

Estudo Comparativo de Técnicas de Digitalização 3D Visando Manufatura Aditiva

Augusto Moura Martins (UFMG) augusto.mmartins@yahoo.com.br

Breno Ferreira Lizardo (UFMG) bflizardo@gmail.com

Fayson Marques Martins (UFMG) faysonmarques@gmail.com

Juan Carlos Campos Rubio (UFMG) juan@ufmg.br

Resumo:

Num cenário industrial onde o processo de desenvolvimento de produto requer agilidade e versatilidade, as ferramentas de engenharia reversa ganham importância devido à rapidez com que conseguem captar dados sobre as superfícies de objetos, principalmente os de geometrias complexas que seriam de difícil reprodução por meio de sistemas CAD convencionais. Sendo a elaboração de um desenho tridimensional de grande importância nesse processo, se torna necessário o estudo das ferramentas e dos métodos utilizados para que se possa melhor entendê-los e saber em que situação cada um deles deve ser aplicado. Existem dois principais métodos de digitalização na Engenharia Reversa, os métodos com contato e os sem contato. Para esse estudo foram escolhidos métodos de digitalização que exemplificam cada um dos principais métodos. Para representar o método de contato foi utilizada a máquina Roland MDX-20 que funciona com uma sonda controlada via CNC. Para o método sem contato o software 123D Catch da Autodesk que funciona pelo princípio da fotogrametria. Os dois métodos foram utilizados para digitalizar o mesmo objeto e depois os resultados foram comparados. Ambos oferecem benefícios e desvantagens dependendo do contexto de aplicação. O método da digitalização por contato representou melhor uma região específica do objeto, gastando, entretanto, mais tempo. A digitalização pelo método da fotogrametria apresentou resultado semelhante para todas as regiões da peça com perda de definição em relação ao método anterior.

Palavras chave: Digitalização, CNC, Fotogrametria, Engenharia Reversa, Produto.

Comparative Study of 3D Scanning Techniques Aiming Additive Manufacturing

Abstract:

In an industrial scenario where the product development process needs agility and versatility, the reverse engineering tools gain importance because of the swiftness with which they can capture data about the surfaces of objects, especially those with complex geometry. Given the importance of the elaboration of a tridimensional image in this process, emerges the need to study the most usual methods so we can understand and know in which situation each one of them should be applied. There are two main kinds of methods in Reverse Engineering, the contact methods and the non-contact ones. For this study, the digitalization processes were chosen to exemplify each one of the two main methods. To represent the contact method, a MDX-20 that works with a CNC touching probe was used. For the non-contact method the 123D catch software from Autodesk, that works via photogrammetry principle was used. The two methods were applied to digitize the same object and their results compared. Both of them offer benefits and downsides regarding of the application context. The contact scanning method best represented a specific part of the object, spending otherwise, much more time. The scanning using photogrammetry presented a regular result to all parts of the object, but with a significant loss of definition.

Key-words: Scanning, CNC, Photogrammetry, Reverse Engineering, Product.

1. Introdução

Em um ambiente corporativo altamente competitivo, onde a qualidade de um produto, seu custo e ciclo de vida são pontos essenciais para o seu sucesso, a capacidade de reduzir o tempo de desenvolvimento de um produto pode ser uma peça chave para a sua sobrevivência no mercado.

Neste contexto entra o que é definido como Engenharia Reversa, como sendo o processo de levantar dimensões, com rapidez e exatidão, determinando padrões geométricos modelo físico existente (DASCHBACH, MCNICHOLS, 1995). Este processo permite a geração de um modelo tridimensional de maneira muito mais rápida e eficiente do que o processo de modelagem convencional em sistemas CAD, principalmente quando geometrias complexas estão presentes no produto. (RAJA, FERNANDES, 2008)

Segundo Raja e Fernandes (2008), existem dois principais métodos para os processos de aquisição, os por contato e os sem contato. Nos sistemas por contato as informações sobre uma superfície são obtidas apalpando pontos discretos com o auxílio de sondas adequadas, que são ligadas aos equipamentos projetados para realizar a digitalização. Os pontos são obtidos, portanto pela coordenada do centro da sonda quando essa entra em contato com o objeto. Já nos sistemas sem contato, as medidas das coordenadas dos pontos são obtidas por meio de sistemas que usam propriedades emissão e/ou absorção de energia, não havendo o contato físico propriamente dito.

