

PRESERVAÇÃO DIGITAL DE ACERVOS NATURAIS E CULTURAIS NA UFPR:
INICIATIVAS DO GRUPO IMAGO PARA A CONSTRUÇÃO DE MODELOS 3D
REALÍSTICOS E MUSEU VIRTUAL INTERATIVO ACESSÍVEL PELA INTERNET

*Digital preservation of cultural and natural assets at UFPR:
initiatives of the Imago Group on the generation of realistic 3D
models and interactive virtual museum accessible through the
internet*

*Preservación digital del patrimonio natural y cultural en la
UFPR: iniciativas del Grupo Imago para la generación de
modelos reales 3D y museo virtual interactivo disponible en la
internet*

Beatriz Trinchão Andrade¹

Caroline Mazetto Mendes²

Dyego Rogher Drees³

Alexandre Vrubel⁴

Olga Regina Pereira Bellon⁵

Luciano Silva⁶

RESUMO

A preservação digital é uma área da Ciência da Computação que foca a geração de representações digitais de objetos que têm importância cultural ou científica. Este trabalho tem como objetivo relatar as iniciativas do Grupo de Pesquisa Imago, da Universidade Federal do Paraná, para a preservação digital de acervos naturais e culturais e para a exibição de acervos pela internet. São descritas técnicas utilizadas na geração e visualização de modelos tridimensionais construídos a partir de objetos preservados digitalmente. Os resultados obtidos a partir da aplicação dessas técnicas são apresentados no Museu Virtual 3D do Grupo Imago (<http://www.imago.ufpr.br>).

Palavras-chave: preservação digital; museu virtual; inclusão digital; computação gráfica; visão computacional.

ABSTRACT

Digital preservation is a Computer Science field that focuses on the generation of digital representation of objects that have cultural or scientific value. This work aims to present the initiatives of the Imago Research Group, from the Federal University of Paraná, on the digital preservation of cultural and natural assets and the exhibition of assets through the internet. It also describes the techniques used in the generation and visu-

¹ Doutoranda em Informática da Universidade Federal do Paraná.

² Doutoranda em Informática da Universidade Federal do Paraná.

³ Mestre em Informática da Universidade Federal do Paraná.

⁴ Mestre em Informática da Universidade Federal do Paraná.

⁵ Professora Associada da Universidade Federal do Paraná.

⁶ Professor Adjunto da Universidade Federal do Paraná.

alization of tridimensional models obtained from digitally preserved objects. The results obtained through the application of these techniques are presented at the Imago 3D Virtual Museum (<http://www.imago.ufpr.br>).

Keywords: digital preservation; virtual museum; digital inclusion; computer graphics; computer vision.

RESUMEN

La preservación digital es un área de Ciencias de la Computación que se centra en la generación de representaciones digitales de los objetos que tienen importancia cultural o científica. Este documento tiene por objeto informar sobre las iniciativas del Grupo de Investigación Imago, Universidad Federal de Paraná, para la preservación digital del patrimonio natural y cultural de colecciones y la exposición de las colecciones para la Internet. Se describen las técnicas utilizadas en la generación y visualización de modelos tridimensionales de los objetos conservados construidos digitalmente. Los resultados de la aplicación de estas técnicas se presentan en el Museo Virtual 3D del Grupo Imago (<http://www.imago.ufpr.br>).

Palabras clave: preservación digital; museo virtual; inclusión digital; computación gráfica; visión por computador.

Introdução

A preservação digital de acervos é uma importante área de aplicação da computação gráfica, processamento de imagens e visão computacional. Ela tem por objetivo a geração e disponibilização de representações digitais de objetos que têm importância cultural ou científica.

Entre as formas de representação digital desses objetos, destacam-se os modelos tridimensionais (3D). Esse tipo de representação permite o armazenamento de informações detalhadas sobre a geometria e textura do objeto, e também permite uma visualização realística do resultado da digitalização. Dessa forma, é possível a utilização de modelos 3D em atividades educacionais, culturais, científicas e de entretenimento.

Os modelos 3D de objetos preservados são registros do objeto original, e podem ser utilizados como referência na restauração e na análise de propriedades do objeto. Essas aplicações são importantes no caso de desgaste natural ou acidentes, e na obtenção de informações adicionais sobre o artefato, como sua altura e volume.

Um outro recurso importante oferecido pela preservação digital é a redução da necessidade de transporte de artefatos para exposições

ou atividades de pesquisa, o que pode causar danos irreversíveis a eles. A preservação digital permite o acesso virtual aos artefatos com enorme quantidade de detalhes, reduzindo assim a necessidade do transporte e manipulação física.

Como exemplos de projetos relevantes nessa área, destacam-se o Projeto Michelangelo Digital (LEVOY *et al.*, 2000) e o Projeto Grande Buda (IKEUCHI *et al.*, 2007). O Michelangelo Digital foi um projeto pioneiro na preservação digital 3D de obras de grande porte. Nele foi apresentado o processo de digitalização de algumas das obras do artista Michelangelo, em especial a escultura Davi. No Projeto Grande Buda, foram digitalizadas obras importantes para a cultura japonesa, dentre as quais se destacam a estátua do Buda de Kamakura, no Japão, e as faces do Templo Bayon, no Camboja.

O objetivo deste trabalho é apresentar as iniciativas do Grupo Imago de Pesquisa da UFPR para preservação digital de acervos naturais e culturais, bem como o sistema (Museu Virtual 3D) desenvolvido para que os resultados sejam visualizados de forma simples e interativa, pela Internet e sem a necessidade do uso de computadores ou periféricos sofisticados.

