



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**FACULDADE DE MEDICINA DA BAHIA**  
Fundada em 18 de fevereiro de 1808



## **Monografia**

**Diferenças nas medidas da raiz da aorta: avaliação através da impressão anatômica em 3D e das imagens virtuais em 2D e 3D**

**Ivan Souza de Carvalho**

Salvador (Bahia)  
Dezembro, 2014

**FICHA CATALOGRÁFICA**

(elaborada pela Bibl. **SONIA ABREU**, da Biblioteca Gonçalo Moniz : Memória da Saúde Brasileira/SIBI-UFBA/FMB-UFBA)

Carvalho, Ivan Souza de

C331 Diferenças nas medidas da raiz da Aorta: avaliação através da impressão anatômica em 3D e as imagens virtuais em 2D e 3D / Ivan Souza de Carvalho. Salvador: IS, de Carvalho, 2014.

v; 50 fls. : il.

Professor orientador: Prof. Dr. Jackson Brandão Lopes.

Monografia como exigência parcial e obrigatória para Conclusão do Curso de Medicina da Faculdade de Medicina da Bahia (FMB) da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

1 . Doenças da Aorta. 2. Anastomose cirúrgica. 3. Ponte de artéria Coronária. 4. Imagem tridimensional. I. Lopes, Jackson Brandão. II. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Medicina da Bahia. III. Título.

CDU: 616.132-073



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**FACULDADE DE MEDICINA DA BAHIA**  
Fundada em 18 de fevereiro de 1808



## **Monografia**

# **Diferenças nas medidas da raiz da aorta: avaliação através da impressão anatômica em 3D e das imagens virtuais em 2D e 3D**

**Ivan Souza de Carvalho**

Professor orientador: **Jackson Brandão Lopes**

Monografia de Conclusão do Componente Curricular MED-B60/2014.2, como pré-requisito obrigatório e parcial para conclusão do curso médico da Faculdade de Medicina da Bahia da Universidade Federal da Bahia, apresentada ao Colegiado do Curso de Graduação em Medicina.

Salvador (Bahia)  
Dezembro, 2014

**Monografia:** *Diferenças nas medidas da raiz da aorta: avaliação através da impressão anatômica em 3D e das imagens virtuais em 2D e 3D*, de **Ivan Souza de Carvalho**.

Professor orientador: **Jackson Brandão Lopes**

**COMISSÃO REVISORA:**

- **Jackson Brandão Lopes** (Presidente, Professor orientador), Professor adjunto da Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia, Departamento de anestesiologia e cirurgia.
- **José Augusto Baucia**, Professor adjunto da Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia, Departamento de anestesiologia e cirurgia.
- **Victor Luiz Correia Nunes**, Professor assistente da Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia, Departamento de Patologia e Medicina Legal.

**TERMO DE REGISTRO ACADÊMICO:** Monografia avaliada pela Comissão Revisora, e julgada apta à apresentação pública no VIII Seminário Estudantil de Pesquisa da Faculdade de Medicina da Bahia/UFBA, com posterior homologação do conceito final pela coordenação do Núcleo de Formação Científica e de MED-B60 (Monografia IV). Salvador (Bahia), em 17 de Novembro de 2014.

## **EQUIPE**

- **Jackson Brandão Lopes** (Presidente, Professor orientador), Professor adjunto da Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia, Departamento de anestesiologia e cirurgia.
- Ivan Souza de Carvalho, discente da Faculdade de Medicina da Bahia/UFBA E-mail: [ivansouza\\_99@hotmail.com](mailto:ivansouza_99@hotmail.com);
- Jorge Vicente Lopes da Silva, Pesquisador do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Ministério de Ciências e Tecnologias do Brasil;
- Airton Moreira da Silva, Pesquisador do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Ministério de Ciências e Tecnologias do Brasil;
- Anderson Aparecido Camilo, Pesquisador do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Ministério de Ciências e Tecnologias do Brasil.

## **INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**

Faculdade de Medicina da Bahia (FMB)

Hospital Ana Nery (HAN)

**Ministério de Ciências e Tecnologias do Brasil****Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer**

## **FONTES DE FINANCIAMENTO**

**1. Recursos próprios.**

## AGRADECIMENTOS

- ◆ Ao meu Professor orientador, Doutor **Jackson Brandão Lopes**, pela presença constante e substantivas orientações acadêmicas e à minha vida profissional de futuro médico.
- ◆ Ao Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Ministério de Ciências e Tecnologias do Brasil pelo apoio na impressões em 3D.

## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b>	<b>3</b>
<b>I. RESUMO</b>	<b>4</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>5</b>
<b>III. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	
III.1. Aspectos vinculados a cirurgia do aneurisma de aorta	6
III.2. A prototipagem	6
III.3 Forma de avaliação da anatomia da aorta	8
<b>IV. METODOLOGIA</b>	
IV.1. A população de estudo	10
IV.2 O processamento das imagens	10
IV.3 A impressão dos protótipos	11
IV.4 As aferições métricas	12
IV.4.1 As medidas em DICOM	12
IV.4.2 As medidas em STL	14
IV.4.3 As medidas dos protótipos	15
IV.5 Análise estatística	16
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>17</b>
<b>VI. DISCUSSÃO</b>	<b>27</b>
<b>VII. CONCLUSÕES</b>	<b>29</b>
<b>VIII. SUMMARY</b>	<b>30</b>
<b>X. ANEXOS</b>	
ANEXO I: Tabelas gerais	31
ANEXO II: Parecer do CEP	44
ANEXO III: Carta de Anuência	48
<b>IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Arquivo STL antes do processamento no software MeshLab®	<b>10</b>
<b>FIGURA 2.</b> Arquivo STL após processamento no software MeshLab®	<b>11</b>
<b>FIGURA 3.</b> Impressão dos protótipos através da técnica fotopolimerização.	<b>11</b>
<b>FIGURA 4.</b> Protótipos impressos.	<b>12</b>
<b>FIGURA 5.</b> Simulação de fluxo através da aorta feita em arquivo DICOM.	<b>13</b>
<b>FIGURA 6.</b> Simulação de fluxo através da coronária esquerda feita em arquivo DICOM.	<b>13</b>
<b>FIGURA 7.</b> Diâmetro da aorta na junção sino-tubular feito em arquivo DICOM.	<b>13</b>
<b>FIGURA 8.</b> Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial feito em arquivo DICOM.	<b>14</b>
<b>FIGURA 9.</b> Distância entre a coronária esquerda e o seio não coronariano e a distância entre a coronária esquerda e o seio coronariano direito feito em arquivo STL.	<b>14</b>
<b>FIGURA 10.</b> Maior e menor diâmetro da coronária esquerda feito em arquivo STL.	<b>15</b>
<b>FIGURA 11.</b> Diâmetro da Aorta no seio de valsava feito com paquímetro em protótipo.	<b>14</b>
<b>FIGURA 12.</b> Distância entre a coronária direita e o seio coronariano esquerdo feito com compasso no protótipo.	<b>16</b>



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b> Valores encontrados nos locais padronizados para mensuração da raiz da aorta	17
<b>TABELA 2.</b> Análise para comparações múltiplas dos valores encontrados nos locais padronizados para mensuração da raiz da aorta.	19
<b>TABELA 3.</b> Correlação entre os métodos	21
<b>TABELA 4.</b> Concordância entre os métodos	22
<b>TABELA 5.</b> Concordância entre os observadores	23
<b>TABELA 6.</b> Concordância intra-observador (A)	24
<b>TABELA 7.</b> Concordância intra-observador (B)	25
<b>TABELA 8.</b> Dados dos pacientes	31
<b>TABELA 9.</b> Observador A, momento 1, protótipos	32
<b>TABELA 10.</b> Observador A, momento 1, STL	33
<b>TABELA 11.</b> Observador A, momento 1, DICOM	34
<b>TABELA 12.</b> Observador A, momento 2, protótipos	35
<b>TABELA 13.</b> Observador A, momento 2, STL	36
<b>TABELA 14.</b> Observador A, momento 2, DICOM	37
<b>TABELA 15.</b> Observador B, momento 1, protótipos	38
<b>TABELA 16.</b> Observador B, momento 1, STL	39
<b>TABELA 17.</b> Observador B, momento 1, DICOM	40
<b>TABELA 18.</b> Observador B, momento 2, protótipos	41
<b>TABELA 19.</b> Observador B, momento 2, STL	42
<b>TABELA 20.</b> Observador B, momento 2, DICOM	43

## **I. RESUMO**

### **DIFERENÇAS NAS MEDIDAS DA RAIZ DA AORTA: AVALIAÇÃO ATRAVÉS IMPRESSÃO ANATÔMICA EM 3D E AS IMAGENS VIRTUAIS EM 2D E 3D.**

**Introdução:** Procedimentos que envolvem remoção das coronárias, com posterior reimplantação das mesmas representam um alto grau de dificuldade técnica e consomem longos períodos. O desenvolvimento de um dispositivo de anastomose magnético poderia reduzir os mesmos. Para tanto, é necessário meios fidedignos de descrever a anatomia da aorta.

**Objetivo:** Comparar aferições métricas realizadas em diferentes formatos de representação da raiz da aorta.

**Metodologia:** As formas de representação anatômicas utilizadas para análise foram protótipos obtidos através de processo de fotopolimerização, arquivos DICOM oriundos de angiotomografias de coronárias, bem como, os arquivos CAD STL, vinculados ao processo de impressão. Foram feitas análises por dois observadores em dois momentos distintos. O estudo estatístico se deu através de análise de concordância pelo método de Bland-Altman, de correlação pelo coeficiente de Pearson e de variância entre os grupos pelo teste de Turkey.

**Resultados e discussão:** A análise de Bland-Altman demonstrou maiores níveis de concordância intra e interobservador para as mensurações dos diâmetros da raiz da Aorta realizadas pelo método bidimensional (DICOM), com exceção do diâmetro da Aorta na junção ventrículo-arterial. Já a análise de variância dos métodos através do teste de Turkey demonstram que, quando se faz comparações referentes as medidas de segmentos lineares (distâncias), os resultados das aferições em modelo tridimensional (STL) tendem a se aproximar mais daqueles encontrados pelos protótipos.

**Conclusões:** A descrição dos diâmetros em diferentes pontos da raiz da Aorta através do método DICOM dá-se de maneira satisfatória. Entretanto, o poder de análise de segmentos lineares deste trecho vascular por este método é insuficiente, sendo, para tanto, uma análise da superfície tridimensional o mais adequado.

**Palavras-chaves:** 1. Doenças da Aorta. 2. Anastomose Cirúrgica. 3. Ponte de Artéria Coronária. 4. Imagem Tridimensional.

## II. OBJETIVOS

### PRINCIPAL

Comparar as aferições métricas de diferentes pontos da aorta realizadas em um formato de imagem bidimensional (DICOM) e um outro tridimensional (STL) com protótipos oriundos dos mesmos pacientes. Assim, pretende-se analisar a forma mais adequada de descrever a anatomia da aorta como base para desenvolvimento de dispositivo de anastomose magnética dos óstios coronarianos.

### SECUNDÁRIOS

Avaliar a capacidade de reprodutibilidade das técnicas de aferições métricas nos formatos 2d e 3d, através de análise inter e intra observador.

Confeccionar protótipos tridimensionais da raiz da aorta

Rever a atual forma de se analisar a anatomia da aorta como base para realização de alguns procedimentos.

Propor a implementação de novas tecnologias no cotidiano da análise das estruturas anatômicas.

### III. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### III.1. Aspectos vinculados a cirurgia do aneurisma de aorta

As doenças da aorta ascendente representam quadros graves, os quais não incomumente evoluem para a morte ou sérias complicações. O diagnóstico não é fácil, visto que a evolução dessas patologias pode se dar de maneira silenciosa até um estágio mais avançado da doença. Ainda sim, o árduo trabalho diagnóstico é recompensado, dado ao fato que intervenções precoces representam grande melhora de prognóstico do paciente.

Sobre a perspectiva cirúrgica, os aneurismas da raiz da aorta são corrigidos com remoção da parte afetada e interposição com tubo de Dacron, e reimplante dos óstios coronarianos, sendo a técnica mais utilizada a operação de Bentall e De Bono(1), a qual consiste na substituição da raiz da aorta pelo tubo sintético, que vem acoplado a uma prótese valvar mecânica para substituir a natural danificada. Entretanto, o reimplante das coronárias neste, bem como em outros procedimentos em que o mesmo se faz necessário, demanda maior tempo cirúrgico, o que também expõe o paciente a um período mais prolongado de CEC, bem como todas as comorbidades oriundas da mesma, como complicações respiratórias, renais, entre outros(2).

