Talita Zerbini

Estimativa do intervalo *postmortem* por análise de imagens tomográficas das hipóstases
viscerais torácicas

Tese apresentada à Faculdade de Medicina
da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em Ciências.

Programa de Patologia

Orientador: Prof. Dr. Paulo Hilário
Nascimento Saldiva

São Paulo

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da

Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Zerbini, Talita

Estimativa do intervalo *postmortem* por análise de imagens tomográficas das hipóstases viscerais torácicas / Talita Zerbini.-- São Paulo, 2013.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Programa de Patologia.

Orientador: Paulo Hilário Nascimento Saldiva.

Descritores: 1.Autópsia 2.Tomografia computadorizada por raios X 3.Mudanças depois da morte

USP/FM/DBD-260/13

Talita Zerbin

Estimativa do intervalo *postmortem* por análise de imagens tomográficas das hipóstases viscerais torácicas

Tese apresentada ao Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Dedicatória

Ao Henrique e ao Gabriel, os anjinhos que entraram na minha
vida e que dela não vão mais sair.
À família “Gomes-Zerbini”, que sempre esteve presente,
demonstrando apoio nos momentos bons e ruins.

Agradecimentos

A minha mami querida, que insistiu tanto para que eu viesse a esse mundo e que sempre deu todo amor e carinho possíveis para mim! As madrugadas acordada me esperando chegar da iniciação científica valeram para alguma coisa: vou virar doutora de verdade!

Ao meu pai, que investiu tudo que tinha na educação das filhas e permitiu que eu alcançasse meus objetivos.

À Tati, minha big sister, não há palavras que possam agradecer tudo que você fez por mim até hoje. Possibilitou minha formação na faculdade, minha vinda para São Paulo, enfim, ajudou a me tornar a pessoa que sou hoje.

À Thaís, a primeira doutora de verdade da família, que sempre me deu conselhos e me mostrou que é possível conquistar tudo que queremos na vida com esforço e dedicação. Sem você certamente esta tese não sairia.

Ao meu querido “cunhadrinho” Nicolás, irmão mais velho (apesar de cunhado), que me aguentou quando criança atrapalhando seus encontros com a namorada e que sempre me ajudou em todos os momentos possíveis.

Aos familiares que, direta ou indiretamente, sempre me apoiaram e me mandaram palavras de força.

Ao professor Saldiva (Pepino), que me recebeu como orientanda de braços abertos e que possibilitou a realização do presente trabalho. Muito obrigada pela confiança e pelo apelido que agora todos na Patologia me conhecem (certeira e mortífera Professora Talita).

À professora Carmen Cinira, meu exemplo de vida e de sucesso profissional. Orientadora, professora, conselheira, amiga, mãe... tudo o que for possível! Esse trabalho não seria realizado sem seu incentivo.

Ao professor Daniel Muñoz, que me mostrou um lado maravilhoso da Medicina Legal que poucos conhecem. Obrigada por ter transmitido parte dos seus conhecimentos (pois tudo seria impossível) e por ter me oferecido diversas oportunidades profissionais após a Residência Médica.

Ao Professor Pasqualucci, Diretor do Serviço de Verificação de Óbitos da Capital, que disponibilizou a estrutura e os funcionários do serviço para a realização da pesquisa.

Ao professor Luiz Fernando (Burns), que me ajudou em várias etapas do trabalho e que confiou em mim desde o início.

À professora Carmen Saldiva e ao professor Julio Singer, que me ajudaram a entender os dados que obtive!

Ao Victor, meu primeiro e único preceptor! Você está desculpado por ter me mandado preencher aquele caderninho de presenças durante todo o R1...

À Mariana, ex-R mais, nilda, amiga, afilhada e comadre. Obrigada por todas as orações, conselhos e broncas que permitiram a manutenção da minha sanidade mental! Obrigada por ter iluminado minha vida com meu afilhado Gabriel.

À Raquel, minha R-menos querida, dupla, colega de trabalho e amiga, que de maneira impressionante sempre me ajudou, compartilhando até sua família nos momentos mais difíceis! Obrigada por tudo.

Ao Pedro, sucessor e dupla de trabalho! Que todas as noites mal dormidas e longe de casa te ajudem a seguir o futuro maravilhoso que você tem pela frente. Independente do número de linhas no agradecimento, você sabe que seria muito difícil concluir esse trabalho sem sua ajuda.

À Marina, minha residente, aluna, orientanda e amiga! Obrigada por não medir esforços em me ajudar. Sua confiança em mim me fez perceber que eu estava trilhando o caminho certo.

À Clarissa, a médica do trabalho mais perita do mundo, que me ajudou com artigos, na correção do trabalho e em inúmeras outras coisas que ela nem imagina! Saiba que ganhei uma linda amizade quando você entrou na Residência.

Ao Eduardo Ikari, o calouro que mais me ensinou coisas até hoje e que me ajudou na análise das imagens obtidas no estudo.

Às minhas amigas, que sempre estiveram presentes mesmo estando longe. Obrigada por sempre compreenderem minha ausência dos encontrinhos devido aos mil compromissos profissionais.

A todos os professores do Instituto Oscar Freire, por terem depositado a confiança que eu precisava para seguir em frente com meus objetivos.

Aos membros da Comissão de Pós Graduação da Patologia, por terem aceitado a realização da pesquisa em um Departamento tão bem conceituado.

