

Revista Brasileira de Odontologia Legal – RBOL

ISSN 2359-3466

<http://www.portalabol.com.br/rbol>



Reconstrução Facial

COMPARAÇÃO ENTRE CINCO SISTEMAS DE DIGITALIZAÇÃO 3D POR FOTOGRAMETRIA APLICADOS À ANTROPOLOGIA FORENSE E ODONTOLOGIA LEGAL.

Comparison of five photogrammetry 3D digitizing systems of applied to Forensic Anthropology and Forensic Dentistry.

Giulia Cristina BATISTELA¹, Cícero André da Costa MORAES², Paulo MIAMOTO³.

1. Graduanda em Odontologia, Faculdade São Leopoldo Mandic, Campinas, São Paulo, Brasil.

2. 3D Designer, Arc-Team, Cles, Trento, Itália.

3. Departamento de Odontologia, Áreas de Odontologia Legal e Anatomia, Faculdade São Leopoldo Mandic, Campinas, São Paulo, Brasil.

Informação sobre o manuscrito

Recebido em: 09 Fev 2017

Aceito em: 15 Mar 2017

Autor para contato:

Prof. Dr. Paulo Eduardo Miamoto Dias

São Leopoldo Mandic - Departamento de Anatomia

R. Dr. José Rocha Junqueira, 13, Swift, Campinas, São Paulo. CEP: 13045-755.

E-mail: dr.miamoto@gmail.com.

RESUMO

A análise forense de restos mortais e outros vestígios pode ser complementada pela digitalização tridimensional (3D). A fotogrametria de curta distância, consiste na extração de informações geométricas 3D a partir de imagens fotográficas. O objetivo deste estudo foi comparar cinco sistemas de digitalização (Photoscan[®], 123dCatch[®], ReCap360[®], PPT-GUI[®] e OpenMVG[®]+MVS[®]) quanto à operabilidade e qualidade das malhas 3D geradas a partir de 42 fotografias de um crânio seco, tomadas com um smartphone. Duas escalas métricas ABFO n^o2 foram posicionadas rente ao crânio. Após o processamento, as nuvens de pontos 3D resultantes foram convertidas em malhas 3D e/ou texturizadas quando necessário, e redimensionadas em escala 1:1. O número de vértices, faces, fator de escala e uma medida conhecida foram registrados. Recortou-se as regiões que não faziam parte do crânio e novamente o número de faces e vértices foi registrado. Para operabilidade, avaliou-se tempo de processamento, necessidade de conexão à Internet, funcionalidade limitada por versão não paga, texturização automática, entre outros parâmetros. Para qualidade, as malhas também foram avaliadas em seu aspecto visual, em seu aspecto quantitativo de vértices e faces, e diferença estatística das médias das medidas. Embora o uso de duas escalas idênticas tenha gerado artefatos, todos os programas geraram malhas tridimensionais adequadas, com algumas diferenças no resultado final e na operação. Cada ferramenta obteve resultados satisfatórios dentro de suas particularidades. Photoscan[®] teve operabilidade e resultados bons, porém seu custo pode ser um obstáculo. ReCap360[®] e 123dCatch[®] são fáceis de operar, mas dependem de Internet e possuem funcionalidade limitada.

PALAVRAS-CHAVE

Reconhecimento facial; Odontologia legal; Imagem tridimensional; Antropologia forense.

INTRODUÇÃO

A reconstrução facial é uma técnica multidisciplinar, empregada em Antropologia

Forense, Odontologia Legal e Arte Forense, que aproxima a face de um indivíduo com base em seu perfil bioantropológico. É a

confeção cientificamente guiada de uma face sobre um crânio, com o propósito de identificação individual, deflagrada pelo reconhecimento do rosto por algum ente próximo ao falecido. Pode ser executada em métodos bidimensionais (2D) ou tridimensionais (3D). Os métodos podem ter abordagens físicas (com uso de instrumentos para desenho, ou escultura em material de modelagem) ou digitais, auxiliadas por programas de computador. Ainda, podem ser conduzidos de modo totalmente manual, semiautomatizado ou totalmente automatizado¹. Em contexto forense, é um método auxiliar ao processo de identificação humana onde haja pouca ou nenhuma outra evidência *ante-mortem* disponível para comparação²⁻⁴.