Neste contexto, a elaboração de um dispositivo de anastomose magnética dos óstios coronarianos, a exemplo do que já pode ocorrer em cirurgias de revascularização do miocárdio para pontes de safena e mamária(3), representaria uma diminuição do tempo da cirurgia, menor exposição a CEC, bem como tornaria o processo tecnicamente mais simples, diminuindo, também, o tempo da curva de aprendizado do cirurgião para esse procedimento. Entretanto, para uma possível criação de um dispositivo dessa natureza, é necessário um método de descrição fidedigno da região anatômica em que o mesmo atuaria: a raiz da aorta.

#### III.2. A prototipagem

A prototipagem rápida é a técnica em que se obtém modelos tridimensionais palpáveis construídos a partir de um formato CAD (computer-aided design, ou em português, desenho assistido por computador). Essa tecnologia foi desenvolvida na década de 80 visando atender à indústria de automóveis, que tinha a necessidade de uma visualização mais concreta

dos seus modelos de design produzidos no computador. Mais tarde, nos anos 90, esse método passou a ganhar espaço na medicina, auxiliando os cirurgiões dentistas à terem maior noção tridimensional das estruturas que estavam por operar(4). Essa tecnologia continua ganhando espaço, em maior ou menor velocidade, nos diversos campos cirúrgicos (principalmente na cirurgia buco-maxilar), nos quais a prototipagem auxilia em determinados procedimentos, obtendo-se vantagens no planejamento diagnóstico e do tratamento. Na prática cirúrgica, representa um guia de atuação para se projetar ensaios, incisões, ressecções cirúrgicas, avaliações de defeitos ósseos para enxerto, adaptação e pré-flexão de placas de reconstrução, bem como possibilita a fabricação de próteses personalizadas. Além disso, estão também relacionadas à uma diminuição do tempo cirúrgico, tempo de anestesia e tempo de exposição da ferida, bem como promove resultados mais previsíveis e melhor comunicação com o paciente(5).

A criação desses modelos tridimensionais demanda algumas etapas(6, 7). O primeiro passo é a aquisição de imagem de alta qualidade (sendo a qualidade fator interferente na fidedignidade das reproduções) na qual seja possível representar a estrutura anatômica que será observada de maneira multiseriada, para que assim seja possível uma interpretação em três dimensões daquele órgão. Esse processo é viabilizado com as modernas máquinas de obtenção de imagem representadas pela ressonância magnética (RM) e as tomografias computadorizadas *multislices* (TC), com suas representações detalhadas do objeto de estudo, obtidas de maneira contínua, que dão uma descrição detalhada e com uma baixa margem de erros da estrutura. O formato de arquivo proveniente dessas aquisições é o DICOM, abreviação de Digital Imaging and Communications in Medicine (ou comunicação de imagens digitais em medicina), é o padrão internacional de formato das imagens médicas diagnósticas como tomografias, ressonâncias magnéticas, radiografias e ultrassonografias.

Em seguida, no processo de prototipagem vinculado a medicina, os dados das imagens DICOM obtidas devem ser processados a fim de garantir que apenas as estruturas em interesse irão passar pelo processo de impressão. Dessa forma, deve-se extrair a região de interesse dos tecidos circundantes. Tal manobra é realizada com a assistência do computador e software desenvolvido para esse processo. Para isto, existe um boa variedade de softwares disponíveis para processamento dessas imagens advindas da TC ou RM. Ainda nesse processo de criar uma base tridimensional para impressão, é necessária a criação de estruturas de apoio para o modelo a ser criado, que suportam o mesmo durante a construção e são posteriormente removidos manualmente. Para realização do processual descrito é necessário não só um grande conhecimento anatômico da estrutura abordada, mas, também, um domínio

das técnicas de imagem do método de obtenção, assim como é necessário ser capaz de utilizar as ferramentas de computação existentes.

Após o laborioso processo de extração da imagem para prototipagem na área médica, é necessário passar o formato do arquivo obtido para o padrão CAD, mais especificamente, dentro dessa tecnologia CAD, o formato STL (*STereoLithography*, ou em português, estereolitografia), o qual poderá ser interpretado por uma máquina de impressão tridimensional.

Em seguida, finaliza-se a concretização dos modelos 3-D. Atualmente, as técnicas mais usadas em aplicações médicas de impressão 3-D são: síntese a laser, modelagem por fusão e deposição(8). Cada uma dessas diferentes técnicas constrói um modelo, camada por camada, usando não só diferentes metodologias mas também distintos materiais; fatores que estão relacionados às diferenças expressas no produto final do modelo tridimensional. Tais características acabam embutindo a cada um desses métodos perfis que se diferem quanto ao custo global, durabilidade, fidedignidade dos modelos e disponibilidade, sendo esses os principais fatores a serem considerados na escolha da tecnologia a ser utilizada para a impressão.

Até o presente momento, há pouca experiência na utilização da tecnologia de prototipagem rápida em cirurgia cardiovascular, entretanto, a literatura se inclina por afirmar que a técnica de impressão rápida possui um terreno fértil na cirurgia cardiovascular como meio facilitador para a pesquisa e planejamento pré-operatório em determinados procedimentos, principalmente relacionados à anomalias congênitas(9, 10). Além disso, percebe-se também, que autores com experiência em aplicação de plastinados afirmam que a técnica empregada para o coração apresenta uma alta acurácia dos segmentos anatômicos, aspecto animador e que direciona para o fato da possibilidade de emprego da mesma(11).

### III.3 Forma de avaliação da anatomia da aorta

A avaliação da anatomia da raiz da aorta já é utilizada como base para execução de procedimentos cirúrgicos como a implantação da válvula aórtica via transcateter(12). Como é de se esperar, a descrição correta dessa região do corpo é fundamental para o sucesso do ato operatório, visto que, a escolha incorreta da prótese para a realização do mesmo está vinculada a graves complicações como ruptura anular, obstrução de coronárias ou deslocamento da prótese(13). Necessidades dessa natureza estimulam o surgimento de uma

literatura voltada a avaliação das técnicas de investigação anatômica dessa parte do corpo.

Assim, de maneira geral, podemos dizer que a caracterização da raiz da aorta, de maneira não invasiva, se dá por meio ecocardiográfico e, de maneira mais verossímil a estrutura anatômica, com tomografias computadorizadas(14). Mais especificamente em relação ao último, muitas técnicas foram descritas na literatura para descrever a anatomia da aorta. De maneira sintética, podemos dividir essas técnicas em dois grupos principais(15): as aferições realizadas em um plano oblíquo com mensuração da distância entre dois pontos, a semelhança do que é realizado com as ecocardiografias; e medições derivadas a partir do corte transversal da aorta nos pontos de interesse, e realização das aferições com maior e menor diâmetro, a semelhança de como foi realizado por este estudo.

## IV. METODOLOGIA

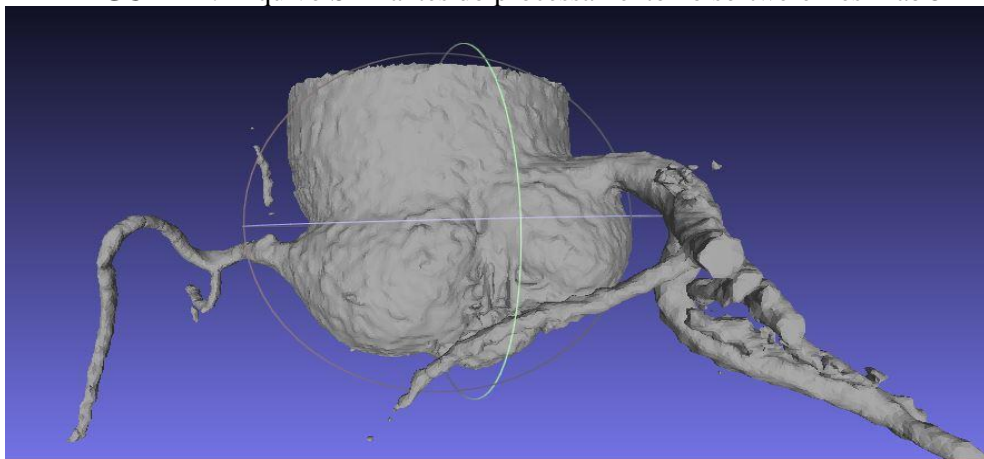
### IV.1. A população de estudo e aquisição das imagens DICOM

A população estudada compreendeu 5 pacientes que realizaram angiotomografias de coronárias no Hospital Ana Nery, unidade conveniada a Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia. O período da realização dos exames foi de 29/10/2013 a 17/12/2013. Os pacientes foram escolhidos de maneira aleatória.

### IV.2 O processamento das imagens

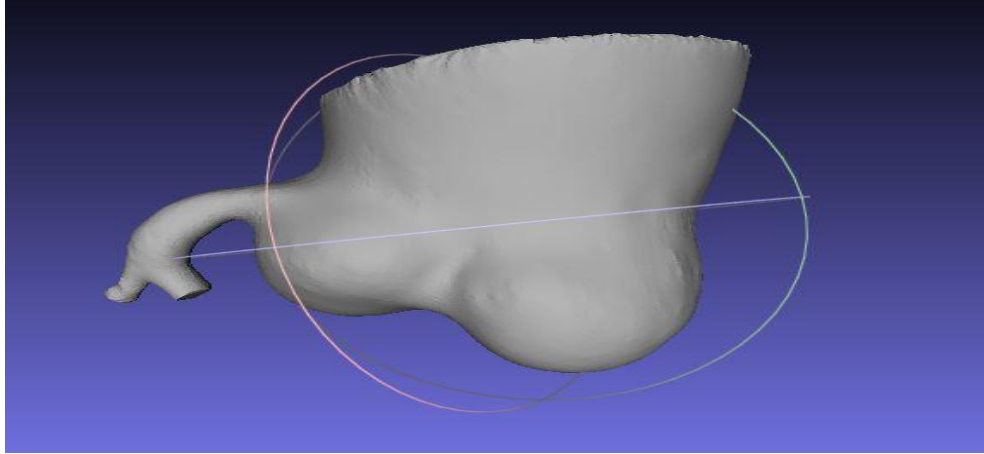
O processamento das imagens foi feito com o software gratuito 3D Slicer® 4.3.0, disponível para download em <http://download.slicer.org/>. As imagens DICOM após adquiridas foram processadas nesse através de seu recurso “ThresholdEffect”, em que se seleciona a densidade da região de interesse e posterior uso do recurso “MakeModelEffect”, em que se configura o formato STL, disponível para impressão. Em seguida, o arquivo STL obtido foi processado com a versão gratuita do software MeshLab® 1.3.2, disponível para download em <http://meshlab.sourceforge.net/>. Nesta última etapa, o uso deste último programa, teve o intuito de eliminar as imperfeições que impossibilitassem a impressão dos protótipos (Figura 1) e, obtendo-se assim, a versão final do arquivo STL (Figura 2), posteriormente utilizado para aferições métricas.

**FIGURA 1.** Arquivo STL antes do processamento no software MeshLab®





**FIGURA 2.** Arquivo STL após processamento no software MeshLab®



#### IV.3 A impressão dos protótipos

Os protótipos foram impressos em parceria com o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, órgão do Ministério de Ciências e Tecnologias do Brasil, através do programa de Prototipagem Rápida para Medicina (ProMED), que incentiva a pesquisa em tecnologias tridimensionais. A tecnologia empregada na impressão desses protótipos foi a fotopolimerização (Figura 3). A impressora utilizada foi a OBJET350 CONNEX (Stratasys, LTD., EUA). O resultado final pode ser visualizado na Figura 4.

