

Influência do fluxo de injeção de contraste no exame de TC para o diagnóstico de embolismo pulmonar

W F Felix^{1,2}, M A F Veloso², M E S Abrantes³

¹Unidade Funcional Apoio Diagnóstico e Terapêutica por Imagem – UFADTI
Hospital das Clínicas – UFMG - Av. Professor Alfredo Balena, 110.
CEP 30130-100, Belo Horizonte - MG, Brasil
warleyferreirafelix@gmail.com

²Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Departamento de Engenharia Nuclear - DEN
Av. Antônio Carlos, 6627 Campus UFMG
CEP: 31.270-901 - Pampulha – Belo Horizonte – MG

³Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG)
Pós-Graduação em Higiene Ocupacional/Pós-Graduação em Radioproteção
Alameda Ezequiel Dias, 275. 2º. andar
CEP: 30130-110 - Centro - Belo Horizonte – MG

Resumo: A angiotomografia para tromboembolismo pulmonar é um exame de realização complexa, onde fatores como, tempo, fluxo, acesso venoso, local de punção, entre outros, interferem no desfecho do exame. Analisando a influência da variação do fluxo de injeção de contraste venoso na contrastação da região de interesse, foram encontrados os resultados de: injeção manual (194,9±141,2); 3,0 ml/s, 90 UH (216, 6±113,3); 3,5ml/s, 90 UH (286,5±106,6); 4,0ml/s, 90 UH (300,2±58,8); 4,0ml/s, 80 UH (328,3±110,3); 4,5ml/s, 80 UH (377,0±114,6); 5,0ml/s, 80 UH (348,9±136,8). A técnica com melhor resultado foi aquela que utilizou fluxo de 4,5 ml/s e disparo automático em 80 UH.

Palavras-chave: Angiotomografia; TEP; fluxo; nível de contrastação

Influence of the flux of contrast injection in the exam of the TC for the diagnosis of pulmonary embolism

Abstract: The angiotomography for pulmonary thromboembolism is an examination of complex realization, where factors such as, time, flow, venous access, puncture site, among others, interfere in the outcome of the examination. Analyzing the influence of the variation of the venous contrast injection flux in contrast of the region of interest, the results were found: manual injection (194.9±141.2); 3.0 ml/s, 90 HU (216.6±113.3); 3.5ml/S, 90 HU (286.5±106.6); 4.0 ml/s, 90 HU (300.2±58.8); 4.0 ml/s, 80 HU (328.3±110.3); 4.5ml/S, 80 HU (377.0±114.6); 5.0ml/s, 80 HU (348.9±136.8). Observing that the technique with best result was used a 4.5 ml/s flow and automatic trigger at 80 HU.

Keywords: Angiotomography; TEP; flux; contrast level

1. INTRODUÇÃO

Com os avanços adquiridos em resolução de imagens e tempo de escaneamento pelos Tomógrafos Computadorizados (TC) na atualidade, muitos exames de diagnósticos por imagem que eram considerados padrão ouro, estão sendo substituídos por exames tomográficos, sejam pelo custo, pela acessibilidade ou por serem menos invasivos em relação aos outros métodos (NÓBREGA, 2005; KONSTANTINIDES, 2014).

A Angiotomografia para o diagnóstico do tromboembolismo pulmonar (TEP), vem substituindo na maioria dos casos, a angiografia dos vasos pulmonares e a cintilografia pulmonar de ventilação e perfusão, principalmente por ser menos invasiva e de menor custo além de apresentar capacidade diagnóstica semelhante aos outros métodos (STEIN, 2006; SILVA, 2004).

No Brasil e em outros países da América Latina existe uma considerável ausência de dados epidemiológicos relativos as tromboembolias venosas. De acordo com Darze (2016), entre os anos de 1989 e 2010, foram relatadas aproximadamente 93.000 mortes causadas por tromboembolias. Conhecendo a realidade brasileira, o estudo salienta que fatores como a desigualdade no acesso aos cuidados de saúde, a qualidade dos serviços prestados em cuidados de saúde e as dificuldades de um diagnóstico clínico para TEP que contribuem para uma possível subestimação das taxas de mortalidade por TEP, teoria reforçada pelas baixas taxas de mortalidade por TEP no Brasil em comparação aos Estados Unidos e a Europa (DARZE, 2016).

