modelo era mais flexível que no AutoCAD. Entretanto, os mapas de danos aplicados sobre as superfícies

das paredes não eram visualizados. Para que isto acontecesse, era necessário "renderizar" o modelo e produzir uma imagem estática, o que recaía no problema inicial. Embora a visualização do objeto com os danos acontecesse sobre uma perspectiva da edificação, mas sempre de forma estática. Isso fazia com que a visualização fosse descontínua e a análise fragmentada.

A primeira tentativa de visualizar os danos de maneira dinâmica foi a criação de um percurso com uma câmera. Mesmo trabalhando com uma resolução baixa e com poucos *frames*, o arquivo gerado era muito grande. Não bastasse esse problema, a visualização do modelo ficava restrita ao caminho previamente determinado.

A solução encontrada foi exportar o modelo para o formato VRML - *Virtual Reality Modeling Language*, justamente por se tratar de um ambiente mais interativo onde é mais flexível a manipulação e a visualização do modelo. O arquivo resultante ficou pequeno, sendo viável inclusive o seu envio por correio eletrônico. Esse formato apresenta ainda a vantagem de poder ser aberto em qualquer navegador (*browser*) de Internet. O único pré-requisito é a instalação de um *software* de domínio público, como o Cortona, por exemplo, que é gratuito e pode ser "baixado" da rede mundial de computadores.

A ferramenta mostrou-se eficaz para esta finalidade e a aplicação cumpriu o seu objetivo. Obviamente ela não elimina a necessidade de vistoria da edificação para ter uma análise rigorosa dos danos, mas permite uma visualização global das patologias e facilita ao profissional fazer a inter-relação entre as diversas informações obtidas. Apresentando o modelo para um engenheiro de estruturas, ele afirmou que com esse tipo de recurso, a visão conjunta dos danos era expressa na sua totalidade, o que facilitava a análise e a correlação dos danos existentes nos vários pontos da edificação.

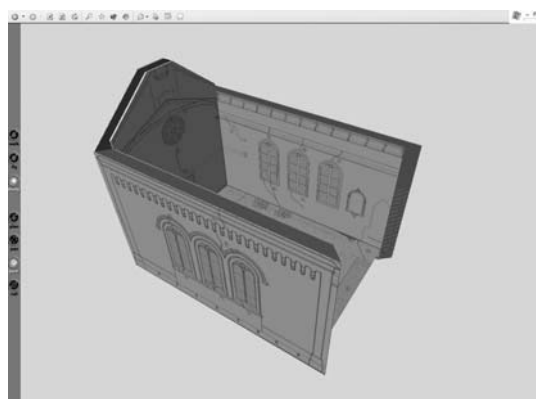


FIGURA 01: Visualização do modelo com mapeamento de danos aplicado



### 3.2 Experimento II

Diante dos resultados obtidos partiu-se para a realização de um outro experimento. Criar um modelo fotorealístico, isto é, um modelo geométrico tridimensional onde fossem mapeadas as fotografias tomadas da edificação, contendo os danos e as patologias. Esse modelo permitiria inclusive uma quantificação precisa dos danos encontrados no edifício.

A primeira dificuldade encontrada ficou por conta de a Igreja da Glória estar implantada em um terreno com pequenas dimensões. Isso impossibilitou a tomada de fotos com ângulos satisfatórios das fachadas laterais. No caso da fachada frontal a existência de árvores também dificultou o trabalho e, finalmente, nas fotos internas o que atrapalhou foram os bancos da igreja.

Para este motivo um outro edifício foi escolhido, o Convento de São Francisco, em Salvador/BA, que está sendo alvo de um projeto de recuperação estrutural. Foram tiradas fotografias digitais da área do claustro do convento.

Para a modelagem foi escolhido o *software* PhotoModeler Pro 4.0, que permite a construção de modelos geométricos tridimensionais fotorealísticos, com as texturas tiradas das próprias fotografias.

O programa para fotogrametria digital trabalha com a restituição fotogramétrica a partir de várias fotografias de um objeto, sobre as quais são identificados interativamente pelo usuário os pontos homólogos. A partir de algoritmos específicos o *software* reconstitui as posições dos pontos no espaço. Este conjunto de pontos define os vértices do modelo que posteriormente são ligados, definindo a geometria do mesmo.

Finalmente são criadas as superfícies e são mapeadas as texturas.

