

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**GRASIELY NICOLAU DA LUZ**

**COMPARAÇÃO ENTRE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA COM  
MÚLTIPLOS DETECTORES E ANGIOGRAFIA NO DIAGNÓSTICO DAS  
DOENÇAS ARTERIAIS CORONARIAS**

Botucatu-SP  
Novembro – 2014

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**GRASIELY NICOLAU DA LUZ**

**COMPARAÇÃO ENTRE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA COM  
MÚLTIPLOS DETECTORES E ANGIOGRAFIA NO DIAGNÓSTICO DAS  
DOENÇAS ARTERIAIS CORONARIAS**

Orientador: Prof. Ms.Marjorie do Val Ietsugu

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
FATEC - Faculdade de Tecnologia de  
Botucatu, para obtenção do título de  
Tecnólogo no Curso Superior de Radiologia.

Botucatu-SP  
Novembro – 2014

*Quem dera que se cumprisse o meu desejo, e que Deus  
me desse o que espero!*

*Jó 6, 8.*

## AGRADECIMENTOS

*Minha dedicação vem primeiramente a Deus, que com todos os obstáculos que surgiu nesses anos, não me desamparou, mas sim me deu forças e me sustentou para chegar até o fim do meu objetivo.*

*A minha família, mãe Silmara, meu pai Rogério, minha irmã Manoely, minha avó Dione e meu avô Jaime, que sempre me apoiaram e me aconselharam a fazer escolhas excelentes para meu futuro.*

*A meus amigos Stefani, Michele, Lucas, Gabriel, Ketty, que me perderam em alguns fins de semana, mas me apoiaram sempre.*

*Meus colegas de sala, na qual foi uma honra conhecer cada um deles, e aos risos que tivemos juntos.*

*Aos meus professores, diretores e coordenadores, que nunca me deixaram com dúvidas, mas sempre foram prontos a me atender e esclarecer.*

*E meu sincero agradecimento a minha orientadora professora mestre Marjorie, que me auxiliou todas as vezes que precisei.*

## RESUMO

A doença arterial coronariana (DAC) é uma das doenças cardiovasculares causada por insuficiência sanguínea, e é uma das principais causas de morbidade e mortalidade, gerando alto custo em assistência médica. Encontra-se em 5º lugar das doenças que levam a óbito no mundo, com estimativa de crescimento desta posição em 2020 se não devidamente diagnosticada e tratada. Com o avanço de técnicas por imagem, vem a necessidade de se conhecer qual o melhor método para a realização do diagnóstico da DAC. O objetivo deste trabalho é comparar duas diferentes técnicas, tomografia computadorizada com múltiplos detectores e angiografia, no diagnóstico da DAC. Neste caso foi feita uma revisão de literatura através de periódicos e livros. Atualmente com o avanço da ciência em imagens diagnósticas, é possível qualidades excelentes nos resultados de exames por imagem, sendo possível assim diagnósticos precoces das doenças com métodos como tomografia computadorizada com múltiplos detectores e angiografia por cateter convencional. A tomografia computadorizada com múltiplos detectores tem se destacado com sua velocidade em aquisições, facilidade em realização da técnica e segurança ao paciente; a angiografia é considerada a técnica adequada ao diagnóstico da DAC, possibilita uma imagem dinâmica e com boa visualização do vaso arterial. Comparando as duas técnicas, obteve como resultado grandes expectativas a respeito da tomografia computadorizada com múltiplos detectores, porém a angiografia continua sendo padrão ouro para diagnóstico da DAC.

**PALAVRAS-CHAVE:** Angiografia. Diagnóstico. Doença Arterial Coronariana. Fatores de Risco. Tomografia Computadorizada com Múltiplos Detectores.

## ABSTRACT

Coronary artery disease (CAD), is a cardiovascular disease, caused by insufficient blood, and is a major cause of morbidity and mortality, resulting in high cost medical care. It lies in 5th place of the diseases that lead to death worldwide, with estimated growth of this position in 2020 if not properly diagnosed and treated. With the advancement of imaging techniques, comes the need to know what the best method for the diagnosis of CAD. The objective of this study is to compare two different techniques, with multi-detector computed tomography and angiography in the diagnosis of CAD. In this case a literature review was done through journals and books. Currently the advancement of science in diagnostic imaging, it is possible excellent qualities in the results of imaging tests, it is possible so early diagnoses of diseases with methods such as computed tomography with multiple detectors and conventional catheter angiography. Computed tomography with multiple detectors has excelled with his speed in acquisitions, ease in performing the technique and safety to patients, angiography is considered the proper diagnosis of CAD technique, enables a dynamic and with good visualization of the blood vessel image. Comparing the two techniques, obtained as a result of high expectations regarding computed tomography with multiple detectors, but angiography remains our standard for diagnosis of CAD.

**KEYWORDS:** Angiography. Diagnosis. Coronary Artery Disease. Risk Factors. Computed Tomography with Multiple detectors.

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Formato do coração, demonstrando sua porção interior oca, seu formato em cone, os grandes vasos em sua base. ....	16
2	Posição do coração, na região torácica, demonstrando os pulmões em sua lateral, posteriormente a traqueia, superiormente os vasos da base e inferiormente o músculo diafragma. ....	16
3	Fluxo sanguíneo, com demonstração do sangue passando dos átrios para os ventrículos, após contração dos átrios, os ventrículos completamente cheios, distribuem o sangue ao corpo. ....	19
4	Estímulos cardíaco, mostrando as fibras de Purkinje, responsáveis pelo envio dos estímulos, para a contração cardíaca. ....	20
5	Artérias coronárias e seus ramos, na primeira imagem em vista anterior e na segunda imagem em vista posterior. ....	21
6	Artéria coronária com aterosclerose, em ampliação ao lado, mostra a alocação de depósito de gordura no interior da artéria. ....	22
7	Artéria com placa aterosclerótica, demonstrada nas setas o acúmulo de gordura no interior da artéria em uma imagem tomográfica. ....	22
8	Placa aterosclerótica, devido a falta de oxigênio necessária, ocorrendo uma necrose em uma porção do coração. ....	23
9	Primeiro tomógrafo, com Hounsfield ao lado de sua criação. ....	25
10	Primeira geração do tomógrafo, demonstrando feixe em forma de lápis, com rotação do tubo para nova varredura. ....	25
11	Segunda geração do tomógrafo, demonstrando o aumento no número de detectores, com feixe em forma de leque. ....	26
12	Terceira geração do tomógrafo, demonstrando translação do feixe de raios X, devido ao aumento de detectores, com feixe em forma de leque largo. ....	27
13	Quarta geração do tomógrafo, com distribuição de 360° dos detectores em todo gantry, apenas os tubos de raios X se movimentam em torno do paciente, aumentando a velocidade nas aquisições. ....	27
14	Técnica helicoidal ou espiral, com rotação contínua do tubo de raios X em conjunto com os detectores em forma de hélice, obtendo aquisições em forma espiral. ....	28
15	Técnica multislice, na primeira imagem com mais conjuntos de detectores, e na segunda demonstrando mais cortes ao mesmo tempo. ....	30
16	Primeira imagem mostrando tampão posterior do gantry. Segunda imagem mostrando parte interna do gantry, com o tubo de raios X superiormente, e os conjuntos de detectores inferiormente, e terceira imagem mostrando o tampão anterior do gantry. ....	31
17	Equipamento de TC, e mesa de comando com dois monitores. ....	32
18	Reconstrução do tórax com TCMD, com imagem mais nítida. ....	34
19	Reconstrução tridimensional do coração com TCMD. ....	35
20	Traçado de ECG, representando em A traçado original de ECG, adquirido em exame de TCMD. Em B imagem reconstruída com bases nos traçados de ECG, com falha no traçado, observa-se um artefato apontado pelas setas na reconstrução. Na imagem C, é apontado na seta uma errônea	

	descontinuidade na artéria, o que pode ser interpretado como DAC. Em D foi refeito o traçado da região que houve o erro. Mostrando em E, melhora na imagem reconstruída e na imagem F, a artéria sem descontinuidade.....	36
21	Anatomia normal da artéria coronária por angioTC, tridimensionalmente reconstruída. ....	37
22	Intensificador de imagem, mostrando as partes responsáveis pela formação da imagem.....	38
23	Técnica ASD, com visualização na primeira imagem da ACD e na segunda imagem da ACE.....	39
24	Equipamento fluoroscópico, arco em C, demonstrando o intensificador de imagem e o tubo de raio X.....	40
25	Técnica de Seldinger, demonstrando passo a passo, abaixo mostrando a inserção da agulha para introdução do cateter.....	41
26	Tipos de cateteres.....	43
27	Angiografia com colocação de stent apontado pelas setas em A e B. Na imagem C é visualizado o meio de contraste e em D a luz do vaso arterial coronariano....	44
28	Artefatos de degraus, causados por respiração durante as aquisições. A segunda imagem evidencia.....	47
29	Tipos de calcificação da placa aterosclerótica, sendo relatado no gráfico abaixo as densidades da calcificação na artéria coronariana com TCMD....	48
30	Stent em artéria coronariana, demonstrando a dificuldade visual da artéria coronariana.....	50
31	Calcificação em artéria descendente anterior, sendo apontada pelas setas... ..	50
32	Estenose em artéria coronária, evidenciando a artéria com contraste intracoronariano em vermelho e a parede arterial em verde....	51
33	Anastomose vascular em artéria mamária e descendente anterior....	52



## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Demonstrativo das diferenças da TCMD e da angiografia. ....	53

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AA – ARTÉRIA AORTA

AAA – ARTÉRIA AORTA ASCENDENTE

AAD – ARTÉRIA AORTA DESCENDENTE

AC – ARTÉRIA CORONÁRIA

ACD – ARTÉRIA CORONÁRIA DIREITA

ACE – ARTÉRIA CORONÁRIA ESQUERDA

AD – ÁTRIO DIREITO

AE – ÁTRIO ESQUERDO

AP – ANGINA DE PEITO

ASD – ANGIOGRAFIA POR SUBTRAÇÃO DIGITAL

DAC – DOENÇA ARTERIAL CORONARIANA

ECG – ELETROCARDIOGRAMA

ECG – ELETROCARDIOGRAMA

HIS – HIPERTENSÃO ARTERIAL SISTÊMICA

IAM – INFARTO AGUDO DO MIOCÁRDIO

MA – MILIAMPERAGEM

RCR – RELAÇÃO CONTRASTE RUÍDO

RCR – RELAÇÃO CONTRASTE RUÍDO

RE – RESOLUÇÃO ESPACIAL

RT – RESOLUÇÃO TEMPORAL

TC – TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

TCMD – TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA COM MÚLTIPLOS DETECTORES

VCI – VEIA CAVA INFERIOR

VCS – VEIA CAVA SUPERIOR

VD – VENTRÍCULO DIREITO

VE – VENTRÍCULO ESQUERDO

WL – NÍVEL DA JANELA

WW – LARGURA DA JANELA

## LISTA DE SÍMBOLOS

- 1) 3D : três dimensões

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Objetivo.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Justificativa.....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 O coração: anatomia externa e interna.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Ciclo cardíaco.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Irrigação cardíaca e anatomia coronariana.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4 Doença arterial coronariana.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5 Tomografia Computadorizada.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5.1 Componentes para formação da imagem em TC.....</b>	<b>30</b>
<b>2.5.2 Formação da imagem tomográfica.....</b>	<b>32</b>
<b>2.5.3 Reconstrução da imagem tomográfica.....</b>	<b>33</b>
<b>2.6 Angiografia.....</b>	<b>37</b>
<b>2.6.1 Realização da angiografia.....</b>	<b>40</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>45</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O coração é um órgão oco, que tem como função a distribuição de sangue ao nosso corpo, como uma bomba propulsora, levando a oxigenação a todas as nossas células. O mesmo também necessita de irrigação sanguínea, que traz tanto oxigênio quanto nutrientes, esses agem como um alimento dando forças para manter constante sua função. Essa irrigação sanguínea é feita através das artérias coronárias e, com a falta de oxigênio, começa a exceder a capacidade do músculo cardíaco, que reage com manifestações clínicas de angina de peito, decorrente de doença arterial coronariana (DAC) ou infarto do miocárdio (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

Dentre os indivíduos com infarto do miocárdio, 25% dos pacientes morrem antes mesmo de receber ajuda médica e 65% morrem nas primeiras horas após o quadro. Se o indivíduo sobreviver terá muitas complicações com alto custo em saúde pública (GUS et al., 2002; ABREU-RODRIGUES; SEIDL, 2008; GALON et al., 2010). Segundo Silva et al., (2013), em 2015 os gastos com doenças crônicas irão gerar custos de US\$ 4,18bilhões.

A doença arterial crônica é causada por um distúrbio no fluxo sanguíneo, que ocorre principalmente por acúmulo de placas de ateroma no interior das artérias coronarianas, que pode tanto estenotar quanto obstruir a luz do vaso sanguíneo, diminuindo ou ocluindo assim a quantidade de suplementos sanguíneo que chega para oxigenar o coração (PITANGA, 2002; ABREU-RODRIGUES; SEIDL, 2008).

A DAC possui alta taxa de morbidade e mortalidade, gerando alto custo em assistência médica. Encontra-se em 5º lugar das doenças que levam a óbito no mundo; em países da América Latina e Caribe, 72% do total das mortes são causados por doenças crônicas e, no Brasil, a taxa de óbitos é de 300.000 por ano ou 820 por dia. Estima-se o crescimento desta posição em 2020, acreditando-se que em 2030 o total de mortes por essa

condição possa chegar a 23,6 milhões se não devidamente diagnosticada e tratada (GUS et al., 2002; ABREU-RODRIGUES; SEIDL, 2008; GALON et al., 2010).

O diagnóstico por imagem considerado padrão para a doença arterial coronariana, desde 1959, é a angiografia convencional. Contudo, o surgimento de novas técnicas estão auxiliando no diagnóstico da DAC, como a tomografia computadorizada com múltiplos detectores, principalmente por se tratar de uma técnica não invasiva. Essa técnica tem evoluído rapidamente, demonstrando cada vez melhor acurácia na visualização das artérias coronarianas (YU; CARAMELLI; CALDEMANO, 2009; ROCHA et al., 2012).

Dessa forma, com o surgimento dessas novas técnicas de avaliação da DAC vem a importância de seu conhecimento pelos profissionais da área da saúde e, em especial, dos profissionais das técnicas radiológicas (PROKOP, 2010).