**FIGURA 3.** Impressão dos protótipos através da técnica fotopolimerização.



**FIGURA 4.** Protótipos impressos.



#### IV.4 As aferições métricas

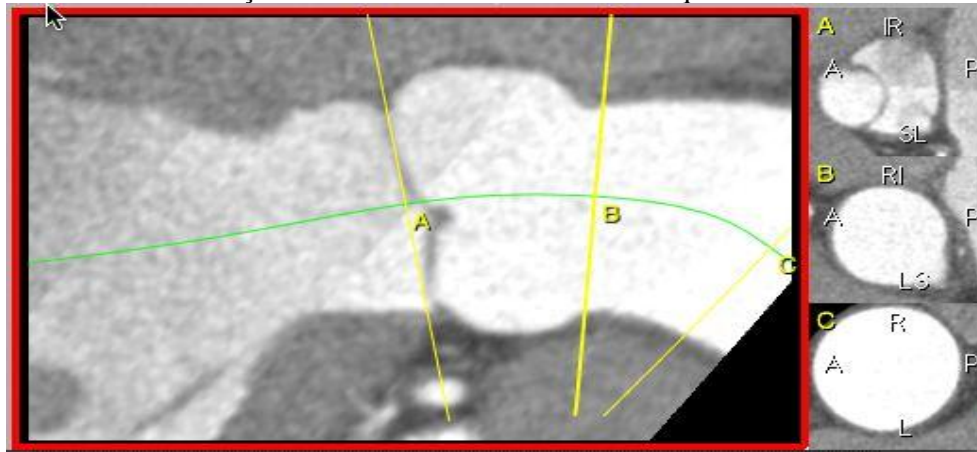
Todas as imagens foram analisadas por dois observadores cegos as informações clínicas prévias ou de qualquer outra natureza dos pacientes. Os formatos aferidos foram: DICOM, STL e os protótipos tridimensionais. As medidas foram feitas pelos mesmos em dois momentos distintos em todos os formatos de aferição. As medidas obtidas foram: diâmetro da aorta na junção ventrículo-arterial, diâmetro nos seios de valsalva, diâmetro na junção sino-tubular, diâmetro do óstio da coronária esquerda e direita, distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial, distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial, distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular, distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular, distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano, distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito, distância entre a coronária direita para o seio não coronariano, distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo.

##### IV.4.1 As medidas em DICOM

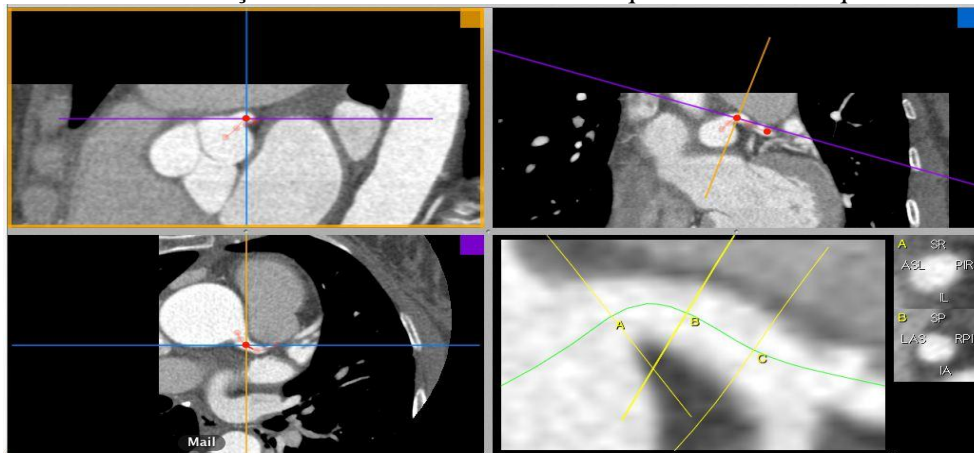
As medidas do formato DICOM foram realizadas com a versão gratuita do software pós-processamento da imagem Osirix®, disponível para download em <http://www.osirix-viewer.com/>. Com este recurso foi possível manipular as imagens a fim de criar uma linha virtual que simulasse o fluxo sanguíneo pela aorta (Figura 5) e pela coronária (Figura 6).

Assim, nos pontos desejados, foram realizados cortes perpendiculares a essa linha, e as imagens provenientes desses cortes foram aferidas em seu maior e menor diâmetro possível (Figura 7). Dessa maneira, foram realizadas as aferições em DICOM de todas as medidas de diâmetro. As demais medições foram obtidas a partir da distância linear entre os pontos anatômicos anteriormente citados, como representado nas imagens (Figura 8).

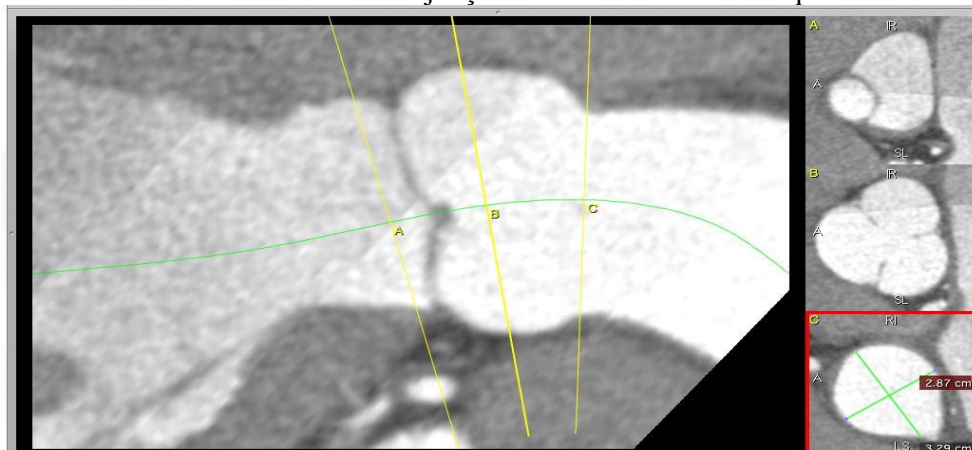
**FIGURA 5.** Simulação de fluxo através aorta feita em arquivo DICOM.



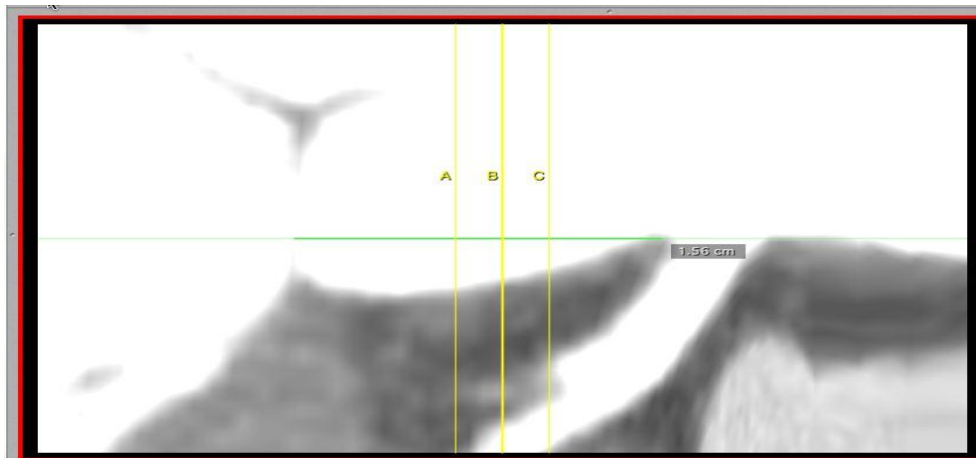
**FIGURA 6.** Simulação de fluxo através coronária esquerda feita em arquivo DICOM.



**FIGURA 7.** Diâmetro da aorta na junção sino-tubular feito em arquivo DICOM.



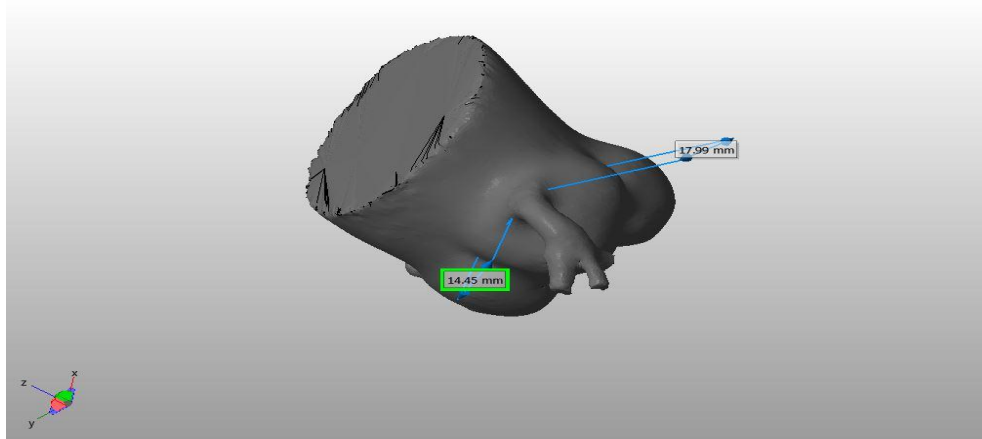
**FIGURA 8.** Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial feito em arquivo DICOM.



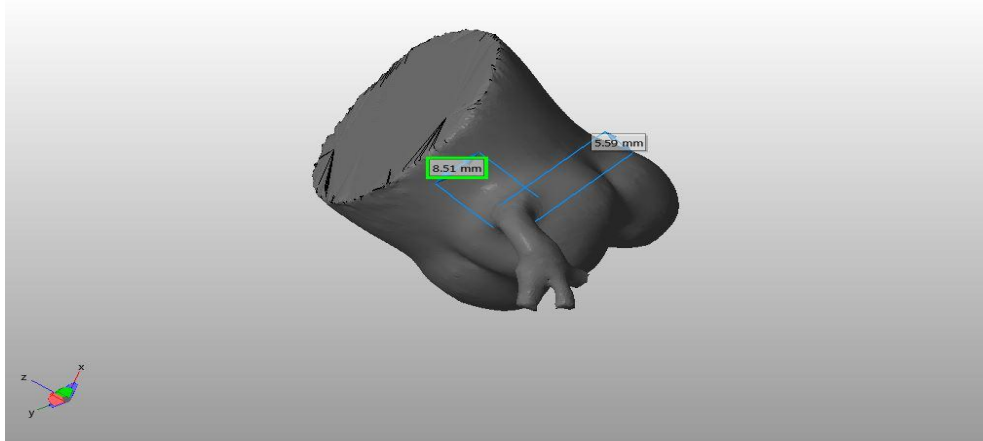
#### IV.4.2 As medidas em STL

As medidas do formato STL foram realizadas com a versão gratuita do software Netfabb Basic, disponível para download em <http://www.netfabb.com/downloadcenter.php?basic=1>. Todas as aferições foram realizadas a partir da distância linear entre os pontos anatômicos anteriormente citados, como representado nas Figuras 9 e 10.

**FIGURA 9.** Distância entre a coronária esquerda e o seio não coronariano e a distância entre a coronária esquerda e o seio coronariano direito feito em arquivo STL.



**FIGURA 10.** Maior e menor diâmetro da coronária esquerda feito em arquivo STL.



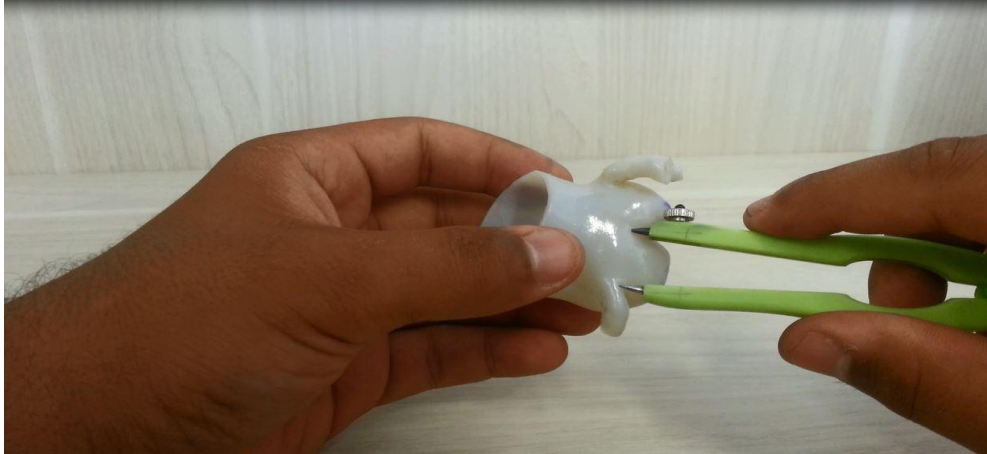
#### IV.4.3 As medidas dos protótipos

As medidas referentes aos diâmetros dos protótipos foram realizadas com uso de paquímetro (Figura 11), também realizadas no maior e menor diâmetro referentes aos pontos anatômicos da aorta e coronária que eram objetivo do estudo. As medidas de distância foram feitas com uso de compasso (Figura 12).

**FIGURA 11.** Diâmetro da aorta no seio de valsava feito com paquímetro em protótipo.



**FIGURA 12.** Distância entre a coronária direita e o seio coronariano esquerdo feito com compasso no protótipo.



#### IV.5 Análise estatística

Os dados contínuos são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. O teste de ANOVA foi utilizado para comparação entre os grupos de variáveis contínuas e o teste de Turkey para comparações múltiplas. Para análise das correlações foi utilizado o teste de correlação de Pearson. O teste de Bland-Altman foi utilizado para avaliar a concordância entre os métodos e os observadores. Os dados foram analisados através do programa GraphPadPrism 5, sendo estabelecido um erro alfa de 5% e beta de 20%.