Segundo Aviz (2010), a aquisição da imagem é apenas o primeiro passo de um processo de manufatura. A próxima etapa é a edição da imagem obtida. Além de possíveis irregularidades presentes na imagem devido ao processo de aquisição estar sujeito a falhas, existe ainda o caso em que se deseja realizar um reparo em uma falha previamente existente no objeto, sendo nesse segundo caso, ainda mais importante o tratamento da imagem. De acordo com Remondino (2003) as imagens podem ser tratadas por meio de softwares adequados que sejam capazes de alterar a nuvem de pontos obtida. Normalmente esses softwares podem também transformar essa nuvem de pontos em um tipo de arquivo que seja compatível com o processo de produção que será realizado, como os arquivos no formato STL, que são considerados como um padrão para os aparelhos de prototipagem rápida. (VOLPATO, 2007)

Depois da imagem editada, a próxima etapa é a geração do código na linguagem utilizada pelas máquinas que irão produzir o componente, o que pode também ser realizado com o uso de softwares específicos para o equipamento e para o tipo de manufatura a ser realizado.

O processo de aquisição de imagem pode ser empregado na digitalização de diversos objetos como joias, dentes (FALCÓN-ANTENUCCI *et al*, 2008) e ossos (RATHNAYAKA *et al*, 2012) também podem ser digitalizados. Esses objetos servem como exemplo da versatilidade dos processos de digitalização, que podem ser aplicados nas mais diversas áreas, entre elas a engenharia, a medicina e até as artes. Na medicina a digitalização pode ser utilizada para auxiliar pesquisas e até mesmo na preparação de cirurgias, no caso da arte a digitalização pode ser utilizada, por exemplo, para a criação de museus virtuais que possuam as mesmas obras de um museu real e que permita que uma pessoa tenha praticamente a mesma experiência de visitar o museu ao acessar a versão virtual. (VAZ, ARAÚJO, 2013)

Entender os processos de aquisição, conhecendo suas vantagens, limitações e as condições sobre as quais podem ser úteis, torna-se essencial para garantir bons resultados. Estudos comparativos podem auxiliar na escolha do método adequado, assim como os softwares a

serem utilizados em um processo de aquisição. Visando entender melhor os principais casos de digitalização disponíveis comercialmente a baixos custos, este estudo apresenta um comparativo entre os métodos de digitalização sem contato, através da fotogrametria e por contato, utilizando máquina de comando numérico computadorizado (CNC).

No processo de aquisição por fotogrametria, foi utilizado o software de processamento de imagens 123D Catch da Autodesk. Para o processo de digitalização por contato foi utilizando a máquina MODELA MDX-20 da ROLAND.

2. Revisão Bibliográfica

Segundo Aviz (2010) a aquisição por contato consiste então na geração de uma série de pontos que se posicionam formando a geometria do objeto que foi digitalizado. Esses pontos são gerados a partir do contato de uma sonda (sensor) adequado, com o objeto em questão, memorizando assim as coordenadas cartesianas dos pontos que compõe a geometria do objeto.

Os equipamentos para digitalização podem ou não possuir ciclos de trabalho já programados, normalmente esses ciclos programados levam a obtenção de uma malha regular, já que os pontos medidos estão normalmente igualmente espaçados. Os equipamentos geralmente realizam as medições em planos que se encontram paralelos ou perpendiculares a base do objeto.

Ainda segundo Aviz (2010) dentre os equipamentos utilizados para a medição por contato temos as máquinas de medição por coordenadas, braços de medição ou as máquinas CNC. Cada tipo de equipamento possui uma quantidade de graus de liberdade diferente o que faz com que eles sejam ou não capazes de acompanhar a geometria a ser digitalizada. Esses equipamentos podem utilizar duas estratégias para a aquisição de dados, a medição ponto a ponto e a medição por varredura. No caso da medição ponto a ponto o sensor se desloca até entrar em contato com a peça a ser avaliada e depois se separa da mesma, mudando o posicionamento ao se deslocar para o ponto seguinte. Já no caso da aquisição por varredura o sensor permanece em contato com a peça e se desloca de maneira pré-determinada pelo usuário.

Para o caso da medição ponto a ponto a distância entre os pontos é um dos fatores que devem ser considerados quando se planeja a utilização de um equipamento de digitalização. Além disso, Ainsworth *et al* (2000) afirma que a geometria e as dimensões da sonda utilizada devem ser compatíveis com as dimensões da peça a ser digitalizada. Caso a sonda possua um diâmetro incompatível com as dimensões da peça ela pode funcionar como um filtro e mascarar a real geometria da peça. Outro fator que também interfere na digitalização é a força de contato entre a sonda e a peça, caso forem utilizadas forças inadequadas em alguns dos pontos podem ser geradas coordenadas incorretas.