À Fátima e à Rosana, por terem me acolhido tão bem e por sempre me socorrerem nas correrias de uma pós-graduação!

Às secretárias lindas e maravilhosas do Instituto Oscar Freire (Branca, Paula, Dirce, Rosângela e Solange), que ajudaram em tudo o que foi possível. Valtair, você também mora no meu coração!

Aos funcionários do Serviço de Verificação de Óbitos da Capital, que sempre me trataram com extrema gentileza e educação e que viabilizaram a realização deste estudo.

Epígrafe

Não tenha medo, a esperança equilibrista sabe que o show de todo artista tem que continuar. A sorte? Eu não sei, nunca vi, pois tudo principia na própria pessoa! Veja só: com a estranha mania de ter fé na vida, de quimeras mil, um castelo ergui!

Texto de autoria própria, elaborado com trechos de músicas interpretadas por Elis Regina.

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas

Lista de Tabelas

Lista de Figuras

Lista de Gráficos

Resumo

Summary

APRESENTAÇÃO.....	1
1 MEDICINA LEGAL E PATOLOGIA FORENSE	5
2 CRONOTANATOLOGIA	11
2.1 Rigidez cadavérica	12
2.2 Desidratação cadavérica	13
2.3 Resfriamento cadavérico.....	14
2.4 Hipóstase.....	16
2.5 Técnicas auxiliares para estimativa do IPM	19
3 UTILIZAÇÃO DE EXAMES COMPLEMENTARES DE IMAGEM NA AUTÓPSIA	22
3.1 Ressonância Magnética.....	25
3.2 Tomografia Computadorizada	26
3.2.1 Estudo das hipóstases viscerais por Tomografia Computadorizada	29
4 OBJETIVOS	32
4.1. Objetivo geral	32
4.2. Objetivos específicos	32

5 MÉTODOS	33
5.1. Casuística	33
5.2. Exame de tomografia computadorizada.....	34
5.2.1. Procedimentos para análise das imagens obtidas	35
5.3. Análises estatísticas	39
5.4 Aspectos éticos	41
6 RESULTADOS	43
7 DISCUSSÃO	52
8 CONCLUSÕES	59
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
ANEXOS	62
Anexo A	62
Anexo B	63
Anexo C	64
Anexo D	66
REFERÊNCIAS	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três dimensões
a.C.	Antes de Cristo
AD	Átrio direito
ADP	Adenosina difosfato
AE	Átrio esquerdo
ATP	Adenosina trifosfato
AVC	Acidente vascular cerebral
BIREME	Biblioteca Regional de Medicina
Cappesq	Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do HC-FMUSP
DeCS	Descritores em Ciências da Saúde
DM	Diabetes mellitus
FAPESP	Fundação de Amparo e Apoio à Pesquisa de São Paulo
FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
HAS	Hipertensão arterial sistêmica
HC	Hospital das Clínicas
HE	Hematoxilina-eosina
IAM	Infarto agudo do miocárdio
IML	Instituto Médico-Legal
IPM	Intervalo <i>postmortem</i>
LES	Lupus eritematoso sistêmico
MeSH	<i>Medical Subject Headings</i>
MSCT	Tomografia computadorizada <i>multislice</i>

PISA	Plataforma de imagens na sala de autópsia
RM	Ressonância magnética
SVOC	Serviço de Verificação de Óbitos da Capital
TC	Tomografia computadorizada
UH	Unidade Hounsfield

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios de exclusão de imagem.....	39
Tabela 2 - Dados epidemiológicos dos pacientes e IPM inicial (i) e final (f) em que as imagens foram obtidas.....	43
Tabela 3 - Comorbidades e causas de morte dos pacientes analisados	44
Tabela 4- Valores observados de IPMe e Dif 42, valores previstos de estimativas do erro padrão de e intervalos de confiança de 95% para a previsão	51

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Densidade de todos os tecidos, fluidos e órgãos parenquimatosos	29
Figura 2. Segmento torácico: janela para mediastino (esquerda) e para parênquima pulmonar (direita)	31
Figura 3. Método utilizado para medida da atenuação do parênquima pulmonar (janela pulmonar)	36
Figura 4. Método utilizado para medida da atenuação do conteúdo intracardíaco (janela de mediastino)	36
Figura 5. Imagem excluída do presente estudo por processo de consolidação pulmonar (janela pulmonar).....	37
Figura 6. Imagem excluída do presente estudo por artefato produzido por marcapasso cardíaco (janela de mediastino)	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Perfis individuais de atenuação (densidade) na faixa anterior (local O) e na faixa posterior (local 1) do pulmão direito	45
Gráfico 2. Perfis individuais da diferença de atenuação (densidade) entre a faixa anterior (local 0) e a faixa posterior (local 1) do pulmão direito	46
Gráfico 3. Perfis individuais de atenuação (densidade) no segmento anterior do átrio direito (local 2), no segmento posterior do átrio direito (local 3) e no segmento posterior do átrio esquerdo (local 4)	47
Gráfico 4. Perfis individuais da diferença de atenuação (densidade) entre o segmento anterior e posterior do átrio direito (Dif 32), e entre o segmento anterior do átrio direito e o posterior do átrio esquerdo (Dif 42)	47
Gráfico 5. Perfis individuais da diferença de atenuação entre o segmento anterior do átrio direito e o posterior do átrio esquerdo (Dif 42) nos casos com e sem cardiopatia.	48
Gráfico 6. Modelo de Mitscherlich ajustado e perfis individuais no grupo sem cardiopatia	49