O Grupo Imago da UFPR está cadastrado na plataforma de grupos de pesquisa do CNPq desde 1995. Desde então, o grupo vem atuando nas áreas de visão computacional, com-

putação gráfica e processamento de imagens. Nesse contexto, o Imago tem uma larga experiência na aquisição, processamento e análise de imagens 3D, ressaltando-se aqui as aplicações em preservação digital de acervos naturais e culturais.

Os trabalhos do grupo Imago nessa área foram iniciados em 2002, com o desenvolvimento de um método original para combinar imagens 3D de objetos de valor arqueológicos (SILVA *et al.*, 2003; SILVA; BELLON; BOYER, 2004). Em seguida, o Imago coordenou a participação da UFPR em um consórcio entre

universidades e instituições de pesquisa brasileiras para desenvolvimento de aplicações para elaboração do Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD), com apoio da Finep, tendo criado um Museu Virtual 3D para TV Digital (Fig. 1). Uma característica interessante dessa aplicação é que ela foi desenvolvida para ser utilizada em plataformas de *hardware* de baixo custo e com recursos restritos (p.ex., memória e capacidade de processamento). Esta aplicação está disponível na internet em: http://www.imago.ufpr.br/museu3d/pt_mus_sbtvd.html.



FIGURA 1 - IMAGENS DO PROTÓTIPO DO MUSEU VIRTUAL 3D PARA O SBTVD

Com o objetivo de criar um Museu Virtual 3D de aplicação mais genérica e com possibilidade de acesso pela internet, a partir de 2005 iniciou-se o desenvolvimento de um sistema de visualização de modelos 3D com interatividade, com o apoio do CNPq e da UFPR (SOARES *et al.*, 2006). Este novo Museu Virtual 3D também se encontra disponível na internet em: http://www.imago.ufpr.br/museu3d/pt_mus_sistema.html.

Para que os modelos 3D a serem visualizados no Museu Virtual pudessem de fato ser aplicados na preservação digital de acervos, o Imago investiu no desenvolvimento de um sistema completo para reconstrução de objetos naturais e culturais, com precisão e realismo (VRUBEL, 2008; ANDRADE, 2009; VRUBEL;

BELLON; SILVA, 2009a; 2009b; ANDRADE *et al.*, 2011a; SANTOS JUNIOR *et al.*, 2011). Os objetos utilizados para criação de acervos de preservação digital pertencem a diferentes instituições. Em parceria com a UNESCO, o grupo está trabalhando atualmente na preservação de esculturas do artista barroco Antônio Francisco Lisboa (conhecido como *Aleijadinho*) (Figs. 2a e 2b). Mais detalhes sobre o processo que está sendo desenvolvido para a preservação destas obras estão disponíveis em Andrade *et al.* (2011b).

Além disso, já foram preservadas obras pertencentes ao Acervo da Reitoria (Fig. 3a), Coleções Biológicas da UFPR (Fig. 3b), Museu de Arqueologia e Etnologia da UFPR (Fig. 3c), Museu Metropolitano de Arte Curitiba (Fig. 3d) e Museu de Ciências Naturais da UFPR (Fig. 8).



FIGURA 2 - EXEMPLOS DE MODELOS 3D DO ACERVO FEITOS PELO ARTISTA ALEIJADINHO: (a) PROFETA DANIEL; (b) PROFETA JONAS



FIGURA 3 - EXEMPLOS DE MODELOS 3D DO ACERVO: (a) ESTÁTUA PRESENTE NO GABINETE DO REITOR DA UFPR; (b) BESOURO; (c) ANTA DE CERÂMICA MANUFATURADA POR ÍNDIOS DA TRIBO WAUJA; (d) OBRA DO ARTISTA CARYBÉ

O restante deste artigo descreve as principais características do Museu Virtual 3D e dos métodos utilizados para a construção de modelos 3D precisos e realísticos. Os trabalhos apresentados foram todos desenvolvidos por professores e alunos (graduação, mestrado e doutorado) da UFPR, com a participação dos responsáveis pelos museus que cederam os objetos.

Geração dos modelos 3D

O sistema desenvolvido pelo Grupo Imago para a geração de modelos 3D precisos

é composto por três etapas principais: aquisição de dados; reconstrução da geometria; e geração de texturas de alta resolução. Na primeira, são capturados os dados (imagens) necessários para reconstruir o objeto e sua textura. Na segunda etapa, a geometria do objeto é reconstruída por um processo de integração das imagens obtidas na etapa anterior; e, na terceira, é gerada e aplicada uma textura de alta qualidade ao modelo 3D reconstruído (Fig. 4). Cada uma das etapas é descrita nas próximas seções.