## **1.1 Objetivo**

Comparar a tomografia computadorizada com múltiplos detectores e a angiografia no diagnóstico das doenças arteriais coronarianas.

## **1.2 Justificativa**

As doenças arteriais coronarianas tem se destacado entre as que mais levam a óbitos no mundo, com tratamentos invasivos que causam desconforto, morbidade e altos custos ao paciente. Como a radiologia tem avançado muito, com meios de diagnósticos por imagens mais modernos, tem possibilitado a visualização da DAC em métodos não invasivos, mas para melhorar ainda mais a qualidade das imagens radiológicas, deve-se ter profissionais qualificados e que buscam pelo conhecimento dessas novas tecnologias.

Assim vem a importância em conhecer os melhores meios de diagnóstico por imagem da DAC, sendo demonstrado nesse trabalho de revisão de literatura duas das técnicas que tem se destacado na visualização da doença, levando esse conhecimento aos tecnólogos de radiologia para realização de imagens com qualidade.

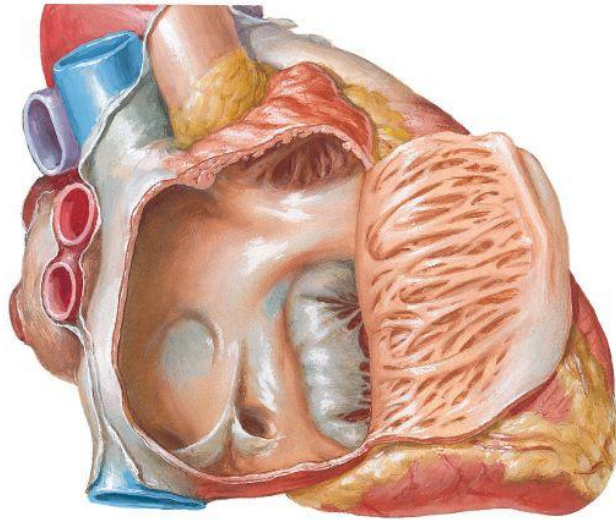
## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 O coração: anatomia externa e interna**

O coração é um órgão oco, em forma de cone, relativamente pequeno, do tamanho de uma mão fechada, sendo seu tamanho exato variável; tem como função básica a distribuição de sangue ao corpo, agindo como uma bomba propulsora levando os nutrientes e oxigenação a todas as células do nosso corpo (Figura 1) (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

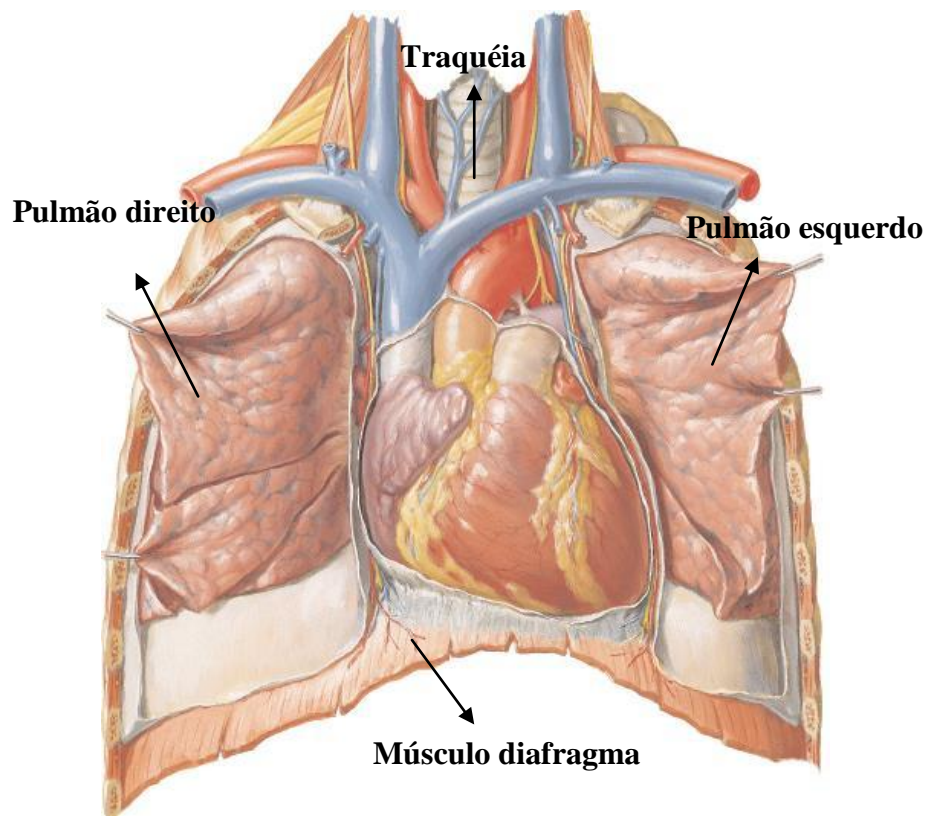
Está localizado no mediastino médio, apoiado sobre o músculo diafragma, sendo a parte anterior protegida pelo esterno e a parte posterior pela coluna vertebral. Possui ápice que se dirige para frente e para baixo e para esquerda, e base que se volta para trás e para cima e para a direita. A margem direita está voltada para o pulmão direito e a margem esquerda está voltada para o pulmão esquerdo. Na parte superior se encontra os grandes vasos do coração, conhecidos como vasos da base. Posteriormente ao coração, encontra-se a traqueia, o esôfago e a artéria aorta descendente (Figura 2) (MARTINI, 2009).

Figura 1- Formato do coração, demonstrando sua porção interior oca, seu formato em cone, os grandes vasos em sua base.



Fonte: NETTER, 2011.

Figura 2- Posição do coração, na região torácica, demonstrando os pulmões em sua lateral, posteriormente a traquéia, superiormente os vasos da base e inferiormente o músculo diafragma.



Fonte: NETTER, 2011.



O coração é revestido pelo pericárdio, que o protege externamente, este possui um líquido lubrificante conhecido como líquido pericárdico, permitindo a movimentação normal do músculo cardíaco. O saco pericárdico é constituído por duas partes, uma camada externa denominada pericárdio seroso parietal e, internamente, o pericárdio fibroso, formado por tecido conectivo denso, firme e irregular, com fibras colágenas (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

Miocárdio, que forma o músculo cardíaco, é a camada média e mais espessa, que faz a contração cardíaca, distribuindo sangue ao corpo, sendo o miocárdio atrial fino em relação ao miocárdio ventricular que é mais espesso, devido a maior pressão que exercita para a distribuição sanguínea sistêmica. O endocárdio, composto por uma fina camada de tecido endotelial, é a porção interna que fica em contato direto com o fluído sanguíneo e as valvas, sendo constituído de musculatura lisa ( DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

Internamente o coração possui quatro câmaras, sendo átrios direito (AD) e esquerdo (AE), e ventrículos direito (VD) e esquerdo (VE). Os átrios formam as câmaras superiores, dentro deles em forma de saco enrugada encontram-se as aurículas, estas recebem o sangue que chega ao AD, o qual é separado do AE pelo septo interatrial . Os ventrículos formam as câmaras inferiores, eles propõem o sangue que, através dos vasos sanguíneos, são distribuídos para nosso corpo, sendo que o VD é separado do VE pelo septo interventricular (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

O AD recebe o sangue venoso da veia cava superior (VCS) e da veia cava inferior (VCI), sendo trazido pela VCS sangue da parte superior do corpo, cabeça e membros superiores, e da VCI é trazido o sangue proveniente da porção inferior do corpo, abdome e membros inferiores. O sangue que chega ao AD pelas VCS e VCI e passa para o VD através da valva tricúspide (formada por três válvulas ou cúspides) (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

A parte posterior do AD possui uma parede lisa, mas a parede anterior é rugosa devido a músculos pectinados. A parede medial do VD é constituída pelo septo interatrial e possui uma depressão chamada fossa oval. Anteriormente tem uma expansão piramidal, conhecida como aurícula direita, que amortece o impacto do sangue ao chegar no AD (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

O AE é uma cavidade fina e lisa que recebe o sangue oxigenado através das quatro veias pulmonares. O sangue passa do AE para o VE através da valva bicúspide ou mitral (formada por duas válvulas ou cúspides). O átrio esquerdo também possui aurícula esquerda (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

O ventrículo direito forma a maior parte da superfície anterior do coração. No seu interior encontram-se feixes de fibras musculares cardíacas, denominadas trabéculas cárneas. Nele está a valva tricúspide que impede que o sangue retorne para o AD. As válvulas possuem no seu ápice filamentos conhecidos como cordas tendíneas, que se fixam em pequenas colunas, os músculos papilares (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

Já o ventrículo esquerdo formando o ápice do coração, possui valva atrioventricular esquerda conhecida por valva bicúspide, que se localiza no óstio atrioventricular. As trabéculas cárneas e cordas tendíneas fixam as válvulas aos músculos papilares, sendo que o VE possui parede mais espessa porque necessita maior pressão para distribuir o sangue a circulação sistêmica (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

O sangue passa do AE para o VE pela valva mitral, e do VE para o corpo através da artéria aorta ascendente, passando pela valva aórtica, formada por três válvulas semilunares, a direita, a esquerda e a posterior. Parte desse sangue flui para as artérias coronárias que se ramificam a partir da artéria aorta ascendente (AAA), levando o sangue para a parede cardíaca. O restante do sangue passa para o arco da aorta da aorta e artéria aorta descendente (AAD), que se ramificam distribuindo sangue para todo o corpo (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

## **2.2 Ciclo cardíaco**

O ciclo cardíaco é constituído por um único batimento cardíaco, com contração dos dois átrios conhecido por sístole e relaxamento dos dois ventrículos conhecido por diástole, ou o oposto. Com o batimento cardíaco os átrios contraem, sístole atrial, o sangue passa para os ventrículos, quando este recebe o sangue contraem, sístole ventricular, então distribuindo sangue em sentido ao corpo; assim, quando os átrios estão em diástole os ventrículos estão em sístole (Figura 3) (MARTINI, 2009).

Estímulos elétricos são responsáveis por fazer a sístole cardíaca, este estímulo ocorre no nó sinoatrial, que age como um marca-passo cardíaco. O nó sinoatrial localiza-se na entrada da VCS no AD, sendo formado por um pequeno grupo de células musculares, tecido conjuntivo e por fibras nervosas autônomas. O estímulo passa do nó sinoatrial através do AD e AE pelos feixes internodais anterior, médio e posterior para o nó atrioventricular. No nó atrioventricular saem as fibras de Purkinje, que possuem condução rápida de estímulos, esta se divide em ramos direito e esquerdo estes vão se ramificando e se distribuem por todo o coração levando os estímulos cardíacos (Figura 4) (MARTINI, 2009).

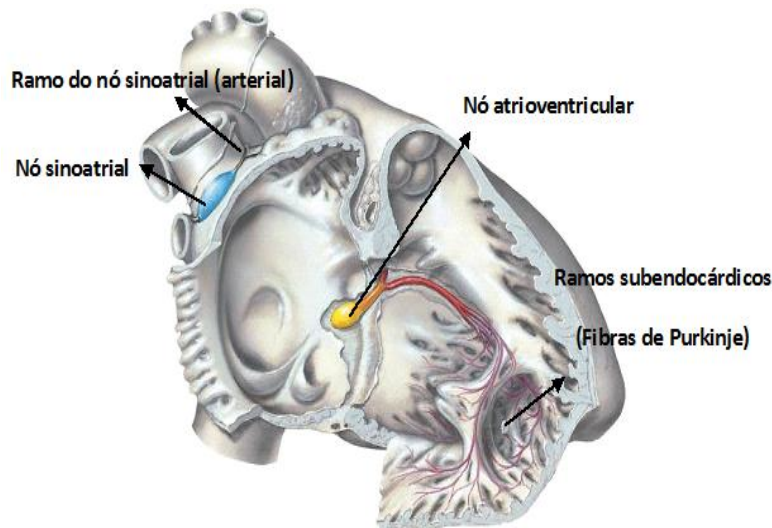
Alterações elétricas podem ser registradas por um instrumento denominado eletrocardiógrafo, que realiza traçados mostrando alterações elétricas conhecido por eletrocardiograma ou ECG (MARTINI, 2009).

Figura 3- Fluxo sanguíneo, com demonstração do sangue passando dos átrios para os ventrículos, após contração dos átrios, os ventrículos completamente cheios, distribuem o sangue ao corpo.



Fonte: PARKER, 2007.

Figura 4- Estímulo cardíaco, mostrando as fibras de Purkinje, responsáveis pelo envio dos estímulos, para a contração cardíaca.



Fonte: NETTER, 2011.