ZERBINI, T. *Estimativa do intervalo postmortem por análise de imagens tomográficas das hipóstases viscerais torácicas*. 2013. 95f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Em casos de investigação criminal, a determinação do tempo de morte pode inocentar ou culpar algum suspeito. Atualmente, os estudos publicados relacionados ao advento da autópsia virtual não consideram a possibilidade da utilização dos exames complementares de imagem como auxílio à estimativa do intervalo *postmortem*, sendo esta uma das principais motivações para a realização do presente estudo, já que a tomografia computadorizada é excelente método de medida de densidade. Diante desse cenário, o objetivo do trabalho foi aprimorar a estimativa do intervalo *postmortem* por meio da avaliação tomográfica das hipóstases viscerais torácicas. Foi realizado estudo prospectivo observacional com dados obtidos de 23 corpos de pacientes de ambos os sexos que foram encaminhados ao Serviço de Verificação de Óbitos da Capital São Paulo. Foram obtidos cortes tomográficos do segmento torácico de modo sequencial utilizando-se o tomógrafo SOMATOM® Emotion syngo CT 2012E, com intervalo de uma hora entre os exames, a fim de permitir a análise das modificações de densidade das hipóstases ao longo do tempo. Na janela de mediastino, foram selecionados os átrios direito e esquerdo para obtenção das medidas de densidade tecidual média. Foi possível concluir que a maioria das hipóstases pulmonares se estabiliza entre 8 e 12 horas e as hipóstases intracardíacas em torno de 12 horas. Além disso, o modelo estatístico de Mitscherlich pode ser utilizado para descrever o comportamento da hipóstase em função do intervalo de morte decorrido.

Descritores: Autópsia; tomografia computadorizada por raios X; mudanças depois da morte.

ZERBINI, T. *Estimated postmortem interval by analysis of tomographic images of the hypostasis of thoracic organs*. 95f. Thesis (Doctorate) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

In cases of criminal investigation, the determination of the time of death can acquit or condemn a suspect. Currently, the published studies related to the raising of the postmortem CT do not consider the possibility of using the complementary image exams as support to the estimate of the postmortem interval, being that one of the main motivations to the execution of the present study, once the multislice computed tomography is an excellent method of measure of density. In this scenery, the goal of this study was to improve the precision of the determination of the time of death through the tomographic evaluation of the visceral thoracic hypostasis. A prospective study was performed with data obtained from 23 bodies of patients, which were forward to the autopsy center of the city of São Paulo. Tomographic images of thorax were obtained sequentially, by using SOMATOM® Emotion syngo CT 2012E, with intervals of one hour each one between the exams, in order to allow the analysis of the modifications of the density of the hypostasis over time. In the mediastinum window, the right and left atrium were selected in order to obtain the measures of the average organ density. It was possible to conclude that the majority of the pulmonary hypostasis would stabilize between 8 and 12 hours and the intracardiac hypostasis around 12 hours. Furthermore, the statistical model of Mitscherlich can be used to describe the behavior of the images according to the postmortem interval.

Descriptors: Autopsy; computed tomography; postmortem changes.

APRESENTAÇÃO

Autópsias são, tradicionalmente, úteis na melhora da qualidade da atenção à saúde, uma vez que as conclusões obtidas nos exames fornecem informações complementares sobre as doenças de pacientes, permitindo, assim, a melhora da qualidade da terapêutica que pode ser oferecida, o controle da qualidade do atendimento prestado e o acesso a inovações tecnológicas nas pesquisas laboratoriais (Ladich et al., 2006; Lundström et al., 2012).

Originalmente, a autópsia é considerada o exame científico dos cadáveres em que todo o corpo e todos os órgãos são expostos e examinados para determinar a causa da morte e as circunstâncias a ela relacionadas (Patowary, 2012). Além disso, os elementos encontrados no exame podem servir como provas em casos de investigação criminal relacionadas à morte (Lundström et al., 2012; O'Donnell e Woodford, 2008).

No século XX, a autópsia convencional apresentou poucas mudanças, consistindo em exame externo e na evisceração, dissecação dos órgãos para identificação de alterações macroscópicas e de lesões e coleta de amostra para exame histopatológico (Roberts et al., 2012). O exame externo minucioso é fundamental para fazer a distinção entre alterações fisiológicas e lesões de interesse forense, o que atualmente só pode ser feito pelo modo convencional (Hammer e Büttner, 2012). Entretanto, o exame possui algumas limitações, tais como não reprodutibilidade, restrições ao exame minucioso das estruturas orgânicas mais inacessíveis e a dificuldade das autoridades judiciais e policiais em entender os termos médicos complexos utilizados pelos examinadores (Cha et al., 2010).