## V. RESULTADOS

Os dados dos pacientes estudados e os resultados das aferições da aorta desses pacientes, no formatos DICOM e STL e protótipos correspondentes, realizadas por 2 observadores, em dois momentos distintos, podem ser visualizados no anexo I.

A média das mensurações, realizadas nos modelos DICOM e STL e protótipo, diferiram estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) em todos os locais analisados, exceto nas medidas dos diâmetros médios do óstio da coronária direita e nos locais padronizados diferiram estatisticamente e nas distâncias entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo (Tabela 1).

**TABELA 1.** Valores encontrados nos locais padronizados para mensuração da raiz da aorta.

Local de mensuração	Protótipo		STL		DICOM		P
	média±DP (mm)	95% IC min. – max.	média±DP (mm)	95% IC min. – max.	média±DP (mm)	95% IC min. – max.	
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo - arterial	25,20±4,91	22,90 - 27,50	20,51±3,76	18,75 - 22,27	25,70±3,50	24,06 - 27,34	<0,0001
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	30,53±5,53	27,94 - 33,11	28,54±5,39	26,01 - 31,07	30,51 - 5,25	28,05 - 32,96	<0,0001
Diâmetro médio da aorta na junção sino – tubular	26,45±5,48	23,88 - 29,02	25,09±5,21	22,65 - 27,53	26,77±5,59	24,15 - 29,38	0,0008
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	6,32±1,18	5,77 - 6,87	5,50±0,87	5,09 - 5,91	5,72±1,02	5,24 - 6,20	0,0005
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	4,97±0,67	4,65 - 5,29	4,45±0,64	4,15 - 4,75	4,47±1,07	3,96 - 4,97	0,09
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo – arterial	13,95±2,66	12,70 - 15,20	14,11±2,74	12,83 - 15,40	15,48±2,76	14,19 - 16,78	0,0004
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino - tubular	2,25±1,68	1,46 - 3,03	2,87±1,31	2,25 - 3,48	1,42±1,48	0,72 - 2,12	0,0002
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo – arterial	15,85±3,10	14,40 - 17,30	15,81±3,27	14,28 - 17,35	18,57±2,78	17,26 - 19,87	<0,0001
Distância entre a coronária direita e a junção sino - tubular	2,15±1,89	1,26 - 2,03	3,71 - 1,31	3,09 - 4,33	3,22±0,89	2,80 - 3,64	<0,0001

**CONTINUA**

**TABELA 1.** [continuação]

Local de mensuração	Protótipo		STL		DICOM		P
	média±DP (mm)	95% IC min. – max.	média±DP (mm)	95% IC min. – max.	média±DP (mm)	95% IC min. – max.	
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	13±4,26	11 - 15	11,93±4,39	9,87±13,99	11,29±4,10	9,36 - 13,21	0,0005
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	12,25±1,68	11,46 - 13,04	12,44±1,82	11,58 - 13,29	12,78±1,97	11,85 - 13,70	0,044
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	12,25±3,00	10,84 - 13,66	13,38±3,33	11,82 - 14,94	13,44±3,65	11,73 - 15,15	0,008
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	16,30±5,74	13,61 - 18,99	16,91±5,71	14,23 - 19,58	17,33±5,38	14,81 - 19,95	0,06

ANOVA

STL - Stereolithography  
padrão

DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine

DP – Desvio-

IC – Intervalo de confiança (min.-max.)

Na avaliação do diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial a média dos valores não diferiram estatisticamente entre o protótipo e o DICOM ( $p>0,05$ ), mas diferiram entre o protótipo e o STL ( $p<0,0001$ ) e entre o STL e o DICOM ( $p<0,0001$ ). No diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva arterial os valores não diferiram entre o protótipo e o DICOM ( $p>0,05$ ), mas diferiram entre o protótipo e o STL ( $p<0,0001$ ) e entre o STL e o DICOM ( $p<0,0001$ ). No Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular os valores não diferiram entre o protótipo e o DICOM ( $p>0,05$ ), mas diferiram entre o protótipo e o STL ( $0,0001\leq p<0,01$ ) e entre o STL e o DICOM ( $0,0001\leq p<0,01$ ). No diâmetro médio do óstio da coronária esquerda os valores não diferiram entre o STL e o DICOM ( $p>0,05$ ), mas diferiram entre o protótipo e o STL ( $p<0,0001$ ) e entre o protótipo e o DICOM ( $0,0001\leq p<0,01$ ). No diâmetro médio do óstio da coronária direita os valores não diferiram entre o STL e o DICOM, entre o protótipo e o STL e entre o protótipo e o DICOM ( $p>0,05$ ). Na distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial os valores não diferiram entre o protótipo e o STL ( $p>0,05$ ), mas diferiram entre o protótipo e o DICOM ( $p<0,0001$ ) e entre o STL e o DICOM ( $0,0001\leq p<0,01$ ). Na distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular os valores não diferiram entre o protótipo e o DICOM ( $p>0,05$ ) e entre o protótipo e o STL ( $p>0,05$ ), mas diferiram entre o STL e o DICOM ( $0,0001\leq p<0,01$ ). Na distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial os valores não diferiram entre o protótipo e o



STL ( $p>0,05$ ), mas diferiram entre o e entre o protótipo e o DICOM ( $p<0,0001$ ) e entre o STL e o DICOM ( $p<0,0001$ ). Na distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular os valores não diferiram entre o STL e o DICOM ( $p>0,05$ ), mas diferiram entre o e entre o protótipo e o DICOM ( $0,0001\leq p<0,01$ ) e entre o protótipo e o STL ( $p<0,0001$ ). Na distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano os valores não diferiram entre o protótipo e o STL ( $p>0,05$ ) e entre o STL e o DICOM ( $p>0,05$ ), mas diferiram entre o e entre o protótipo e o DICOM ( $0,0001\leq p<0,01$ ). os valores não diferiram entre o protótipo e o DICOM ( $p>0,05$ ), entre o protótipo e o STL ( $p>0,05$ ) e entre o STL e o DICOM ( $p>0,05$ ). Na distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito. Na distância entre a coronária direita para o seio não coronariano os valores não diferiram entre o STL e o DICOM ( $p>0,05$ ), mas diferiram entre o e entre o protótipo e o DICOM ( $0,01\leq p\leq 0,05$ ) e entre o protótipo e o STL ( $0,01\leq p\leq 0,05$ ). Na distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo os valores não diferiram entre o protótipo e o STL e entre STL e o DICOM ( $p>0,05$ ), mas diferiram entre o e entre o protótipo e o DICOM ( $0,01\leq p\leq 0,05$ ) (Tabela 2).

**TABELA 2.** Análise para comparações múltiplas dos valores encontrados nos locais padronizados para mensuração da raiz da aorta.

Local de mensuração	Protótipo (p)	STL (p)	DICOM (p)
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial			
Protótipo		<0,0001	>0,05
STL	<0,0001		<0,0001
DICOM	>0,05	<0,0001	
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva			
Protótipo		<0,0001	>0,05
STL	<0,0001		<0,0001
DICOM	>0,05	<0,0001	
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular			
Protótipo		$0,0001\leq p<0,01$	>0,05
STL	$0,0001\leq p<0,01$		$0,0001\leq p<0,01$
DICOM	>0,05	$0,0001\leq p<0,01$	
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda			
Protótipo		<0,0001	$0,01\leq p\leq 0,05$
STL	<0,0001		>0,05
DICOM	$0,01\leq p\leq 0,05$	>0,05	
Diâmetro médio do óstio da coronária direita			
Protótipo		>0,05	>0,05
STL	>0,05		>0,05
DICOM	>0,05	>0,05	

**CONTINUA**

**TABELA 2.** [continuação]

Local de mensuração	Protótipo (p)	STL (p)	DICOM (p)
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial			
Protótipo		>0,05	<0,0001
STL	>0,05		0,0001≤p<0,01
DICOM	<0,0001	0,0001≤p<0,01	
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular			
Protótipo		>0,05	>0,05
STL	>0,05		0,0001≤p<0,01
DICOM	>0,05	0,0001≤p<0,01	
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial			
Protótipo		>0,05	<0,0001
STL	>0,05		<0,0001
DICOM	<0,0001	<0,0001	
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular			
Protótipo		<0,0001	0,0001≤p<0,01
STL	<0,0001		>0,05
DICOM	0,0001≤p<0,01	>0,05	
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano			
Protótipo		>0,05	0,0001≤p<0,01
STL	>0,05		>0,05
DICOM	0,0001≤p<0,01	>0,05	
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito			
Protótipo		>0,05	>0,05
STL	>0,05		>0,05
DICOM	>0,05	>0,05	
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano			
Protótipo		0,01≤p≤0,05	0,01≤p≤0,05
STL	0,01≤p≤0,05		>0,05
DICOM	0,01≤p≤0,05	>0,05	
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo			
Protótipo		>0,05	0,01≤p≤0,05
STL	>0,05		>0,05
DICOM	0,01≤p≤0,05	>0,05	

Teste de Turkey

STL - Stereolithography

DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine

As medidas realizadas nos modelos DICOM e protótipo apresentaram correlações forte ou muito fortes ( $0,4 < r < 1$ ), exceto nas medidas do diâmetro médio do óstio da coronária direita, distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular. As medidas realizadas nos

modelos DICOM e STL apresentaram correlações forte ou muito fortes ( $0,4 < r < 1$ ), exceto nas medidas do diâmetro médio do óstio da coronária direita, distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular e na distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito. As medidas realizadas nos modelos STL e protótipo apresentaram correlações forte ou muito fortes ( $0,4 < r < 1$ ) (Tabela 3).

**TABELA 3.** Correlação entre os métodos

Local de mensuração	Coeficiente de correlação de Pearson (r)					
	DICOM		DICOM		STL	
	vs. protótipo	P	vs. STL	P	vs. Protótipo	P
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	0,77	<0,001	0,87	<0,001	0,81	<0,001
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	0,96	<0,001	0,93	<0,001	0,97	<0,001
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	0,97	<0,001	0,90	<0,001	0,93	<0,001
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	0,69	<0,001	0,54	0,01	0,71	<0,001
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	-0,28	0,22	-0,06	0,80	0,55	0,01
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	0,76	<0,001	0,87	<0,001	0,78	<0,001
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-Tubular	0,23	0,33	0,20	0,39	0,70	0,001
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	0,56	0,009	0,60	0,004	0,73	<0,001
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	0,68	0,001	0,54	0,01	0,64	0,002
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	0,88	<0,001	0,83	<0,001	0,89	<0,001
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	0,45	0,05	0,38	0,1	0,67	0,001
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	0,87	<0,001	0,87	<0,001	0,85	<0,001
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	0,92	<0,001	0,95	<0,001	0,95	<0,001

STL - Stereolithography  
 DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine  
 DP – Desvio-padrão

Na avaliação da concordância na aferição das medidas entre os métodos DICOM e STL, notamos um bias menor que 10% nas mensurações do Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva, Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular, Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda, Diâmetro médio do óstio da coronária direita, Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial, Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano, Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano, Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo; entre 10 e 20% nas mensurações da Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial, Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular, Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito; e acima de 20% nas mensurações do Diâmetro médio da aorta na

junção ventrículo-arterial e na Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular. Na avaliação da concordância na aferição das medidas entre os métodos DICOM e STL, notamos um bias menor que 10% nas mensurações do Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial, Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva, Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular, Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda; entre 10 e 20% nas mensurações do Diâmetro médio do óstio da coronária direita, Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial, Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial, Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano; e acima de 20% nas mensurações da Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular e da Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular. Na avaliação da concordância na aferição das medidas entre os métodos STL e protótipo, notamos um bias menor que 10% nas mensurações do Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva, Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular, Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial, Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial, Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano, Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito, Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano, Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo; entre 10 e 20% nas mensurações do Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular, Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda; e acima de 20% nas mensurações do Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial, Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular, Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular (Tabela 4).