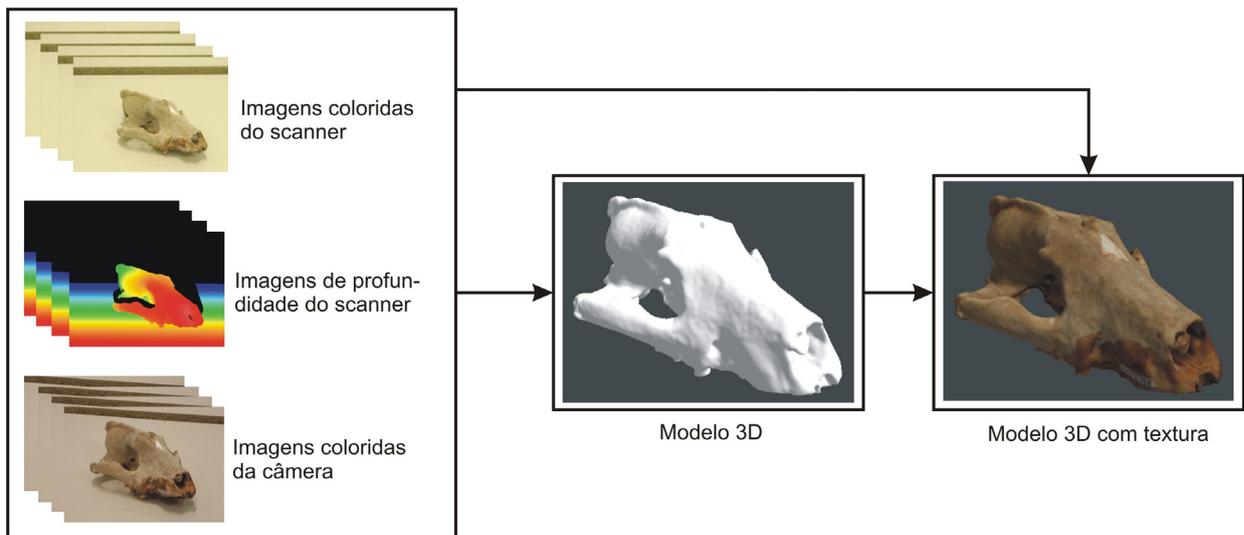


FIGURA 4 - ILUSTRAÇÃO DO PROCESSO DE PRESERVAÇÃO DIGITAL DO FÓSSIL DE UM *PROTOCYON*, ANIMAL QUE HABITOU CAVERNAS NO BRASIL DURANTE O PLEISTOCENO (PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE 1.816.000 E 11.500 ANOS ATRÁS)

Aquisição de dados

Nesta etapa são utilizados dois dispositivos de captura para obter imagens que contêm informações sobre a geometria e a textura do objeto. São capturados dois tipos de imagens: imagens coloridas e imagens de profundidade. Imagens de profundidade são medidas de profundidade dispostas em uma grade de amostragem regular, que registram parte da geometria do objeto e do ambiente em que ele está inserido (Fig. 5).

Dessa forma, no processo desenvolvido, as imagens de profundidade são utilizadas para reconstruir a geometria do objeto. A reconstrução do objeto resultará em um modelo 3D, cuja textura é gerada a partir das imagens coloridas capturadas.

O primeiro dispositivo utilizado é um *scanner a laser* de alta resolução (Minolta Vivid 910) que captura imagens coloridas e imagens de profundidade. Por causa de limitações do *hardware*, as imagens capturadas pelo *scanner* apresentam resolução máxima de 640 x 480.

Quando são consideradas imagens de profundidade, essa resolução é suficiente para reconstruir a geometria do objeto com um alto nível de detalhes. No entanto, para imagens coloridas, ela não provê informação de cor suficiente para obter texturas precisas.

Assim, são também capturadas imagens de alta resolução (4367 x 2911) do objeto com uma câmera fotográfica profissional (Canon EOS5D). Essas imagens são utilizadas para a geração de texturas realísticas do objeto.

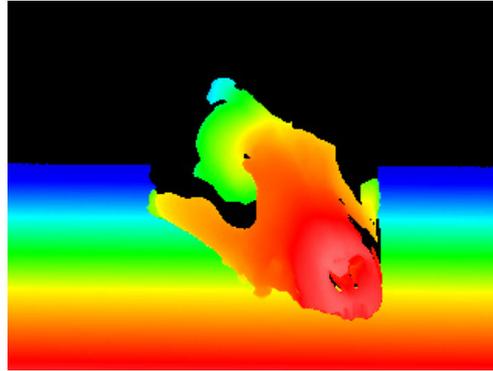


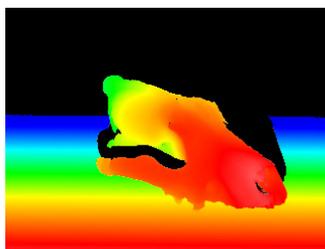
FIGURA 5 - EXEMPLO DE IMAGEM DE PROFUNDIDADE

Reconstrução da geometria

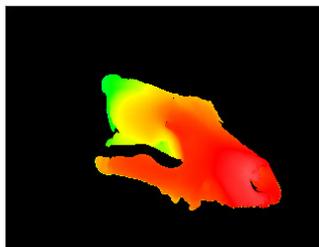
Apenas uma imagem de profundidade não contém informação suficiente para reconstruir integralmente o objeto que será preservado. Assim, considerando um conjunto de imagens de profundidade que registram diferentes regiões de um objeto, é possível integrá-las, de forma a gerar um modelo 3D.

O Grupo Imago desenvolveu um processo de reconstrução 3D que se baseia no ali-

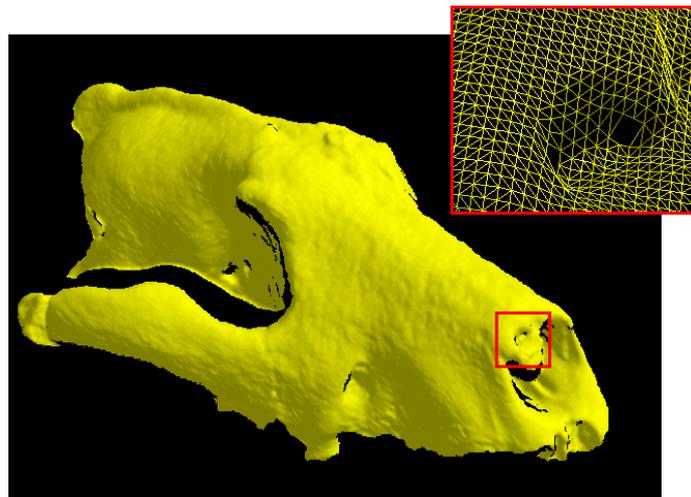
nhamento e na integração de vistas. Uma vista é obtida a partir de uma imagem de profundidade, e representa uma parte da geometria do objeto. Para isso, primeiro é removido da imagem de profundidade o plano utilizado como suporte do objeto (Fig. 6a e 6b), utilizando a técnica descrita em Vrubel, Bellon e Silva (2009a). Uma vista é a imagem resultante, renderizada em uma malha de triângulos (Fig. 6c).