Há uma estimativa de que nos Estados Unidos, ocorram anualmente mais de 290.000 casos de TEP fatais e 230.000 casos não fatais. Existem casos não diagnosticados em consequência dos sintomas inespecíficos, como dor no peito, falta de ar, taquicardia entre outros, que se confundem com outros agravos pulmonares e cardíacos (NGC, 2016; ON CARDIAC, 2017).

Ao procurar serviços de pronto atendimento, os pacientes com suspeita de TEP, devem ser submetidos a uma investigação clínica, com aplicação de questionários de decisão clínica que estratifica o risco específico para TEP e realização de testes laboratoriais. Com a associação dos resultados da avaliação clínica, dos questionários e dos exames laboratoriais, toma-se a decisão da necessidade de testes complementares para estabelecer o diagnóstico (VOLPE, 2010).

A falta de padronização e critérios de otimização em exposições médicas, de acordo com Brasil (1998), pode gerar discrepâncias nos resultados dos exames, pois onde não há critérios básicos ou padronização como a realização do exame sem a utilização da injetora de contraste, com acessos venosos com calibre menor que o recomendado e menor fluxo de injeção, local de punção de acesso diferente do recomendado entre outros traz dificuldades em se realizar um diagnóstico preciso.

A busca de otimização dos exames em que o nível de contrastação da estrutura de interesse está precoce ou tardia em relação ao ponto ideal, fornece informações com embasamento técnico-científico para que sejam ajustados os procedimentos e protocolos para realização das angioTEP de forma padronizada. Diminuindo a repetição dos exames e consequentemente reduzindo as doses de radiação fornecidas ao paciente (BRASIL, 1998).

Diante desse panorama, esse trabalho foi elaborado a fim de avaliar as técnicas de realização das angioTEP em um hospital público em Belo Horizonte – MG, levantando e caracterizando os dados que compõem a realização das angioTEP de parâmetros metrológicos para indicar qual é a técnica que

apresenta melhor contrastação das estruturas a ser investigada e visualizando, de forma clara, tais estruturas de modo que a investigação não seja inconclusiva.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste contexto, foram analisadas as diferentes técnicas de realização de exames AngioTEP em um hospital público em Belo Horizonte para determinar o melhor método a ser seguido, com a finalidade de reduzir o número de exames com diagnósticos indeterminados pela baixa contrastação das estruturas de interesse. Este estudo foi aprovado tanto pelo Comitê de Ética em Pesquisa/UFMG quanto pela Gerência de Ensino e Pesquisa do hospital.

2.1 O exame para angioTEP

O exame para angioTEP é um escaneamento, do tórax do paciente por meio de um tomógrafo computadorizado, simultaneamente à injeção automatizada de fármaco iodado com a finalidade de contrastar a artéria pulmonar e seus ramos, evidenciando ou não a presença de trombos que obstruem a circulação sanguínea no pulmão.

Para a realização dos exames de angioTEP foi utilizado um tomógrafo Toshiba® de 64 canais que começou a operar em 2010 e duas injetoras de contraste do fabricante Medrad® mas com as mesmas características de execução de protocolo de injeção de contraste.

2.2 Características técnicas do exame para angioTEP e seus parâmetros que constituem a pesquisa

Os parâmetros levantados e pré-fixados dos protocolos de rotina da Instituição para exames de angioTEP são:

- A execução do exame no sentido caudo-cranial abrangendo toda área pulmonar;
- Disparo automático (surestart¹) – programação para início da angioTEP quando a densidade da região de interesse atingir 80 Unidade de Hounsfield (UH);
- Tensão de pico 120 kV fixa;
- Intensidade modulada da corrente elétrica;
- A rotação de 360° do tubo de Raios-X em volta da mesa de exame é de 0,5 segundo;
- A relação entre deslocamento da mesa, rotação do Tubo de raios-X e espessura de corte (spiral pitch) é de 0,828;
- Sem comando para apneia dos pacientes.