**TABELA 4.** Concordância entre os métodos

Local de mensuração	Concordância entre os métodos de mensuração (%diferença vs. média)					
	DICOM vs. STL		DICOM vs. protótipo		STL vs. Protótipo	
	bias	DP	bias	DP	bias	DP
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	23,10	9,00	2,94	13,16	20,16	12,15
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	6,94	6,48	0,06	4,82	6,87	4,11
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	6,45	8,78	1,18	4,97	5,28	6,97
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	2,53	0	9,76	14,40	13,37	14,01
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	0,98	27,60	12,01	29,04	11,23	13,20
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	9,48	10,18	10,49	12,53	1,00	12,84
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	88,22	112,10	51,64	103,70	40,42	101,10
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	16,78	16,42	16,36	16,74	0,37	14,62
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	12,10	28,82	76,52	89,06	83,91	85,46

**CONTINUA**

**TABELA 4.** [continuação]

Local de mensuração	Concordância entre os métodos de mensuração (% diferença vs. média)					
	DICOM		DICOM		STL	
	vs. STL		vs. protótipo		vs. Protótipo	
	Bias	DP	bias	DP	Bias	DP
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	6,25	21,40	15,88	21,87	9,69	16,60
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	15,70	30,07	3,89	16,02	1,32	11,95
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	0,05	16,32	8,50	15,25	8,57	16,73
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	3,14	12,42	7,41	18,70	4,33	14,47

Análise de Bland-Altman

STL - Stereolithography

DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine

DP - Desvio-padrão

Na avaliação da concordância das aferições das medidas entre os observadores encontramos uma discordância maior que 20% na mensuração da Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular e da Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular, nos três modelos utilizados: protótipo, STL e DICOM. Este grau de discordância também ocorreu na mensuração da Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano no modelo DICOM (Tabela 5).

**TABELA 5.** Concordância entre os observadores

Local de mensuração	Concordância entre os observadores (% diferença vs. média)					
	Protótipo		STL		DICOM	
	Bias	DP	bias	DP	bias	DP
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	13,41	8,31	3,85	6,42	6,34	5,26
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	2,68	3,57	4,65	5,31	3,66	3,76
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	1,97	3,88	10,19	7,95	1,64	4,73
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	13,22	18,60	12,54	16,40	5,77	17,14
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	14,56	7,61	1,19	14,43	2,53	21,37
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	0,58	20,22	5,22	7,15	5,69	4,10
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	38,27	124,20	37,24	90,39	32,57	167,5
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	1,03	8,55	1,62	23,78	11,88	13,59
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	29,17	113,9	36,73	24,40	1,61	13,01
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	8,89	21,19	1,99	16,20	20,55	17,03
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	1,11	15,83	2,28	11,47	13,09	20,56

**CONTINUA**

**TABELA 5.** [continuação]

Local de mensuração	Concordância entre os observadores (% diferença vs. média)					
	Protótipo		STL		DICOM	
	Bias	DP	bias	DP	bias	DP
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	2,90	19,65	6,40	11,47	3,52	20,46
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	9,96	14,21	13,41	16,86	2,60	7,47

Análise de Bland-Altman

STL - Stereolithography

DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine

DP – Desvio-padrão

Na avaliação da concordância das aferições das medidas considerando o observador A (intraobservador), encontramos uma discordância maior que 20% na mensuração da Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular nos modelos STL e DICOM. Este grau de discordância também ocorreu na mensuração da Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular no modelo protótipo. A discordância intraobservador A foi na sua imensa parcela menor que 10% (Tabela 6).

**TABELA 6.** Concordância intraobservador (A)

Local de mensuração	Concordância intraobservador (A) (% diferença vs. média)					
	Protótipo		STL		DICOM	
	Bias	DP	bias	DP	bias	DP
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	1,90	4,81	1,33	3,61	1,05	3,76
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	2,74	3,01	0,17	1,64	0,58	3,51
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	2,84	2,08	0,55	4,47	0,75	2,86
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	5,21	11,67	2,33	12,96	0,04	16,24
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	2,04	8,24	8,74	8,82	3,88	17,94
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	4,19	13,33	3,07	8,67	3,48	5,31
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	4,16	130,80	85,72	107,10	123,40	88,59
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	1,62	10,63	3,41	10,90	7,87	8,33
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	100	120,00	0,24	16,17	13,48	30,05
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	6,22	14,12	4,03	5,12	4,30	21,65
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	4,67	6,91	5,53	6,33	10,07	12,94
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	4,21	15,96	2,53	7,50	3,67	6,31

**CONTINUA**

**TABELA 6.** [continuação]

Local de mensuração	Concordância intraobservador (A) (% diferença vs. média)					
	Protótipo		STL		DICOM	
	Bias	DP	bias	DP	bias	DP
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	5,92	7,00	4,65	6,71	0,72	14,21

Análise de Bland-Altman

STL - Stereolithography

DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine

DP – Desvio-padrão

Na avaliação da concordância das aferições das medidas considerando o observador B (intraobservador), encontramos uma discordância maior que 20% na mensuração da Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular, no modelos DICOM, na mensuração da Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular, nos modelos protótipo e STL. Este grau de discordância também ocorreu na mensuração da Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano no modelo protótipo (Tabela 7).

**TABELA 7.** Concordância intraobservador (B)

Local de mensuração	Concordância intraobservador (B) (% diferença vs. média)					
	Protótipo		STL		DICOM	
	Bias	DP	bias	DP	bias	DP
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	1,34	9,81	0,62	12,69	3,46	6,34
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	0,99	2,57	2,49	8,84	4,02	3,91
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	0,52	5,82	1,56	10,11	4,24	4,64
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	12,70	8,23	9,41	20,30	0,84	18,44
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	0	7,44	2,14	18,43	4,03	12,39
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	4,16	11,77	0,12	10,59	0,43	7,75
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	13,71	142,70	3,83	25,99	57,94	189,40
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	5,78	15,41	13,63	17,70	4,88	9,07
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	80,44	73,30	26,03	17,19	3,52	16,65
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	2,70	28,76	0,87	8,90	1,21	4,18
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	17,06	14,28	0,96	14,97	1,69	10,43
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	20,23	14,73	9,93	24,63	9,11	8,37

**CONTINUA**

**TABELA 7.** [continuação]

Local de mensuração	Concordância intraobservador (B) (% diferença vs. média)					
	Protótipo		STL		DICOM	
	Bias	DP	bias	DP	Bias	DP
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	8,81	22,63	2,04	7,05	0,41	8,93

Análise de Bland-Altman

STL - Stereolithography

DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine

DP – Desvio-padrão



## VI. DISCUSSÃO

Neste estudo foi possível notar que a utilização de diferentes matrizes para mensuração da anatomia da raiz da aorta podem produzir resultados distintos nos valores médios aferidos. Utilizando modos de aquisição de imagens distintos, tomografia de múltiplos detectores e ecocardiografia, já se pode observar que alguns aspectos podem alterar os resultados como: a experiência do operador e a natureza bidimensional de certas imagens(13).

Outros autores (16-18) já necessitaram de medidas reais da raiz da aorta para o desenvolvimento de técnicas cirúrgicas ou dispositivos. Tentativas iniciais do registro preciso desta anatomia já foi realizada através do uso de peças *ex-vivo* submetidas a modelação com resina de borracha em diferentes regimes pressóricos(19). Com o surgimento da angiotomografia abriu-se uma porta para a captura da real anatomia humana, *in vivo*, sob o regime pressórico e fluxos naturais e sem necessidade de utilizar técnicas invasivas. A validação da distância dos óstios coronários até a junção ventrículo-arterial foi realizada através da comparação das imagens da TC com a anatomia do cadáver(20). Os dados deste estudo mostram uma similaridade das medidas em relação ao nosso estudo quando as mensurações são feitas com a TC em plano bidimensional (DICOM). Os dados diferem discretamente quando se compara as nossas mensurações nos protótipos e nos STLs com as feitas *ex vivo* por Knight J et al.(20). Acreditamos que esta diferença se deva ao fato que Knight J et al.(20), diferentemente Swanson M et al.(19), não realizou as medidas nas aortas de cadáver sob um regime pressórico similar a pressão sanguínea; no nosso estudo, as imagens tridimensionais, STL e o protótipo, que são as que devem ser comparadas com as do cadáver, foram derivadas de pacientes vivos sob condições circulatórias habituais.

O desenvolvimento da técnica de implante de prótese aórtica transcater impulsionou a necessidade da ampliação do conhecimento da anatomia *in vivo* em condições pressóricas habituais. O diâmetro da junção ventrículo-arterial e da distância dos óstios das coronárias até esta região são de extrema importância para o desenvolvimento destes dispositivos protéticos. Poucos dados são existentes em relação aos diâmetros dos óstios das coronárias, já que tal medida não é crítica neste processo. Porém, para o desenvolvimento de um dispositivo de anastomose dos óstios coronarianos, tal informação é muito relevante. Nenhum estudo realizou a medida em plataforma tridimensional dos óstios coronarianos, quando estes estão submetidos a condições circulatórias reais. Em um estudo onde Chwan NG et al.(21) realizou a análise dos diâmetros dos óstios das coronárias de pacientes australianos

através da cineangiocoronaiografia, foi observado que o óstio da coronária direita é em média 36% menor que o da coronária esquerda. Nas nossas avaliações, de pacientes brasileiros, o óstio da coronária direita é em média 18 a 21% menor do que o da coronária direita. Vale ressaltar que o estudo de Chwan NG et al.(21) foi baseado em pacientes que necessitaram de cirurgia de Bentall e De Bono por dilatação da aorta e os nossos pacientes realizaram os exames por suspeita de aterosclerose coronariana. O que foi possível notar no nosso estudo é que quando utilizamos o protótipo para realizar as medidas dos diâmetros das coronárias, o diâmetro destas é maior do que os aferidos no DICOM e STL, já que no primeiro é incorporado à medida a parede do vasos e nos outros dois somente a luz.

Diferenças nas mensurações ocorrem entre os métodos seja porque alguns incluem a parede vascular e outros não, seja por causa do momento circulatório analisado(20, 22), seja pela diferença entre os observadores(23), seja pela precisão dos instrumentos de mensuração. Como as distâncias e os diâmetros nestas regiões são pequenos, uma pequena imprecisão pode levar a uma discordância de medida. Neste estudo verificou-se que a natureza pouco marcante da junção sino-tubular introduziu um *bias* significativo de avaliação nos parâmetros que envolvia este ponto anatômico como referência, seja nas análises intra-observador, interobservador ou entre os diferentes métodos: protótipo, STL e DICOM. Tal fato não se torna crítico no desenvolvimento do dispositivo de anastomose magnética dos óstios coronarianos já que o limite cranial é livre de estruturas adjacentes, mas tal divergência deve ser considerada quando medidas que envolvem a junção sino-tubular são importantes para a aplicação de um outro dispositivo específico como: Corevalve®(24).

Os dispositivos utilizados no processo de mensuração, também, possuem limitações: os softwares utilizados para realizar as medidas em 3D somente trabalham com medidas lineares e o paquímetro utilizado foi de natureza mecânica e não digital. Mas devemos considerar que estes são os dispositivos disponíveis no dia-a-dia.

## VII. CONCLUSÕES

Até o momento, sobre as metodologias de estudo anatômico *in vivo* da aorta ascendente, a literatura apenas descreve comparações entre o método da TC (DICOM) e seu antecessor imediato, a ultrassonografia. É nessa perspectiva que essa dissertação trouxe um caráter inovador, já que aplicou novas tecnologias para este fim: superfície tridimensional dos STL e sua impressão em polímero. Ademais, acrescentou expertise aos pesquisadores para o manejo dos *softwares* relacionados a tecnologia tridimensional e a sua impressão.

Neste contexto, é necessário compreender que a ciência caminha na direção dos desafios que lhe são propostos. Seja na perspectiva de criação de um dispositivo de anastomose magnética dos óstios coronarianos ou na aplicação das próteses transcater, é necessária uma caracterização mais detalhada da raiz da aorta e não é mais possível trabalhar com os métodos antigos como a mensuração intra-operatória do anel aórtico ou a fluoroscopia bidimensional.

Neste estudo, os três métodos apresentaram boas correlações, mesmo identificando que em alguns sítios específicos um método demonstra menor variabilidade intra e interobservador que outro. No método de prototipagem em 3-D existe a possibilidade de se incluir a parede vascular o que lhe torna mais próximo do real, sugerindo ser o mais adequado para servir de orientação para criação do dispositivo de anastomose magnética dos óstios coronarianos e para educação médica.

Mensurações que envolvam distâncias em relação a junção sino-tubular devem ser tomadas com cautela, já que as três modalidades apresentaram um alto grau de viés de mensuração. Nestes casos um observador mais experimentado com as técnicas deve ser consultado, principalmente quando os óstios coronarianos apresentam uma inserção alta nos seios de valsalva e torna a transição para junção sino-tubular mal definida.

## VIII. SUMMARY

### **DIFFERENCES IN MEASUREMENTS OF AORTIC ROOT: EVALUATION THROUGH 3D ANATOMICAL PRINT AND VIRTUAL IMAGES IN 2D AND 3D**

**Introduction:** Procedures involving the removal of the coronary arteries, with subsequent re-implantation of them represent a high degree of technical difficulty and spend long periods. The development of a magnetic shunt device could reduce the same. To this end, reliable means of describing the aortic anatomy is required.