(a)



(b)



(c)

FIGURA 6 - (a) IMAGEM DE PROFUNDIDADE ORIGINAL; (b) IMAGEM DE PROFUNDIDADE COM PLANO REMOVIDO; (c) VISTA CORRESPONDENTE À IMAGEM DE PROFUNDIDADE DA FIGURA 6b

Assim, de maneira simplificada, dado um conjunto de vistas, estas são alinhadas e integradas, de forma a obter uma malha que corresponde ao modelo 3D do objeto. O processo completo de reconstrução desenvolvido pelo Imago é composto por várias etapas específicas, descritas em Vrubel (2008), Vrubel, Bellon e Silva (2009b) e Santos Junior *et al.* (2011).

Geração de texturas de alta resolução

Nesta etapa, o objetivo é gerar textura para o modelo 3D, de forma a registrar as informações de cor da superfície do objeto preservado. Essas informações são representadas por mapas de textura, que são estruturas de dados que contêm a descrição da aparência visual do objeto.

O método de geração de mapas de textura adotado inicialmente pelo Imago utiliza imagens coloridas capturadas pelo scanner (VRUBEL, 2008; VRUBEL; BELLON; SILVA, 2009b). Conforme foi apresentado, essas imagens não são adequadas para o nível de reso-

lução e realismo desejado para a preservação digital de patrimônios. Nesse tipo de aplicação, é necessário que seja armazenado o maior número possível de informações sobre o objeto preservado, exigindo, assim, um método de geração de texturas com maior resolução e qualidade.

Dessa forma, foi acrescentada uma câmera fotográfica ao sistema de aquisição, e foi desenvolvido um método de geração de texturas para o modelo 3D a partir das fotografias capturadas pela câmera (ANDRADE, 2009; ANDRADE *et al.*, 2011a).

Esse método gera a textura final do objeto a partir da integração de mapas de textura parciais. O mapa de textura parcial é um mapa de textura que contém somente as informações de cor registradas por uma única fotografia. Assim, utilizando uma série de mapas de textura parciais que cobrem a superfície do objeto, estas são integradas, gerando o mapa de textura final. Nas Figuras 7 e 8 são exibidas comparações entre texturas geradas utilizando imagens do scanner e imagens da câmera em diferentes objetos preservados.

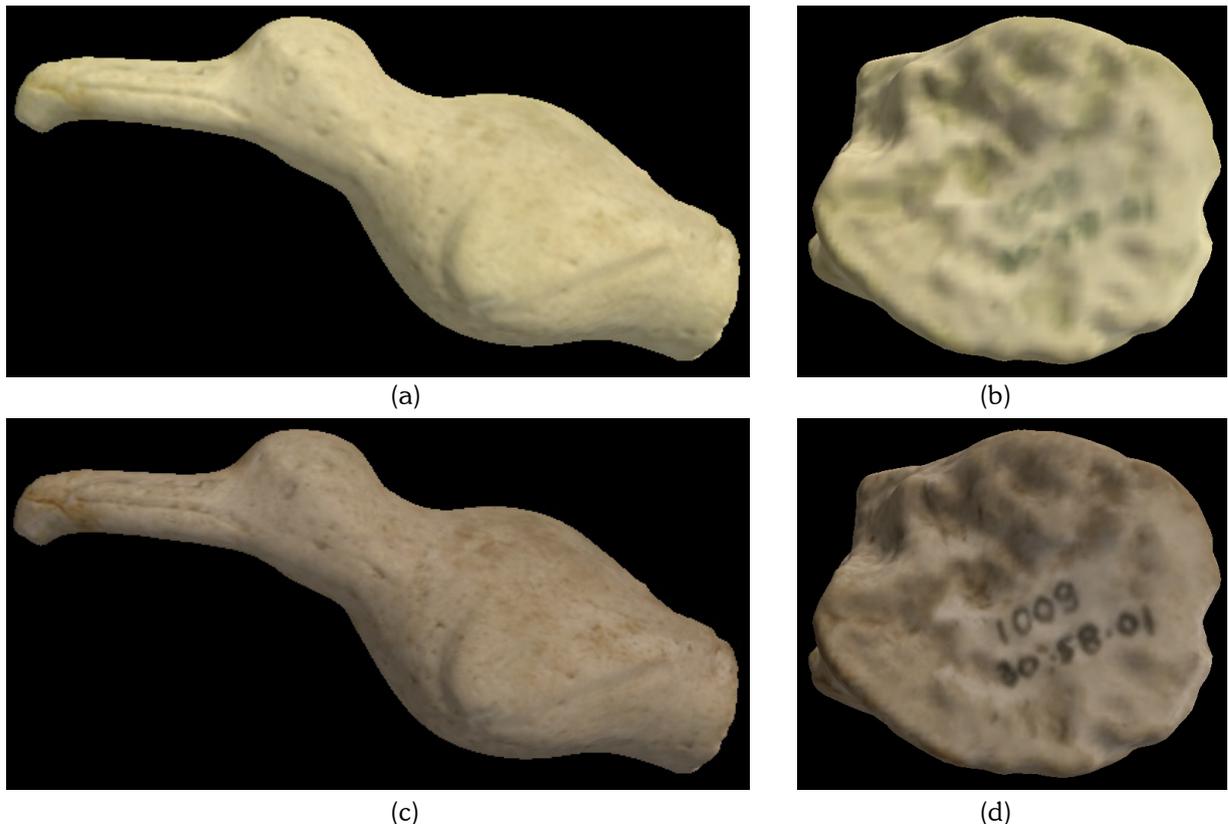


FIGURA 7 - PÁSSARO FEITO POR ÍNDIOS COM OSSO DE BALEIA: (a) E (b) MODELO E DETALHE RENDERIZADOS COM IMAGENS DO SCANNER; (c) E (d) MODELOS E DETALHE RENDERIZADOS COM IMAGENS DA CÂMERA