Além de sua aplicação forense, a reconstrução facial também pode ser aplicada a contextos arqueológicos. Pode ser utilizada para criar imagens de pessoas do passado a partir do estudo de materiais recuperados em sítios, como restos esqueléticos, corpos mumificados ou corpos preservados em ambientes que inibem as transformações destrutivas da putrefação⁵.

A identificação de um indivíduo pode ter uma importante participação do cirurgião-dentista especializado em Odontologia Legal. Nos processos de identificação humana *post-mortem*, o profissional pode estar presente desde os procedimentos iniciais de identificação geral e estimativa de perfil antropológico à efetiva identificação positiva^{6,7}, o que ademais das consequências jurídicas e sociais acaba por trazer também alento emocional aos familiares.

É mister salientar que sem o adequado estudo antropológico, odontológico e médico legal para a estimativa de parâmetros importantes como ancestralidade, sexo, idade, alterações patológicas, caracteres sinaléticos individualizantes, o labor reconstutivo carecerá de elementos fundamentais à sua adequada condução, o que pode inclusive contribuir negativamente para um não reconhecimento e consequente identificação¹.

Estimado o perfil bioantropológico, o crânio será o elemento fundamental para o desenvolvimento dos trabalhos periciais. Assim, em técnicas 2D manuais, necessita-se prepara-lo para que uma fotografia de referência seja tomada e permita o trabalho do operador⁸. Em técnicas 3D, preconiza-se que uma réplica do crânio seja realizada para que os restos mortais possam ser analisados por outros profissionais, ou inumados. Em técnicas 3D físicas, materiais dentários podem ser aplicados para a obtenção desta réplica⁹. Em técnicas 3D digitais, é necessária a conversão de objeto físico real para um objeto digital virtual 3D, por meios como tomografia computadorizada ou escaneamento de superfície. Ainda que apresentem resultados interessantes, o custo e o acesso limitado representam pontos negativos para digitalização por estes métodos^{1,10}.

Uma alternativa pode ser a aplicação da fotogrametria de curta distância, que consiste na extração de informações 3D de objetos físicos a partir de suas imagens fotográficas. A técnica é denominada SfM (*Structure from Motion*). Essa tecnologia é notadamente acessível,

pois pode ser realizada com câmeras digitais e também em dispositivos comuns, como o *smartphone*^{1,10-12}. Dentre suas aplicações, elenca-se a documentação 3D com boa precisão de lesões causadas por diversos meios e instrumentos, que podem complementar os modelos tridimensionais obtidos em tomografias computadorizadas¹³. Ainda que acessíveis, métodos fotogramétricos também podem ser configurados em sistemas de notável sofisticação, como os empregados para escaneamento 3D de corpo inteiro, onde até 64 câmeras são montadas para a captura em 360¹⁴.

Mesmo com o avanço das tecnologias, são pouco numerosas as pesquisas sobre técnicas de reconstrução facial digital e digitalização 3D no Brasil. O objetivo deste estudo foi comparar cinco sistemas de digitalização (Photoscan®, 123dCatch®, ReCap360®, PPT-GUI® e OpenMVG®+OpenMVS®) quanto à operabilidade e qualidade das malhas 3D geradas a partir de imagens de um crânio seco.

MATERIAL E MÉTODOS

Um crânio seco com mandíbula, provenientes do acervo do laboratório de anatomia da faculdade onde um dos autores (PM) atua como professor da disciplina, foi selecionado para ser digitalizado.

O conjunto foi posicionado de modo estável sobre uma superfície plana. Foram posicionadas duas escalas métricas idênticas ABFO n°2 sobre a superfície, rentes ao conjunto. Foram feitas fotografias em 360 graus, com um *smartphone* (*iPhone 5*®, *Cupertino, EUA*) obtendo-se 42 imagens.

O protocolo de obtenção de imagens fotográficas seguido foi uma adaptado de Moraes e Miamoto (2015)¹. Em duas angulações verticais distintas (45° e 30°), foram tomadas fotos a cada intervalo de 18° ao redor do conjunto, de maneira que ao final do processo, 42 fotografias foram obtidas e transferidas a um computador pessoal (processador Intel® i7, 16GB RAM, placa de vídeo NVIDIA® GEFORCE GTX) (Figura 1).

