

FIDELIDADE DE MODELOS VIRTUAIS TRIDIMENSIONAIS: AVALIAÇÃO POR MEIO DE ENGENHARIA REVERSA

GARCIA JJ; QUEIROZ CS; PROVEDEL L; SARMENTO VA;



INTRODUÇÃO

A engenharia reversa é um termo que designa tecnologias capazes de criar modelos virtuais a partir de peças reais; ou seja, tecnologias que capturam modelos físicos e os representam com a linguagem da computação. São vários os métodos de captura de informações de um objeto ou de um segmento anatômico, como os exames de tomografia computadorizada (TC) e os escâneres tridimensionais (3D) (Meyer, 2015).

Uma vez obtido o modelo 3D virtual por estas modalidades de engenharia reversa, a sua replicação em peças físicas (os chamados biomodelos, na área da saúde) pode ser feita com o uso de técnicas de prototipagem rápida, com as mais diversas finalidades de diagnóstico e terapêuticas (NEGI, DHIMAN e SHARMA, 2014; SUOMALAINEN et al, 2015).

O objetivo deste estudo foi comparar o volume de sólidos complexos obtidos a partir de escaneamento tridimensional superficial, tomografia computadorizada singleslice (TCSS); tomografia computadorizada multislice de quatro canais (TCMS 4); tomografia computadorizada multislice de 128 canais (TCMS 128) e tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e também comparar o volume de sólidos complexos utilizando as técnicas de segmentação all boundary e outline only no programa 3D Doctor®.

Aplicando-se o teste t de Student para amostras pareadas, para cada tipo de equipamento de TC, foram comparadas as medidas obtidas com as duas formas de segmentação. Depois para cada tipo de segmentação (figura 6) foram comparadas as medidas de volume obtidas pelos diferentes equipamentos de TC, aplicando-se o teste ANOVA com post hoc de Tukey.