### 2.3 Irrigação cardíaca e anatomia coronariana

O coração é formado por uma rede de vasos sanguíneos que transporta sangue do coração ao corpo, oxigenando e nutrindo os tecidos e vasos, que trazem para o coração sangue rico em dióxido de carbono para serem levados aos capilares pulmonares e fazer as trocas gasosas (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

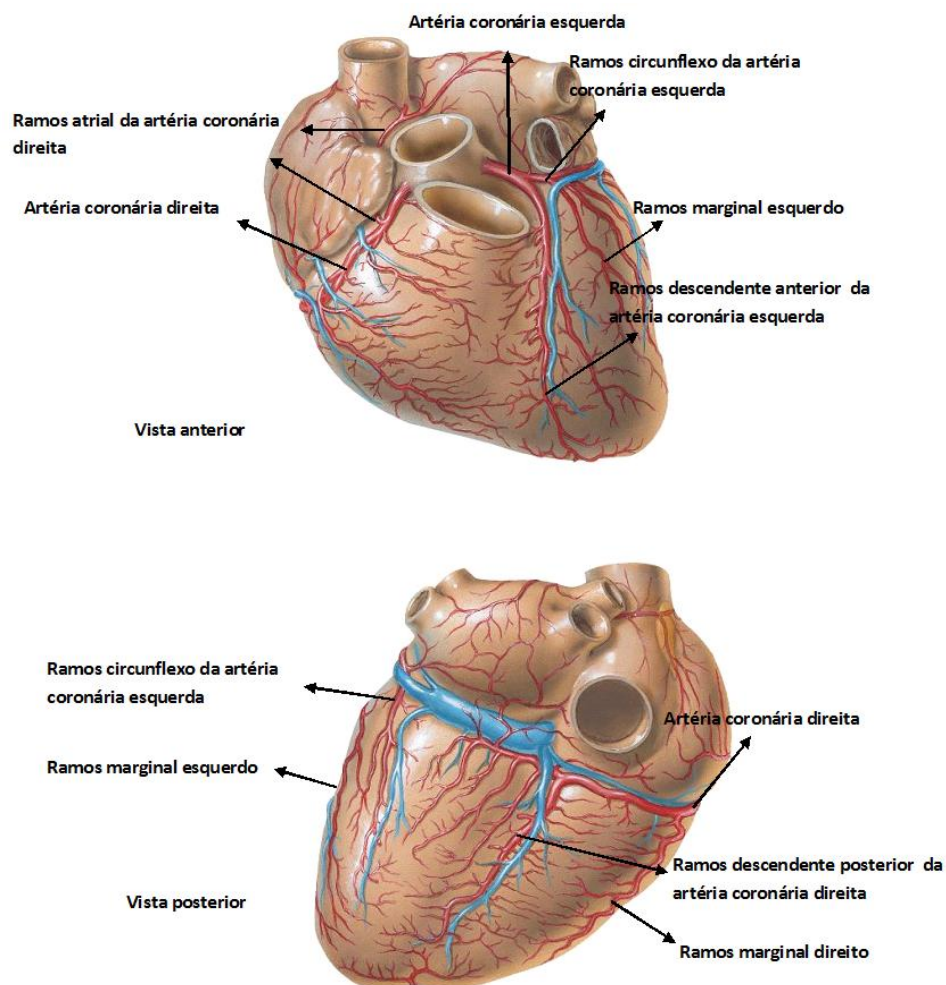
A irrigação cardíaca divide-se em sistema arterial e venoso, sendo o sistema arterial formado por vasos que saem do coração em maior calibre e vão diminuindo seu calibre passando para arteríolas até formar os capilares; e o sistema venoso dos capilares, vão aumentando seu calibre e passam para vênulas e depois veias. O sistema arterial transporta sangue rico em oxigênio e o sistema venoso transporta sangue rico em gás carbônico (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

O coração necessita de oxigenação, nutrientes e metabólicos, que age como um alimento dando forças para manter constante sua função. Essa oxigenação é feita através das artérias coronárias (AC) (PINHO et al., 2010). As artérias coronárias se originam na base da parte ascendente da aorta, se divide em dois ramos, artéria coronária direita (ACD) e a artéria coronária esquerda (ACE). A ACD forma-se no seio aórtico direito, corre pelo sulco coronário e atinge o sulco interventricular posterior, suas ramificações são ramo interventricular posterior que se ramifica em ramo interventriculares septais, ramos

atrioventriculares, ramo do cone arterial, ramo do nó sinoatrial, ramos atriais, ramo marginal direito, ramo atrial intermédio, ramo do nó atrioventricular e ramo póstero-lateral direito (DANGELO; FATTINI, 2007; MARTINI, 2009).

A ACE origina-se do seio aórtico esquerdo, bifurca-se nos ramos interventricular anterior e circunflexo, estes originam os ramos principais que são ramo do cone arterial, ramo lateral e os ramos interventriculares septais, ramo anastomótico atrial, ramos atrioventriculares, ramo marginal esquerdo, ramo atrial intermédio, ramo ventricular esquerdo posterior, ramo do nó sinoatrial, ramo do nó atrioventricular, ramos atriais e ramo circunflexo (Figura 5) (ANDRADE, 2006; DANGELO; FATTINI, 2007; VERAS et al., 2007; MARTINI, 2009).

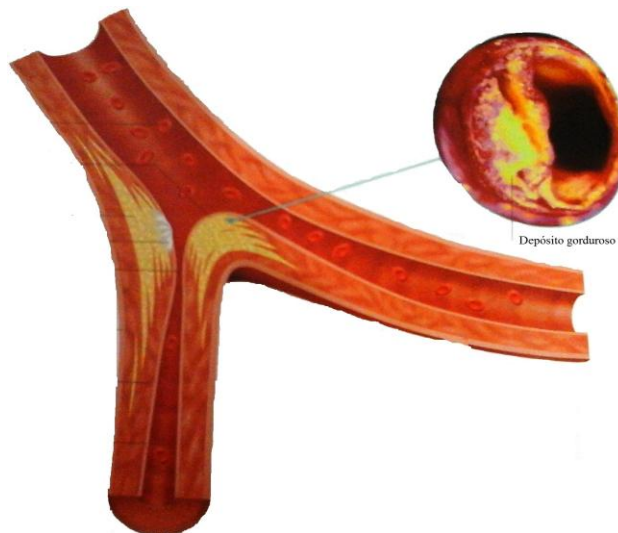
Figura 5- Artérias coronárias e seus ramos, na primeira imagem em vista anterior e na segunda imagem em vista posterior.



## 2.4 Doença arterial coronariana

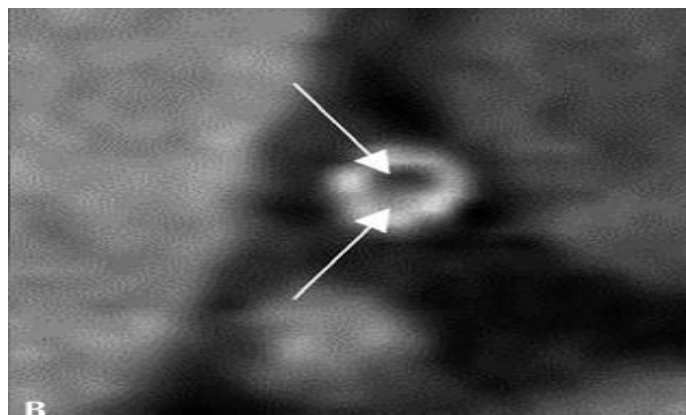
A DAC é causada por um distúrbio no fluxo sanguíneo caracterizada pela diminuição de 50% ou mais da luz do vaso arterial, isso ocorre geralmente por placas de ateroma, gordura que se acumulam na luz do vaso sanguíneo, causado por lesões ou inflamações no vaso, podendo estenotar ou obstruir a luz do vaso sanguíneo, diminuindo ou ocluindo assim a quantidade de suplementos sanguíneos que chega para oxigenar e nutrir o coração (Figura 6 e 7) (PITANGA, 2002; MARTINI, 2009 ).

Figura 6- Artéria coronária com aterosclerose, em ampliação ao lado, mostra a alocação de depósito de gordura no interior da artéria.



Fonte: PARKER, 2007.

Figura 7- Artéria com placa aterosclerótica, demonstrada nas setas o acúmulo de gordura no interior da artéria em uma imagem tomográfica.



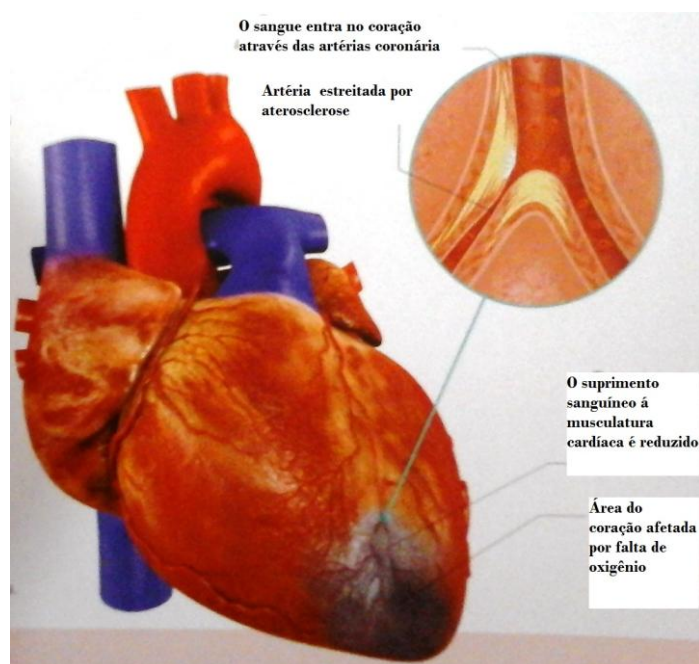
Fonte: PINTO, 2006.

A DAC é considerada prematura quando surge antes dos 55 anos em homens e 65 anos em mulheres, mas suas manifestações ateroscleróticas podem ainda ocorrer na infância e na adolescência, progredindo com a idade (ROMALDINI et al., 2004). Com a falta de oxigênio, começa a exceder a capacidade do músculo cardíaco, que reage com manifestações clínicas de angina de peito (AP) ou infarto agudo do miocárdio (IAM) (Figura 8) (ABREU-RODRIGUES;SEIDL, 2008).

A AP é uma dor intensa no peito, causada pela falta de suplemento sanguíneo ao coração e se manifesta quando o paciente realiza esforço incomum (ABREU-RODRIGUES;SEIDL, 2008). O IAM, também conhecido como ataque do coração, causa a morte do tecido cardíaco devido à falta de sangue oxigenando. As consequências dependem da área da lesão da DAC. Se ocorrer nas proximidades das AC o coração para de funcionar levando o indivíduo a óbito. Se ocorrer nas extremidades o indivíduo sobrevive, mas terá muitas complicações potenciais. Considera-se que 25% dos pacientes com IAM morrem antes mesmo de receber ajuda médica e 65% morrem nas primeiras horas após o quadro (ABREU-RODRIGUES;SEIDL, 2008; MARTINI, 2009).

Quando o indivíduo sobrevive ao IAM este sofre com muitas complicações e alto custo com saúde pública (ABREU-RODRIGUES;SEIDL, 2008). Segundo Silva et al. (2013), em 2015 os gastos com doenças crônicas irão gerar custos de US\$ 4,18bilhões.

Figura 8- Placa aterosclerótica, devido a falta de oxigênio necessária, ocorrendo uma necrose em uma porção do coração.



Fonte: PARKER, 2007.

Os conhecimentos dos fatores de risco auxiliam na prevenção e no diagnóstico da DAC, dentre os fatores se encontra a hipertensão arterial sistêmica (HAS) que mesmo com seu controle não traz vantagens para a doença, a dislipidemia que corresponde a concentrações anormais de lipídeos ou lipoproteínas no sangue, diabetes mellitus que é o maior fator de risco para DAC, sendo o mais comumente em pacientes com a doença, tabagismo que duplica a probabilidade de risco com a quantidade de cigarros fumados por dia, hereditariedade que é um fator não modificável, sendo maior em pessoas com parentes de primeiro grau com cardiopatia coronariana e obesidade e sedentarismo que são fatores modificáveis, sendo exercícios físicos sempre recomendáveis, diminuindo os fatores de risco e/ou auxiliando no controle da doença (GUS et al., 2002; ROMALDINI et al., 2004).

No país, doenças crônicas vasculares foram responsáveis por causar óbitos em 28,8% no sexo masculino e 36,9% no sexo feminino, sendo a região Sul e o estado do Rio Grande do Sul responsáveis por 40% de óbitos em mulheres. Em países da América Latina e Caribe, 72% do total das mortes são causados por doenças crônicas. A doença apresenta seu predomínio no sexo feminino e, no Brasil, a taxa de óbitos é de 300.000 por ano ou 820 por dia (PINHO et al., 2010).

Em 2007 doenças isquêmicas do coração foram a principal causa de morte no mundo. Sendo a 5<sup>o</sup> maior causa de morte em todo o mundo, com o aumento da expectativa de vida e o número de idosos, estima-se em 2020 essa taxa passe a ser colocada como primeira maior causa de morte e, em 2030, que o total de mortes por essa condição possa chegar a 23,6 milhões, isso se não devidamente diagnosticada e tratada (GUS et al., 2002; GALON et al., 2010; ROCHA et al., 2012).

## **2.5 Tomografia Computadorizada**

A tomografia computadorizada (TC) é uma técnica de imagem diagnóstica que visualiza estruturas sobrepostas por outro tecido ou objeto. Foi denominado tomografia toda técnica diagnóstica por imagem que radiografa uma secção do corpo. As imagens tomográficas são visualizadas em planos axial, sagital e coronal, sendo capturadas em forma de fatias da região a ser analisada. Estas fatias são reconstruídas formando a imagem final da estrutura (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011; HOOPINGARNER; TORTORICI; APFEL, 2011).

A TC possui uma fonte de raios X que gira em torno do paciente e este raio atravessa o paciente conforme o giro do tubo ao redor da estrutura a ser avaliada. O raio X é detectado



por um conjunto de detectores que fica do lado inverso do tubo de raio X, estes detectores giram em conjunto com o tubo de raio X (NÓBREGA, 2005; PROKOP, 2010; HOOPINGARNER; TORTORICI; APFEL, 2011).

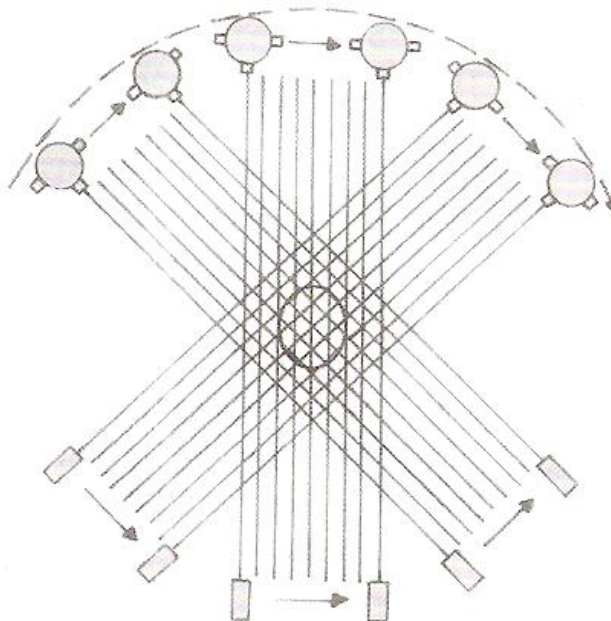
A TC teve início na década de 1970, o primeiro tomógrafo tinha feixe de raios X em forma de lápis fino e apenas um detector, realizava apenas TC de cabeça e levava cerca de 4,5 minutos para terminar um giro de 180° do tubo-detector (Figura 9 e 10) (NÓBREGA, 2005; MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

Figura 9- Primeiro tomógrafo, com Hounsfield ao lado de sua criação.



Fonte: NOBREGA, 2005.