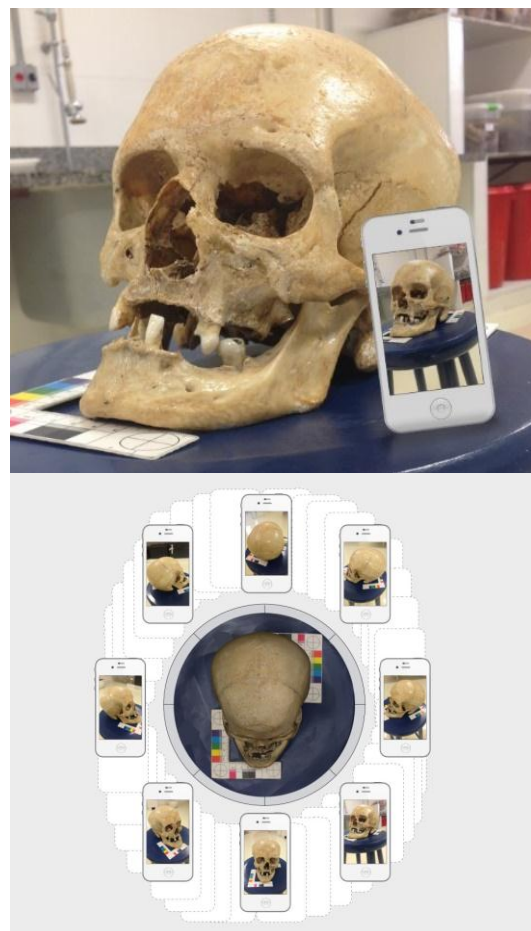


Figura 1. Crânio e mandíbula articulados, posicionados sobre uma superfície plana (esquerda), e; esquema demonstrando as posições de tomadas fotográficas feitas com *smartphone* (direita). Notar o uso de duas escalas ABFO n°2 idênticas à frente e atrás do conjunto.

As imagens obtidas foram salvas numa pasta no computador e processadas

nos programas: Photoscan®, 123dCatch®, ReCap360®, Python Photogrammetry Toolbox with Graphic User Interface® (PPT-GUI) e Open Multiple View Geometry® and Multiple View Stereo® (OpenMVG+MVS). Para a conversão de fotografias em malhas 3D, os programas realizam o cálculo da posição em que as fotos foram tomadas no espaço 3D. A partir disto, quando detectam regiões comuns a duas ou mais imagens, triangulam-nas e posicionam os pontos de coincidência no espaço 3D. Ao final deste processo, se obtém uma nuvem de pontos esparsa. A partir da posição das câmeras, a nuvem de pontos esparsa passa por um novo processamento, onde muitos mais pontos são calculados, tornando-a uma nuvem de pontos densa¹. Considerando que as unidades básicas que compõem objetos 3D virtuais são vértices (pontos), arestas e faces, a próxima etapa consiste em gerar uma malha 3D (composta por vértices, arestas e faces) a partir da nuvem densa. A malha 3D gerada pode então ser texturizada a partir de informações de cor das fotografias e/ou dos vértices da nuvem densa. Estes processos podem ser total ou parcialmente automatizados (Figura 2).

No software Blender® (Ton Rosendal, Blender Foundation), todos os modelos resultantes foram redimensionados manualmente em escala 1:1, com o auxílio da escala ABFO nº2 digitalizada, e registrou-se o número de faces e vértices das malhas 3D. O redimensionamento é realizado alterando o tamanho da malha 3D em função do fator de escala (f) obtido pela razão entre a medida real (mr) da escala ABFO e a medida atual da mesma (ma), exibida no software ($f=mr/ma$)¹. O valor de f

para cada malha foi registrado. Após, foram recortadas excluindo-se áreas que não eram parte do conjunto crânio-mandíbula (Figura 3). Novamente, o número de faces e vértices foi registrado.

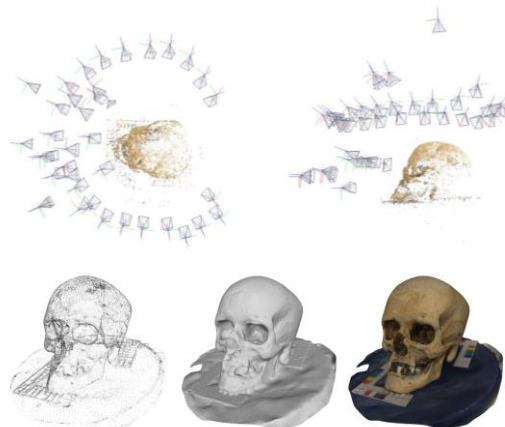


Figura 2. Cálculo da posição das câmeras no espaço 3D (acima) e conversão da nuvem densa em malha para posterior texturização (abaixo).