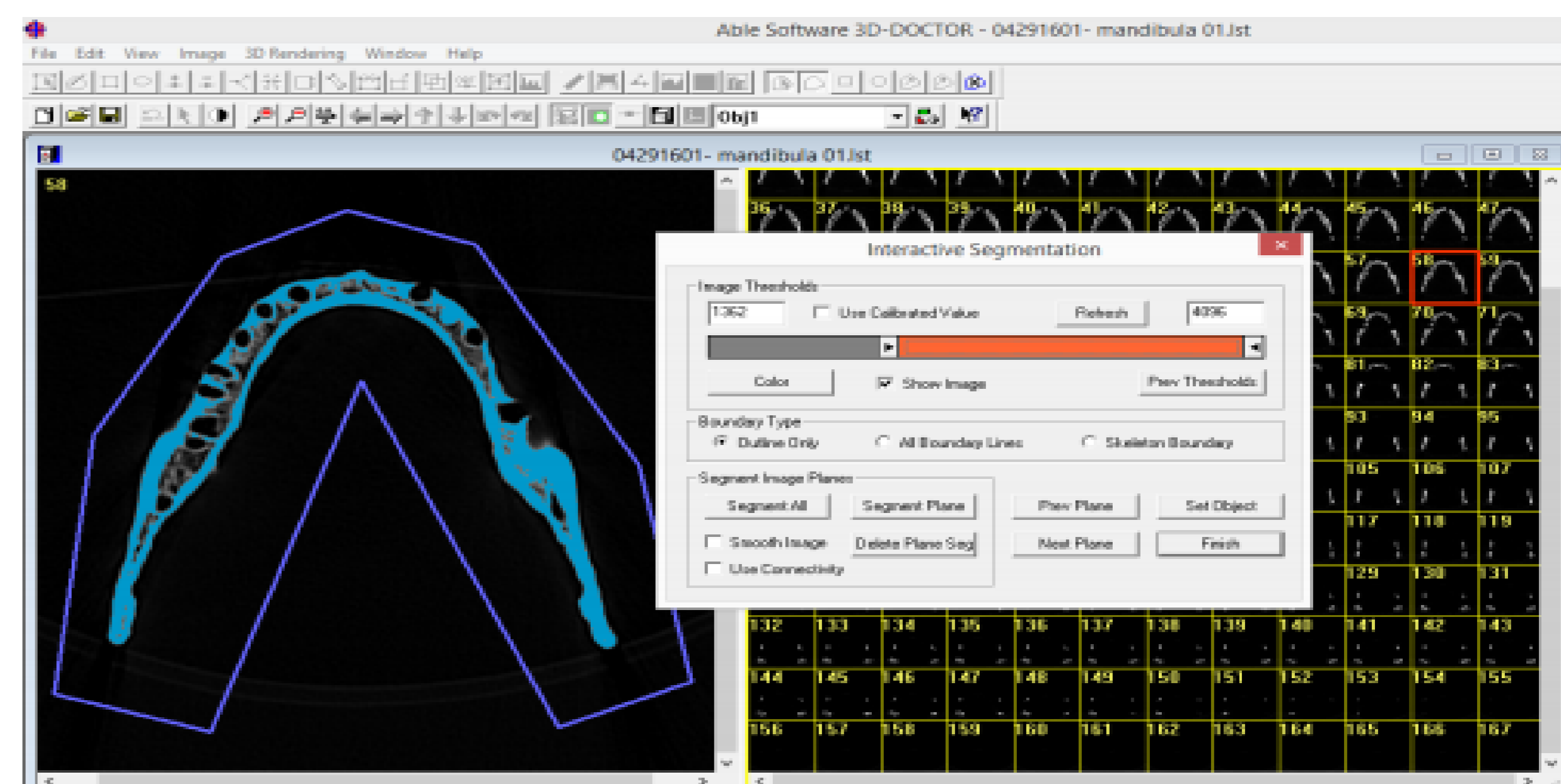


Figura 6: Plataforma do Programa 3D Doctor® na etapa de escolha do tipo de segmentação

MATERIAIS E METÓDOS

Foram utilizadas oito mandíbulas secas humanas, as quais foram submetidas aos referidos exames de aquisição de imagem. Os arquivos dos exames feitos pelos tomógrafos foram salvos no formato DICOM em mídia eletrônica e processados no programa 3D Doctor® para a obtenção das reconstruções virtuais tridimensionais, nas quais foram utilizadas, ainda, duas formas diferentes de segmentação: *all boundary* e *outline only*. Todos os modelos foram salvos no formato *standard triangle language* (STL) e comparados volumetricamente entre si. Foi realizado o exame de TCSS, com espessura da fatia de 1mm e distância entre elas de 0,5mm (figura 1). Foram também escaneadas em um equipamento de TCMS de 4 canais, com espessura da fatia de 0,5mm e distância entre elas de 0,3mm, (figura 2); e em um equipamento de TCMS de 128 canais, com espessura da fatia de 0,625mm e distância entre elas de 5,625mm (figura 3).