**Objective:** To compare metric measurements performed in different formats of representation of the aortic root.

**Methodology:** The anatomical forms of representation used for analysis were prototypes obtained from selective laser sintering process, DICOM files from coronary CT angiography procedure and the STL CAD files, linked to the printing process. Analyzes were performed by two observers at two different moments. Statistical analysis was made using Bland-Altman analysis of agreement, Pearson's correlation and variance between groups by Tukey's test.

**Results and discussion:** The Bland-Altman demonstrated higher levels of intra and interobserver variability for measurements of the diameters of the aortic root performed by two-dimensional method (DICOM), except for the diameter of the aorta at the ventricle-arterial junction. The analysis of variance methods using the Tukey's test showed that when making comparisons of measures linear segments (distance), the results of measurements in a three-dimensional model (STL) tend to get closer to those found by prototypes.

**Conclusions:** The description of the diameters at different points of the aortic root by the DICOM method is satisfactory. However, the power analysis of linear vascular segments of this stretch by this method is insufficient, and, therefore, an analysis of the most appropriate three-dimensional surface.

## X. ANEXOS

### ANEXO I – TABELAS GERAIS

**TABELA 8.** Dados dos pacientes

<b>DADOS</b>	<b>PACIENTES</b>				
	L.U.C.S.	M.S.	M.R.L.	J.S.O.	J.A.S.I.
Sexo	Feminino	Masculino	Feminino	Feminino	Masculino
Peso	57 Kg	50 kg	49 kg	62 Kg	84 Kg
Data do exame	29/10/2013	14/11/2013	3/12/2013	19/12/2013	17/12/2013
Data de nascimento	25/09/1959	28/09/1942	9/12/1993	24/01/1959	25/07/1960

**TABELA 9.** Observador A, momento 1, protótipos

<b>MEDIDAS (mm)</b>	<b>PACIENTES</b>				
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Diâmetro máximo da aorta na junção ventrículo-arterial	24	34	34	30	22
Diâmetro mínimo da aorta na junção ventrículo-arterial	22	28	30	24	18
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	23	31	32	27	20
Diâmetro máximo da aorta nos seios de valsalva	27	40	36	32	24
Diâmetro mínimo da aorta nos seios de valsalva	25	36	33	29	23
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	26	38	34,5	30,5	23,5
Diâmetro máximo da aorta na junção sino-tubular	23	34	32	28	20
Diâmetro mínimo da aorta na junção sino-tubular	21	32	28	27	18
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	22	33	30	27,5	19
Diâmetro máximo do óstio da coronária esquerda	7	9	9	5	6
Diâmetro mínimo do óstio da coronária esquerda	6	8	6	5	5
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	6,5	8,5	7,5	5	5,5
Diâmetro máximo do óstio da coronária direita	6	6	6	7	4
Diâmetro mínimo do óstio da coronária direita	5	5	5	5	4
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	5,5	5,5	5,5	6	4
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	12	15	18	13	13
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	0	2	5	4	0
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	15	17	20	13	14
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	2	3	4	4	0
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	9	17	16	13	6
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	12	12	12	12	11
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	13	13	11	17	9
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	11	22	23	13	13

**TABELA 10.** Observador A, momento 1, STL

<b>MEDIDAS (mm)</b>	<b>PACIENTES</b>				
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Diâmetro máximo da aorta na junção ventrículo-arterial	21,03	23,7	27,07	19,66	16,98
Diâmetro mínimo da aorta na junção ventrículo-arterial	15,27	22,82	20,42	17,83	14,31
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	18,15	23,26	23,745	18,745	15,645
Diâmetro máximo da aorta nos seios de valsalva	25,55	37,24	34,46	31,12	24,01
Diâmetro mínimo da aorta nos seios de valsalva	24,68	32,37	33,58	28,43	19,81
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	25,115	34,805	34,02	29,775	21,91
Diâmetro máximo da aorta na junção sino-tubular	21,44	35,35	30,37	28,29	19,84
Diâmetro mínimo da aorta na junção sino-tubular	21,32	32,6	29,24	27,03	19,18
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	21,38	33,975	29,805	27,66	19,51
Diâmetro máximo do óstio da coronária esquerda	6,89	6,71	6,85	5,78	5,94
Diâmetro mínimo do óstio da coronária esquerda	5,05	6,47	4,49	4,82	4,47
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	5,97	6,59	5,67	5,3	5,205
Diâmetro máximo do óstio da coronária direita	5,95	4,96	4,5	5,92	4,54
Diâmetro mínimo do óstio da coronária direita	3,81	4,8	3,78	4,88	3,46
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	4,88	4,88	4,14	5,4	4
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	10,7	16,35	18,42	13,92	10,81
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	2,32	0	4,91	3,09	0
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	15,77	17,6	21,49	10,71	13,44
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	2,36	2,58	3,13	4,44	2,43
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	8,08	16,82	14,09	12,05	6,4
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	12,26	14,87	13,35	13,68	8,95
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	14,98	15,17	10,16	18,59	9,36
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	10,83	24,29	24,38	13,53	12,63

**TABELA 11.** Observador A, momento 1, DICOM

<b>MEDIDAS (mm)</b>	<b>PACIENTES</b>				
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Diâmetro máximo da aorta na junção ventrículo-arterial	25,3	32,7	30,9	28,1	21,5
Diâmetro mínimo da aorta na junção ventrículo-arterial	21,9	24,9	24,1	20,1	18
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	23,6	28,8	27,5	24,1	19,75
Diâmetro máximo da aorta nos seios de valsalva	26,8	37,9	34,8	32,4	24,2
Diâmetro mínimo da aorta nos seios de valsalva	25,9	35,6	29,3	28,8	22,3
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	26,35	36,75	32,05	30,6	23,25
Diâmetro máximo da aorta na junção sino-tubular	22,7	33,5	31,7	28	20,4
Diâmetro mínimo da aorta na junção sino-tubular	21,1	32,4	28,6	26,5	18,8
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	21,9	32,95	30,15	27,25	19,6
Diâmetro máximo do óstio da coronária esquerda	6,75	8,8	8	6,92	7,26
Diâmetro mínimo do óstio da coronária esquerda	4,11	4,72	4,67	4,13	2,99
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	5,43	6,76	6,335	5,525	5,125
Diâmetro máximo do óstio da coronária direita	5,79	3,62	5,71	4,11	6,15
Diâmetro mínimo do óstio da coronária direita	3,49	3,37	4,06	2,5	4,1
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	4,64	3,495	4,885	3,305	5,125
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	12,21	17,6	18,87	14,7	14,6
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	1,61	3,13	4,57	3,87	0
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	14	19,5	20,04	15,2	15,3
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	3,41	3,56	2,46	3,33	1,97
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	7,74	12,7	17,29	9,85	4
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	10,6	12,3	11,45	11,9	10,1
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	13	14,8	11,95	19,3	8,24
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	11,6	23,8	23,62	14,5	12,5



**TABELA 12.** Observador A, momento 2, protótipos

<b>MEDIDAS (mm)</b>	<b>PACIENTES</b>				
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Diâmetro máximo da aorta na junção ventrículo-arterial	24	34	34	30	22
Diâmetro mínimo da aorta na junção ventrículo-arterial	22	28	30	24	18
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	23	31	32	27	20
Diâmetro máximo da aorta nos seios de valsalva	27	40	36	32	24
Diâmetro mínimo da aorta nos seios de valsalva	25	36	33	29	23
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	26	38	34,5	30,5	23,5
Diâmetro máximo da aorta na junção sino-tubular	23	34	32	28	20
Diâmetro mínimo da aorta na junção sino-tubular	21	32	28	27	18
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	22	33	30	27,5	19
Diâmetro máximo do óstio da coronária esquerda	7	9	9	5	6
Diâmetro mínimo do óstio da coronária esquerda	6	8	6	5	5
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	6,5	8,5	7,5	5	5,5
Diâmetro máximo do óstio da coronária direita	6	6	6	7	4
Diâmetro mínimo do óstio da coronária direita	5	5	5	5	4
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	5,5	5,5	5,5	6	4
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	12	15	18	13	13
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	0	2	5	4	0
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	15	17	20	13	14
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	2	3	4	4	0
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	9	17	16	13	6
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	12	12	12	12	11
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	13	13	11	17	9
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	11	22	23	13	13

**TABELA 13.** Observador A, momento 2, STL

<b>MEDIDAS (mm)</b>	<b>PACIENTES</b>				
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Diâmetro máximo da aorta na junção ventrículo-arterial	20,39	26,57	28,47	23,06	17,38
Diâmetro mínimo da aorta na junção ventrículo-arterial	15,81	23,09	20,07	15,02	12,88
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	18,1	24,83	24,27	19,04	15,13
Diâmetro máximo da aorta nos seios de valsalva	25,56	36,07	35,5	31,29	22,66
Diâmetro mínimo da aorta nos seios de valsalva	23,31	34,26	33,33	28,57	21,56
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	24,435	35,165	34,415	29,93	22,11
Diâmetro máximo da aorta na junção sino-tubular	23,39	33,68	29,44	27,59	19,4
Diâmetro mínimo da aorta na junção sino-tubular	22,56	31,66	28,95	26,04	19,28
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	22,975	32,67	29,195	26,815	19,34
Diâmetro máximo do óstio da coronária esquerda	7,03	8,19	7,25	5,12	6,37
Diâmetro mínimo do óstio da coronária esquerda	5,03	7,03	4,45	3,68	5,34
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	6,03	7,61	5,85	4,4	5,855
Diâmetro máximo do óstio da coronária direita	4,77	5,62	4,74	5,38	4,27
Diâmetro mínimo do óstio da coronária direita	4,2	2,22	3,78	4,74	2,98
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	4,485	3,92	4,26	5,06	3,625
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	10,84	13,73	17,77	14,69	10,7
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	2,18	1,93	4,28	5,07	2,56
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	15,73	16,85	21,98	13,41	13,05
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	2,11	2,81	4,02	3,92	2,23
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	9,01	18,09	14,49	12,22	6,26
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	12,22	14,03	12,39	12,05	9,28
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	15,26	14,76	10,92	17,48	10,61
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	10,29	23,82	23,37	11,62	13,04

**TABELA 14.** Observador A, momento 2, DICOM

<b>MEDIDAS (mm)</b>	<b>PACIENTES</b>				
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Diâmetro máximo da aorta na junção ventrículo-arterial	26	33,3	32,3	27,3	23,9
Diâmetro mínimo da aorta na junção ventrículo-arterial	19,5	25,2	24,6	20,1	17,9
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	22,75	29,25	28,45	23,7	20,9
Diâmetro máximo da aorta nos seios de valsalva	26,3	41,5	37,3	31,9	23,2
Diâmetro mínimo da aorta nos seios de valsalva	25,4	31,6	31,3	29,1	22,8
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	25,85	36,55	34,3	30,5	23
Diâmetro máximo da aorta na junção sino-tubular	23,2	35,6	30,6	27,9	19,9
Diâmetro mínimo da aorta na junção sino-tubular	21	33,8	28,8	27,3	18,5
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	22,1	34,7	29,7	27,6	19,2
Diâmetro máximo do óstio da coronária esquerda	5,64	9,15	8,94	5,89	6,41
Diâmetro mínimo do óstio da coronária esquerda	4,08	7,22	6	3,75	2,81
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	4,86	8,185	7,47	4,82	4,61
Diâmetro máximo do óstio da coronária direita	4,5	4,11	8,44	3,81	5,35
Diâmetro mínimo do óstio da coronária direita	3,43	3,29	5,09	3	4,32
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	3,965	3,7	6,765	3,405	4,835
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	12,1	18,5	20	16,3	14,2
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	0	1,83	0	2,55	0
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	15,4	22,5	20,7	17,9	14,7
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	2,69	3,79	3,93	5,12	1,9
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	7,97	12,8	12,9	12,8	4,93
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	10,1	13,8	11,9	13,1	13,7
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	13,4	13,9	10,7	18	8,48
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	13,3	24,4	24,6	14,6	9,77