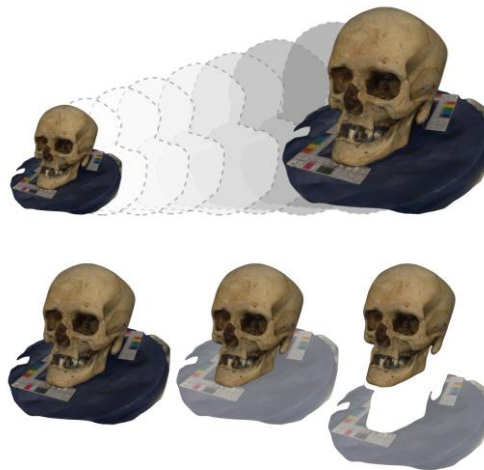


Figura 3. Redimensionamento da malha 3D em escala 1:1 (acima) e recorte das porções alheias ao conjunto crânio-mandíbula (abaixo).

A qualidade foi avaliada: 1) visualmente, pela estrutura da malha 3D, em relação às áreas que foram adequadamente capturadas e seu aspecto,

inspecionando a presença de possíveis artefatos ou qualquer elemento que pudesse prejudicar a qualidade visual das mesmas; e, 2) quantitativamente, pelo número de vértices e faces que compuseram cada objeto virtual. Além disso, após o redimensionamento, mediu-se um trecho de 10mm da escala ABFO nº2, e as medidas constatadas (mc) para cada sistema foram anotadas. Considerou-se um nível de significância onde $\alpha=0,05$ e a hipótese nula (H_0) como não havendo diferença entre as medidas realizadas após o redimensionamento e a seu valor real, qual seja, 10mm. Os resultados tiveram sua normalidade verificada pelo teste de Anderson-Darling e foram apresentados por meio de estatística descritiva. A diferença entre a média das medições feitas nas malhas redimensionadas e a média de 10mm da medida real para os 5 sistemas foi verificada por meio de Teste-t de Student. Todas as análises foram conduzidas no

pacote estatístico de acesso aberto PAST® v.3.14¹⁵.

A operabilidade foi avaliada em relação a: 1) sistemas operacionais em que o software está disponível; 2) funcionalidade das versões gratuitas disponíveis para *download*; 3) disponibilidade do código fonte do programa; 4) necessidade de conexão à Internet para execução do processamento; 5) automatização ou não da texturização da malha 3D; 6) praticidade de uso; 7) tempo de processamento; e, 8) investimento necessário para uso do sistema.

RESULTADOS

O uso das escalas idênticas causou interferência no processamento, e a região occipital das malhas não foi integralmente reconstruída. Esta ocorrência não inviabilizou o processo, mas contribuiu negativamente para a avaliação visual da qualidade das malhas (Figura 4).