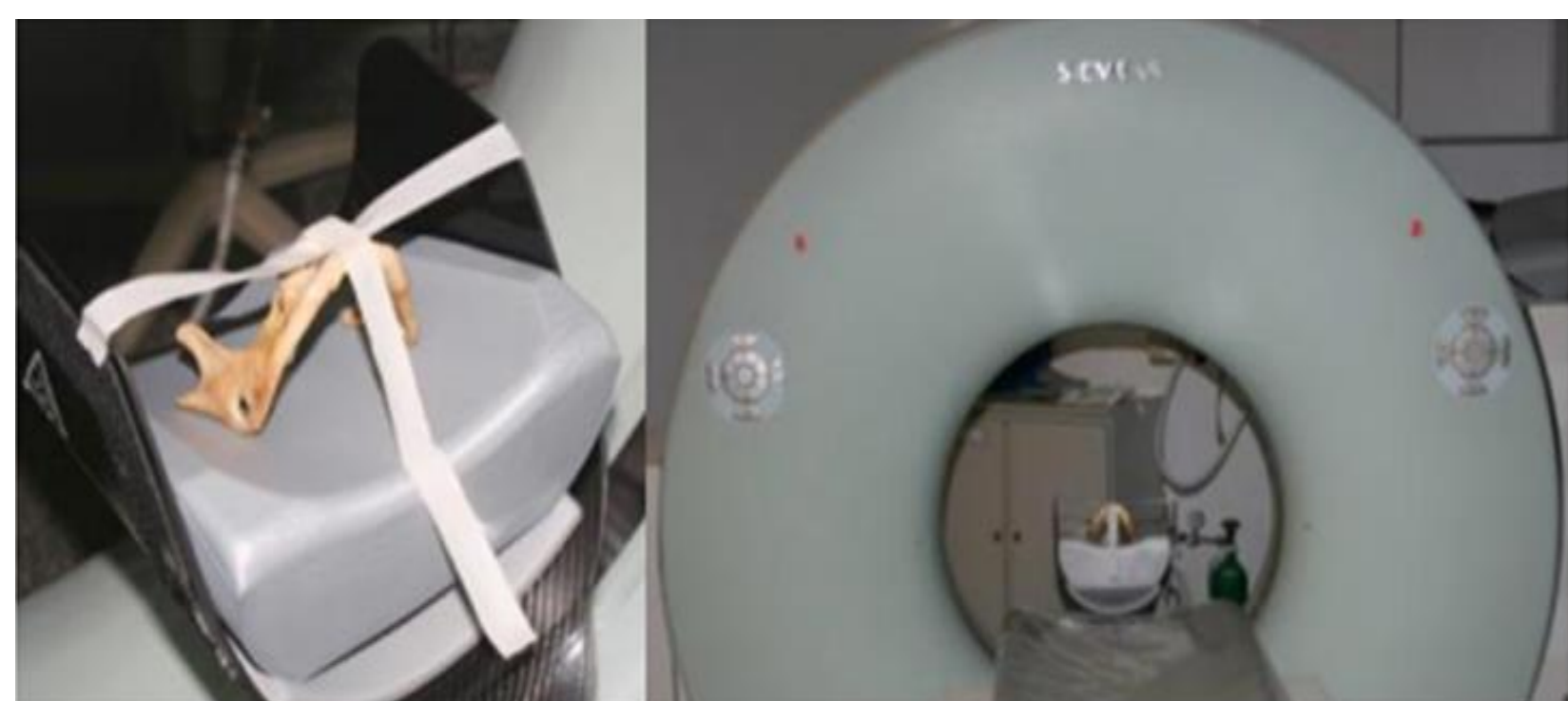


Figura 1: Posicionamento da mandíbula seca no aparelho de TCSS



Figura 3: Posicionamento da mandíbula seca no aparelho de TCMS 128



Figura 2: Posicionamento da mandíbula seca no aparelho de TCMS 4



Figura 4: Posicionamento da mandíbula no aparelho de TCFC

Para o exame de TCFC, no aparelho iCAT® (Imaging Sciences International Incorporation, Hatfield, Pensilvânia, EUA), com voxels de 0,4mm e FOV de 8cm.

Cada mandíbula foi escaneada ainda pelo equipamento ótico sem contato SCANFLEX - API/BACES®, montado na base Baces3D®, com precisão de 0,01mm. Utilizando o programa Geomagic Studio® (figura 5).

Para a análise dos dados foi utilizado o programa Biostat®. o teste Shapiro Wilk foi aplicado em cada grupo para testar a aderência à normalidade. Em todos grupos obteve-se valor de $p > 0,05$ e a hipótese nula de que os dados provêm de uma população distribuída normalmente não pode ser rejeitada, sendo adotados testes paramétricos.