¹ Ferramenta de leitura de densidade de TC em UH (Toshiba®) e responsável pelo início automático do exame ao atingir a leitura de densidade programada (HOFER, 2005).

2.3 Formas de realização do exame para angioTEP

O protocolo de angioTEP foi inicialmente configurado com disparo automático de 90 UH, e as recomendações do fabricante da injetora são para a utilização de um acesso venoso por dispositivo de cânula plástica de no mínimo de 18 *gauges* de calibre (BAE 2010) e fluxo de injeção de contraste venoso de 3,5 ml/s. Com a realização dos exames na configuração inicial foi observado que os exames apresentavam baixa contrastação na região de interesse, sendo realizadas tentativas de modificação do protocolo, principalmente, em relação ao fluxo de injeção de contraste e ao disparo automático, para tentar melhorar do nível de contrastação das estruturas de interesse. Estas tentativas não surtiram os efeitos esperados, daí então os radiologistas e os residentes em radiologia fizeram uma revisão bibliográfica sobre angiotomografias e AngioTEP, sendo realizadas alterações nos valores de fluxo de injeção e início automático do exame. Chegando a configuração atual do protocolo com início automático do exame em 80 UH e fluxo não menor que 4,0 ml/s.

2.4 Programa de análise de imagens

O programa computacional Horos foi utilizado para analisar as imagens tomográficas. O Horos é um programa computacional de código aberto, e suas principais finalidades são a visualização de imagens médicas, renderização em 3D, reconstruções multiplanares e curvas. Uma de suas principais restrições é a falta de licenciamento pela Food and Drug Administration (FDA) para utilização em diagnósticos médicos, contudo ele é largamente utilizado no meio médico como auxílio em diagnóstico. O programa é licenciado pela GNU Lesser General Public License, que é aprovada pela Free Software Foundation (HOROS PROJECT, 2015).

2.5 Análise de imagens

As análises das imagens foram realizadas selecionando a imagem que melhor visualiza o tronco e a bifurcação da artéria pulmonar e utilizando uma ferramenta de leitura de densidade em TC um ROI (região de interesse) de forma elíptica com área de 1,00 cm², sendo este ROI posicionado próxima a bifurcação da artéria pulmonar para estabelecer o nível de contrastação dessa região afim de medir a densidade (em UH) da área contrastada.

2.6 O contraste e o Nível de contrastação

O departamento de tomografia utiliza o contraste iodado não iônico em frascos de 50 ml com uma concentração em iodo de 300 mg/ml.

De acordo com Halpern (2009) o nível de contrastação da região de interesse para angioTEP deve estar entre 300 a 350 UH para que o radiologista responsável pelo laudo possa confirmar ou refutar a presença de TEP. Outra recomendação é a utilização de contraste com concentração de iodo de 350 mg/ml ou superior (ACR, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No princípio da operação do tomógrafo ainda houve uma demora na realização dos exames de angiogramografia, tanto pela inexperiência dos médicos radiologistas e residentes, quanto pela falta de prática dos técnicos e tecnólogos em radiologia, na realização destes exames.

Desde o início da realização das angiogramografias para o diagnóstico de TEP, aos dias atuais esses exames não são realizados de forma padronizada. As modificações na forma de execução se dão conforme a experiência do técnico que estiver realizando o exame, ou obedecendo a orientação do médico radiologista responsável.

As variações de realização nas técnicas dos exames acontecem basicamente por três motivos:

- A adaptação do protocolo do tomógrafo modificando o valor de UH do disparo automático com o propósito de melhoria da qualidade do exame ou aumentando o fluxo de injeção;
- Diminuição do fluxo da injeção quando o calibre do acesso for menor que o recomendado.
- A realização do exame de forma manual por desabastecimento do kit de seringa para a injetora de contraste.