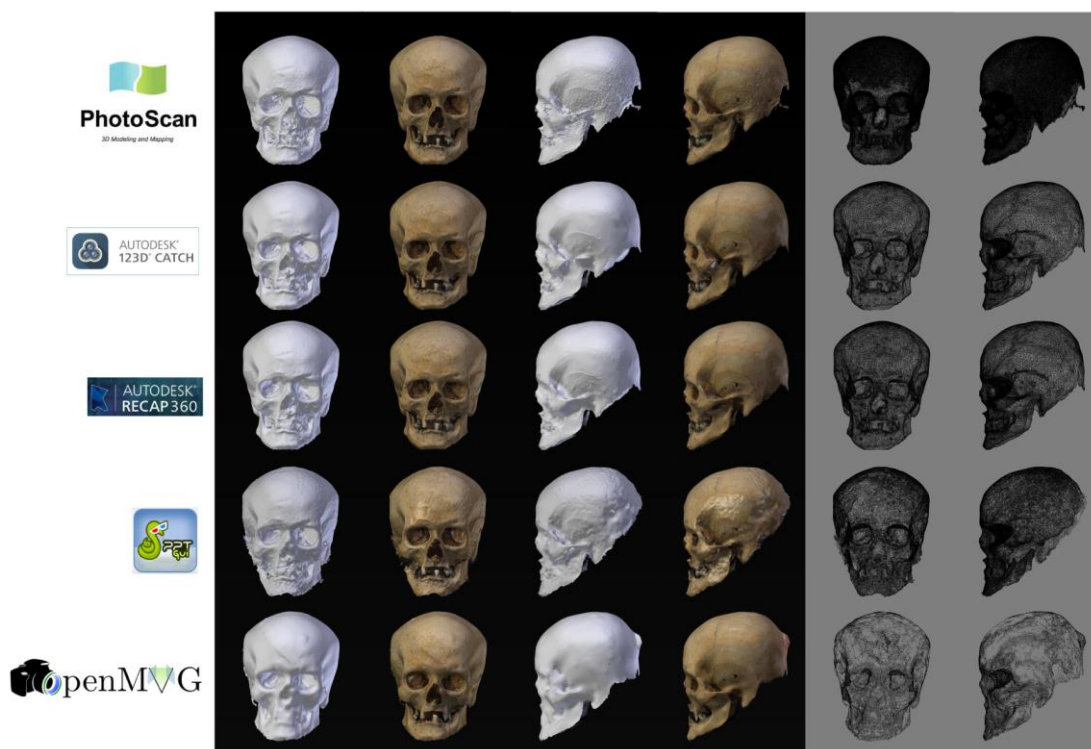


Figura 4. Malhas 3D perfiladas em modos de visualização sólido, texturizado e aramado.

Do ponto de vista quantitativo, os valores das medidas constatadas (mc) apresentou distribuição normal de valores ($p=0,56$) observou-se importante variação no número de vértices e faces que compuseram os arquivos, antes e depois do recorte, sem diferença estatística entre as médias das medições e a medida real (Tabelas 1 e 2).

Os parâmetros de operabilidade dos diferentes sistemas são sintetizados na Tabela 3.

Tabela 1. Estatística descritiva das medidas.

Parâmetro	valor
n	5
Mínimo	9,82
Máximo	10,53
Soma	50,66
Média	10,13
Erro padrão	0,12
Variância	0,07
Desvio padrão	0,27
Mediana	10,03

Tabela 2: Número de vértices e faces, antes e após o recorte. Números registrados nos software Blender® e PAST®.

	Vértices		Faces		f	mc
	Sem corte	Com corte	Sem corte	Com corte		
Photoscan	502.746	237.515	1.001.739	473.067	13,301	9,82*
123d Catch	41.386	30.026	82.576	59.589	7,892	10,02*
ReCap 360	53.757	37.897	107.285	75.290	8,216	10,03*
PPT-GUI	179.928	147.199	359.442	293.553	138,888	10,26*
OpenMVG+OpenMVS	71.907	35.590	141.676	69.992	13,301	10,53*

Legenda. f: fator de escala; mc: medida constatada em mm; *Valores de $p>0,05$ em Teste-t de Student.

Tabela 3: Operabilidade dos diferentes sistemas de fotogrametria.

	Photoscan®	123d Catch®	ReCap 360®	PPT-GUI®	OpenMVG®+MVS®
Sistemas operacionais*	Lin-Win-Mac	Win-Mac- IOS-And	Win-Lin-Mac- And-IOs	Lin-Win	Lin-Win
Versão gratuita plenamente funcional	não	sim	não	sim	sim
Código fonte aberto	não	não	não	sim	sim
Sistema de cálculo	offline	online	online	offline	offline
Textura automática	sim	sim	sim	não	não
Tempo de geração da malha**	médio	médio	médio	longo	rápido
Nível de praticidade (facilidade de uso)***	médio	médio	médio	baixo	baixo
Funções disponíveis (quantidade)	alta	baixa	baixa	alta	alta
Investimento (R\$)	715	0	0	0	0

*Lin: Linux, Win: Windows®, Mac: MacOS®, And: Android®, IOS: iOS®. **Rápido: até 30 minutos; médio: entre 31 a 120 minutos; longo: mais de 120 minutos. ***Para usuários iniciantes.

DISCUSSÃO

A digitalização 3D tem um papel promissor na Odontologia Legal e Antropologia Forense, em especial na identificação humana sob condições de dificuldade de manuseio de vestígios^{11, 12}. Vale dizer, quando o perito analisar um material ósseo fragmentado ou fragilizado, o uso da digitalização 3D pode facilitar o processo de análise, visto que não haverá a necessidade de manuseio, e conseqüente diminuição do risco de danos. Além disso, os restos mortais podem ser encaminhados para outras análises ou serem inumados, se a administração assim o determinar.