**TABELA 15.** Observador B, momento 1, protótipos

<b>MEDIDAS (mm)</b>	<b>PACIENTES</b>				
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Diâmetro máximo da aorta na junção ventrículo-arterial	22	30	32	26	20
Diâmetro mínimo da aorta na junção ventrículo-arterial	20	26	26	18	14
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	21	28	29	22	17
Diâmetro máximo da aorta nos seios de valsalva	26	38	36	31	25
Diâmetro mínimo da aorta nos seios de valsalva	25	35	34	29	23
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	25,5	36,5	35	30	24
Diâmetro máximo da aorta na junção sino-tubular	25	38	32	28	19
Diâmetro mínimo da aorta na junção sino-tubular	21	30	25	25	18
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	23	34	28,5	26,5	18,5
Diâmetro máximo do óstio da coronária esquerda	6	9	10	6	9
Diâmetro mínimo do óstio da coronária esquerda	4	5	5	4	5
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	5	7	7,5	5	7
Diâmetro máximo do óstio da coronária direita	5	6	5	6	5
Diâmetro mínimo do óstio da coronária direita	4	4	4	4	3
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	4,5	5	4,5	5	4
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	12	18	16	14	11
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	0	3	4	2	4
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	17	19	20	12	14
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	2	2	4	2	0
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	11	21	17	12	8
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	13	14	16	13	11
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	14	14	10	17	11
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	11	25	21	13	11

**TABELA 16.** Observador B, momento 1, STL

<b>MEDIDAS (mm)</b>	<b>PACIENTES</b>				
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Diâmetro máximo da aorta na junção ventrículo-arterial	20,98	24,55	28,58	19,78	19,69
Diâmetro mínimo da aorta na junção ventrículo-arterial	14,39	21,28	23,47	18	17,92
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	17,685	22,915	26,025	18,89	18,805
Diâmetro máximo da aorta nos seios de valsalva	26,1	37,86	35,41	30,17	22,7
Diâmetro mínimo da aorta nos seios de valsalva	21,59	26,97	32,63	27,86	20,37
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	23,845	32,415	34,02	29,015	21,535
Diâmetro máximo da aorta na junção sino-tubular	23,87	27,96	31,09	26,08	16,25
Diâmetro mínimo da aorta na junção sino-tubular	19,58	25,46	27,01	22,87	15,98
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	21,725	26,71	29,05	24,475	16,115
Diâmetro máximo do óstio da coronária esquerda	6,83	6,04	7,91	4,9	5,56
Diâmetro mínimo do óstio da coronária esquerda	4,6	5,51	4,83	3,71	4,16
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	5,715	5,775	6,37	4,305	4,86
Diâmetro máximo do óstio da coronária direita	6,1	4,7	5,2	5,88	3,73
Diâmetro mínimo do óstio da coronária direita	4,22	3,81	3,94	4,36	2,21
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	5,16	4,255	4,57	5,12	2,97
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	12,29	17,05	17,68	14,2	11,05
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	2,36	3,42	3,28	2,77	3,32
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	14,26	21,18	19,26	15,2	13,69
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	3,81	3,56	4,05	4,81	2,68
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	7,33	16,75	18,6	11,64	6,95
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	12,87	14,27	13,29	12,15	9,82
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	14,12	14,46	9,46	17,52	7,11
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	13,56	22,51	24,04	13,79	11,93

**TABELA 17.** Observador B, momento 1, DICOM

<b>MEDIDAS (mm)</b>	<b>PACIENTES</b>				
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Diâmetro máximo da aorta na junção ventrículo-arterial	25,8	31,7	32,6	29,7	22,7
Diâmetro mínimo da aorta na junção ventrículo-arterial	25	29,6	28,4	26,4	18,4
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	25,4	30,65	30,5	28,05	20,55
Diâmetro máximo da aorta nos seios de valsalva	27,4	39	36,7	33,4	25
Diâmetro mínimo da aorta nos seios de valsalva	26,4	38,1	34,5	32	24,3
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	26,9	38,55	35,6	32,7	24,65
Diâmetro máximo da aorta na junção sino-tubular	22	39,3	34,5	28,9	22,5
Diâmetro mínimo da aorta na junção sino-tubular	21,2	31,4	29,8	27,5	18,8
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	21,6	35,35	32,15	28,2	20,65
Diâmetro máximo do óstio da coronária esquerda	6,92	8,18	6,48	4,89	6,19
Diâmetro mínimo do óstio da coronária esquerda	5,01	5,31	4,17	4,55	3,35
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	5,965	6,745	5,325	4,72	4,77
Diâmetro máximo do óstio da coronária direita	6,81	4,49	7,77	3,6	4,87
Diâmetro mínimo do óstio da coronária direita	3,88	3	6,12	3,34	2,85
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	5,345	3,745	6,945	3,47	3,86
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	12,2	16,8	18,8	14,2	13,2
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	0	2,92	0	1,9	2,03
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	18,8	23,3	22,2	20,7	15,8
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	2,96	3,89	3	4,05	1,96
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	10,1	17,4	15,3	12,7	6,35
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	15,5	13,8	15,9	13,3	10,3
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	15,7	14,7	9,19	19,5	12,1
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	13,1	23,7	21,8	15,1	12,8

**TABELA 18.** Observador B, momento 2, protótipos

<b>MEDIDAS (mm)</b>	<b>PACIENTES</b>				
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Diâmetro máximo da aorta na junção ventrículo-arterial	24	28	32	26	18
Diâmetro mínimo da aorta na junção ventrículo-arterial	20	22	30	24	14
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	22	25	31	25	16
Diâmetro máximo da aorta nos seios de valsalva	27	40	36	30	25
Diâmetro mínimo da aorta nos seios de valsalva	23	35	33	28	21
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	25	37,5	34,5	30	23
Diâmetro máximo da aorta na junção sino-tubular	23	36	32	28	20
Diâmetro mínimo da aorta na junção sino-tubular	20	32	30	27	16
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	21,5	34	31	27,5	18
Diâmetro máximo do óstio da coronária esquerda	6	7	7	5	7
Diâmetro mínimo do óstio da coronária esquerda	4	5	5	4	5
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	5	6	6	4,5	6
Diâmetro máximo do óstio da coronária direita	6	6	5	6	4
Diâmetro mínimo do óstio da coronária direita	4	3	4	4	4
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	5	4,5	4,5	5	4
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	12	15	15	16	10
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	3	4	4	3	0
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	13	16	20	13	15
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	2	2	2	6	0
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	7	19	16	14	11
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	9	14	14	10	10
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	10	14	7	15	9
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	7	21	23	13	12

**TABELA 19.** Observador B, momento 2, STL

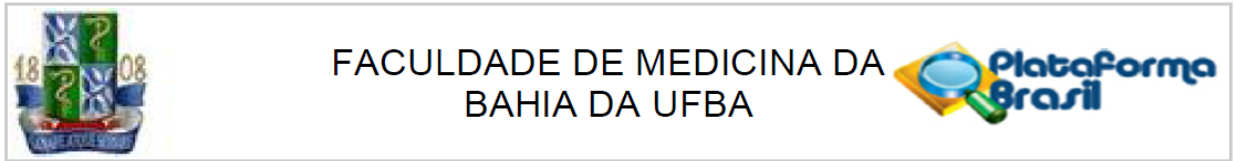
<b>MEDIDAS (mm)</b>	<b>PACIENTES</b>				
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Diâmetro máximo da aorta na junção ventrículo-arterial	20,58	26,74	31,97	24,47	15,81
Diâmetro mínimo da aorta na junção ventrículo-arterial	16,01	24,96	20,86	14,05	14,35
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	18,295	25,85	26,415	19,26	15,08
Diâmetro máximo da aorta nos seios de valsalva	25,76	37,16	34,1	28,67	22,96
Diâmetro mínimo da aorta nos seios de valsalva	22,11	34,91	31,22	22,05	17,65
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	23,935	36,035	32,66	25,36	20,305
Diâmetro máximo da aorta na junção sino-tubular	21,51	35,29	29,99	24,77	17,74
Diâmetro mínimo da aorta na junção sino-tubular	20,17	28,57	24,73	21,8	16,19
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	20,84	31,93	27,36	23,285	16,965
Diâmetro máximo do óstio da coronária esquerda	4,43	6,5	5,37	6,07	4,53
Diâmetro mínimo do óstio da coronária esquerda	4,11	5,85	4,29	4,07	3,95
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	4,27	6,175	4,83	5,07	4,24
Diâmetro máximo do óstio da coronária direita	4,35	5,58	6,54	5,21	4,13
Diâmetro mínimo do óstio da coronária direita	3,82	2,72	4,2	4,69	3,41
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	4,085	4,15	5,37	4,95	3,77
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	11,36	15,22	18,21	14,36	12,94
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	2,6	3,71	3,18	4,08	2,36
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	14,58	19,07	12,36	13,48	13,12
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	4,91	5,51	5,25	7,04	2,64
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	8,14	15,29	18,63	10,49	7,27
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	10,19	15,93	13,14	12,53	11,43
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	14,4	14,56	8,83	17,58	12,31
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	12,01	23,51	23,14	13,29	12,55



**TABELA 20.** Observador B, momento 2, DICOM

<b>MEDIDAS (mm)</b>	<b>PACIENTES</b>				
	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Diâmetro máximo da aorta na junção ventrículo-arterial	26,2	28,2	33,9	26,8	23,8
Diâmetro mínimo da aorta na junção ventrículo-arterial	24,5	27,8	26,2	23,5	19,1
Diâmetro médio da aorta na junção ventrículo-arterial	25,35	28	30,05	25,15	21,45
Diâmetro máximo da aorta nos seios de valsalva	27,4	37,6	36,5	34	23
Diâmetro mínimo da aorta nos seios de valsalva	26	35,2	34,1	29,6	21,6
Diâmetro médio da aorta nos seios de valsalva	26,7	36,4	35,3	31,8	22,3
Diâmetro máximo da aorta na junção sino-tubular	22,6	33,7	36,8	26,6	19,5
Diâmetro mínimo da aorta na junção sino-tubular	21,6	32,7	26,8	25,7	18,4
Diâmetro médio da aorta na junção sino-tubular	22,1	33,2	31,8	26,15	18,95
Diâmetro máximo do óstio da coronária esquerda	6,4	5,84	8,29	4,45	6,73
Diâmetro mínimo do óstio da coronária esquerda	4,55	5,29	5,1	4,19	4,7
Diâmetro médio do óstio da coronária esquerda	5,475	5,565	6,695	4,32	5,715
Diâmetro máximo do óstio da coronária direita	6,61	4,47	6,77	4,11	4,01
Diâmetro mínimo do óstio da coronária direita	3,89	3,1	3,98	3,29	3,68
Diâmetro médio do óstio da coronária direita	5,25	3,785	5,375	3,7	3,845
Distância entre a coronária esquerda e a junção ventrículo-arterial	10,9	16,8	19,2	15,7	12,8
Distância entre a coronária esquerda e a junção sino-tubular	1,96	2,12	0	0	0
Distância entre a coronária direita e a junção ventrículo-arterial	18,6	19,6	20,4	19,7	17
Distância entre a coronária direita e a junção sino-tubular	2,71	3,3	3,9	4,45	2,11
Distância entre a coronária esquerda para o seio não coronariano	10,4	17,5	14,1	12,7	6,26
Distância entre a coronária esquerda para o seio coronariano direito	13,2	14	15,7	15,1	9,77
Distância entre a coronária direita para o seio não coronariano	16,2	13,3	8,08	18,3	9,95
Distância entre a coronária direita para o seio coronariano esquerdo	14,3	23,4	22,9	15,7	11,1

## ANEXO II – PARECER DO CEP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Análise comparativa entre dois métodos de prototipagem rápida como base para desenvolvimento de molde anatômico tridimensional a fim de elaboração de dispositivo de anastomose magnética dos óstios coronarianos.

**Pesquisador:** Jackson Brandao Lopes

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 25152913.6.0000.5577

**Instituição Proponente:** FACULDADE DE MEDICINA DA BAHIA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 476.763

**Data da Relatoria:** 02/12/2013

#### Apresentação do Projeto:

A prototipagem rápida (PR) é uma tecnologia que produz modelos físicos palpáveis a partir de dados bidimensionais obtidos no formato DICOM extraído das máquinas de tomografias ou de ressonância magnética. Estes modelos podem ser formados utilizando diversas técnicas, as quais irão atribuir aos biomodelos construídos diferentes níveis de fidedignidade em relação à estrutura anatômica original.

Este trabalho visa comparar a precisão de duas técnicas diferentes de prototipagem médica presentes no cenário brasileiro, agora aplicadas ao contexto da cirurgia cardiovascular. Neste caso estarão em análise protótipos obtidos através de uma máquina de impressão 3D utilizando o gesso e de outra que utiliza a sinterização seletiva à laser, o que gera protótipos com base de poliamida. A comparação entre os métodos é um meio de descrever a forma mais adequada de se obter um modelo tridimensional que melhor descreva a anatomia da aorta a fim de servir como base para a elaboração de um dispositivo de anastomose magnética dos óstios coronarianos.