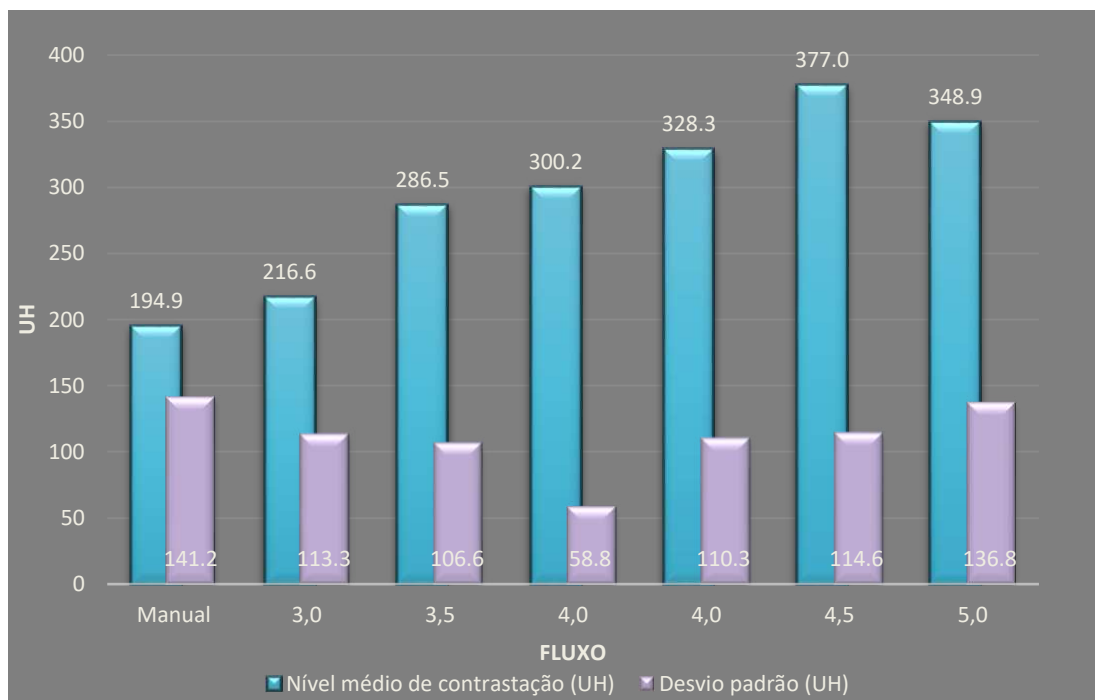
Essa variação na técnica de realização produz também uma variedade de resultados de contrastação média na região de interesse como demonstrado na tabela 1 e gráfico 1

Tabela 1. Contrastação média por fluxo.

Fluxo (ml/s) / Disparo automático (UH)	Nº de amostras	Nível médio de contrastação (UH)	Desvio padrão (UH)	Coefficiente de variação (%)
Manual*	5	194,9	141,2	72,4
3,0/90	4	216,6	113,3	52,3
3,5/90	26	286,5	106,6	37,2
4,0/90	27	300,2	58,8	19,6
4,0/80	323	328,3	110,3	33,6
4,5/80	26	377,0	114,6	30,4
5,0/80	2	348,9	136,8	39,2

* - Disparo manual é executado quando falta insumos das injetora de contraste.

Gráfico 1. Contrastação média por fluxo



Analisando os resultados de contrastação média obtidos, verifica-se que o protocolo que apresenta melhor resultado em nível médio de contrastação é o que utiliza o fluxo de injeção de 4,5 ml/s e a densidade de 80 UH para o disparo automático do exame. Analisando o Coeficiente de Variação² (CV) das amostras, observa-se que os protocolos com os piores resultados são aqueles com injeção manual de contraste onde o CV é de 72,4%, bem como os de fluxo de injeção de 3,0 ml/s e a densidade de 90 UH com um CV de 52,3%, indicando que esses dois protocolos não devem ser utilizados, tanto pela heterogeneidade e quanto pela baixa contrastação média das amostras.