Para o labor de reconstrução em si, se pode reposicionar fragmentos no espaço 3D virtual e reconstruir porções danificadas e frágeis. Ainda é possível duplicar regiões e espelha-las para que completem regiões faltantes, num processo análogo a uma “doação virtual autógena”. O armazenamento e compartilhamento destes arquivos são simplificados pelos avanços tecnológicos disponíveis. A acessibilidade ao método é notável, pois além de haver sistemas de acesso gratuito, para tanto é necessário o uso de equipamentos que já estão disponíveis aos profissionais forenses, quais sejam, computadores com acesso à internet (ou não) e câmeras (inclusive de telefones celulares). Por outro lado, dentre os fatores que limitam o uso das réplicas 3D virtuais, estão sua aplicação limitada para algumas análises de estimativa do perfil bioantropológico, visto que o uso dos sentidos é impedido pela sua característica virtual e detalhes importantes podem ser perdidos no processo de digitalização. Ademais, a curva de aprendizagem

necessária a uma operação sem interrupções por dúvidas nos procedimentos é significativamente longa. Entretanto, deve-se aqui ressaltar que assim como se faz necessária uma longa curva de aprendizagem para que muitos outros métodos de Antropologia Forense e Odontologia Legal sejam dominados, o mesmo acontece com as ferramentas 3D aplicadas a estas áreas. É inconcebível que o profissional dos dias atuais não incorpore em suas rotinas e instrumental estas ferramentas, uma vez que as possibilidades de boa atuação aumentam de modo importante. Assim, o tempo de aprendizado não deveria constituir óbice à incorporação destes métodos, especialmente porque atualmente há materiais didáticos gratuitos em português e cursos oferecidos periodicamente no Brasil¹. Soma-se a isto a dificuldade de se obter o acesso a aparato especializado como escâneres de superfície, que apresentam alto custo. A dificuldade de acesso também é extensiva aos aparelhos de tomografia computadorizada, que além de escassos, dificilmente poderão receber materiais cadavéricos por questões sanitárias e/ou administrativas.

A avaliação visual das malhas apresenta características distintas. Enquanto o sistema Photoscan[®] apresenta superfície granulada, Recap360[®], 123dCatch[®] e OpenMVG[®]+MVS[®] resultaram numa superfície mais lisa, enquanto PPT-GUI[®] mostra uma superfície ondulada. Enquanto OpenMVG[®]+MVS[®] resultaram em mais artefatos na região occipital, PPT-GUI[®] resultou numa reconstrução menor, com o recorte evidenciando a limitação na

reprodução das áreas que margeavam a superfície de apoio. É possível visualizar estes caracteres nas 3 visualizações (sólido, texturizado e aramado). Dentre os fatores que podem ter contribuído para este resultado restrito à área posterior, o uso de duas escalas métricas idênticas posicionadas tanto anterior quanto posteriormente ao conjunto pode ter causado uma leitura incorreta e erro nos algoritmos que realizam os cálculos de nuvens esparsa e densa.

Ainda sobre a qualidade das malhas frente à quantidade do número de vértices e faces, uma malha mais densa não é necessariamente melhor. Enquanto a malha produzida com Photoscan[®] possui o maior número de faces e vértices, apresentando uma ótima qualidade, o sistema 123dCatch[®] apresentou o menor número, e ainda assim possui uma boa qualidade visual. Ademais, o sistema PPT-GUI[®] apresenta número significativo de faces e vértices, mas visualmente apresenta as características indesejadas discutidas acima, enquanto o sistema ReCap360 apresenta baixo número de vértices e faces com bom aspecto visual.

Cabe ressaltar que os programas que não são livres podem ter limitações em suas versões gratuitas. É o caso do 123dCatch[®] e do ReCap360[®], ambos oferecidos pela Autodesk[®]. O 123dCatch[®] atualmente não roda mais em computadores pessoais (apenas dispositivos móveis), mudança ocorrida após a condução deste experimento (setembro de 2016). Para computadores pessoais, a Autodesk[®] oferece o pacote ReMake[®] em substituição ao 123dCatch[®]. Já o ReCap360[®] não permite um processamento com a qualidade

máxima a não ser que o usuário adquira créditos junto ao fabricante, que são cobrados em dólares. Já o Photoscan[®], que apresentou resultados muito positivos, tem um custo de aproximadamente 180 dólares para a obtenção de uma licença de uso. Todavia, não depende de conexão à Internet para realizar um processamento.