As bioimpressões serão obtidas a partir de modelos no formato CAD os quais por sua vez são estruturados do modelo de imagem DICOM, das máquinas de tomografia e ressonância magnética.

**Endereço:** Largo do Terreiro de Jesus, s/n  
**Bairro:** PELOURINHO **CEP:** 40.026-010  
**UF:** BA **Município:** SALVADOR  
**Telefone:** (71)3283-5564 **Fax:** (71)3283-5567 **E-mail:** cepfmb@ufba.br



FACULDADE DE MEDICINA DA  
BAHIA DA UFBA



Continuação do Parecer: 476.763

As comparações e conclusões acerca da capacidade de impor precisão entre as diferentes técnicas serão realizadas após medições efetuadas em vários pontos anatômicos tanto do modelo tridimensional CAD (que será considerado o como o modelo de fidedignidade) e as bioimpressões geradas.

**Objetivo da Pesquisa:**

**PRIMÁRIO:**

Comparar medidas da anatomia cirúrgica da raiz da aorta utilizando com modelo padrão as imagens tridimensionais em CAD e os protótipos elaborados pelas técnicas SLS e 3D-printing.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**RISCOS:**

Estão relacionados ao sigilo da identidade dos indivíduos que realizaram o exame de angiotomografia. Serão, entretanto, adotadas medidas por parte dos pesquisadores que minimizem esse impacto de modo a não ferir a privacidade dos pacientes: a) Zelar pela privacidade e pelo sigilo das informações que serão obtidas e utilizadas no desenvolvimento da presente pesquisa; b) Utilizar os materiais e as informações obtidas no desenvolvimento deste trabalho apenas para fins de pesquisa e para atingir seus objetivo(s); c) Zelar pelos materiais e dados obtidos ao final da pesquisa os quais serão arquivados sob a responsabilidade do Prof. Dr. Jackson Brandão Lopes; d) Comunicar ao CEP/FMB/UFBA da suspensão ou do encerramento da pesquisa, por meio de relatório apresentado anualmente ou na ocasião da interrupção da pesquisa.

**BENEFÍCIOS:**

Desenvolver e identificar o melhor tipo de impressão 3D para servir como base para o desenvolvimento do dispositivo de anastomose magnética do óstio coronariano.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

**METODOLOGIA PROPOSTA:**

Trata - se de um estudo experimental de avaliação de dois métodos de prototipagem. O primeiro passo nesse projeto é a obtenção das imagens advindas de angiotomografias seletivas das

Endereço: Largo do Terreiro de Jesus, s/n  
 Bairro: PELOURINHO CEP: 40.026-010  
 UF: BA Município: SALVADOR  
 Telefone: (71)3283-5564 Fax: (71)3283-5567 E-mail: cepfmb@ufba.br



FACULDADE DE MEDICINA DA  
BAHIA DA UFBA



Continuação do Parecer: 476.763

coronárias indicadas na avaliação de doença arterial coronariana contidas no arquivo de exames radiológicos do Hospital Ana Nery. .

Assim, uma vez obtidas as informações das angiotomografias, é necessário convertê-las do formato Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), inerente à esse tipo de aquisição digital, para um formato CAD, o qual é usado pelas máquinas de prototipagem para desenvolverem seus modelos. Para tanto, é possível fazer uso de um software desenvolvido pelo Ministério de Ciências e Tecnologia (MCT), o In Vesalius®. Essa última etapa deverá ser feita em parceria com o próprio MCT, o qual oferece a possibilidade de disponibilizar os protótipos tridimensionais através de seu projeto Prototipagem Rápida para Medicina (ProMED) de forma sistemática desde o ano de 2000. Após a obtenção dos modelos tridimensionais, serão medidos parâmetros importantes da anatomia cirúrgica e relevantes para o desenvolvimento de dispositivo de anastomose magnética. Estes dados serão comparados com as medidas do modelo tridimensional digital no formato CAD.

#### AMOSTRA:

O tamanho da amostra foi definido empiricamente, em cinco amostras, ou seja, 10 protótipos baseados em cinco exames diferentes de angiotomografia de coronárias: SLS (n=5) e 3D-printing (n=5). A forma empírica de definição do tamanho da amostra se dá devido a escassez de estudos sobre prototipagem da raiz da aorta com consequente ausência de um padrão de média  $\pm$  desvio padrão o tamanho da amostra se dá a escolha e pelo fato desses modelos estarem associados ainda com um custo considerável de aquisição individual, inviabilizando a obtenção de volumosas quantidades dos mesmos sem liberação de verba de fomento à pesquisa.

#### Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

##### TERMO DE APRESENTAÇÃO OBRIGATÓRIA:

Todos os termos foram apresentados e atendem às recomendações da Resolução 466/12. São eles: Folha de rosto assinada pela Instituição Proponente e Carta de anuência da Instituição em que será realizada a pesquisa, Hospital Ana Nery.

O pesquisador propõe a dispensa do TCLE, tendo em vista que a pesquisa utilizará somente dados secundários obtidos a partir do estudo de material já coletado para fins diagnósticos e já consta o aval da instituição em que será feita a pesquisa. Esta solicitação tem pertinência, considerando que estão previstos, no referido estudo, procedimentos que asseguram a confidencialidade e a privacidade, bem com o sigilo e anonimato dos pacientes, conforme Resolução 466/12.

Endereço: Largo do Terreiro de Jesus, s/n  
 Bairro: PELOURINHO CEP: 40.026-010  
 UF: BA Município: SALVADOR  
 Telefone: (71)3283-5564 Fax: (71)3283-5567 E-mail: cepfmb@ufba.br



FACULDADE DE MEDICINA DA  
BAHIA DA UFBA



Continuação do Parecer: 476.763

**CRONOGRAMA:** Adequado

**FINANCIAMENTO:** Os protótipos tridimensionais serão fornecidos pelo programa Promed do Ministério de Ciências e Tecnologias, não haverá qualquer forma de convênio com empresas particulares ou outras instituições públicas, os custos descritos serão arcados pelos próprios pesquisadores.

**Recomendações:**

SEM RECOMENDAÇÕES

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

NÃO HÁ

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

SALVADOR, 03 de Dezembro de 2013

---

**Assinador por:**  
**Eduardo Martins Netto**  
**(Coordenador)**

Endereço: Largo do Terreiro de Jesus, s/n  
Bairro: PELOURINHO CEP: 40.026-010  
UF: BA Município: SALVADOR  
Telefone: (71)3283-5564 Fax: (71)3283-5567 E-mail: cepfmb@ufba.br

## ANEXO III – CARTA DE ANUÊNCIA DO HOSPITAL ANA NERY



### CARTA DE ANUÊNCIA

Salvador , 07 de Novembro de 2013.

Ao

Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos  
Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia

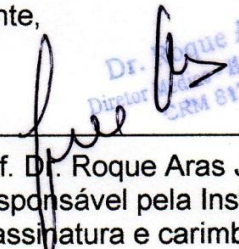
Eu, Prof. Dr. Roque Aras Júnior, Diretor Médico do Hospital Ana Nery, tenho conhecimento do encaminhamento do projeto de pesquisa intitulado "Análise comparativa entre dois métodos de prototipagem rápida como base para desenvolvimento de molde anatômico tridimensional para elaboração de dispositivo de anastomose magnética dos óstios coronarianos." sob a responsabilidade do orientador Prof. Dr. Jackson Brandão Lopes e do aluno Ivan Souza de Carvalho, ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, Faculdade de Medicina, UFBA.

Declaro estar ciente do conteúdo deste projeto de pesquisa, bem como de seus objetivos, benefícios, justificativa.

Declaro estar de acordo com a proposta apresentada, entretanto afirmo que a execução do projeto, nesta instituição, será autorizada somente após o parecer favorável do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia. Após a aprovação do projeto disponho-me a colaborar com:

- Permissão à consulta e reprodução de arquivos DICOM de angiotomografias da aorta e coronárias;

Atenciosamente,

  
Prof. Dr. Roque Aras Júnior  
Responsável pela Instituição  
(assinatura e carimbo)

Dr. Roque Aras  
Diretor Médico HAN/UFBA  
CRM 6177

## IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bentall H, De Bono A: A technique for complete replacement of the ascending aorta. *Thorax* 23:338, 1968.
2. Warren OJ, Smith AJ, Alexiou C, et al. The inflammatory response to cardiopulmonary bypass: part 1--mechanisms of pathogenesis. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2009; 23:223.
3. Gummert JF, Opfermann U, Jacobs S, Walther T, Kempfert J, Mohr FW, Falk V. Anastomotic devices for coronary artery bypass grafting: technological options and potential pitfalls. *Comput Biol Med.* 2007;12:1384–1393.
4. Winder J, Bibb R. Medical rapid prototyping technologies: state of the art and current limitations for application in oral and maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:1006–15.
5. Pushkar M. Use of 3-D Stereolithographic Models in Oral and Maxillofacial Surgery. 2011 Mar;10(1):6-13.
6. Kai CC, Fai LK. *Rapid Prototyping: Principles and Applications in Manufacturing.* Singapore, John Wiley & Sons Ltd, 1997
7. Winder RJ, Cooke RS, Gray J. Medical rapid prototyping and 3D CT in the manufacture of custom made cranial titanium plates. *J Med Eng Tech* 23:26.
8. Webb PA. A review of rapid prototyping (RP) techniques in the medical and biomedical sector. *J Med Eng Technol* 24:149, 2000
9. Ngan EM, Rebeyka IM, Ross DB, et al. The rapid prototyping of anatomic models in pulmonary atresia. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006;132:264 –9.
10. Sodian R. Stereolithographic Models for Surgical Planning in Congenital Heart Surgery. *Ann Thorac Surg.* 2007 May;83(5):1854-7.
11. Barker TM, Earwaker WJS, Lisle DA (1994) Accuracy of stereolithographic models for human anatomy. *Australas Radiol* 38:106
12. Ruel M, Dickie S, Chow BJ, et al. Interventional valve surgery: building a team and working together. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2010;22:145-9.
13. Cerillo AG, Mariani M, Berti S, Glauber M. Sizing the aortic annulus. *Annals of Cardiothoracic Surgery.* 2012;1(2):245–256.
14. Dashkevich A, Blanke P, Siepe M, et al. Beyersdorf F. Preoperative assessment of aortic annulus dimensions: comparison of noninvasive and intraoperative measurement. *Ann*

ThoracSurg 2011;91:709-14.

15. Blanke P, Siepe M, Reinöhl J, et al. Assessment of aortic annulus dimensions for Edwards SAPIEN Transapical Heart Valve implantation by computed tomography: calculating average diameter using a virtual ring method. *Eur J CardiothoracSurg* 2010;38:750-8.
16. Jatene MB, Monteiro R, Guimaraes MH, Veronezi SC, Koike MK, Jatene FB, et al. Aortic valve assessment. Anatomical study of 100 healthy human hearts. *Arquivos brasileiros de cardiologia*. 1999;73(1):75-86.
17. Turner K, Navaratnam V. The positions of coronary arterial ostia. *Clinical anatomy*. 1996;9(6):376-80.
18. Muriago M, Sheppard MN, Ho SY, Anderson RH. Location of the coronary arterial orifices in the normal heart. *Clinical anatomy*. 1997;10(5):297-302.
19. Swanson M, Clark RE. Dimensions and geometric relationships of the human aortic valve as a function of pressure. *Circulation research*. 1974;35(6):871-82.
20. Knight J, Kurtcuoglu V, Muffly K, Marshall W, Jr., Stolzmann P, Desbiolles L, et al. Ex vivo and in vivo coronary ostial locations in humans. *Surgical and radiologic anatomy : SRA*. 2009;31(8):597-604.
21. Chwan Ng AC, Yiannikas J, Chiang Yong AS, Ridley L, Wilson MK, Kritharides L. Coronary ostial morphology after modified Bentall operation assessed with dual-source multidetector computed tomography. *Journal of cardiovascular computed tomography*. 2010;4(3):206-12.
22. Bertaso A, Pascali JP, Liotta E, Poletti A. [Assessment of fitness to drive in correlation with narcotic and psychotropic drug use. Epidemiologic study in Verona]. *Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia*. 2011;33(2):125-33.
23. Tops LF, Wood DA, Delgado V, Schuijf JD, Mayo JR, Pasupati S, et al. Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography implications for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovascular imaging*. 2008;1(3):321-30.
24. Bahlmann E, Nienaber CA, Cramariuc D, Gohlke-Baerwolf C, Ray S, Devereux RB, et al. Aortic root geometry in aortic stenosis patients (a SEAS substudy). *European journal of echocardiography : the journal of the Working Group on Echocardiography of the European Society of Cardiology*. 2011;12(8):585-90.