Nas últimas décadas, o número de autópsias realizadas na Europa, nos Estados Unidos e na América Latina diminuiu (Ladich et al., 2006; Pompilio e Vieira, 2008; Burton e Basha, 2012). Como exemplo no Brasil, temos o Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, que realizou o exame em 75,6% dos óbitos ocorridos entre 1996 e 2000, porcentagem que caiu para 44,3% entre 2001 e 2006. Os motivos da diminuição do número de exames são diversos, entre eles o medo por partes dos médicos assistentes de discrepância entre a causa da morte determinada na autópsia e as hipóteses diagnósticas levantadas durante o atendimento antes da morte, e até mesmo descrença dos profissionais que praticam a medicina assistencial. Entretanto, esse quadro pode ser revertido com novas técnicas implantadas para a realização das autópsias, uma vez que os avanços tecnológicos são traduzidos em maior credibilidade para esse tipo de exame (Pompilio e Vieira, 2008). No início da década de 90 do século XX, a Universidade de Berna, localizada na Suíça, começou a realizar pesquisas em cadáveres utilizando tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM), com o objetivo de comparar os resultados obtidos com os da autópsia tradicional, surgindo o projeto *Virtopsy*®, que consiste em um meio de análise baseado na aquisição de imagens com o fim de auxiliar os métodos já conhecidos (Cha et al., 2010; Patowary, 2012).

Seguindo a tendência mundial de utilização de novas técnicas nos exames cadavéricos, a Universidade de São Paulo iniciou o projeto “Plataforma de imagens na sala de autópsia”, conhecido como *PISA*, que recebeu verbas da Fundação de Amparo e Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Inicialmente, foi adquirido aparelho de tomografia computadorizada multislice (MSCT) alocado no Serviço de Verificação de Óbitos da Capital São Paulo, sendo este o primeiro aparelho adquirido no Brasil com a finalidade exclusiva de auxílio à autópsia.

Segundo Thali et al. (2003a), os exames complementares na autópsia podem auxiliar na determinação da causa da morte, na descrição de alterações morfológicas de todos os tecidos humanos, na elucidação de reação vital e da sequência de injúrias que levaram à morte, na reconstrução das lesões encontradas e na melhora da visualização dos achados da autópsia. Ou seja, além dos elementos adquiridos por meio da autópsia convencional, os exames complementares de imagem permitem a apresentação gráfica das lesões e a dinâmica dos fatos nos laudos médicos e nos depoimentos perante os tribunais com maior precisão, aumentando, assim, a possibilidade de entendimento dos elementos técnicos por leigos em Medicina.

A autópsia virtual também pode ser vista como uma opção à autópsia convencional perante as religiões que não toleram a realização da autópsia convencional. O hinduísmo, por exemplo, não proíbe, porém não concorda com a autópsia tradicional, enquanto o islamismo e o judaísmo proíbem sua realização, exceto quando obrigados pela legislação dos países (Thali et al., 2007; Christe et al., 2010; Rutty e Rutty, 2011; Roberts et al., 2012).

A estimativa do tempo de morte, denominado intervalo *postmortem*, é fundamental em casos de investigação criminal, pois tal descoberta pode inocentar ou culpar algum suspeito, uma vez que referido dado vai ser comparado aos álibis fornecidos pelos investigados (Kaliszan et al., 2009). No âmbito civil, a estimativa do intervalo *postmortem* (IPM) se faz necessária em caso de comorientes (Nery Junior e Nery, 2012). Apesar das técnicas utilizadas atualmente, ainda não se pode estabelecer com exatidão a hora do fato, mas sim uma aproximação em faixa de tempo segura (Hercules, 2005). De acordo com Kaliszan et al. (2009), a estimativa do intervalo *postmortem* nas primeiras 6 horas apresenta margem de erro de 2 horas, aumentando para margem de 3 horas nas 14 horas seguintes e para 4,5 horas nas 10 horas

subsequentes. Os parâmetros mais utilizados pela Medicina Legal para a estimativa do intervalo *postmortem* são a rigidez cadavérica, a desidratação cadavérica, o resfriamento cadavérico e a deposição de hipóstases (Fávero, 1991).

Atualmente, os estudos publicados relacionados ao advento da autópsia virtual não consideram a possibilidade da utilização dos exames complementares de imagem como auxílio à estimativa do intervalo *postmortem*, sendo esta uma das principais motivações para a realização do presente estudo. Diante desse cenário, objetiva-se aprimorar a precisão da estimativa do intervalo *postmortem* por meio da avaliação tomográfica das hipóstases viscerais torácicas e a incorporação de novo método de investigação na esfera jurídica.

O fundamento teórico do presente estudo foi realizado na base de dados PubMed® utilizando-se os descritores selecionados no MeSH®: “*autopsy*” e “*postmortem changes*”, o que resultou em 717 artigos. Para o refinamento da revisão, foram adicionados os termos “*tomography, X-ray computed*” ou “*magnetic resonance imaging*”, resultando em 39 e 23 artigos, respectivamente. O número de trabalhos corresponde à revisão bibliográfica atualizada até o dia 05 de março de 2013. Os artigos foram selecionados pela língua de publicação (inglês e espanhol), sendo excluídos os demais idiomas (japonês, russo e alemão). Além disso, foram utilizados artigos em língua portuguesa publicados na base de dados médicos Scielo® e no portal USP relacionados às ciências forenses, livros-texto e legislação pertinentes ao estudo.