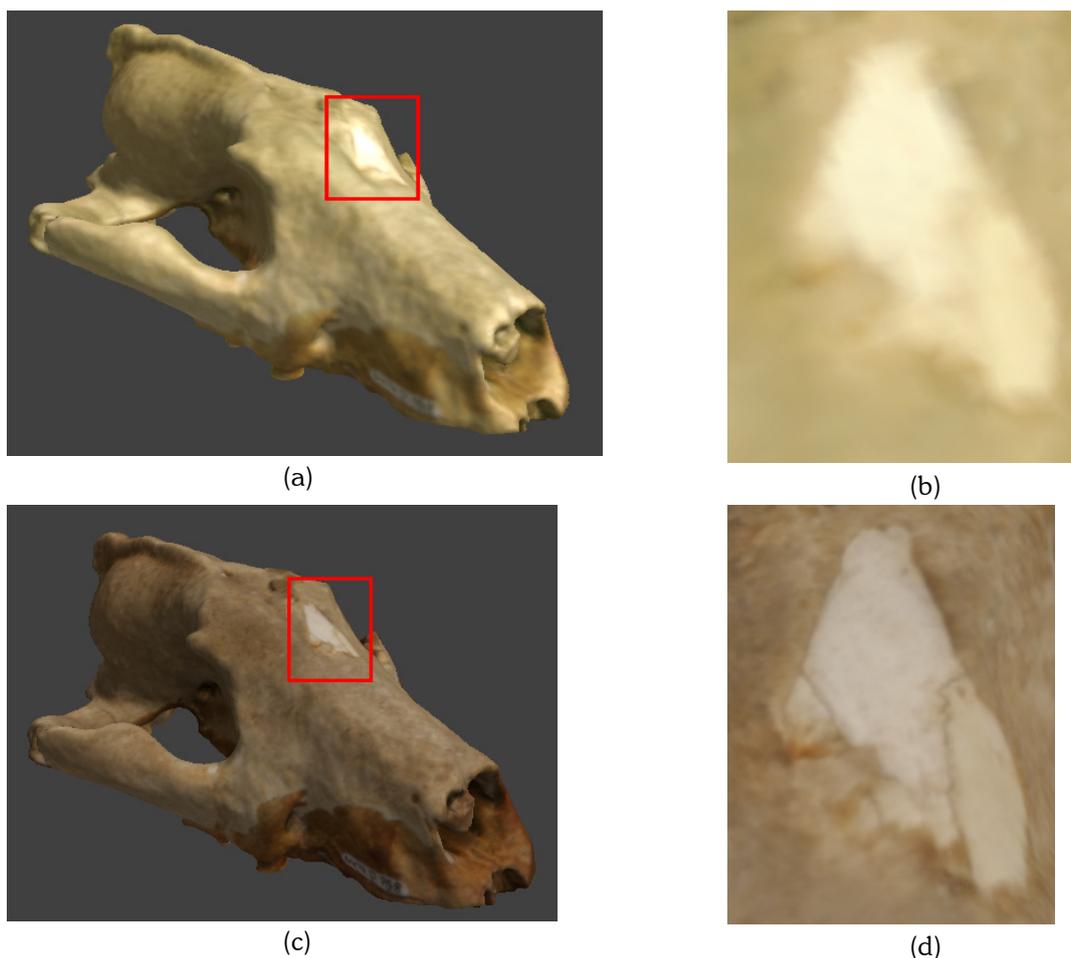


FIGURA 8 - *PROTOCYON*: (a) E (b) MODELO E DETALHE RENDERIZADOS COM IMAGENS DO SCANNER; (c) E (d) MODELOS E DETALHE RENDERIZADOS COM IMAGENS DA CÂMERA

Disponibilização dos modelos 3D

Os museus virtuais apresentam uma nova forma de acesso ao conhecimento na qual pessoas podem visitar, a qualquer momento, um museu do mundo que esteja disponível na *web*. Com o advento da realidade virtual, museus que possuem obras de arte, como esculturas, podem disponibilizá-las de forma interativa, na qual pessoas podem visualizar detalhes e ângulos variados das obras, o que não é permitido em visitas físicas.

O Museu Virtual 3D do Imago tem um sistema de visualização de modelos 3D (DREES; MENDES, 2007; DREES *et al.*, 2007; MENDES *et al.* 2010) que pode ser acessado a partir de um navegador *web*, como mostra a Figura 9, no seguinte endereço: <http://www.imago.ufpr.br/Museu>. O sistema utiliza uma ferramenta para a visualização 3D chamada *Plugin Imago*, descrita na seção **Plugin Imago**.



FIGURA 9 - PÁGINA WEB DO MUSEU VIRTUAL 3D DO IMAGO

Sistema para visualização de Museu Virtual 3D

Como características desse sistema, podemos destacar a preservação digital de objetos culturais e naturais, a visualização verossímil dos objetos, o alto grau de interatividade na visualização e a segurança no acesso aos modelos 3D digitalizados.

O sistema segue a arquitetura cliente-servidor, mostrada na Figura 10, em que modelos 3D são armazenados em um banco de dados no servidor, e são enviados para o cliente para que seja feita a visualização. O servidor também é responsável pelo cadastramento e autenticação do usuário no sistema.