Os sistemas abertos podem ser mais difíceis de operar, por exigirem maior conhecimento do usuário, como é o caso do PPT-GUI[®] e OpenMVG[®]+MVS[®]. Em algumas situações os mesmos podem não ser executados em todos os sistemas operacionais.

Enquanto cada sistema possui uma particularidade, com pontos positivos e negativos, todos apresentaram resultados satisfatórios. Não se especifica superioridade ou inferioridade de um ou outro sistema sobre os demais, pois este conceito depende de cada usuário, seu grau de treinamento, recursos disponíveis ao mesmo e outros fatores. Seria mais opinativo do que informativo eleger o melhor ou o pior. Por exemplo, investimento, versão gratuitamente plenamente funcional, código fonte aberto, investimento podem ser decisivos para o usuário que tiver poucos recursos monetários à disposição, mas irrelevantes àquele que os tiver. Nível de praticidade, textura automática, e funções disponíveis podem ser importantes para o usuário iniciante, mas menos importantes para o usuário com maior experiência. Não existindo um melhor ou pior, a eleição de um sistema de preferência deve ser feita pelo profissional de acordo com suas condições de trabalho e treinamento. Para

tanto, novamente ressalta-se a importância da formação continuada em tecnologias 3D.

No contexto do grupo de pesquisa dos autores, há um nível de treinamento entre médio e avançado, com operações em Linux ou Windows, poucos recursos à disposição, de modo que as funcionalidades ligadas a maior acessibilidade dos sistemas foram consideradas positivas, assim como aquelas que trazem maior possibilidade de trabalhos complexos e rápidos. Todos os sistemas podem ser executados, mas a falta de funcionalidade total é um contra de Photoscan® e ReCap360®. Embora não se realize programação, o fato de haver código aberto para PPT-GUI® e OpenMVG®+OpenMVS® sinalizam positivamente para possibilidade de melhorias a serem desenvolvidas pela comunidade de usuários. Os sistemas da Autodesk que dependem de conexão à Internet para o processamento podem inviabilizar análises onde não se tenha estabilidade na rede, o que é um fator negativo. Tocante à operação de modo geral, os sistemas deste fabricante também são fáceis de lidar, porém a limitação imposta é um contra quando comparada com a possibilidade de mais funções nos outros sistemas, ainda que exijam um grau maior de treinamento do operador. Photoscan® é um dos com melhor desempenho e funcionalidade, porém seu

preço ainda representa uma limitação para sua aplicação na rotina de pesquisas.

A fotogrametria de curta distância é uma opção interessante para uma digitalização 3D precisa, de baixo custo, que não depende de equipamentos de acesso restrito para sua execução. Sua aplicabilidade é flexível, tanto em campo como em laboratório, inclusive em materiais ósseos frágeis e/ou fragmentados.

CONCLUSÃO

Todos os sistemas apresentaram resultados satisfatórios, mesmo com a introdução de artefato devido às escalas métricas utilizadas. Não há um sistema melhor que o outro, esta escolha deverá ser feita pelo operador de acordo com seu treinamento e condição de trabalho, visando o aprimoramento da qualidade da produção da prova pericial. No contexto desta pesquisa, a funcionalidade de Photoscan® é ótima, porém seu custo representa uma barreira a alguns grupos de pesquisa. ReCap360® e 123dCatch® são fáceis de operar, porém dependem de acesso à Internet e têm funcionalidade limitada. PPT-GUI e OpenMVG®+OpenMVS® apresentam processamento sem internet, mas sua operação requer maior experiência do usuário, sendo que para o segundo sistema a velocidade de cálculo é maior.