Normalmente as máquinas de medição possuem mais de uma sonda para atender a um número maior de aplicações. Para que se consiga o maior número de detalhes o ideal é utilizar a menor solda possível para que ela consiga acessar todos os detalhes da peça a ser digitalizada. Além das dimensões das sondas outro fator que se deve considerar ao selecionar o equipamento é a área de trabalho disponível do equipamento o que limita a dimensões das peças que se pode trabalhar.

Normalmente as máquinas que possuem função de digitalização fazem uso de um software, normalmente do mesmo fabricante que é capaz de configurar os parâmetros necessários para a realização do processo, esses parâmetros são as dimensões de altura, comprimento e largura

da peça, além da distância entre os pontos em cada eixo. As máquinas de medição por coordenadas, por exemplo, podem funcionar de forma manual onde a sonda deve ser levada a cada um dos pontos pelo operador, o que leva a uma aquisição de pontos menos ordenada. Algumas das máquinas de medição, não são capazes de fornecer diretamente uma imagem da superfície, mas geram um arquivo com as coordenadas de cada um dos pontos aferidos, o que possibilita a geração posterior de uma superfície.

Apesar de ser utilizada nas mais diversas áreas, a digitalização por contato apresenta ainda uma principal limitação ligada ao material da peça a ser digitalizada, segundo Silva (2011) em algumas aplicações a existência de contato entre a peça e o sensor pode danificar a peça, como o caso de artefatos históricos frágeis ou materiais flexíveis. Os métodos de digitalização que não utilizam contato apresentam limitações relacionadas a superfícies transparentes ou brilhantes o que não ocorre nos processos por contato.

A aquisição de imagens tridimensionais pelo método sem contato envolve, como sugere o nome, procedimentos que não necessitam do contato físico com o objeto a ser digitalizado para a obtenção dos pontos que definem sua superfície. Os aparelhos de aquisição que utilizam este método são, em geral, sistemas óticos ou dispositivos de carga acoplada (CCDs) (RAJA, FERNANDES, 2008).

Segundo Raja e Fernandes (2008), uma das vantagens desses aparelhos é a possibilidade de aquisição de uma grande quantidade de pontos em um período de tempo relativamente curto e o fato de não necessitarem de um planejamento detalhado para a varredura do objeto. Entretanto, sua precisão dimensional é reduzida quando comparada aos aparelhos que utilizam o método de contato. São descritos resumidamente a seguir os principais métodos de digitalização sem contato.

- a) Aquisição espacial com iluminação passiva – Utiliza dois dispositivos que captam imagens simultâneas por diferentes ângulos utilizando luz natural, que são processadas para geração de um modelo do objeto;
- b) Aquisição espacial com iluminação ativa – Utiliza uma fonte de luz controlada, geralmente lasers, e uma câmera posicionada em local pré-determinado para a obtenção dos pontos;
- c) Imagens médicas – Utiliza imagens médicas para a obtenção de modelos tridimensionais, normalmente de partes do corpo humano ou de animais;
- d) Fotogrametria – Utiliza imagens captadas com uma câmera digital e posteriormente processadas por meio de um software para a obtenção de modelos tridimensionais.

A aquisição de imagens pelo método da fotogrametria apresenta a vantagem de consumir pouco tempo na preparação e obtenção dos dados iniciais, já que eles se resumem a imagens digitais. Outro aspecto relevante é que não há limitação dos objetos digitalizados no que tange a peso e tamanho. Entretanto, esse método apresenta grandes variações no modelo final quando são utilizadas imagens com diferentes distâncias focais e alto custo relacionado à obtenção dos equipamentos quando uma maior precisão é demandada, sendo as câmeras de alta resolução equipamentos de alto valor agregado. (AHRENS *et al*, 2013)

Por outro lado, quando utilizadas as câmeras digitais convencionais, este método apesar de apresentar menor precisão, é uma técnica de baixo custo, de alta flexibilidade e portabilidade, possibilitando a medição de objetos *in loco*. (REMONDINO, 2003)

3. Metodologia

O objeto foi selecionado baseando-se em suas características geométricas já que possui uma geometria complexa que permite a avaliação da capacidade de reprodução do objeto pelo método de aquisição. O objeto foi, portanto, digitalizado com o uso da Roland Modela MDX-20 e com o Software Autodesk 123D Catch, conforme figura 1.