Os dois protocolos com melhores resultados de CV são os com 4,0 ml/s e 90 UH de disparo automático com CV de 19,6% e o com 4,5 ml/s e 80 UH de disparo automático com CV de 30,4%. Pode ser observado que apesar de o primeiro protocolo estar dentro da faixa de homogeneidade que é até 20%, a sua contrastação média está próxima ao limite inferior do nível de contrastação estabelecido por Halpern (2009). Já o segundo protocolo apresenta contrastação média acima do limite de 350 UH, mas apresenta um CV que indica heterogeneidade da amostra.

² Estudo estatístico para determinação de homogeneidade de amostra. De acordo com Gomes (2000) o coeficiente de variação (CV) indica que a amostra é homogênea quando estes valores são menores ou iguais a 20%, e para valores acima de 20% a amostra é considerada heterogênea.

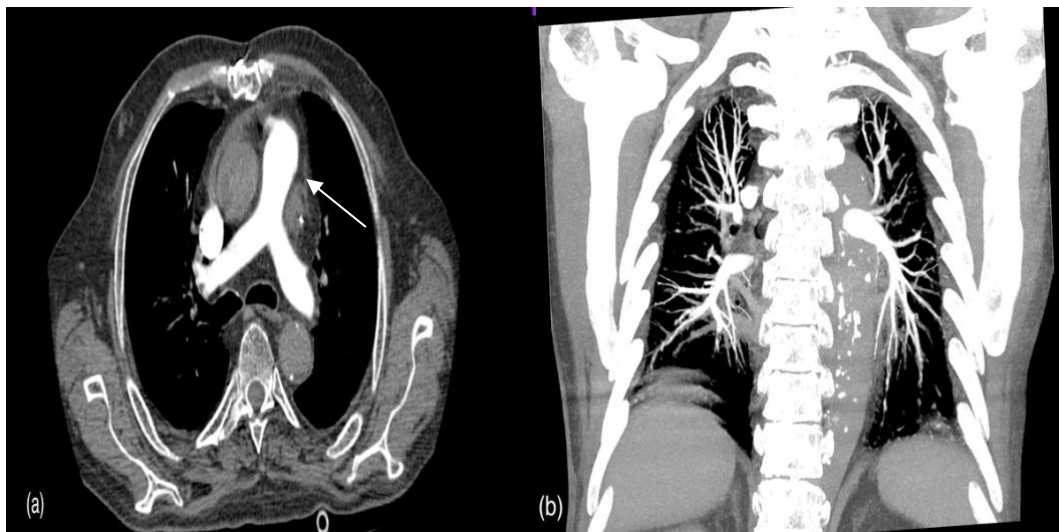
Tomando como base a contrastação da região de interesse as angioTEP podem ser classificadas como, precoce (figura 1), ideal (figura 2) e tardia (figura 3).