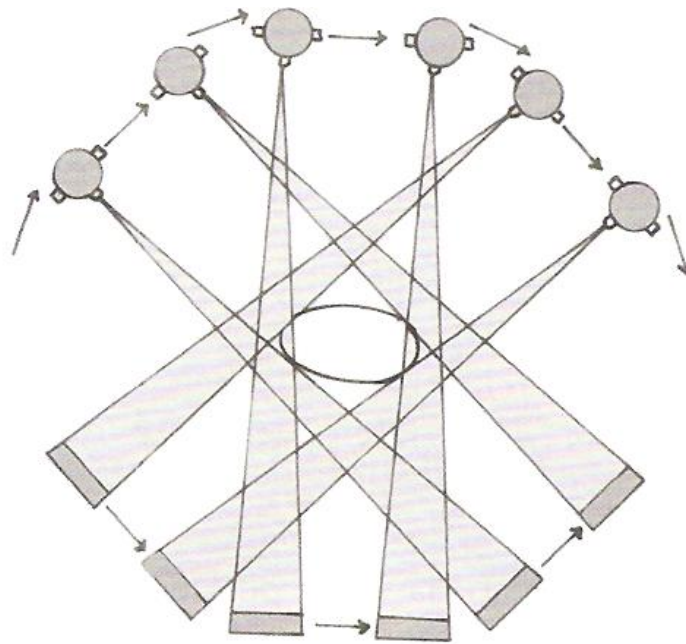
Figura 10- Primeira geração do tomógrafo, demonstrando feixe em forma de lápis, com rotação do tubo para nova varredura.



Fonte: NOBREGA, 2005.

O segundo tomógrafo já possuía feixe de raios X em forma de leque e também foi aumentado a quantidade de detectores em 30 ou mais, diminuindo assim o tempo de exposição e tempo do exame, passando para 15 segundos para cada giro tubo-detector (Figura 11) (NÓBREGA, 2005; BUSHONG, 2010; MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

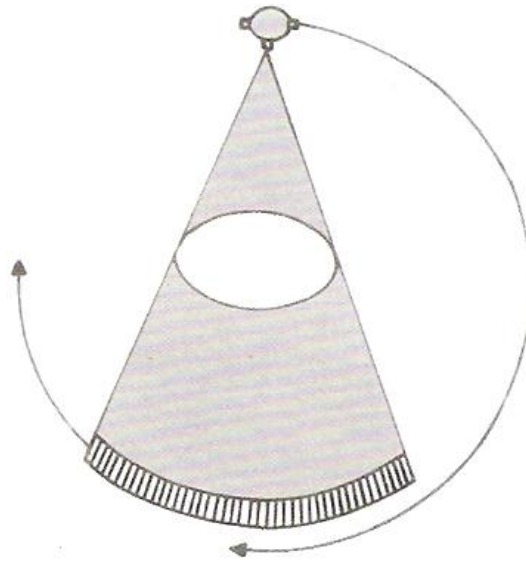
Figura 11- Segundo geração do tomógrafo, demonstrando o aumento no número de detectores, com feixe em forma de leque.



Fonte: NOBREGA, 2005.

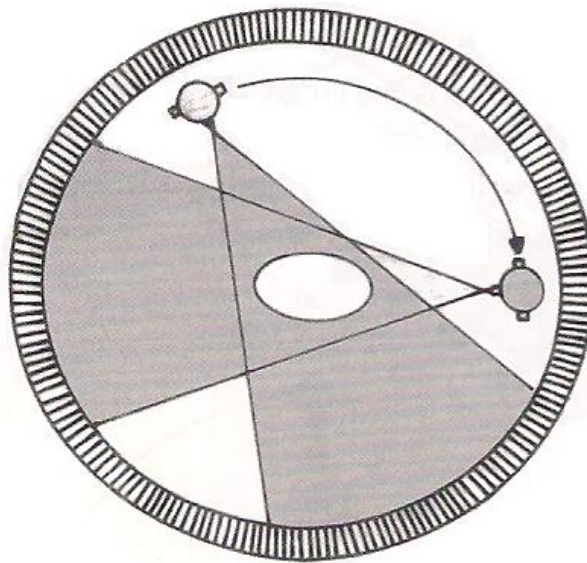
O terceiro TC surgiu em 1980, continha 960 detectores, estes distribuídos opostamente ao tubo de raios X e giravam em conjunto  $360^\circ$ , reduzindo ainda mais o tempo de exame (Figura 12). O quarto tomógrafo teve seu surgimento também em 1980, possuindo um anel fixo de 4800 detectores ou mais, apenas o tubo de raio X girava  $360^\circ$  em redor do paciente, o tempo de varredura era bem reduzido realizando exames em apenas 1 minuto (Figura 13) (NÓBREGA, 2005; BUSHONG, 2010; MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

Figura 12- Terceira geração do tomógrafo, demonstrando translação do feixe de raios X, devido ao aumento de detectores, com feixe em forma de leque largo.



Fonte: NOBREGA, 2005.

Figura 13- Quarta geração do tomógrafo, com distribuição de 360° dos detectores em todo gantry, apenas os tubos de raios X se movimenta em torno do paciente, aumentando á velocidade nas aquisições.



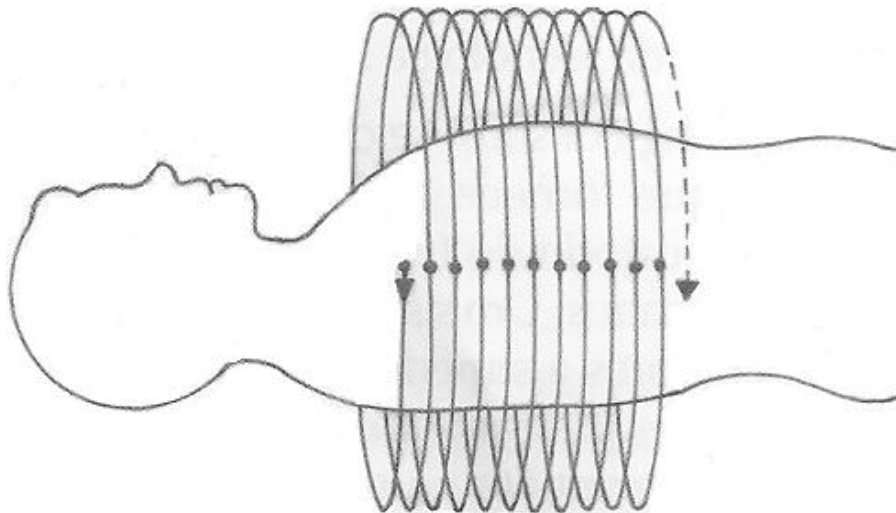
Fonte: NOBREGA, 2005.

Os primeiros tomógrafos utilizavam apenas um conjunto de detectores, na década de 1970 passaram a ter dois conjuntos detectores. Em 1990 foi introduzido o dual slice, um sistema de duplo corte que divide o conjunto de detectores no meio e faz exposição de dois cortes ao mesmo tempo. Em seguida surgiram os múltiplos detectores, possibilitando mais cortes simultâneos, este foi progredindo rapidamente (NÓBREGA, 2005; BUSHONG, 2010).

De 1970 á 1980, o volume de imagem era adquirido com o avanço da mesa de exame, o qual se dava de acordo com a espessura do corte, a cada giro tubo-detector. Esse movimento era feito através dos cabos de alta tensão, causando irregularidade na sequência de corte (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011; PROKOP, 2010).

Com o surgimento de tomógrafos de rotação contínua, foi possível fazer cortes sem necessidade de parar durante a aquisição para andar com a mesa de exame, sendo que esta avança gradativamente de acordo com a espessura do corte e o giro tubo-detector. Esse avanço da mesa é feito através de anéis deslizantes, evitando assim os artefatos em degraus. Esta evolução recebeu o nome de TC espiral ou TC helicoidal, possibilitando a visualização das fases contrastadas. A angioTC surgiu em 1990, logo após a criação do TC helicoidal (Figura 14) (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011; PROKOP, 2010)

Figura 14- Técnica helicoidal ou espiral, com rotação contínua do tubo de raios X em conjunto com os detectores em forma de hélice, obtendo aquisições em forma espiral.



Fonte: NOBREGA, 2005.

As vantagens da varredura de volume são as reconstruções multiplanares, as quais permitem reconstrução dos dados volumétricos em planos sagital, coronal e tridimensional, a

diminuição do tempo de varredura, devido a movimentação contínua da mesa em direção ao portal, denominado gantry, e a redução de artefatos, principalmente o artefato de movimento, com a redução do tempo de exame (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

Outro tipo é a imagem dinâmica, na qual são feitos cortes conceptíveis no mesmo corte, obtendo assim imagens dinâmicas da região. Através da injeção do contraste intravenoso é possível visualizar as diferentes densidades do material radiopaco, assim, a imagem dinâmica é usada na angioTC e na avaliação da perfusão tecidual (PROKOP, 2010).

Tomografia computadorizada com múltiplos detectores (TCMD) é de frequente uso, no qual vem utilizando principalmente TCMD de 64 canais, que realiza 160 imagens por segundo, porém há equipamentos mais modernos que consegue realizar cortes com 300 imagens por segundos, sendo essa técnica muito útil em exames em que o paciente fica em apneia e em procedimentos que requer menor tempo de exame, como as aquisições cardíacas (NÓBREGA, 2005; BUSHONG, 2010).

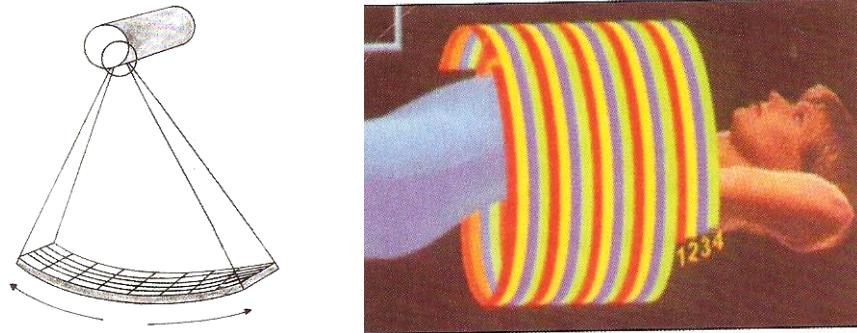
A TCMD pode ser classificada pelos seus conjuntos de detectores ou chamados canais, podendo possuir conjuntos de detectores de 4, 8, 16, 32, 64, 126 e os mais modernos com 254 (ROCHA et al., 2012).

O advento do TCMD de 64 detectores possibilitou uma melhora na análise de todo território coronariano, incluindo os segmentos coronarianos médio e distal. Isso foi de grande crescimento na utilização na prática clínica (ROCHA et al., 2012).

Outra vantagem da técnica é utilizar menor quantidade de contraste, devido à sua rápida velocidade em adquirir as aquisições, além de oferecer melhor resolução espacial graças às espessuras submilimétricas, oferecendo melhor qualidade nas imagens, possibilitando aquisições angiográficas, reconstruções multiplanares e 3D (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011; PROKOP, 2010).

Atualmente existe TCMD de até 126 canais e já está em pesquisa o equipamento de 256 canais que possui a vantagem de reduzir o tempo das aquisições das imagens (Figura 15) (NÓBREGA, 2005; BUSHONG, 2010).

Figura 15- Técnica multislice, na primeira imagem com mais conjuntos de detectores, e na segunda demonstrando mais cortes ao mesmo tempo.



Fonte: NOBREGA, 2005.

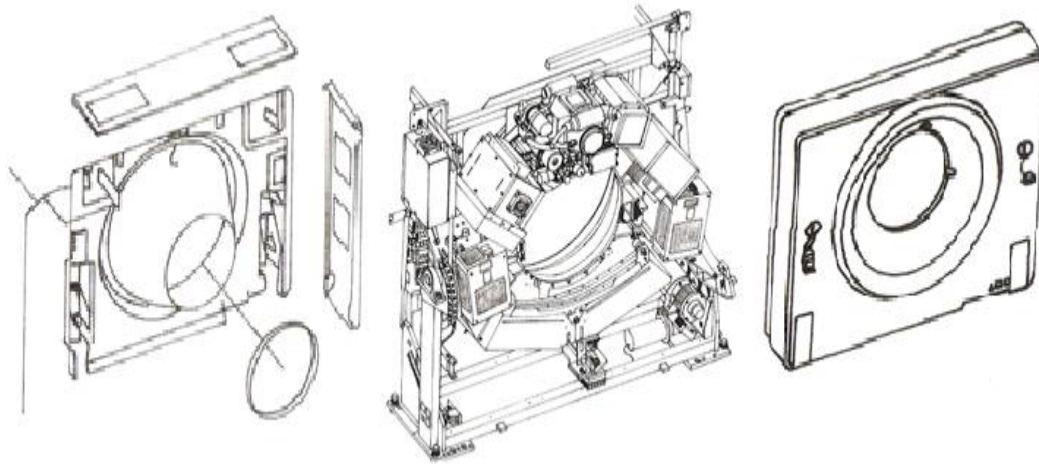
### 2.5.1 Componentes para formação da imagem em TC

A TC é constituída por três componentes essenciais, sendo o gantry (portal), computador e console de operação, são esses componentes responsáveis pela formação da imagem (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

No interior do gantry encontram-se o tubo de raios X, os detectores e os colimadores. O tubo de raio X possui maior resistência ao calor, devido a maior frequência nas aquisições. Os conjuntos de detectores convertem a energia dos raios X em luz, convertida em energia elétrica, e logo após em sinal digital, enviando esses dados para um sistema computacional, os detectores tem influencia na dose de radiação que o paciente vai receber. Os conjuntos de colimadores, reduzem a dose nas áreas em que não fazem parte da aquisição, e melhoram assim a qualidade da imagem (NOBREGA, 2005; BUSHONG, 2010).

O gantry pode inclinar até  $30^\circ$  em cada direção, a mesa de exame é conectada ao gantry e anda de acordo com cada varredura, o paciente é deslizado através da mesa para o orifício central do gantry para obtenção da aquisição anatômica desejada (Figura 16) (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

Figura 16- Primeira imagem mostrando tampão posterior do gantry. Segunda imagem mostrando parte interna do gantry, com o tubo de raios X superiormente, e os conjuntos de detectores inferiormente, e terceira imagem mostrando o tampão anterior do gantry.



Fonte: NOBREGA, 2005.