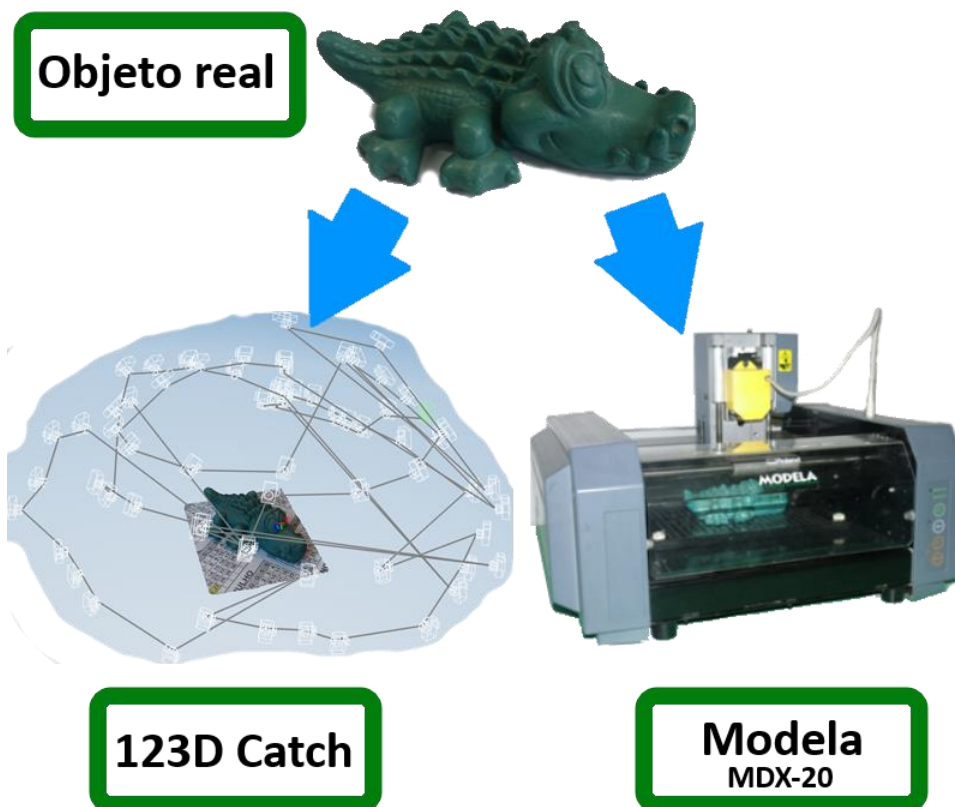


Figura 1 – Objeto e modos de digitalização empregados.

De acordo com o manual do usuário da máquina Roland Modela MDX-20, a área de trabalho disponível é de 203,2 x 152,4 x 60,5 mm, já a sonda tem um raio de ponta de 0,08 mm e 60 mm de comprimento. Esse raio de ponta possibilita, portanto que a sonda seja capaz de digitalizar pequenas variações de geometria. Essa capacidade do equipamento permite que ele seja utilizado para a digitalização de componentes pequenos e que podem possuir superfícies irregulares. A imagem da digitalização com o uso dessa máquina com destaque para a ponta da sonda pode ser observado na figura 2.



Figura 2 – Processo de digitalização Roland Modela MDX-20

Cada equipamento possui, portanto, um software que tornará possível o seu uso, o software que deve ser utilizado com a máquina Roland Modela MDX-20 é o Dr. PICZA, esse software possibilita o ajuste de parâmetros como a área a ser digitalizada, a distância entre os pontos nos eixos X e Y e a altura máxima e mínima do objeto a ser digitalizado (coordenada mínima e máxima em Z) esses parâmetros devem sempre respeitar os limites máximos da área de trabalho da Modela. O Dr. PICZA permite também que as informações digitalizadas exportadas com diferentes extensões, entre elas STL e DXF. No trabalho em questão foi utilizado um uma distância entre os pontos (Pitch) de 0,10 mm, tanto no eixo X quanto no eixo Y. O tempo gasto no processo de digitalização por contato tende a ser longo principalmente quando se utiliza um pitch pequeno, por isso não foi utilizado o menor pitch possível. Já a área de trabalho foi configurada para garantir que todo o objeto fosse digitalizado. Com o mesmo software foi gerado um arquivo .STL a partir dos pontos obtidos pela sonda. O tempo necessário para a aquisição da nuvem de pontos foi de aproximadamente 50 horas. O tempo estimado para a digitalização do mesmo objeto com o pitch de 0,05 mm em ambos os eixos era de 170 horas, inviabilizando para os fins deste trabalho a sua utilização.