1 MEDICINA LEGAL E PATOLOGIA FORENSE

A Medicina Legal é a área de interseção entre os campos de conhecimento da Medicina e do Direito, devendo o especialista aplicar seus conhecimentos médicos para servir à justiça (Muñoz, 1997). Segundo Carvalho et al. (1987), “a justiça é um dos problemas fundamentais de qualquer organização social. Ela refere-se a atos humanos (...) é o dever de dar a cada um o que lhe pertence”. Em outras palavras, a especialidade não tem o objetivo de auxiliar a saúde, mas sim de fornecer conhecimento para manter o equilíbrio social.

Tourdes (apud Faillace, 1972) dividiu a história da Medicina Legal em cinco fases: antiga, romana, média, canônica e moderna ou científica. Assim, a primeira fase (antiga) compreende o primeiro marco da relação entre estas duas grandes áreas de conhecimento e ocorreu no século XVII a.C., quando foi promulgado o Código de Hamurabi, Código Penal mais antigo de que se tem conhecimento. O período também abrange a utilização das técnicas de embalsamento no Egito, o início da realização da docimásia fetal na Grécia e a exposição das bases éticas de Hipócrates. Entretanto, a primeira citação do exame médico de uma vítima de homicídio refere-se à morte de Júlio César no ano 44 a.C., no qual se constatou a presença de 23 golpes de faca (dos quais apenas um foi mortal), sendo este o início da fase romana (Faillace, 1972; Hercules, 2005). A fase da Idade Média se inicia com Carlos Magno, quando foi instituído que os juízes deveriam se apoiar nos exames médico-legais dos cadáveres para embasar suas sentenças. A fase canônica foi marcada pela interferência dos pontífices no direito, sendo determinada a necessidade das perícias pelo papa Giovanni XXII (Faillace, 1972). Entretanto, a Medicina Legal nasceu oficialmente somente em

1507 na Alemanha com a promulgação do Código de Bamberg, que instituiu a atuação de médicos em processos judiciais (Muñoz et al., 2012).

No Brasil, a história da Medicina Legal pode ser dividida em três fases, segundo Oscar Freire (apud Faillace, 1972). A primeira fase ou “fase estrangeira” compreende o primeiro trabalho científico publicado por Gonçalves Gomide em 1814 e compilações de livros estrangeiros, sendo a primeira autópsia realizada em 1855 (Faillace, 1972; Carvalho et al., 1987). A segunda fase se iniciou com Souza Lima, que inaugurou cursos práticos de Medicina Legal. A terceira fase ou “fase científica” foi iniciada por Nina Rodrigues na Bahia, que traçou novas normas para o estudo de Criminologia no país e deixou discípulos como Oscar Freire, Afrânio Peixoto, Hilário Veiga de Carvalho, Flamínio Fávero e Estácio de Lima (Faillace, 1972). Em 1918, Oscar Freire veio para São Paulo para instalar a cadeira de Medicina Legal da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (Carvalho et al., 1987).

Para evitar conflitos conceituais entre Medicina Legal e Patologia Forense, é fundamental estabelecer a diferença de entendimento sobre as referidas áreas de acordo com o Direito Anglo-Saxão e com o Direito Romano-Germânico. O Direito Anglo-Saxão é baseado no sistema da *common law*, “de direito não-escrito”, e tem “o seu direito objetivo em princípios declarados pelas Cortes judiciárias com fundamento em uma teórica tradição imemorial” (Pereira, 1993). Já o Direito Romano, seguido principalmente na América Latina e Europa Continental, é estruturado no sistema da *civil law*, ou seja, baseado em leis, que são atos normativos elaborados pelos representantes eleitos pela população, sendo o papel atribuído ao Poder Judiciário mais restrito (Verbicaro, 2008).

Segundo Flamínio Fávero (1987), a especialidade Medicina Legal é a “aplicação dos conhecimentos médico-biológicos na elaboração e execução das leis que deles

carecem”, conceito que traduz o entendimento do Direito Romano-Germânico, seguido no Brasil. A Patologia Forense, no Direito Romano, pode ser considerada como a área que estuda as doenças que sejam de interesse jurídico, visto que o termo “Patologia” é derivado do grego *pathos*, que significa *sofrimento, doença*, e “Forense” está relacionado ao âmbito jurídico. Em outras palavras, a Patologia Forense no Brasil pode ser considerada como a interseção entre os campos de conhecimento da Medicina Legal e da Patologia. A doutrina anglo-saxônica entende que Patologia Forense é o ramo da Medicina que aplica os princípios e conhecimentos da ciência médica aos problemas do campo jurídico (Geberth *apud* Di Maio e Di Maio, 1993). Ou seja, o conceito de Patologia Forense do Direito anglo-saxônico pode ser equiparado ao da Medicina Legal no Brasil. A Medicina Legal é considerada, por alguns autores, uma das áreas que devem ser consideradas de maior interesse público, apesar de ter um menor número de profissionais em atuação quando comparada a outras áreas médicas (Dolinak et al., 2005).

A tanatologia forense, um dos ramos da Medicina Legal criminal, tem como um de seus principais objetivos a estimativa do intervalo *postmortem*, que pode ser usado para inocentar ou não algum suspeito (Di Maio e Di Maio, 1993). Desse modo, o processo de investigação precisa envolver não só a análise do corpo, mas também os elementos que o circundam, pois estes podem fornecer informações importantes para a complementação do estudo do cadáver (Fávero, 1991; Knight, 1991; Dolinak et al., 2005).