Figura 1. AngioTEP precoce



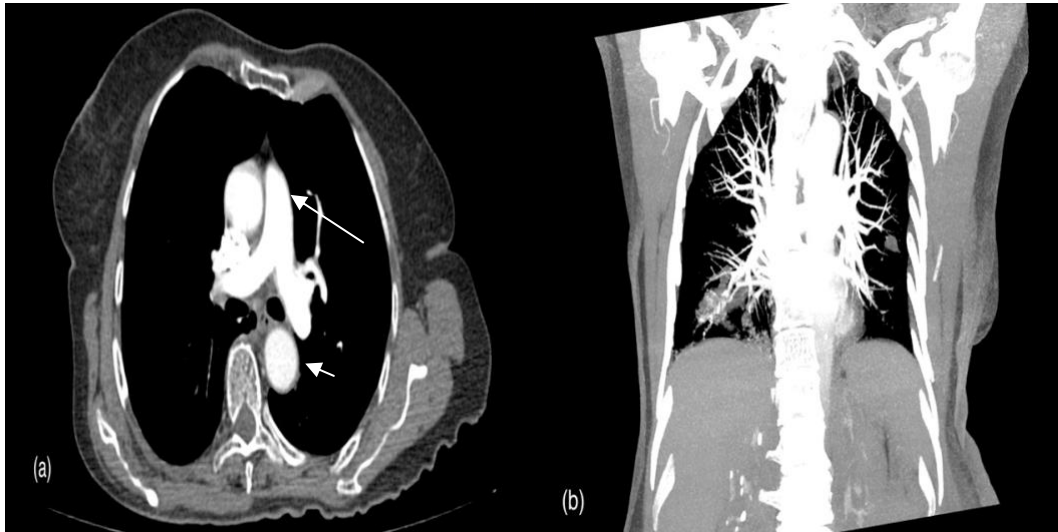
Região de interesse com baixa contrastação (seta). Fonte: Própria.

Figura 2. AngioTEP ideal



a) Região de interesse com contrastação ideal (seta); b) reformatação em projeção de máxima intensidade (MIP) Fonte: Própria.

Figura 3. AngioTEP tardia



- a) Região de interesse com contrastação (seta longa) e alta contrastação de região que não é de interesse (seta curta); b) reformatação em projeção de máxima intensidade (MIP)

Fonte: Própria.

4. CONCLUSÕES

Verifica-se que a seleção da técnica adequada tem um papel fundamental no desfecho da angioTEP, contribuindo grandemente para que o exame tenha qualidade suficiente para estabelecer um diagnóstico definitivo ao paciente, evitando a repetição de exames ou mesmo que se submeta a outros testes em radiologia diagnóstica, reduzindo sensivelmente a dose de radiação a que o paciente possa ser exposto.

A técnica que apresenta o melhor média de contrastação da região de interesse é a que utiliza um fluxo de 4,5 ml/s e um disparo automático do exame configurado em 80 UH chegando a um nível médio de contrastação de $377,0 \pm 114,6$ UH e dentre as três técnicas que apresentam os melhores níveis de contrastação essa é a que apresenta o melhor coeficiente de variação com 30,4% em comparação as outras técnicas, com 33,6% e 39,2%. Também podemos observar um importante aumento quando comparamos os resultados dos níveis de contrastação média das técnica utilizada no inicio de realização das AngioTEP, no hospital onde foi realizado o estudo, que foi a técnica de fluxo de injeção de contraste de 3,5 ml/s com disparo automático de 90 UH, obtendo um nível médio de contrastação de $286,5 \pm 106,6$ UH e CV de 37,2%, com a técnica mais atual e que apresentou o melhor nível médio de contrastação com fluxo de injeção de contraste de 4,5 ml/s com disparo automático de 80 UH e nível médio de contrastação de $377,0 \pm 114,6$ UH e CV de 30,4%.

Outro fato importante é que as técnicas que comprovadamente não estabeleçam um nível de contrastação adequado, impossibilitando ao radiologista confirmar ou refutar a suspeita diagnóstica, sejam abolidas com a finalidade diminuir os exames inconclusivos, técnicas como a injeção manual de contraste com coeficiente de variação de 72,4% e outras técnicas que não atingiram o nível de contrastação mínimo estabelecido pela bibliografia.

Existem também outras medidas que o setor de tomografia computadorizada pode implementar com a finalidade de melhorar a qualidade geral das angioTEPs, tais como a aquisição e utilização de contrastes com maior concentração de iodo, melhorando o nível de contrastação da região de interesse e até mesmo diminuindo a quantidade de contraste utilizado nos pacientes, reduzindo custos e diminuindo os riscos dos efeitos adversos pelo uso do contraste, estabelecer parâmetros mínimos para a realização das angioTEPs e orientar o corpo clínico do hospital da importância de se observar essas condições, para a garantia da qualidade diagnóstica do exame e redução de dose de radiação ionizando no paciente.