O mesmo objeto foi digitalizado também pelo software 123D Catch, da Autodesk. Esse software é gratuito para fins não comerciais e funciona por meio da triangulação de uma série de imagens retiradas em diferentes ângulos, através do método Structure From Motion (Chandler e Fryer, 2013). As imagens foram feitas com a câmera do celular Samsung Galaxy S4 GT-I9192, de 8 mega pixels, com o auxílio do aplicativo para smartphone fornecido pela Autodesk. Foram utilizadas 70 fotografias em ângulos diferentes. O esquema de fotos apresentado pelo software pode ser observado na figura 3. As fotos tiradas são utilizadas pelo software 123D Catch para gerar um arquivo STL. Devido ao seu princípio de uso, além da peça desejada, o arquivo STL contém também a superfície em que ela estava apoiada além dos outros objetos que possam estar ao redor. Por esse motivo, fez-se necessária a edição da imagem para remoção de objetos indesejados.

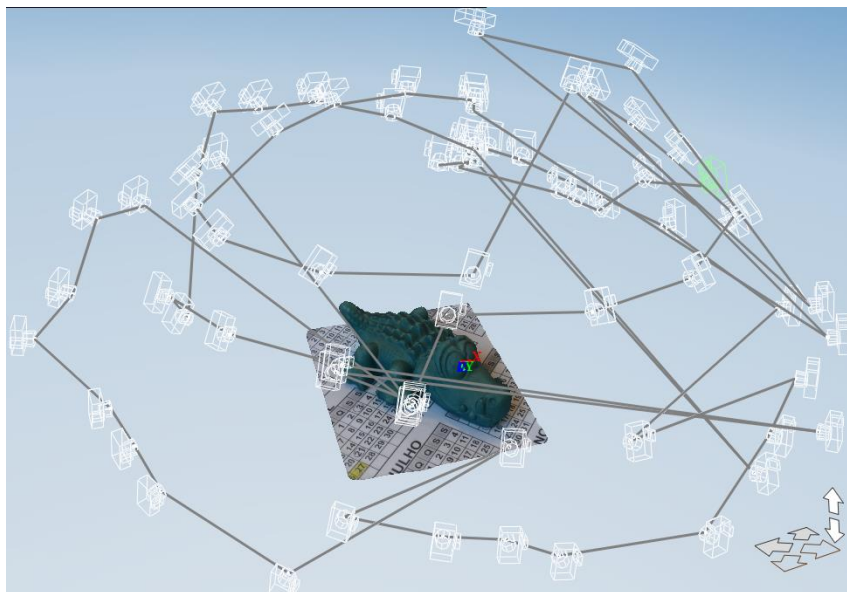


Figura 3 – Representação das imagens utilizadas pelo 123d Catch

4. Resultados

A imagem gerada pela aquisição por contato, como já era esperado, apresentou como principal limitação a dificuldade de acesso da sonda a todas as regiões da peça. As regiões que foram facilmente acessadas pela sonda como a região superior do objeto, apresentaram uma definição de ótima qualidade, conforme figura 4.