O computador necessita de softwares apropriados, sendo um para os sistemas operacionais que controla os hardwares, e outro para os aplicativos que controlam o pré-processamento, a reconstrução das imagens e operações de pós-processamento. Devem manter velocidades e capacidades de armazenamento elevadas (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

O console operacional inclui teclado e mouse, e pode ter dois monitores. É através dele que se fazem os protocolos das aquisições, ajustam-se os parâmetros do exame e se manipulam as imagens geradas das aquisições. Nos protocolos das aquisições são pré-estabelecidas as voltagens (em quilovolts), amperagem (em miliamperes), os pitch, campo de visão, espessura de corte, deslocamento linear da mesa, algoritmos de reconstrução e janelas de exposição (Figura 17) (NÓBREGA, 2005; BUSHONG, 2010; MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

Figura 17- Equipamento de TC e mesa de comando com dois monitores.



Fonte: NOBREGA, 2005.

### 2.5.2 Formação da imagem tomográfica

A reconstrução da imagem é feita através da transformada inversa de Radon, coletando as diferenças da atenuação que os raios sofrem ao passar as diversas estruturas do corpo, estruturas de baixa densidade como os pulmões que contém ar, atenuam muito pouco o feixe de raios X, já estruturas como os ossos atenuam quase que totalmente os raios X, gerando assim a diferença de atenuação. Esses dados são captados e calculados em um ponto no volume de aquisição, este ponto é denominado pixel (NÓBREGA, 2005; BUSHONG, 2010).

A matriz é composta por linhas e colunas, estas em forma de blocos conhecidos por pixels e ou elemento da imagem. Nos pixels são representados os volumes ou voxel da imagem, cada voxel é constituído por altura, largura e profundidade, sendo a profundidade representada pela espessura do corte. O grau de atenuação de cada voxel é enviado para o sistema computacional e exibido no monitor em forma de tons de cinza (NÓBREGA, 2005; BUSHONG, 2010; MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).



A diferença de atenuação é denominada em números TC, sendo a água na escala número TC valor zero, para osso cortical denso +1000, ou seja, maior atenuação, sendo representado na cor branca. Para o ar - 1000, menor atenuação, sendo representado na cor preta. Para cada número TC constitui-se um diferente tom de cinza (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

A largura da janela (WW) controla a quantidade de contraste que será exibida, quanto mais ampla a largura da janela menor será a quantidade de contraste, e quanto mais reduzida a largura da janela melhor a qualidade do contraste da imagem. O nível da janela (WL) controla o brilho da imagem, sendo determinado pelo número TC mais constante na região avaliada (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

### **2.5.3 Reconstrução da imagem tomográfica**

A reconstrução da imagem na TCMD pode ser obtida por formas matemáticas: Retroprojeção, método iterativo e método analítico (NÓBREGA, 2005).

A retroprojeção não é mais utilizada nos equipamentos atuais, é um método teórico no qual as imagens eram obtidas em diversas projeções, nas quais se somam os resultados obtidos para a reconstrução final das imagens (NÓBREGA, 2005; BUSHONG, 2010).

O método iterativo calcula um valor médio na matriz da imagem, gerando assim um valor médio do elemento da imagem. A diferença desse método para a retroprojeção é que suas imagens são visualizadas com maior nitidez (NÓBREGA, 2005; BUSHONG, 2010).

O método analítico é mais utilizado, este é dividido em análise bidimensional de Fourier e retroprojeção filtrada. A análise bidimensional de Fourier analisa a função do tempo e de espaço pela soma das frequências e amplitudes correspondentes. Na retroprojeção filtrada a diferença da retroprojeção é que sua imagem é mais nítida, pois se eliminam os borramentos na soma das imagens, proporcionando melhor qualidade na imagem final (Figura 18) (NÓBREGA, 2005; BUSHONG, 2010).

Figura 18 - Reconstrução do tórax com TCMD, com imagem mais nítida.

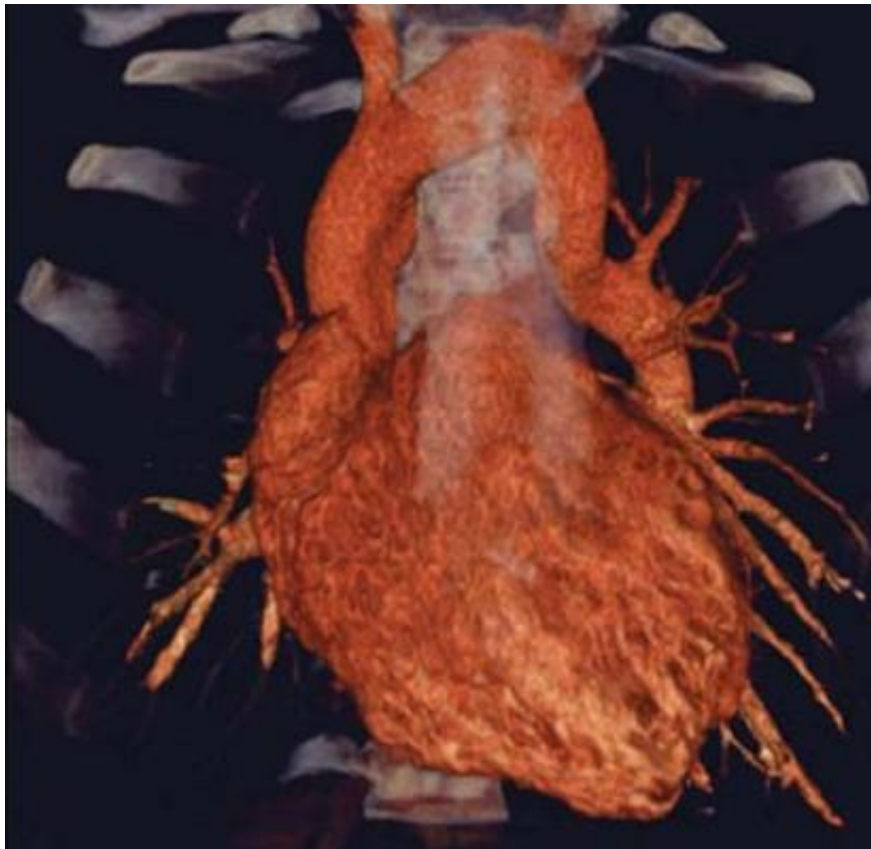


Fonte: KIMURA, 2010.

Algoritmos que são realizados por equações matemáticas transmitem essa imagem para o receptor computacional, que realiza a somatória da matriz e transfere os dados coletados na varredura, gerando as imagens. Estas imagens podem ser reconstruídas em sagital, coronal e tridimensional (NÓBREGA, 2005; BUSHONG, 2010).

Angiografia por tomografia computadorizada é um termo utilizado para definir a técnica tomográfica que visualiza a região vascular em 3D, nos planos axial, sagital e coronal (Figura 19) (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

Figura 19- Reconstrução tridimensional do coração com TCMD.



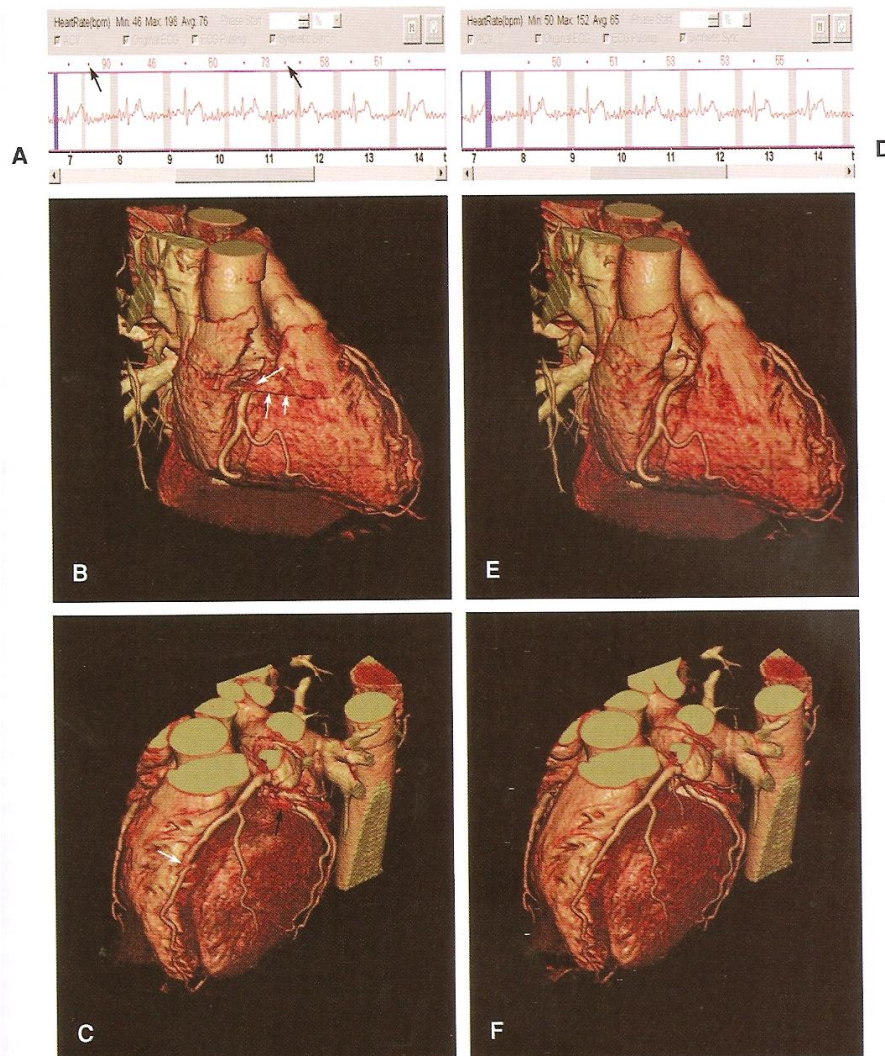
Fonte: KIMURA, 2010.

A AngioTC teve início na década de 1990, sendo um grande sucesso na radiologia diagnóstica, tendo avançado rapidamente com inovações a cada 2 anos. Com o surgimento da tomografia computadorizada com múltiplos detectores foi possível a realização de varreduras rápidas, como a angioTC de artérias coronárias, tornando-se uma técnica usual e de fácil acesso aos pacientes, tomando o lugar de alguns procedimentos de angiografias por cateteres invasiva (PROKOP, 2010).

Como em procedimentos cardíacos, a realização desses exames deve ser rápida. devido ao contínuo batimento cardíaco é necessária a sincronização do eletrocardiograma (ECG) para obtenção de resolução temporal e espacial, e monitorar os batimentos cardíacos de acordo com a sequência de imagens que será realizada. Para isso são utilizados dois tipos de técnicas de sincronização com o ECG, a prospectiva, na qual a varredura é feita nos processos de menor movimentação cardíaca como na diástole, onde ocorre o menor ciclo cardíaco. E retrospectiva, onde a varredura é feita contínua e as imagens são geradas a partir

de determinados pontos, porém a dose é maior nessa técnica (Figura 20) (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

Figura 20- Traçado de ECG, representando em A traçado original de ECG, adquirido em exame de TCMD. Em B imagem reconstruída com bases nos traçados de ECG, com falha no traçado, observa-se um artefato apontado pelas setas na reconstrução. Na imagem C, é apontado na seta uma errônea descontinuidade na artéria, o que pode ser interpretado como DAC. Em D foi refeito o traçado da região que houve o erro. Mostrando em E, melhora na imagem reconstruída e na imagem F, a artéria sem descontinuidade.



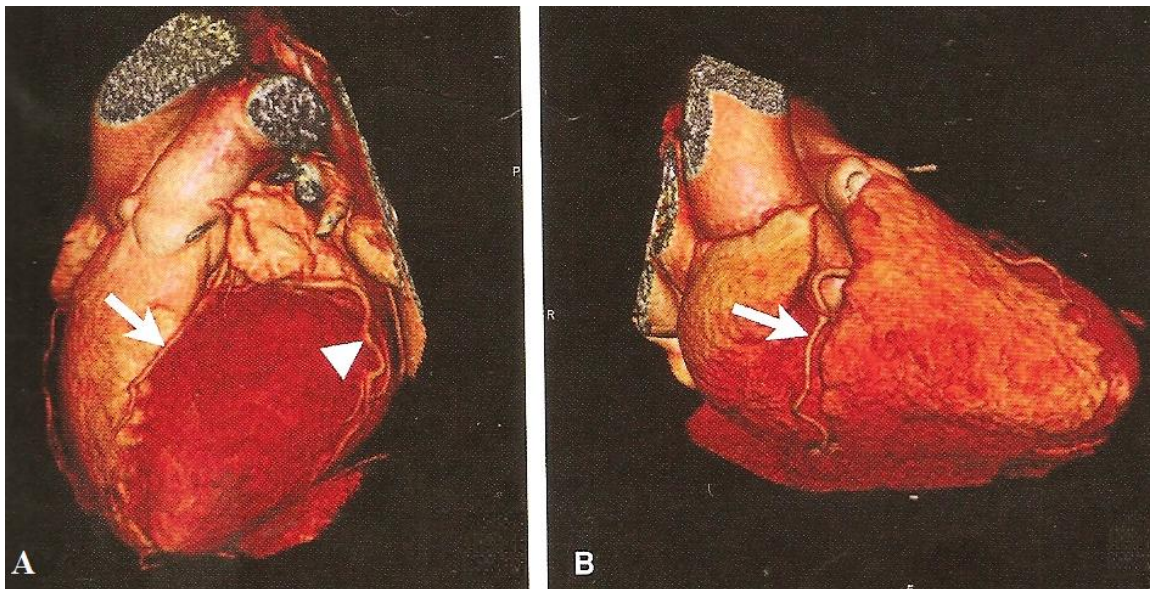
Fonte: RUBIN; ROFSKY, 2009.

Durante esses procedimentos o paciente pode receber medicamento para reduzir a frequência cardíaca, diminuindo os artefatos de movimento. É injetado também meio de

contraste iodado para melhor avaliação morfológica da quantidade de cálcio e da integridade das artérias coronárias (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

Uma vantagem é ser um procedimento rápido e seguro, sendo feitas imagens tridimensionais, com resolução espacial alta, e fazendo avaliações simultâneas da luz do vaso e estruturas próximas. Em busca de qualidade e segurança, as melhorias estão sendo voltadas em exames de angioTC coronariana (Figura 21) e da perfusão por TC (MURPHY; ANTHONY; LIPCAMON, 2011).