O trabalho mostrou-se extremamente difícil em função da própria complexidade da edificação: colonatas, abóbadas de arestas, galerias e varandas. Entretanto, para formas poliédricas o *software* é extremamente eficaz.

Um outro aspecto logo observado nas primeiras fases do trabalho, mostrou que nas fotografias os danos nem sempre apareciam de maneira destacada e que, em vários casos, nem sempre era possível visualizar os mesmos. Seria preciso ressaltá-los nas fotografias para que o modelo oferecesse uma leitura mais objetiva, permitindo uma visão global e integrada das patologias, objetivo perseguido pelo trabalho.

Nestes primeiros ensaios percebeu-se também que a modelagem de pequenas partes da edificação, com a aplicação das fotografias tomadas do local, permitia uma boa leitura e interpretação desses elementos. Assim, foi construído o modelo e mapeada a textura extraída das fotos, de uma das colunas do claustro. Observou-se que o recurso é válido pelo fato de ampliar as possibilidades de visualização volumétrica e contínua, distinta daquela visualização planimétrica e fragmentada propiciada pela fotografia, além de permitir que o elemento possa ser facilmente analisado à distância por outros especialistas. Estes estudos que normalmente eram feitos baseados em fotos, passam a contar com a possibilidade de um recurso auxiliar, o modelo geométrico tridimensional fotorealístico, para visualização e análise.

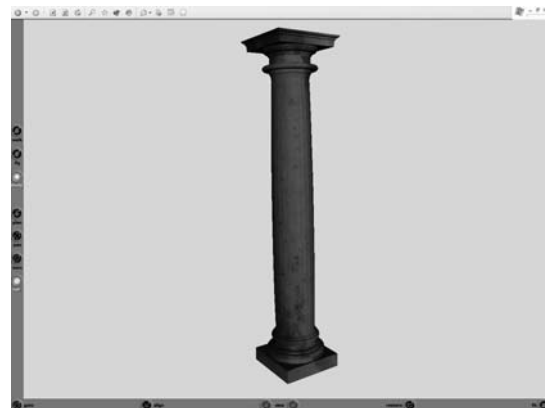


FIGURA 02: Visualização do modelo fotorealístico

### 4. Conclusões

Um modelo geométrico tridimensional fotorealístico com diversas informações associadas a ele pode ajudar significativamente o profissional na análise de uma edificação. Ao mesmo tempo em que o modelo com as texturas fotográficas aplicadas permite uma visualização realística do objeto arquitetônico, a quantificação e a análise de certos danos, o emprego de dados sistematizadas, como o mapeamento de danos dentre outros, permite uma visão clara e objetiva de um outro conjunto de informações. O ideal seria se dispor de um modelo onde as disponíveis informações pudessem ser associadas individualmente ou de maneira combinada, constituindo uma espécie de Sistema de Informações da Edificação - SIE.

Embora o segundo experimento não tenha sido concluído à contento, face às dificuldades já apresentadas, o conjunto de possibilidades e os resultados parciais obtidos mostraram que é possível e viável a continuidade da pesquisa nessa linha de investigação.

Além da busca pela superação das dificuldades encontradas, a pesquisa deverá evoluir em direção de se associar atributos de uma base de dados de objetos gráficos e alfanuméricos ao modelo interativo, de modo que qualquer usuário possa ter acesso a essa documentação complementar sobre a edificação através da interação com o modelo.

Entende-se que, quanto maiores e melhores forem as informações disponíveis sobre o objeto em estudo, melhor será a qualidade deste estudo. Assim, o mesmo poderá ser intuído em relação ao projeto de restauração.

#### Referências

**DOURADO, Odete** . A LÂMPADA DA MEMÓRIA: John Ruskin. Salvador: Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, 1996.

**GOMIDE, José Hailon; SILVA, Patrícia Reisd; BRAGA, Sylvia Maria Nelo**. MANUAL DE ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL. Brasília: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta, 2005.

**EOS SYSTEMS INC**. Photomodeler User Manual version 4.0. 2000.

**FINGER, Anna; CAVALCANTI NETO, José Rodrigues; CORREA, Sandra**. IGREJA NOSSA SENHORA DA GLÓRIA: DIAGNÓSTICO. Curitiba, 2005.

#### KEYWORDS:

*3d visualization, geometric modeling, architecture project of restoration, pathologies mapping, texture mapping.*