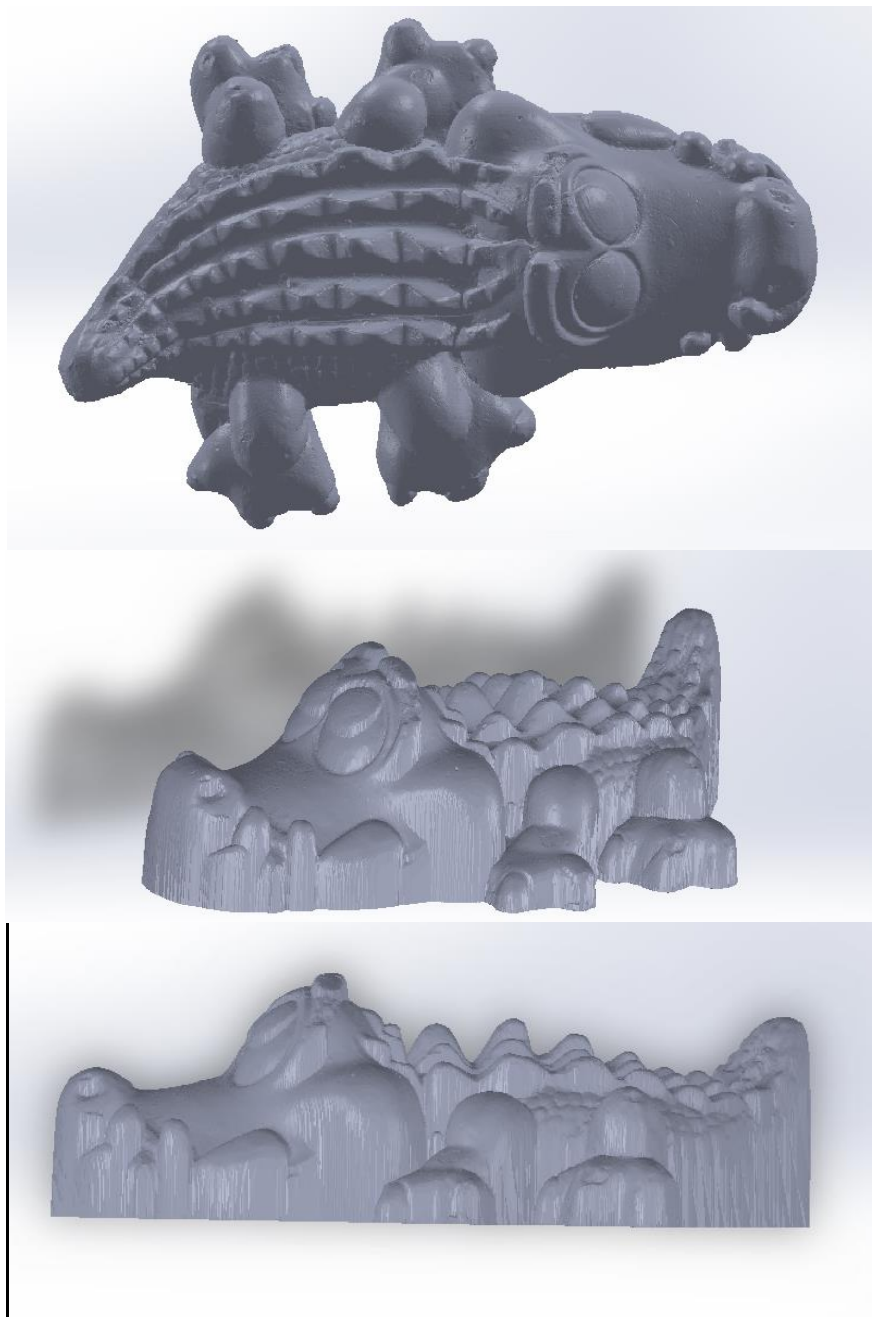


Figura 4 – Modelo tridimensional obtido por meio da Modela MDX-20

A digitalização por fotogrametria, feita através do 123D Catch foi capaz de reproduzir detalhes que não aparecem e apenas seriam possíveis através do ajuste manual de malhas de diferentes digitalizações do objeto pelo método da digitalização por contato. Depois da exportação do arquivo STL a partir das imagens mostradas no software ocorreu uma nítida perda de definição dos detalhes, além das informações sobre textura e cores do objeto, conforme figura 5.