Figura 5 (A, B): Arquivos gerados pelo Programa Geomagic®. Em A, arquivo em nuvem de pontos. Em B, arquivo em STL

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas diferenças estatísticas entre os modelos criados com as duas técnicas de segmentação, em todos os equipamentos de TC, sendo a técnica *outline only* responsável pela geração de sólidos mais volumosos. Já o tamanho dos arquivos (mensurados em kB) dos modelos obtidos foram maiores usando a técnica de segmentação *all boundary*.

Tabela 1: Média do volume (voxels³) dos sólidos complexos gerados por diferentes formas de segmentação, a depender do equipamento de TC

Tipo de TC	Tipo de segmentação		Valor de p*
	All boundary	Outline only	
TCSS	29.949,23	34.485,27	<0,0001
TCMS 4	36.796,89	41.604,20	<0,0001
TCMS 128	28.108,30	34.193,30	<0,0001
TCFC	31.760,01	37.358,20	0,0116

*p<0,05

Independente do tipo de segmentação empregado o volume dos sólidos não apresentou diferença estatisticamente significativa em relação ao aparelho de TC utilizado.

Tabela 2: Comparação do volume (voxel³) dos sólidos gerados a partir dos dados obtidos de diferentes equipamentos de TC, nos dois diferentes tipos de segmentação

Tipo de segmentação	Equipamento de TC				Valor de p*
	TCSS	TCMS 4	TCMS 128	TCFC	
All boundary	29.949,23	36.796,89	28.108,30	31.760,01	0,27
Outline only	34.485,27	41.604,20	34.193,30	37.358,20	0,54

*p<0,05

Comparando-se o volume dos sólidos complexos obtidos pelo escaneamento 3D superficial e pelos diferentes tipos de equipamentos de TC e segmentados pela técnica all boundary, observa-se significância estatística limítrofe entre os grupos (ANOVA; $p = 0,05$; Tabela 3). Na análise post hoc (Teste de Tukey), não foi observada diferença entre os grupos.

Realizando as mesmas análises, porém tendo-se utilizado a técnica de segmentação outline only, não foi observada diferença significativa entre o volume dos sólidos obtidos pelo escaneamento 3D superficial e os diferentes equipamentos de TC (ANOVA; $p = 0,5523$; Tabela 3).

Tabela 3: Comparação volumétrica (voxels³) dos sólidos complexos gerados pelas duas técnicas de segmentação e dos sólidos obtidos pelo escaneamento 3D superficial, pelo teste ANOVA

Tipo de segmentação	Equipamento de TC				Escâner 3D	Valor de p*
	TCSS	TCMS 4	TCMS 128	TCFC		
All boundary	29.949,23	36.796,89	28.108,30	31.760,01	41.745,82	0,049
Outline only	34.485,27	41.604,20	34.193,30	37.358,20		0,55

*p<0,05

CONCLUSÃO

A partir do estudo, pode-se concluir que os modelos virtuais 3D gerados pelo escaneamento 3D, TCSS, TCMS e TCFC são volumetricamente semelhantes entre si independentemente da técnica de segmentação utilizada. As técnicas de segmentação all boundary e outline only geraram modelos virtuais 3D com volumes distintos. Os volumes obtidos com a segmentação pela primeira técnica são menores, mas com tamanhos de arquivos digitais maiores.

REFERÊNCIAS

1- Meyer GA. Análise das dimensões mandibulares com o auxílio do escaneamento tridimensional. 2015. 110 f. Tese [Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial] - SENAI CIMATEC, Salvador, Bahia; 2015

2-Negi S, Dhiman S, Sharma RK. Basics and applications of rapid prototyping medical models. Rapid Prototyping Journal 2014; 20(3):256-267.

3-Suomalainen A, Stoor P, Mesimäki K, Kontio RK. Rapid prototyping modelling in oral and maxillofacial surgery: A two year retrospective study. J Clin Exp Dent 2015; 7(5):e605-e612.