O exame do cadáver pode ser denominado de diversas formas: exame necroscópico, autópsia, necroscopia, tanatoscopia ou necrópsia, sendo “autópsia” a terminologia mais utilizada mundialmente. De acordo com os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS®), criado pela Biblioteca Regional de Medicina (BIREME) para servir

como uma linguagem única na indexação de artigos de revistas científicas, livros, anais de congressos, relatórios técnicos, e outros tipos de materiais disponíveis na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), os descritores a serem utilizados para referência ao assunto são “autópsia” ou sua sinonímia “necrópsia”, sendo, portanto, ambos os termos considerados corretos nos textos publicados em português. Na literatura de língua inglesa, o descritor utilizado é “autopsy”, de acordo com o *Medical Subject Headings* (MeSH®), que possui o mesmo propósito do DeCS®.

Os referidos exames podem ser realizados em casos de morte violenta, suspeita ou natural. Morte violenta é a que resulta de uma ação externa e lesiva, seja ela imediata ou tardia; a morte suspeita é a que apresenta possibilidade de ter ocorrido de modo violento, sendo geralmente as de forma súbita e sem causa evidente; as mortes naturais são decorrentes de processos mórbidos que não tenham relação com fatores exógenos (França, 2004). A documentação de todos os casos é de extrema importância, uma vez que garante a correta interpretação dos dados nas análises posteriores realizadas (Dolinak et al., 2005). Desse modo, o examinador deve sempre estar pronto para apresentar os dados obtidos e prestar seu depoimento, quando necessário, em casos que vão a julgamento, sendo essencial transformar a linguagem técnica em uma forma acessível a todos (Di Maio e Di Maio, 1993).

Entre os elementos essenciais da esfera forense citados anteriormente, a estimativa do intervalo *postmortem* assume maior abrangência do ponto de vista jurídico, uma vez que possui relevância nas duas grandes áreas do Direito: Penal e Civil. Nos casos criminais, conforme já referido anteriormente, o horário da morte pode eliminar ou sugerir suspeitos, confirmando ou derrubando o álibi apresentado (Di Maio e Di Maio, 1993). No âmbito civil, segundo o artigo 6º do Código Civil, a morte determina o fim da personalidade jurídica da pessoa natural, e a extinção da personalidade, por

consequente, inicia a transmissão da herança, de acordo com o previsto no artigo 1.784 do Código Civil (Brasil, 2002). Em casos de morte de um ou mais herdeiros na mesma ocasião, é de vital importância que se estabeleça o momento da morte de cada um com a maior precisão possível, visto que, se não for determinado qual óbito ocorreu primeiro, o Direito considerará falecimento simultâneo, de acordo com o princípio da comoriência previsto no artigo 8º do Código Civil: “Se dois ou mais indivíduos falecerem na mesma ocasião, não se podendo averiguar se algum dos comorientes precedeu aos outros, presumir-se-ão simultaneamente mortos” (Brasil, 2002). Portanto, o instituto da comoriência tem como finalidade a fixação de regras sucessórias, sendo a estimativa do intervalo *postmortem* de vital importância quanto à transmissão da herança. Pereira (1993) demonstra a importância da estimativa: “(...) A Medicina Legal socorre o jurista, fornecendo-lhe os meios técnicos de comprovação da morte e do momento em que ocorreu (...)”.

No Brasil, todas as vítimas fatais por causas externas devem ser periciadas no Instituto Médico Legal (IML), conforme dispõe o artigo 158 do Código de Processo Penal: “quando a infração deixar vestígios, será indispensável o exame de corpo de delito, direto ou indireto (...)” (Brasil, 1941). Já o Serviço de Verificação de Óbitos é responsável por “realizar necrópsias de pessoas falecidas de morte natural sem ou com assistência médica (sem elucidação diagnóstica)” (Brasil, 2006). Desse modo, é fundamental que as autópsias realizadas nas duas instituições estimem o intervalo *postmortem* do indivíduo, visto que haverá envolvimento jurídico na maior parte dos casos analisados.

A cronologia da morte, segundo Fávero (1991), “é o tempo em que aparecem as várias fases por que passa o cadáver, desde o instante em que se processa a morte”. O estudo da cronologia dos fenômenos envolvendo os cadáveres é chamado

cronotanatognose e permite a estimativa do intervalo *postmortem* do corpo analisado. Em vista da importância jurídica atribuída a esse fato, o presente trabalho pretende agregar novos conhecimentos para que tal estimativa possa ser realizada com maior precisão.

2 CRONOTANATOLOGIA

A estimativa do intervalo *postmortem* é um problema que sempre acompanhou a humanidade (Hercules, 2005; Vanezis e Trujillo, 1996). Segundo Thoinot (apud Fávero, 1991), a morte não é um momento, mas um verdadeiro processo. Apesar do avanço tecnológico da Medicina, ainda não se pode estabelecer com exatidão a hora do fato, mas sim uma aproximação em faixa de tempo segura, apesar da crença popular e da divulgação da maioria das séries policiais de televisão (Dolinak et al., 2005).

A estimativa do momento da ocorrência do óbito pode ser realizada por meio do estudo dos fenômenos que se iniciam com a morte, sendo esta análise chamada cronotanatognose (Hercules, 2005), que fornecerá o intervalo de tempo entre o óbito e o exame pericial, conhecido como intervalo *postmortem* ou IPM (Knight, 1991).