AGRADECIMENTOS

Ao Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais, em especial ao departamento de radiologia por possibilitar a execução deste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Nuclear da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, pelo apoio educacional.

Aos meus orientadores, Profa. Dra. Maria Auxiliadora Fortini Veloso e Prof. Dr. Marcos Eugênio Silva Abrantes pela paciência e apoio a mim oferecidos.

REFERÊNCIAS

ACR MANUAL ON CONTRAST MEDIA - ACR Committee on Drugs - and Contrast Media 2016. Disponível em: < <https://www.acr.org/Quality-Safety/Resources/Contrast-Manual> >. Último acesso em: 16 mar. 2017.

AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY et al. ACR–NASCI–SIR–SPR practice parameter for the performance and interpretation of body computed tomography angiography (CTA) 2017. Disponível em: < <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/Body-CTA.pdf> >. Último acesso em: 30 mar.2017

BAE, K. T. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches 1. **Radiology**, v. 256, n. 1, p. 32-61, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1148/radiol.10090908>>. Último acesso em: 16 mar. 2017.

BRASIL; MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico: Portaria nº 453. 1998.

DARZE, E. S., Casqueiro, J. B., Ciuffo, L. A., Santos, J. M., Magalhães, I. R., & Latado, A. L. Mortalidade por embolia pulmonar no Brasil entre 1989 e 2010: disparidades regionais e por gênero. **Arq Bras Cardiol [revista eletrônica]**, p. 4-12, 2016.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 477 p., 2000

KONSTANTINIDES, Stavros et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. **European heart journal**, p. ehu283, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu283>>. Último acesso em: 30 abr. 2017.

HALPERN, Ethan J. Triple-rule-out CT angiography for evaluation of acute chest pain and possible acute coronary syndrome. **Radiology**, v. 252, n. 2, p. 332-345, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1148/radiol.2522082335> >. Último acesso em: 21 abr. 2017

HOFER, Matthias. Tomografia Computadorizada - Manual prático de ensino. Ed. Revinter, 2005. ISBN 85-7309-855-4

Horos Project (2015). DICOM image viewing and measuring. [Horos v.2.02]. Disponível em: <http://www.horosproject.org/>. Último acesso: 26 jan. 2017

NGC - National Guideline Clearinghouse. Guideline summary: ACR Appropriateness Criteria® acute chest pain — suspected pulmonary embolism. In: National Guideline Clearinghouse (NGC) [Web site]. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ); 2016. Disponível em: < DOI:10.1097/RTI.0b013e31823efeb6>. Último acesso em 06 mar. 2017.

NÓBREGA, Almir Inácio da. Manual de tomografia Computadorizada. **Atheneu**, 2005.

ON CARDIAC, Expert Panels et al. ACR Appropriateness Criteria® Acute Chest Pain—Suspected Pulmonary Embolism. **Journal of the American College of Radiology**, v. 14, n. 5, p. S2-S12, 2017. Disponível em:< doi.org/10.1016/j.jacr.2017.02.027 > Último acesso em 21 maio 2017.

STEIN, Paul D. et al. Multidetector computed tomography for acute pulmonary embolism. **New England Journal of Medicine**, v. 354, n. 22, p. 2317-2327, 2006. Disponível em: <DOI:10.1056/NEJMoa052367>_Último acesso em: 04 mar. 2017.

SILVA, I. S. C.; MULLER, Nestor L. Diagnóstico por imagem do tromboembolismo pulmonar agudo. **J Bras Pneumol**, v. 30, n. 5, p. 474-9, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v30n5/v30n5a12> Último acesso em: 16 mar. 2017.

VOLPE, G. J., Joaquim, L. F., Dias, L. B., Menezes, M. B., & Moriguti, J. C. Tromboembolismo pulmonar. **Medicina (Ribeirao Preto. Online)**, v. 43, n. 3, p. 258-271, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v43i3p258-271>. Último Acesso em: 06 Out. 2016.