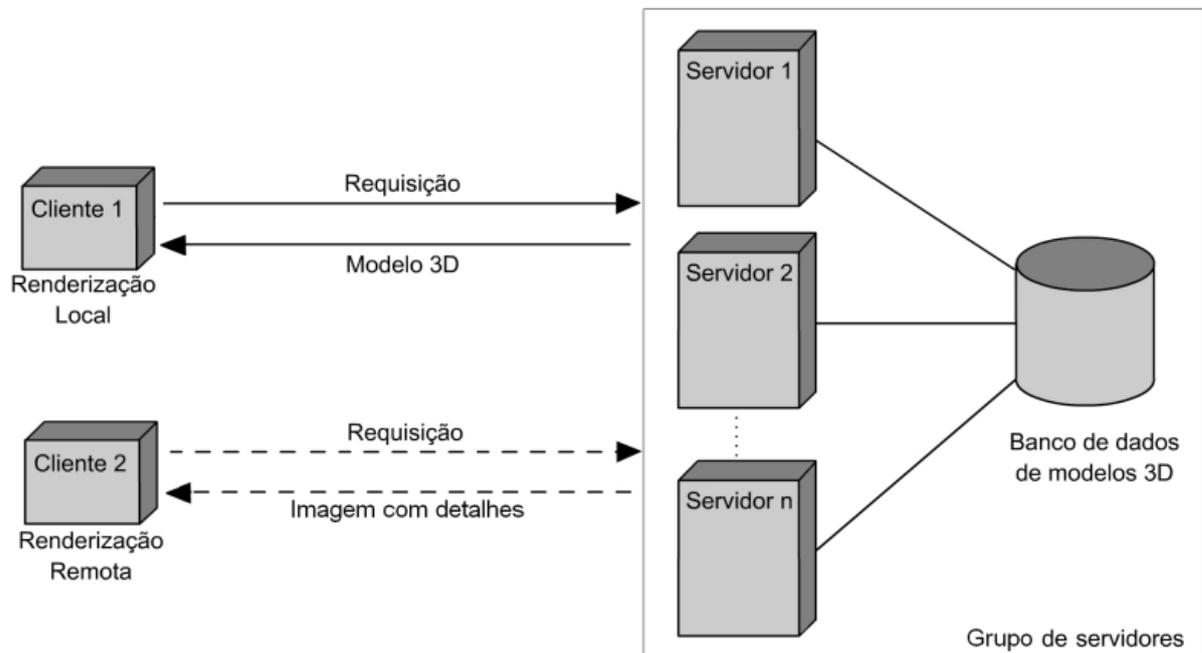


FIGURA 10 - ARQUITETURA UTILIZADA NO SISTEMA PARA VISUALIZAÇÃO DE MUSEU VIRTUAL 3D DO IMAGO. O CLIENTE RECEBE O MODELO 3D DO SERVIDOR PARA VISUALIZAÇÃO, PODENDO TAMBÉM RECEBER IMAGENS COM DETALHES DOS MODELOS 3D

A maioria dos modelos 3D está disponível em baixa resolução, e alguns também em alta resolução. Modelos 3D com alta resolução podem não ser exibidos no cliente por causa da baixa capacidade computacional do computador do usuário. Essa limitação, e o fato de que algumas obras são protegidas por direitos autorais, são os principais motivos para não disponibilizar os modelos 3D com alta resolução.

Para permitir que usuários visualizem mais detalhes dos objetos, está sendo desenvolvido um sistema de renderização remota. Nesse sistema, os usuários poderão interagir com um modelo 3D de baixa resolução e visualizar imagens do mesmo modelo 3D com alta resolução, como mostra a Figura 11. Dessa maneira, o conteúdo do Museu Virtual 3D do Imago será mais acessível para o maior número de pessoas possível.

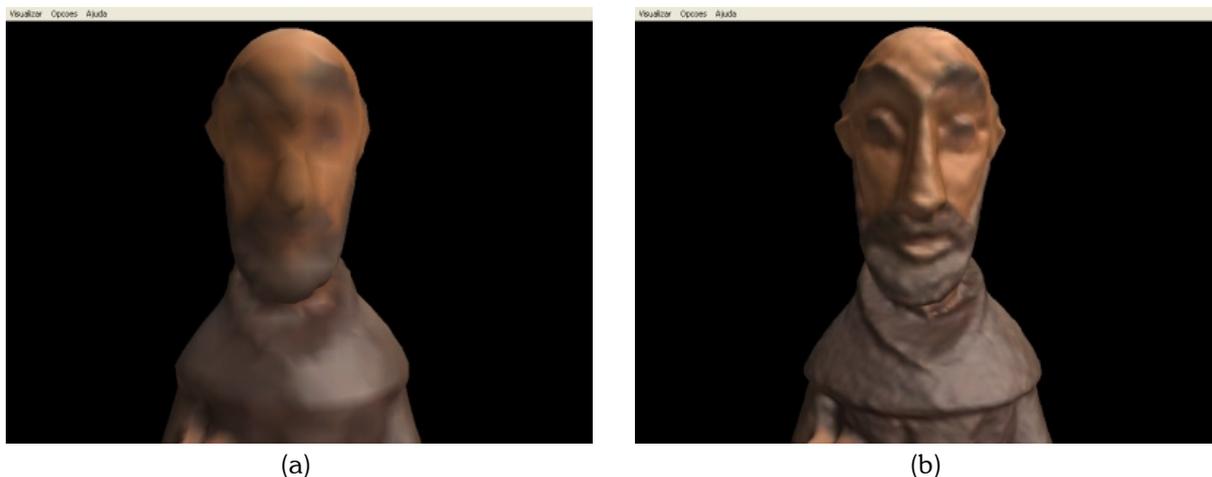


FIGURA 11 - EXEMPLO DE VISUALIZAÇÃO COM A TÉCNICA DE RENDERIZAÇÃO REMOTA. (a) MODELO 3D DE BAIXA RESOLUÇÃO. (b) IMAGEM COM DETALHES DO MODELO 3D

Plugin *Imago*

O *Plugin Imago* foi desenvolvido para permitir a visualização de modelos 3D com um navegador *web*. Os testes realizados no Museu Virtual 3D do Imago mostraram que as soluções existentes para a visualização de conteúdo 3D na *web* não atendiam aos requisitos para uma boa visualização, como, por exemplo, interface intuitiva para o usuário e alta interatividade do usuário com os modelos 3D.