ABSTRACT

Forensic analysis of skeletal remains and other evidence can be complemented by three-dimensional (3D) scanning. Among the available methods, close-range photogrammetry consists of extracting 3D geometric information from photographic images. The objective of this study was to compare five systems (Photoscan®, 123dCatch®, ReCap360®, PPT-GUI® and OpenMVG®+MVS®) regarding the operability and quality of 3D meshes generated from 42 photographs of a dry skull, taken with a smartphone. Two ABFO n.2 metric scales were placed next to the skull. After processing, the resulting 3D point clouds were converted into 3D meshes and textured when necessary, and resized in 1:1 scale. The number of vertices and faces was recorded. Then, all regions that were not part of the skull itself were cut out and again the number of faces and vertices was recorded. For operability, it was evaluated the processing time, need for

Internet connection, functionality limited by unpaid version, automatic texturing, among other parameters. For quality, the meshes were also evaluated in their visual aspect and in their quantitative aspect of vertices and faces, and statistical difference of the mean of the measurements. Although the use of two identical scales has produced artifacts, all programs have generated adequate 3D meshes, with some differences in the result and operation. Each tool reached satisfactory results within its particularities. Photoscan[®] had good operability and results, but its cost may represent an obstacle. ReCap360[®] and 123dCatch[®] are easy to operate, but depend on internet connection and have limited functionality.

KEYWORDS

Facial recognition; Forensic dentistry; Forensic anthropology; Three-Dimensional imaging.

REFERÊNCIAS

1. Moraes C, Miamoto P. Manual de Reconstrução Facial 3D Digital - Aplicações com código aberto e software livre. Sinop: Expressão Gráfica; 2015.
2. Gupta S, Gupta V, Vij H, Vij R, Tyagi N. Forensic Facial Reconstruction: The Final Frontier. J Clin Diagn Res. 2015;9(9):ZE26-8. <http://dx.doi.org/10.7860/JCDR/2015/14621.6568>.
3. Herrera LM, Tedeschi-Oliveira S, Melani RFH. Forensic Facial Reconstruction: Review and Analysis of Scientific Research in Brazil. BJFS. 2013;2(4):365-75. [http://dx.doi.org/10.17063/bjfs2\(4\)y2013365](http://dx.doi.org/10.17063/bjfs2(4)y2013365).
4. Dias PE, Miranda GE, Beaini TL, Melani RF. Practical Application of Anatomy of the Oral Cavity in Forensic Facial Reconstruction. PLoS One. 2016;11(9):e0162732. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0162732>.
5. Wilkinson C. Facial reconstruction-anatomical art or artistic anatomy? J Anat. 2010; 216:235-50. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7580.2009.01182.x>.
6. Brito LM, Fernandes MM, Bouchardet FHC, Caputo IG, Dias PEM, Oliveira RN. A Contribuição da Odontologia Legal na Identificação de Vítimas de Acidente Aéreo no Sul da Bahia, Brasil. BJFS. 2013;2(4):333-41. [http://dx.doi.org/10.17063/bjfs2\(4\)y2013327](http://dx.doi.org/10.17063/bjfs2(4)y2013327).
7. Silva RF, Franco A, Dias PEM, Gonçalves AS, Paranhos LR. Interrelationship between forensic radiology and forensic odontology—A case report of identified skeletal remains. JOFRI. 2013;1(4):201-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jofri.2013.06.005>.
8. Taylor KT. Forensic Art and Illustration. Boca Ratón: Taylor & Francis; 2000.
9. Tedeschi SV. Reconstrução facial forense. In: Camargo, RC. Perícias em Medicina e Odontologia Legal. São Paulo: Medbook; 2011.
10. Moraes CAC, Dias PEM, Melani RFH. Demonstration of protocol for computer-aided forensic facial reconstruction with free software and photogrammetry. JR Dentistry. 2014;2(1):77-90. <http://dx.doi.org/10.19177/jrd.v2e12014p.77-90>.
11. Moraes CAC, Dias PEM, Marques JAM. Applicability Of Open Software Photogrammetry To Forensic Anthropology. In: IALM. 23rd Congress of the International Academy of Legal Medicine; Dubai: IALM; 2015. p. 397.
12. Urbanová P, Hejna P, Jurda M. Testing photogrammetry-based techniques for three-dimensional surface documentation in forensic pathology. Forensic Sci Int. 2015;250:77-86. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.03.005>.
13. Villa C. Forensic 3D documentation of skin injuries. Int J Legal Med. 2016. <http://dx.doi.org/10.1007/s00414-016-1499-9>.
14. Leipner A, Baumeister R, Thali MJ, Braun M, Dobler E, Ebert LC. Multi-camera system for 3D forensic documentation. Forensic Sci Int. 2016;261:123-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.02.003>.
15. Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. 3.14 ed. Paleontol Electron. 2001;4(1):9pp.