Os fenômenos cadavéricos são inevitáveis e progressivos, a não ser que o corpo seja congelado ou embalsamado (Dolinak et al., 2005). Na prática, as alterações se iniciam a partir do momento da morte, entretanto, didaticamente, podem ser divididos em dois grandes grupos, segundo a Classificação de Borri: abióticos ou avitais e transformativos (Fávero, 1987). Os abióticos ainda podem ser subdivididos em imediatos e consecutivos. Os fenômenos imediatos são consequência da cessação das funções vitais e são considerados apenas sinais de presunção de morte, uma vez que podem ser revertidos, sendo eles a perda da consciência, imobilidade, arreflexia, parada da circulação e da respiração, entre outros. Os fenômenos consecutivos seguem-se aos imediatos, sendo utilizados para o diagnóstico propriamente dito da morte, entre eles a rigidez muscular, a desidratação cadavérica, o resfriamento cadavérico e a hipóstase, que serão melhor abordados abaixo por serem o foco do presente estudo. Por fim, os

fenômenos transformativos podem ser destrutivos (putrefação e maceração) ou conservadores (mumificação e saponificação) (França, 2004; Knight, 1991; Fávero, 1991). Os fenômenos transformativos não serão discutidos no presente trabalho, pois a pesquisa foi realizada com corpos que ainda não haviam iniciado a putrefação.

2.1 Rigidez cadavérica

A rigidez cadavérica é decorrente do endurecimento dos músculos em decorrência de alterações químicas que ocorrem no mioplasma, que começam a acontecer logo após a morte, mas que somente são notadas após algumas horas (Dolinak et al., 2005). A contração muscular em vida ocorre pela ligação da actina e da miosina presentes nas fibras musculares, cuja energia para ocorrência é decorrente da quebra da adenosina trifosfato (ATP) em adenosina difosfato (ADP), sendo um mecanismo aeróbio. Além disso, a ATP é responsável pela elasticidade e plasticidade muscular (Tsokos e Byard, 2012). Entretanto, a formação de ADP novamente em ATP depende do oxigênio tecidual, que não mais é fornecido após a morte, gerando diminuição do ATP e aumento do ácido lático intracelular por anaerobiose. Assim, a ligação de actina e miosina torna-se mais duradoura e forte, ocasionando a rigidez muscular percebida nos cadáveres (Knight, 1991; Tsokos e Byard, 2012).

Segundo França (2004), a rigidez torna-se perceptível em 1-2 horas, seguindo a sequência crânio-caudal, ou seja, inicia-se nos músculos da face, pescoço, tórax, braços e por último as pernas (Calabuig, 2005; França, 2004). A rigidez é progressiva e atinge o máximo em 8 a 12 horas, dependendo da temperatura do ambiente (França, 2004; Dolinak et al., 2005). Knight (1991) e Tsokos e Byard (2012) defendem que a rigidez pode atingir seu máximo em 6 a 12 horas. É fundamental que a rigidez muscular não seja confundida com rigidez articular, visto que as estruturas ósseas e cartilaginosas não

estão envolvidas no mecanismo de formação do enrijecimento pós-mortal (Spitz e Fisher, 1993).

Se a rigidez é desfeita mecanicamente durante sua evolução, o membro pode se tornar novamente rígido na nova posição. Entretanto, se a rigidez for desfeita mecanicamente após atingir seu máximo, não há novo enrijecimento. Além do ato mecânico, a rigidez começa a se desfazer somente com a putrefação do corpo (Dolinak et al., 2005; Tsokos e Byard, 2012), sendo sua duração máxima de 18 a 36 horas (Knight, 1991) ou até de 50 horas (Tsokos e Byard, 2012).

Os fatores que podem acelerar a formação da rigidez são infecções, eletrocussão, temperatura corpórea elevada antes da morte, temperatura ambiente elevada, extremos de idade, indivíduos atléticos e mortes por hemorragia. Corpos que estejam em temperatura ambiente baixa ou que apresentem pouca massa muscular, excesso de gordura corporal ou anasarca apresentam rigidez menos marcante (Calabuig, 2005; Dolinak et al., 2005).

2.2 Desidratação cadavérica

Condições ambientais caracterizadas por temperaturas elevadas e bem ventilados geram evaporação dos líquidos cadavéricos, mecanismo que se traduz por diminuição do peso do cadáver e por ressecamento cutâneo e de mucosas. A perda de peso varia com as condições do ambiente e com os fatores individuais, sendo mais marcante nos extremos da idade (Calabuig, 2005). De acordo com França (2004), nos fetos e recém-nascidos perde-se de 8 a 18g/kg/h nas primeiras horas. Porém, para utilização deste parâmetro para estimativa do IPM, é necessário saber o peso da pessoa no momento de sua morte.

O ressecamento cutâneo gera um apergaminhamento da pele, que se traduz por um aspecto amarelado, seco, duro e espesso, semelhante ao pergaminho (Calabuig, 2005; França, 2004). Já o ressecamento da mucosa resulta no seu escurecimento, o que pode ser confundido com cianose ou lesões por compressão ou cáusticas (França, 2004; Dolinak et al., 2005). A desidratação também pode ser notada no globo ocular, uma vez que ocorre perda da transparência da córnea com formação da tela viscosa, aparecimento da mancha de Sommer-Larcher na esclera exposta ao ambiente (pálpebras semicerradas) e afundamento do globo ocular decorrente da diminuição da pressão intra-ocular por evaporação do líquido local (Calabuig, 2005).