A interface intuitiva e simples do *Plugin Imago* torna a visualização mais agradável para o usuário, pois não exige esforço para interagir com os modelos 3D, sendo um atrativo para atividades educacionais. Operações básicas como rotacionar, movimentar, aproximar e afastar o modelo 3D são realizadas de forma prática, utilizando apenas o *mouse* ou com o auxílio do menu e do teclado, como mostra a Figura 12.

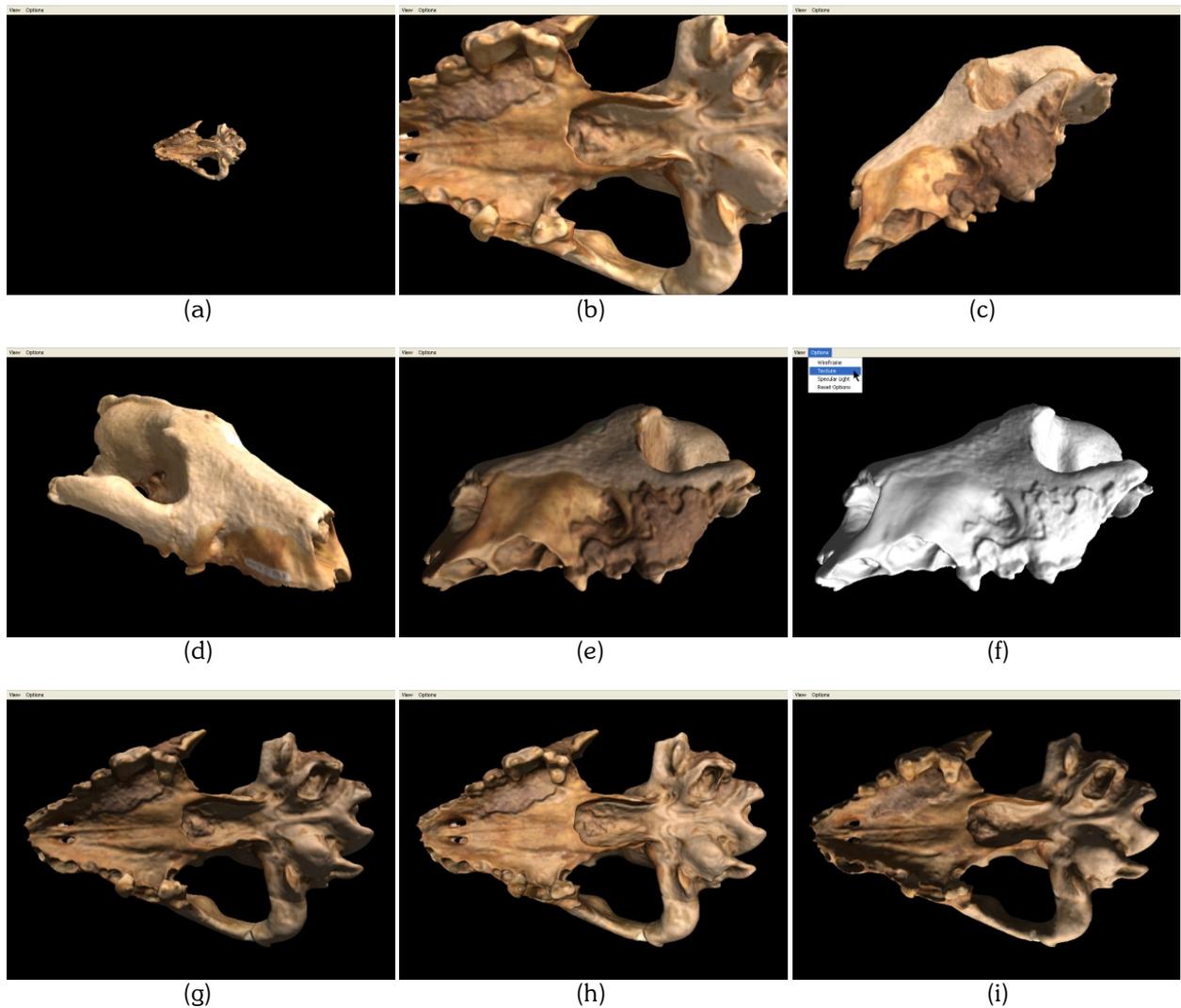


FIGURA 12 - EXEMPLOS DE VISUALIZAÇÃO DO MODELO 3D DE UM FÓSSIL DE UM PROTOCYON. (a) AFASTAR, (b) APROXIMAR, (c) E (d) MOVER O MODELO 3D, (e) MODELO 3D COM TEXTURA, (f) MODELO 3D SEM TEXTURA, (g, h, i) MOVIMENTAR A LUZ NO MODELO 3D

O *Plugin Imago* está disponível na *web* em <http://www.imago.ufpr.br/plugin>. É compatível com navegadores *web* da família Firefox, como Mozilla Firefox, Iceweasel, Netscape, entre outros, nas plataformas Linux e Windows. A instalação, em ambas as plataformas, pode ser feita automaticamente, com programas instaladores, ou manualmente.

Além do Museu Virtual 3D do Imago, outros museus podem utilizar o *Plugin Imago* para disponibilizar suas obras de arte para uma visualização 3D em seus *sites*. Dessa maneira, os museus aumentam a divulgação do seu conteúdo e tornam a visita mais atrativa. Artistas

também podem apresentar a sua arte em seus *sites* pessoais, possibilitando ao seu público interagir com os modelos 3D, assim como os pesquisadores ou professores podem utilizar a visualização 3D para auxiliar os seus estudos.