Figura 21- Anatomia normal das artérias coronárias (setas) por angioTC, tridimensionalmente reconstruída.



Fonte: RUBIN; ROFSKY, 2009.

## 2.6 Angiografia

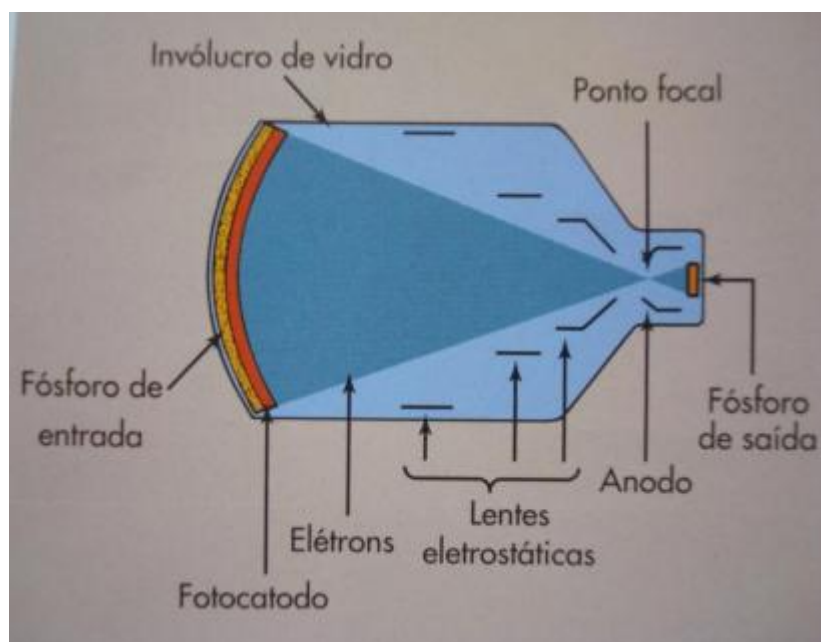
A técnica angiográfica é reconhecida pelo procedimento realizado com meio de contraste para visualização dos vasos sanguíneos, este contraste é enviado ao local do procedimento por um cateter, sendo um procedimento invasivo. A imagem é capturada através do aparelho de fluoroscopia digital altamente especializado para a técnica. Angiografia pode ser conhecida também por arteriografia onde se realiza imagens das artérias (MURPHY et al., 2011).

O equipamento fluoroscópico surgiu em 1896, seu uso é primordial nos estudos dinâmicos. Possui tubo de raios X que fica embaixo da mesa do paciente, e intensificador de imagem que fica acima da mesa do paciente. A imagem capturada no procedimento é disponibilizada em um monitor (BUSHONG, 2010).

O tubo intensificador de imagem recebe o feixe de raio X e converte em luz visível de alta intensidade, os componentes desse tubo estão dispostos em um invólucro de vidro ou metal, e contem vácuo no seu interior. Este tubo por sua vez é disposto em um envoltório de metal para sua segurança e para evitar danos no tubo (BUSHONG, 2010).

Os raios X passam pelo paciente e incidem no tubo intensificador de imagens, que são guiados através do invólucro de vidro interagindo com o fósforo de entrada, essa interação faz com que os raios X sejam transformados em luz visível, logo em seguida são guiados ao fotocátodo que com a estimulação da luz emitem elétrons. Esses elétrons são então atraídos em direção ao anodo, o qual possui um orifício central que é o fósforo de saída, quando por fim esses elétrons passam pelo fósforo de saída produz novamente luz, esta luz porém é de 50 a 75 vezes maior que a inicial. O fósforo de saída do tubo intensificador é acoplado ao monitor, a partir deste, o monitor transforma a radiação em luz e transmite a imagem em forma de sinal elétrico (Figura 22) (BUSHONG, 2010).

Figura 22- Intensificador de imagem, mostrando as partes responsáveis pela formação da imagem.



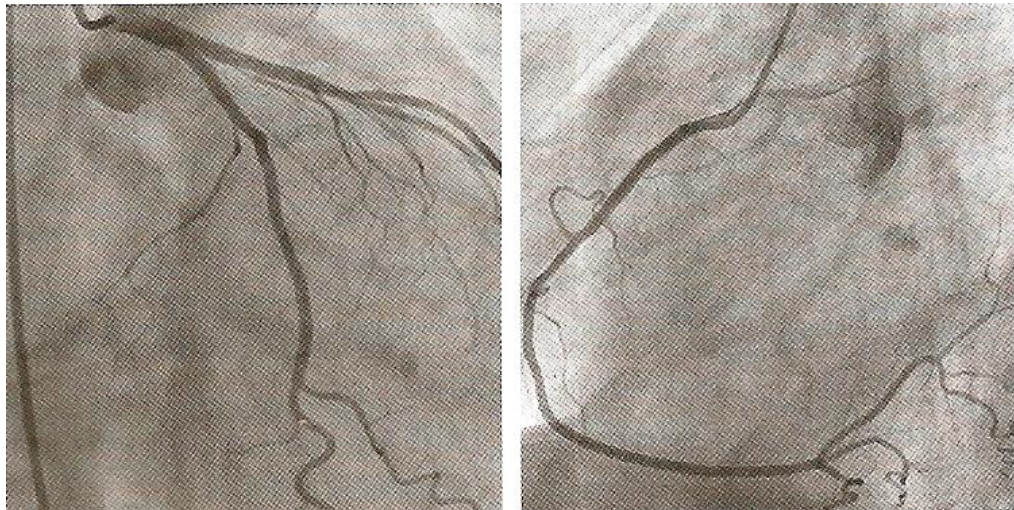
Fonte: BUSHONG, 2010.

Os tubos de raios X devem ter alta capacidade de carga de calor e de resfriamento rápido, pois usam altos mA. As imagens obtidas podem ser arquivadas em PACS e/ou impressas em impressoras a laser (MURPHY et al., 2011).

A vantagem do monitor é que pode ser controlado o brilho da imagem e também possui a possibilidade de armazenamento dessa imagem. Além de que o fluoroscópico possibilita um sistema de controle automático de brilho (CAB), que possibilita o controle constante do brilho das imagens produzidas, mantendo assim um padrão dessas imagens (BUSHONG, 2010).

Uma das vantagens do aparelho fluoroscópico é a realização de angiografia por subtração digital (ASD), a qual é realizada em tempo real e com um computador altamente sofisticado, são feitas subtrações de estruturas anatômicas excessivas, fazendo com que apareçam na imagem apenas os vasos de interesse com o meio de contraste, a imagem também pode ser aumentada (Figura 23) (MURPHY et al., 2011).

Figura 23- Técnica ASD, com visualização na primeira imagem da ACD e na segunda imagem da ACE.



Fonte: RUBIN; ROFSKY, 2009.

O roadmapping é um aplicativo de pós-processamento que possibilita como guia a colocação do cateter, fio guia e outros dispositivos, e mostra estruturas preenchidas totalmente pelo contraste, conhecido por imagem de roadmap (MURPHY et al., 2011).

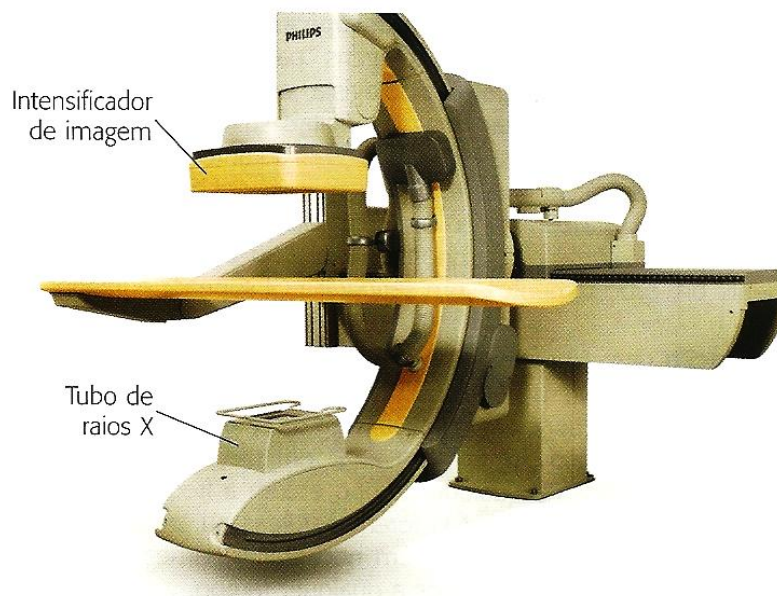
A dose para a formação da imagem nesse procedimento é maior quando comparada a exames radiográficos convencionais, pois usa radiação por um tempo maior e mais constante (BUSHONG, 2010).

### 2.6.1 Realização da angiografia

A sala de angiografia possui equipamento fluoroscópico analógico para conversão das imagens digital com intensificador de imagem digital, estes sistemas estão disponíveis em fluoroscópicos em arco em C. Esta sala necessita também de um sistema de aquisição de imagens digital programável (MURPHY et al., 2011).

Na sala deve ter bomba injetora eletrônica onde são distribuídos os contrastes durante o procedimento, equipamentos de monitoração fisiológica, monitorando a pressão arterial e venosa, níveis de O<sup>2</sup> e ECG (MURPHY et al., 2011).

Figura 24- Equipamento fluoroscópico, arco em C, demonstrando o intensificador de imagem e o tubo de raio X.



Fonte: BONTRAGER, 2011.

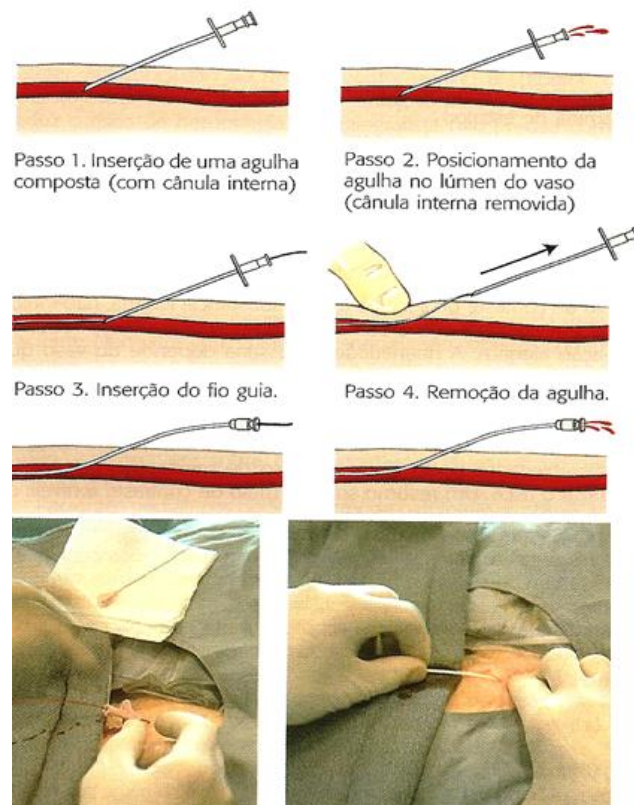
Para a realização da angiografia invasiva deve ser introduzido um cateter no local de escolha, o qual serve para levar à região de interesse o meio de contraste. É utilizada para esse



procedimento a técnica de Seldinger, sendo que os vasos usados para a realização são o femoral, axilar, braquial e radial. Esta escolha é feita onde tenha maior pulsação e desde que não possua doença vascular (BUSHONG, 2010; MURPHY et al., 2011).

A técnica de Seldinger consiste na inserção de uma agulha composta com cânula interna em uma pequena incisão, com seu avanço na via arterial, esta punciona ambas as paredes do vaso, com o posicionamento da agulha no lúmen do vaso se remove a cânula interna e retira-se a agulha lentamente até retorno constante de fluxo sanguíneo, com isso se insere um fio guia através da agulha. Este fio guia é flexível ajustando-se ao vaso, quando inserido a agulha é removida através da parte do fio guia, que permanece fora do paciente. Insere-se então o cateter através do fio guia, este avança através do acompanhamento fluoroscópico, quando o cateter chega ao local de interesse, remove-se o fio guia de dentro do cateter, o qual permanece posicionado fazendo conexão com o lado externo e interno do paciente (Figura 25) (BUSHONG, 2010; MURPHY et al., 2011).

Figura 25- Técnica de Seldinger, demonstrando passo a passo, abaixo mostrando a inserção da agulha para introdução do cateter.



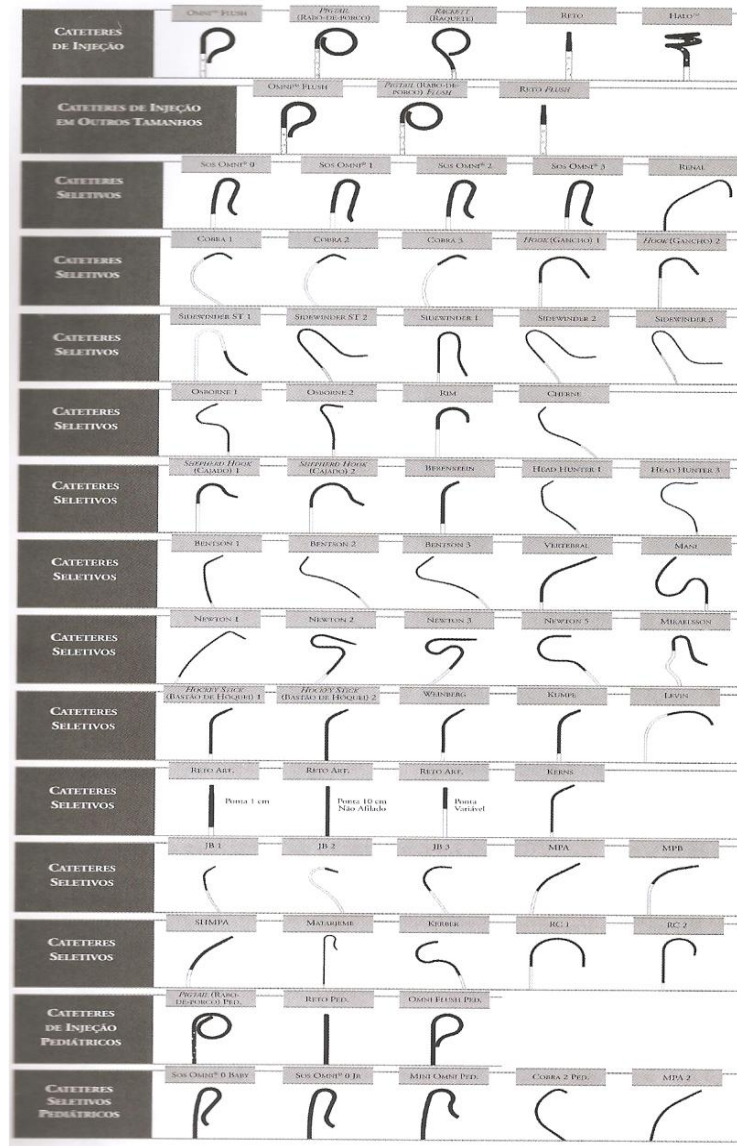
Fonte: BONTRAGER, 2011.