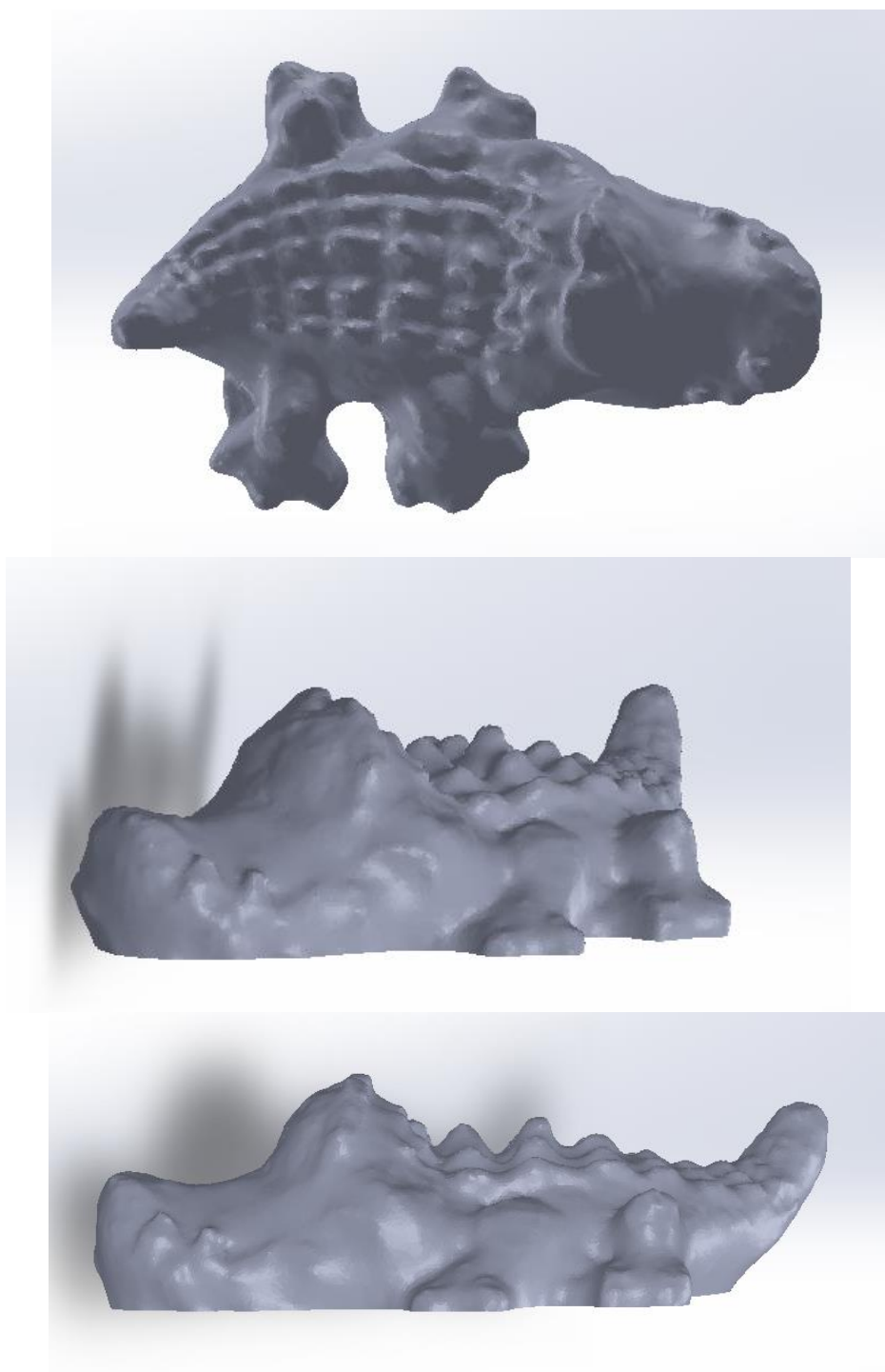


Figura 5 – Imagem obtida por meio do 123D Catch

As dimensões obtidas pela utilização dos dois métodos foram similares. Na imagem obtida através do 123D Catch foi necessária a aplicação de uma escala no eixo X para obter as dimensões do objeto. As medida do eixo Z foi a que apresentou a maior distorção (7,6%). O desvio no eixo Y foi um pouco menor (2,2%). Resolução da Roland Modela MDX-20 é de 0,025 mm. O comparativo dimensional dos dois objetos pode ser observado nas figuras 6 e 7.

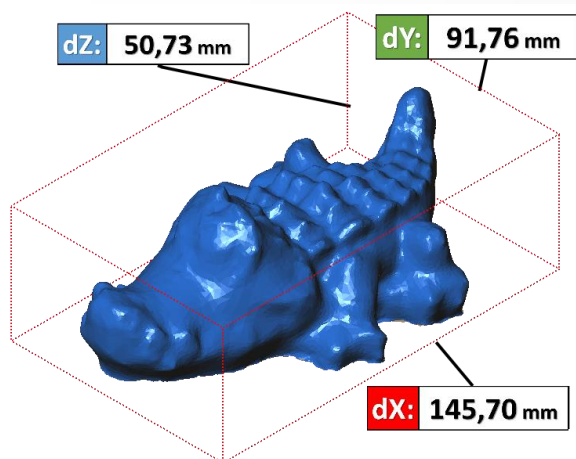


Figura 6 – Dimensões – 123D Catch

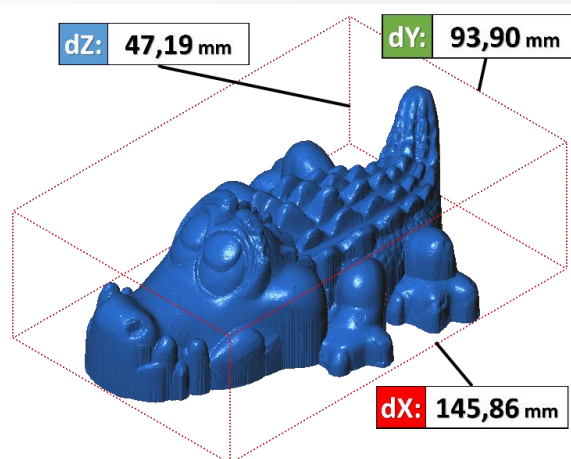


Figura 7 – Dimensões Modela MDX-20

5. Considerações Finais

A comparação entre os resultados dos dois métodos de aquisição, deixa claro que a escolha de cada um deles, irá depender da utilização que será dada a imagem bem como a dimensão e complexidade da geometria do objeto a ser digitalizado.