Para tornar o Museu Virtual 3D do Imago ainda mais acessível, está sendo desenvolvido uma versão do *Plugin Imago* utilizando a linguagem Java, a qual permite portabilidade. Assim, o novo visualizador 3D poderá ser acessado em qualquer navegador *web*, incluindo o Internet Explorer, e qualquer sistema operacional com suporte a Java, como por exemplo Windows, Linux e Mac OS.

Conclusões

Este relato de experiência descreve as iniciativas do Grupo Imago na preservação digital de acervos culturais e naturais, com destaque para a geração e disponibilização de modelos 3D de objetos preservados. Esses modelos são gerados a partir de um processo que tem como objetivo a reprodução de detalhes de geometria e cor com alta resolução, permitindo, assim, o registro de informações detalhadas sobre o objeto preservado.

O sistema de visualização do Museu Virtual 3D auxilia a preservação dos artefatos, ampliando as atividades de pesquisa por meio do acesso remoto. Com o uso do *Plugin Imago* no sistema, tem-se um acesso simples e com alta interatividade aos modelos 3D para o maior número de pessoas. Dessa forma, este projeto contribui para a inclusão digital, pois o acesso remoto pela *web* pode ser feito utilizando computadores de baixo custo. Outros projetos relacionados à preservação digital e museus virtuais também podem utilizar o *Plugin Imago* como ferramenta para visualização do conteúdo 3D, possibilitando a divulgação das suas pesquisas e de objetos artísticos em geral.

Como trabalhos futuros, tem-se a melhoria dos métodos de digitalização de textura, considerando a influência da iluminação durante a captura de imagens do objeto. Além disso, estão sendo desenvolvidas estratégias para tornar o museu mais acessível para os usuários em termos de capacidade computacional. Por fim, novas parcerias serão avaliadas com o objetivo de ampliar o acervo do Museu Virtual 3D do Imago.

Agradecimentos

O Grupo Imago agradece o apoio da Unesco, Iphan, Finep, UFPR, Capes e CNPq e a todos que participaram dos projetos que o Grupo Imago desenvolveu nesta área. Os artefatos preservados foram cedidos pela Unesco/Iphan, pelo Acervo da Reitoria, pelas Coleções Biológicas da UFPR, pelo Museu de Arqueologia e Etnologia da UFPR, pelo Museu Metropolitan de Arte Curitiba e pelo Museu de Ciências Naturais da UFPR.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, B. T. *Utilizando fotografias digitais de alta qualidade na geração de textura para modelos 3D: uma abordagem prática na preservação digital de acervos culturais e naturais*. 2009. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

_____; BELLON, O. R. P.; SILVA, L.; VRUBEL, A. Digital preservation of Brazilian indigenous artworks: generating high quality textures for 3D models. *Journal of Cultural Heritage* (aceito para publicação), ISSN/ISBN: 12962074, DOI: 10.1016/j.culher.2011.05.002, 2011a.

_____ et al. 3D preserving XVIII Century Baroque masterpiece: challenges and results on the digital preservation of Aleijadinho's sculpture of the prophet Joel. *Journal of Cultural Heritage* (aceito para publicação), ISSN/ISBN: 12962074, DOI: 10.1016/j.culher.2011.05.003, 2011b.

DREES, D. R.; MENDES, C. M. *Sistema de visualização de museu virtual 3D*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

_____ et al. Sistema para visualização de museu virtual 3D. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTER GRAPHICS AND IMAGE PROCESSING, WORKSHOP OF UNDERGRADUATE WORK. *Proceedings...* 2007.

IKEUCHI, K. *et al.* The great buddha project: digitally archiving, restoring, and analyzing cultural heritage objects. *International Journal of Computer Vision*, v. 75, n. 1, p. 189-208, 2007.

LEVOY, M. *et al.* The Digital Michelangelo Project: 3D scanning of large statues. *International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, p. 131-144, 2000.

MENDES, C. M.; DREES, D. R.; SILVA, L., BELLON, O. R. P. Interactive 3D visualization of natural and cultural assets. *Proceedings of the Workshop on eHeritage and Digital Art Preservation*, 2nd Meeting, ACM, Firenze, p. 49-54, 2010.

SANTOS JUNIOR, J.; BELLON, O. R. P.; SILVA, L.; VRUBEL, A. Improving 3D reconstruction for digital art preservation. *International Conference on Image Analysis and Processing*, 16. (aceito para publicação). *Proceedings...* Ravenna, Itália, 2011.

SILVA, L.; BELLON, O. R. P.; GOTARDO, P. F. U.; BOYER, K. L. Low-overlap range image registration for archaeological applications. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Workshop on Applications of Computer Vision in Archaeology*, v. 1, p. 9, 2003.

SILVA, L.; BELLON, O. R. P.; BOYER, K. L. Computer vision and graphics for heritage preservation and digital archaeology. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, v. 11, n. 1, p. 9-31, 2004.

SOARES, I. J. A. *et al.* Computação na preservação e difusão de patrimônios históricos e culturais. CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO E APLICAÇÕES. *Anais...* 2006.

VRUBEL, A. *Pipeline para reconstrução digital de objetos com scanners 3D de triangulação a laser: aplicação na preservação digital de acervos naturais e culturais.* 2008. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

_____; BELLON, O. R. P.; SILVA, L. Planar background elimination in range images: a practical approach. *IEEE International Conference on Image Processing*, 2009a.

_____. A 3D Reconstruction pipeline for digital preservation. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2009b.

Texto aprovado em 18 de novembro de 2010.