Feita a técnica de Seldinger é inserido uma pequena quantidade de contraste para visualizar a posição correta do cateter. Estando adequado, são feitas as imagens, sendo que para a visualização dos vasos é injetado contraste pré-selecionado por uma bomba injetora, sendo assim obtidas as imagens. Com o termino do procedimento o cateter é removido e é feito compressão no local da punção, o paciente deve permanecer deitado por quatro horas com a cabeceira da cama erguida cerca de 30°, sendo monitorados os sinais vitais do paciente e o pulso periférico distal ao local da punção, na extremidade é observado se está quente, dormente e a coloração, verificando assim que a circulação está normal (BUSHONG, 2010; MURPHY et al., 2011).

Se o paciente não puder se submeter ao procedimento com a técnica de Seldinger, neste é realizado uma incisão, como um pequeno procedimento cirúrgico, expondo o vaso que por fim será cateterizado (BUSHONG, 2010; MURPHY et al., 2011).

Existem diferentes tipos de cateteres estes são escolhidos sendo ajustável com o vaso do paciente. Os tipos de cateteres são: pigtail, berman, swan-ganz, sorensen, zucker, cournand, goodale-lubin, mullins, brockenbrough, lehman, nih, gensini, sonos, judkins esquerda, judkins direita, amplatz esquerda, amplatz direita, multipurpose (Figura 26) (BUSHONG, 2010; MURPHY et al., 2011).

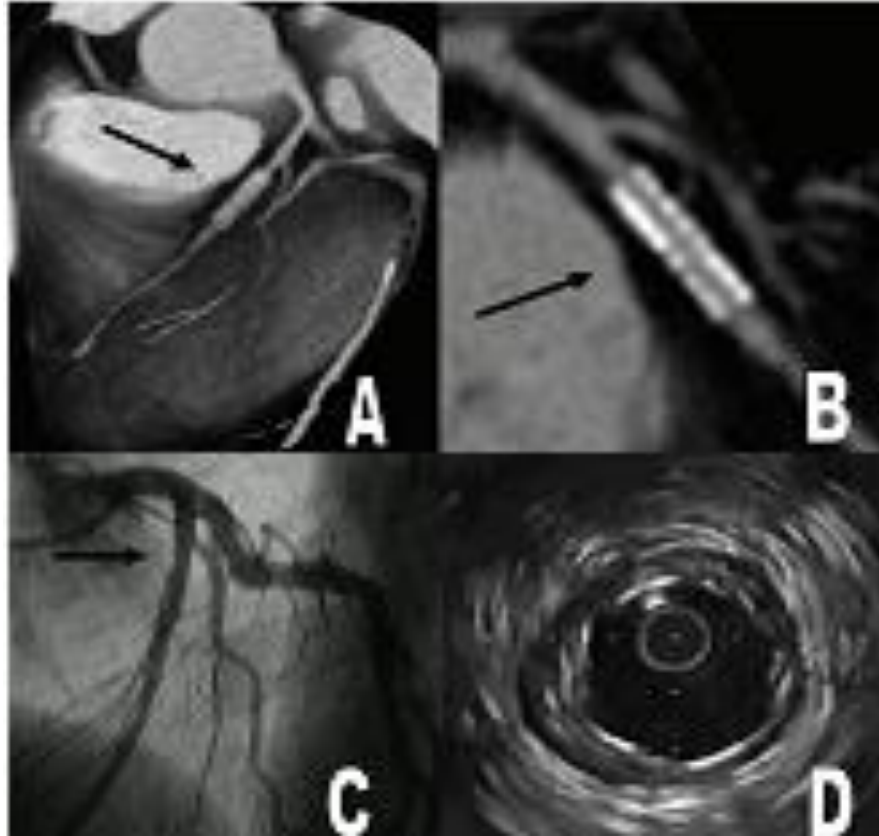
Figura 26- Tipos de cateteres.



Fonte: RUBIN; ROFSKY, 2009.

Geralmente a preferência é utilizar meio de contraste positivo iodado não iônico, o qual é solúvel em água, tem baixa osmolaridade, sendo reduzido assim o risco de reações adversas ao meio contrastado. Devem conter na sala equipamentos de emergência em casos de reações e medicamentos antialérgico para amenizar assim os risco (Figura 27) (MURPHY et al., 2011).

Figura 27- Angiografia com colocação de stent apontado pelas setas em A e B. Na imagem C é visualizado o meio de contraste e em D a luz do vaso arterial coronariano.



Fonte: PINTO, 2006.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Trata-se de um estudo de revisão de bibliografia de forma descritiva, sendo utilizados como métodos de pesquisa revistas, artigos, sites como google acadêmico e livros na biblioteca da FATEC e UNESP e utilizado as bases de dados online BIREME, GOOGLE ACADEMICO, LILACS, PUBMED, RBCI, SCIELO.

O período de levantamento para esse estudo foi de agosto á outubro. Os textos foram selecionados por categorias de 2000 á 2014 e analisados conjuntamente.

Para pesquisa foram utilizados os termos: Angiografia, Artérias Coronarianas, Doença Arterial Coronariana, Tomografia Computadorizada com Múltiplos Detectores.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a introdução da angiografia, permitiu-se a visualização dos diâmetros de referências das artérias coronarianas, diâmetro da luz do vaso e o cálculo do percentual de obstrução intra-arterial (PINTO et al, 2006 ). O caráter invasivo por mínimo possível causa desconforto e apreensão no paciente, impõe riscos e exige que permaneçam internados por pelo menos oito horas, mesmo em serviços ambulatoriais. O paciente que faz angiografia sempre corre riscos e complicações do procedimento (YU; CARAMELLI; CALDEMANO, 2009).

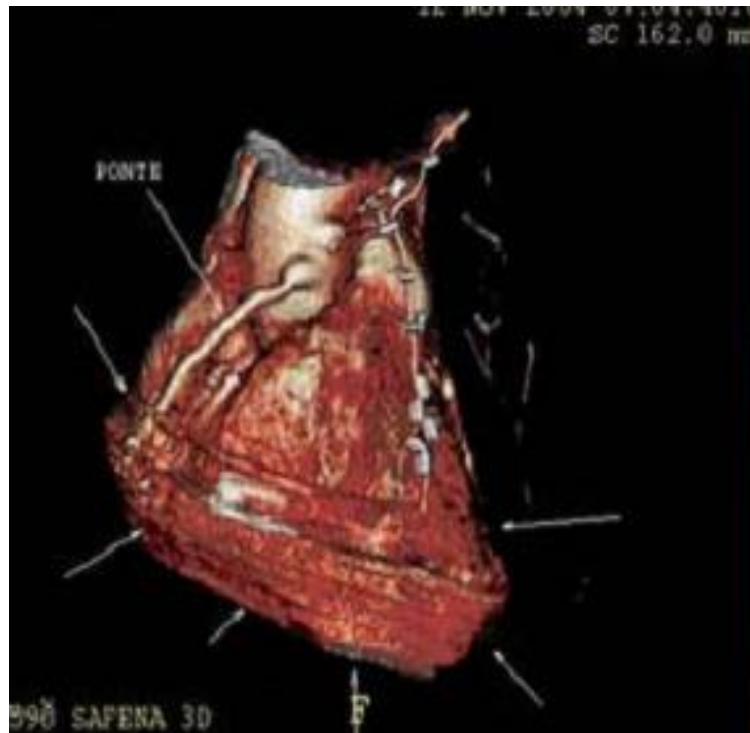
Os riscos mais identificados podem ser por complicações hemodinâmicas como sangramentos no local da punção e ou hemorragias, formação de trombo ou êmbolos, dissecação de um vaso, infecção no local da punção, reação ao meio de contraste, e fatores relacionados à insuficiência renal, a formação de coágulos sanguíneos causados por cateter e fios guias podem causar danos ao paciente. Podem ocorrer também complicações neurológicas, infarto agudo do miocárdio e morte. Para realização desse procedimento requer exames médicos e verificação do histórico de cirurgias e alergias (YU; CARAMELLI; CALDEMANO, 2009; MURPHY et al., 2011; ROCHA et al., 2012). Mas complicações não ocorrem com frequência, maiores relatos dessas complicações estão relacionados a vias de acesso em pacientes portadores de hipertensão, insuficiência cardíaca ou de outras cardiopatias (MURPHY et al., 2011; ROCHA et al., 2012).

As contra indicações ao procedimento são alergia ao meio de contraste, função renal prejudicada, desordens de coagulação sanguíneas ou uso de medicamentos anticoagulantes e estado de cardiopulmonar ou neurológico estável (BUSHONG, 2010; MURPHY et al., 2011). Os riscos e altos custos da angiografia convencional fazem com que esta técnica seja descartada como método de rastreamento da DAC (ROCHA et al., 2012).

Antigamente exames não invasivos disponíveis eram voltados para análise da função coronariana, por meio de estresse físico ou farmacológico, numa tentativa de induzir isquemia para conseguir diagnóstica-lá (RODRIGUÊS et al., 2005).

Exames não invasivos como a TCMD tem sido realizados nas avaliações da AngioTC, com duração de 25 a 40 minutos, gerando mais conforto e segurança ao paciente. Como a TCMD permite cortes com espessuras menores que 1 mm, isso auxilia nas reconstruções tridimensionais, e tem proporcionado grandes vantagens nas reconstruções vasculares (BUSHONG, 2010). Com a obtenção de boa qualidade cardíaca, utiliza-se uma frequência ideal de 60 batimentos por minuto e, para evitar artefatos na imagem, é necessário que o paciente fique em apneia durante o exame, por isso a necessidade de exames rápidos (Figura 28 ) (YU; CARAMELLI; CALDEMANO, 2009).

Figura 28- Artefatos de degraus, causados por respiração durante as aquisições. A segunda imagem evidencia.



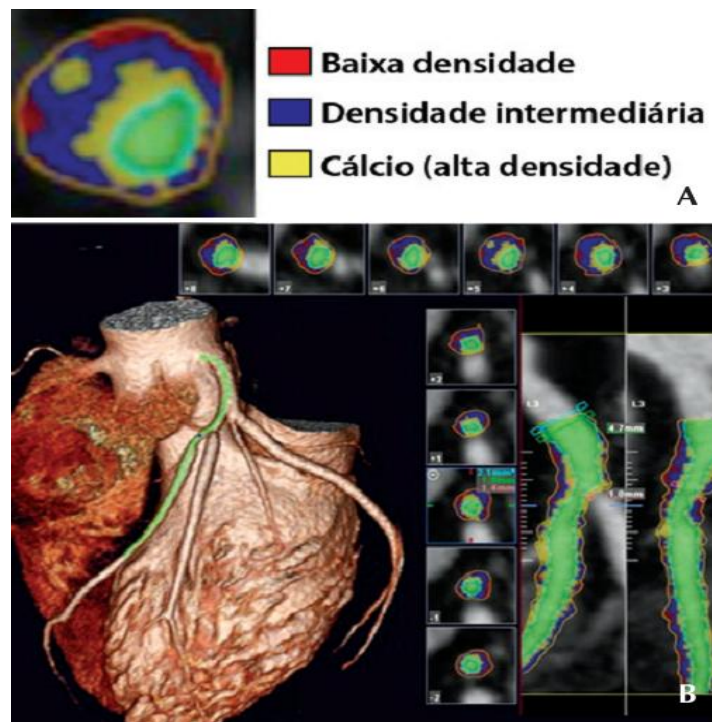
Fonte: RODRIGUÊS, 2006.

Os TCMD modernos dispõem de sofisticados algoritmos, capazes de realizar uma parada cardíaca virtual em diástole. Em algumas vezes são utilizados betabloqueadores para a

manutenção de frequências cardíacas mais baixas, propiciando imagens com maior clareza e precisão diagnóstica (CARLOS et al., 2002).

Imagens tridimensionais permitem uma boa visualização da anatomia da árvore coronária. Mas imagens com técnica bidimensional, como os cortes axiais e longitudinais, que disponibilizam o estudo da placa coronariana, com relação a sua dimensão, e densidade radiológica, e estimativa do comprometimento luminal (Figura 29). O corte axial é essencial para a visualização da luz coronariana (CARLOS et al., 2002).

Figura 29- Tipos de calcificação da placa aterosclerótica, sendo relatado no gráfico abaixo as densidades da calcificação na artéria coronariana com TCMD.



Fonte: FALCÃO, 2009.

A técnica de TCMD tem sido promissora quando utilizada no cenário das síndromes coronarianas agudas, obtendo excelente correlação quando comparada com a angiografia convencional (RODRIGUÊS et al., 2005).

O exame permite observar o contraste nas veias até no seio coronário, porém pode interferir na visualização quando há sobreposição de artérias coronárias com veias, aparecendo até nas reconstruções tridimensionais. A sobreposição ocorre muito nas artérias circunflexas, na porção proximal, causando uma limitação do exame nessa região. Na porção



distal da artéria circunflexa não há sobreposição, não gerando dificuldades no exame nessa porção. Porém materiais metálicos usados em stents e endoproteses podem afetar a qualidade da imagem em TCMD (PINTO et al., 2006; YU; CARAMELLI; CALDEMANO, 2009).

As TCMD de 4, 8 e 16 detectores, demonstraram limitações na baixa nitidez das imagens, nos seguimentos distais e em placas muito calcificadas. O surgimento do TCMD de 64 detectores, melhorou a qualidade das imagens nos seguimentos médio e distais (YU; CARAMELLI; CALDEMANO, 2009).

Medidas quantitativas na TCMD ainda mostram diferenças, quando comparadas com a angiografia (YU; CARAMELLI; CALDEMANO, 2009). O progresso para medições quantitativas auxiliará grandemente na aceitação desta técnica, mas essas diferenças não ultrapassam 10% quando comparadas a TCMD com a angiografia em estudos (PINTO et al., 2006).