O tempo disponível para a digitalização do objeto é um fator de grande importância no planejamento da aquisição. Na digitalização por contato o tempo aumenta consideravelmente com o tamanho do objeto e a definição desejada, o que não ocorre pelo método da fotogrametria. Apesar da perda de definição observada no método da fotogrametria, as dimensões finais do objeto estão numa faixa de 10% de erro, e podem ser utilizadas para algumas aplicações na engenharia.

Pode-se ainda destacar a necessidade do pós-processamento das imagens adquiridas para aumentar a qualidade dos dados, independente do tipo de aquisição realizada. Essa necessidade é um fator limitante para a automatização desses processos, sendo a habilidade do operador ainda muito importante na garantia na precisão dimensional dos modelos obtidos. Além disso, o custo dos processos é razoavelmente acessível, permitindo então que mais pessoas tenham acesso à essas tecnologias.

Referências

- AHRENS, C.; VELLWOCK, A.; PFEIFER, D.; PISTORELLO, R. *Engenharia reversa por meio de fotogrametria: Estudo Comparativo da técnica de digitalização tridimensional visando aplicação na manufatura aditiva*. 7º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Penedo, 2013
- AINSWORTH, I.; RISTIC, M.; BRUJIC, D. *CAD-Based Measurement Path Planning for Free-Form Shapes Using Contact Probes*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology (2000) 16:23–31
- AVIZ, D. *Estudo da Técnica de Engenharia Reversa para Construção de Geometrias Complexas Focando Erros de Forma e Métodos de Digitalização Geométrica*. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Sociedade Educacional de Santa Catarina, Instituto Superior Tupy, Joinville, 2010
- CHANDLER, Jim; FRYER, John. *Autodesk 123D Catch: how accurate is it?*, Revista Geomatics World, pgs 28 a 30, 2013
- DASCHBACH, Abella; McNichols. *Reverse Engineering: A Tool for process planning*. 17th International Conference on Computers and Industrial Engineering. Elsevier Science Ltd. Vol. 29, No. 1-4, pp. 637-640. Setembro 1995.

FALCÓN-ANTENUCCI, R.; PELLIZZER, E.; CARVALHO, P.; SILVA, J.; MORAES, S. *Avaliação das Tensões na Interface Implante/Coroa*. Rev. Cir. Traumatol. Buco-Maxilo-fac., Camaragibe v.8, n.3, p. 49 - 56, jul./set. 2008

NAGAMUNE, Kouki. *Development of Force Measurement System by Embedding Force Sensor to Insert of Knee Prosthesis..* World Automation Congress. 2010.

PRASANTH, S. P. Sathya. DHANALAKSHMI, V. *Comparison of Data Capturing Techniques and Analysis of Part Model in Reverse Engineering*. Thiagarajar College of Engineering, Madurai, India.

RAJA, V.; FERNANDES, K. J. *Reverse Engineering: an industrial perspective*. Londres: Editora Springer, 2008.

RATHNAYAKA, K.; MOMOT, K.I.; NOSER, H.; VOLP, A.; SCHUETZ, M.A.; SAHAMA, T.; SCHMUTZ, B. *Quantification of the accuracy of MRI generated 3D models of long bones compared to CT generated 3D models*. Medical Engineering & Physics 34 p.357– 363, 2012.

REMONDINO, F.; *From Point Cloud To Surface: The Modeling And Visualization Problem*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXIV-5/W10. 2003

ROE, John Andrew. *Mechanical Testing and Measurement of a Cemented, Polished, Tapered Femoral Implant*. Thesis submitted in fulfilment of the requirements for the award of Doctor. School of Engineering Systems, Queensland University of Technology, Brisbane, 2011.

ROLAND DG CORPORATION, *Roland Modela MDX-20 and MDX-15 User's manual*. Hamamatsu-shi, Shizuoka-ken, JAPAN. 72 p

SILVA, F. *Usinagem de Espumas de Poliuretano e Digitalização Tridimensional para Fabricação de Assentos Personalizados para Pessoas com Deficiência*. 2011. Tese para obtenção do título de Doutor em Engenharia. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

VAZ, F.; ARAÚJO, C. *MUSEU VIRTUAL INTERATIVO: Técnicas para Digitalização e Exposição*. Rios Eletrônica - Revista Científica da FASETE. Ano 7 n. dezembro de 2013.

VOLPATO, Neri, *Prototipagem Rápida: Tecnologia e Aplicações*, São Paulo: Editora Blucher, 2007.