A desvantagem encontrada na angioTC é necessitar de apnéia para realização do exame, onde alguns pacientes encontram dificuldade, a utilização do contraste iodado, pacientes especiais são anestesiados para imobilização durante as aquisições, além de utilizar de altas doses de radiação ionizante, não disponibiliza de boa visualização quando possui stents devido a sua malha metálica proporcionar artefatos na imagem, dificultando a visualização do contraste intraluminal (Figura 30). Outra desvantagem é que devido aos betabloqueadores, o paciente ter arritmias durante as aquisições (CARLOS et al., 2002; RODRIGUÊS et al., 2005; KIMURA et al., 2010).

É importante observar calcificações nas artérias, pois estas dão indícios de doenças aterosclerótica, porém placas muito calcificadas tem ruim visualização nas técnicas de angioTC (Figura 31) (RODRIGUÊS et al., 2005). Mas possui a vantagem de não apresentar risco como insuficiência coronária e no esclarecimento das causas de dor torácica. Mostra o diâmetro da luz do vaso arterial (Figura 32) e demonstrou seu valor na avaliação de várias alterações vasculares em adultos (PINTO et al., 2005).

Figura 30 - Stent em artéria coronariana, demonstrando a dificuldade visual da artéria coronariana.



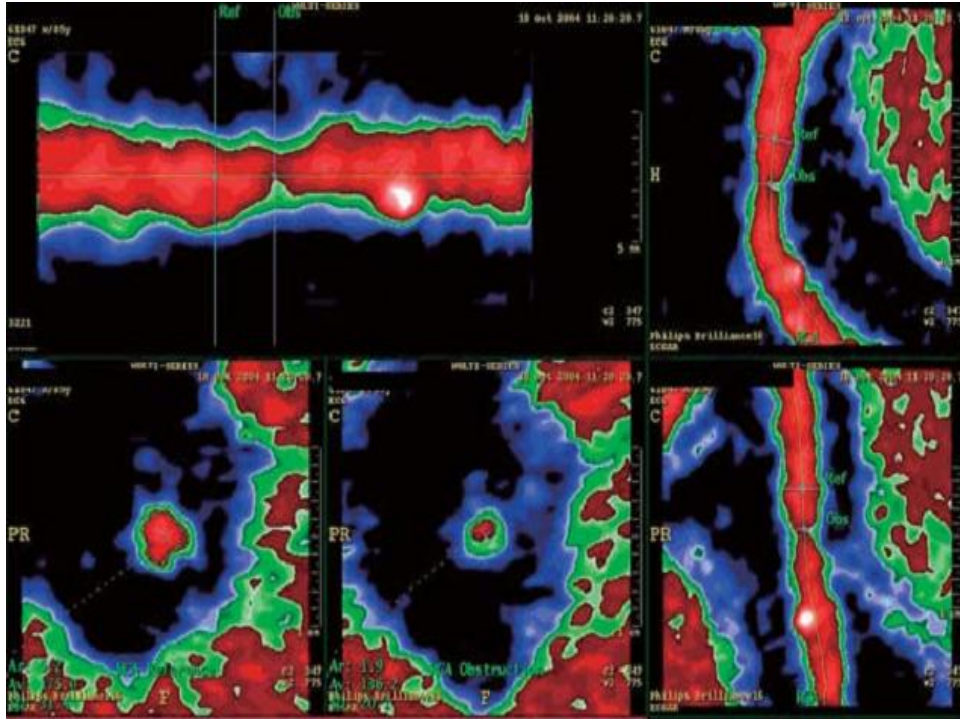
Fonte: RODRIGUÊS, 2006.

Figura 31- Calcificação em artéria descendente anterior, sendo apontada pelas setas.



Fonte: RODRIGUÊS, 2006.

Figura 32- Estenose em artéria coronária, evidenciando a artéria com contraste intracoronariano em vermelho e a parede arterial em verde.

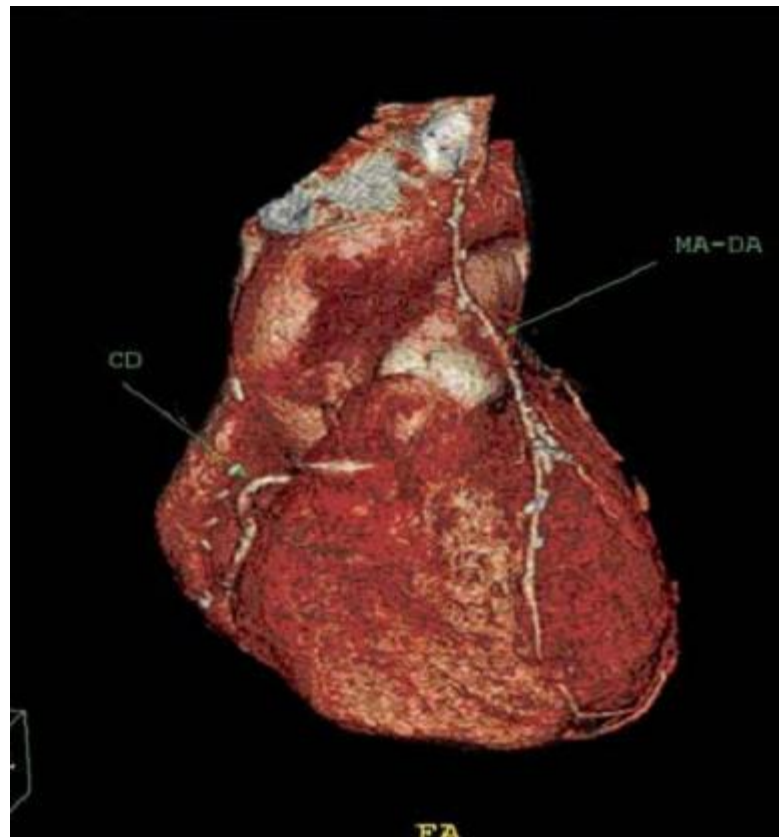


Fonte: FALCÃO, 2009.

Tem demonstrado efetividade comparável à angiografia, benefícios em termos de custos, risco, conforto e segurança ao paciente, também por possuir rapidez em adquirir aquisições, com isso vem se destacando (RODRIGUÊS et al., 2005; ROCHA et al., 2012).

Exames de angioTC coronariana requerem equipamentos de alta precisão em resolução da imagem, sendo encontrada esta em TCMD acima de 16 fileiras de detectores (RODRIGUÊS et al., 2005). A angioTC vem sendo utilizada em casos de anomalias anatômicas das coronárias (Figura 33), também como alternativa em casos de testes orgonométrico, baixo escore de cálcio, acompanhamento de portadores de pontes e anastomoses vasculares coronarianas, em portadores de miocardiopatias e em avaliações pré-operatórias (RODRIGUÊS et al., 2005).

Figura 33- Anastomose vascular em artéria mamária e descendente anterior.



Fonte: RODRIGUÊS, 2006.

A TCMD é considerada um exame interessante na exclusão da DAC, podendo ser apontada como futura substituta da angiografia, tem apresentado bom desempenho diagnóstico, em vigência de um exame negativo e de não ser invasivo (ROCHA et al., 2012).

A angiografia por TCMD surgiu como exame promissor para substituir a angiografia coronariana convencional (YU; CARAMELLI; CALDEMANO, 2009). Apesar da TCMD ser um desenvolvimento inicial tem apresentado grande avanço na técnica, e sua tendência é avançar ainda mais.

Em estudos feitos com angioTC e TCMD com 64 detectores, foi concluído boa acurácia, porém este método não substitui ainda a angiografia convencional (ROCHA et al., 2012).

Quando comparadas as duas técnicas, mostram diferenças, em relação ao procedimento, tempo de exame e, entre outros, sendo relatados abaixo (Tabela 1).

Tabela 1 - Demonstrativo das diferenças da TCMD e da angiografia.

<b>Informações equipamentos</b>	<b>TCMD</b>	<b>ANGIOGRAFIA</b>
Invasiva	Não	Sim
Contraste iodado	Sim	Sim
Tempo de exame	Minutos	Horas
Tempo para recuperação	Não	Sim horas a dias
Necessita apneia	Sim	Não
Medicamentos	Usa, betabloqueadores para apneia	Não usa
Reconstrução da imagem	Reconstrói em axiais, sagitais, coronais e 3D	Não reconstrói imagem dinâmicas
Sobreposição de imagem	Sim	Não
Dificuldade em visualizar peças metálicas	Sim	Não
Dificuldade em visualizar regiões com muita calcificações	Sim	Não
Causa insuficiência renal	Muito raro	Mais comum
Dose de radiação	Alta dose, porém relevante quando comparada a angiografia	Alta dose e constantes disparos durante procedimento

Fonte: PINTO et al., 2006; YU; CARAMELLI; CALDEMANO, 2009; BUSHONG, 2010; MURPHY et al., 2011; ROCHA et al, 2012.

## **5 CONCLUSÃO**

A angiografia permanece como padrão ouro para a avaliação da DAC, permitindo determinar a extensão, localização e gravidade das lesões obstrutivas coronarianas, em casos de estenoses e com alta probabilidade de DAC.

A TCMD é utilizada como teste não invasivo na avaliação de presença de obstrução coronariana, ainda não possui acurácia estabelecida, mas serve como alternativa de diagnóstico, reduzindo os custos de morbimortalidade. Com seus futuros avanços pode possibilitar técnicas de rastreamento da DAC.

## REFERÊNCIAS

- ABREU-RODRIGUÊS, M.; SEIDL, E. M. F. A importância do apoio social em pacientes coronarianos. **Paidéia**, Brasília, DF, v. 18, n. 40, p. 279-288, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-863X2008000200006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-863X2008000200006)>. Acesso em: 03, set. 2014.
- BUSHONG, C. S. Fluoroscopia In: BUSHONG, C. S. **Ciência raiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. P. 350-363 .
- BUSHONG, C. S. Fluoroscopia digital In: BUSHONG, C. S. **Ciência raiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. P. 440-453.
- BUSHONG, C. S. Radiologia Intervencionista In: BUSHONG, C. S. **Ciência raiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. P. 364-371.
- BUSHONG, C. S. Tomografia computadorizada multicorte In: BUSHONG, C. S. **Ciência raiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. P. 372-397.
- CÉSAR, L. A. M. et al. Diretrizes de doença coronariana crônica angina estável. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**. São Paulo, SP , v.83, n.2 , p. 1-88, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2004002100001> > Acesso em: 03, set. 2014.
- FEIJÓ, M. K. E. F. et al. Fatores de risco para doença arterial coronariana em pacientes admitidos em unidade de hemodinâmica. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, Porto Alegre, RS, v. 30, n. 4, p. 641-7, dez. 2009. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/RevistaGauchadeEnfermagem/article/view/10171>>
- FORTI, N. et al. Fatores de risco para doença arterial coronariana em crianças e adolescentes filhos de coronariopatas jovens. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, São Paulo, SP, v. 66, n.3, p.119-123, 1996. Disponível em: <<http://publicacoes.cardiol.br/abc1996660366030001.pdf>>
- GALON M. Z. et al. Perfil clínico-angiográfico na doença arterial coronariana: desfecho hospitalar com ênfase nos muito idosos. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**. São Paulo, SP, v. 95, n. 4, p. 422-429, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0066-782X2010001400002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0066-782X2010001400002&script=sci_arttext)>

GOMES, F. et al. Obesidade e doença arterial coronariana: papel da inflamação vascular. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, São Paulo, SP, v. 94, n. 2, p. 273-279, 2010. Disponível em: <<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI8903>>

GUS, I; FISCHMANN, A; MEDIN, C; Prevalência dos fatores de risco da doença arterial coronariana no estado do rio grande do sul. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, Porto Alegre, RS, v. 78, n. 5, p. 478-83, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abcv78n59377.pdf>>

MURPHY, C. et al. Angiografia e procedimentos intervencionistas. In: BONTRAGER, K. L.; LAMPIGNANO, J. P. **Posicionamento radiográfico e anatomia associada**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. p. 679-711.

MURPHY, C. et al. Tomografia computadorizada. . In: BONTRAGER, K. L.; LAMPIGNANO, J. P. **Posicionamento radiográfico e anatomia associada**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. p. 713-747.

NOBREGA, A. I. **Manual de tomografia computadorizada**. 1. ed. São Paulo: Atheneu e Centro Universitário São Camilo, 2005. 110p.

PINHO, R. A. et al. Doença Arterial Coronariana, Exercício Físico e Estresse Oxidativo. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, Criciúma, SC, v. 94, n. 4, p. 549-555, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0066-782X2010000400018&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0066-782X2010000400018&script=sci_arttext)>

PITANGA, F. J. G. Epidemiologia, atividade física e saúde. **Revista Brasileira de Ciências e Movimento**. Brasília, DF, v.10, n. 3, p. 49-54, julho, 2002. Disponível em: <[http://www.kleberpersonal.com.br/artigos/artigo\\_088.pdf](http://www.kleberpersonal.com.br/artigos/artigo_088.pdf)>

ROMANDINI, C. C. et al. Fatores de risco para aterosclerose em crianças e adolescentes com história familiar de doença arterial coronariana prematura. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, RJ, v. 80, n.2, p. 135-40, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jpedv80n2v80n2a11.pdf>>

SILVA, L. S. S.; COTTA, R. M. M.; ROSA, C. O. B. Estratégias de promoção da saúde e prevenção primária para enfrentamento das doenças crônicas: revisão sistemática. **Revista Panam Salud Publica**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 343-350, 2013. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/rpspv34n5a07v34n5.pdf>>

STEVE PARKER. **Corpo humano**. ciranda cultural: edição especial, 2007. 255p.



VERAS, F. H. A. P. et al. Origem anômala das artérias coronárias. **Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva**. Recife, PE v. 15, n. 3, p. 285-292, 2007. Disponível em: <[http://www.rbc.org.br/detalhe\\_artigo.aspx?id=224](http://www.rbc.org.br/detalhe_artigo.aspx?id=224)>

Botucatu, 09 de Fevereiro de 2015.

---

Grasiely Nicolau da Luz

De Acordo:

---

Prof<sup>a</sup>. Ms. Marjorie do Val Ietsugu

---

Prof<sup>a</sup>. Ms. Vivian Toledo Santos Gambarato  
Coordenador(a) do Curso de Radiologia