2.3 Resfriamento cadavérico

O organismo homeotermo vivo somente mantém sua temperatura em decorrência de processos exotérmicos (Calabuig, 2005). A perda da capacidade do organismo em manter sua homeostase faz com que a temperatura corpórea entre em equilíbrio com o ambiente. Tradicionalmente, os estudos realizados na área foram desenvolvidos em locais em que a temperatura é menor do que a do corpo no momento da morte, sendo este o motivo do fenômeno ser conhecido como resfriamento cadavérico ou *algor mortis*. Entretanto, como o fenômeno é decorrente da perda da homeostase, se o corpo estiver em ambiente com temperatura acima da temperatura corporal no momento da morte, os tecidos irão “esquentar”, e não “resfriar” (Dolinak et al., 2005).

Os métodos de estimativa do IPM baseados na temperatura são os mais utilizados, principalmente nas primeiras 24 horas (Al-Alousi et al., 2002; Honjyo et al., 2005; den Hartog e Lotens, 2004). Rentoul e Smith (apud França, 2004) propuseram uma fórmula simples, levando em consideração um esfriamento médio de 1,5°C por hora: $H = \frac{N - C}{1,5}$, em que H seria o tempo calculado, N a temperatura retal normal de 37,2°C e C a

temperatura retal no momento do exame (França, 2004). Para Nokes et al. (1992), não é possível estimar o IPM com fórmula tão simples.

A medida da temperatura pode ser realizada em diversos sítios, entre eles cérebro, fígado, orelha externa e reto (Al-Alousi et al., 2002; Nokes et al., 1992). Inicialmente, as investigações utilizavam a pele da região abdominal, porém a técnica se tornou obsoleta, sendo substituída principalmente pela temperatura retal, uma vez que este é um método menos invasivo e de fácil realização na cena do crime (Morgan et al., 1988; Henssge et al., 2000; Hubig et al., 2011). Entretanto, as estimativas baseadas na temperatura sempre apresentam a mesma dificuldade: a temperatura corpórea no exato momento da morte não é conhecida, portanto as fórmulas devem “assumir” uma temperatura média normal ou fazer regressão dos dados para estimar a temperatura no horário do óbito (Nokes et al., 1992).

Nos últimos 20 anos, os estudos desenvolvidos na Universidade de Glasgow com termografia de micro-ondas apresentaram evoluções significativas (Al-Alousi et al., 2001a). Porém, como a técnica é recente na prática médica, as temperaturas normais do corpo ainda não estão bem estabelecidas (Al-Alousi et al., 2002). Segundo Al-Alousi et al. (2001b), o intervalo de confiança para a estimativa do IPM baseado neste método é de 68%, sendo o cálculo feito por software próprio para o sistema operacional Windows®.

É consenso que a temperatura corporal tem resfriamento menos intenso nas primeiras horas após o óbito, apresentando queda mais intensa cerca de 3 horas após (Nokes et al., 1992). Existem fatores que interferem na mudança de temperatura corpórea após a morte: o resfriamento do corpo pode ser desacelerado nas mortes decorrentes de sepse, insolação, sufocação e em cadáveres obesos, enquanto as hemorragias e as intoxicações por álcool e arsênico aceleram esse processo (Calabuig,

2005). Além disso, a temperatura ambiente e a quantidade de roupas que a vítima estava usando também são fatores de forte influência na modificação da temperatura corporal após a morte (Green e Wright, 1985).

Honjyo et al. (2005) propõe utilização de fórmula matemática para realizar a estimativa do IPM com base na temperatura retal aliada a medidas de rigidez, hipóstase e opacificação da córnea. Entretanto, relata que o trabalho apresenta grande limitação, visto que a fórmula somente pode ser aplicada em ambientes em que não haja flutuações da temperatura ambiente.

2.4 Hipóstase

A pressão intravascular cai a zero assim que a circulação sanguínea se interrompe. Desse modo, a única força atuando sobre o sangue é a gravidade, uma vez que a propulsão arterial e o retorno venoso se tornam incapazes de mover o sangue para a rede capilar. A força da gravidade, então, atrai os elementos sanguíneos para as partes do corpo mais próximas do solo, sendo os eritrócitos os elementos que mais se concentram nas porções mais baixas dos vasos (Knight, 1991). Além da sedimentação, o plasma se difunde para fora da luz vascular por falta de pressão coloidal, o que leva a um hematócrito acima de 80% das regiões mais baixas do corpo (Jackowski et al., 2006; Thali et al., 2003b; Sannohe, 2002). O sangue com hematócrito normal possui viscosidade 3 a 4 vezes a da água, entretanto essa proporção aumenta consideravelmente pela difusão lenta do plasma para fora dos vasos (Sannohe, 2002). A concentração dos eritrócitos no sistema vascular e a difusão do plasma são vistas como coloração vermelho-arroxeadas nos tecidos adjacentes, que é a chamada mancha de hipóstase ou *livor mortis* (Knight, 1991; Dolinak et al., 2005; Sannohe, 2002).

Por ser um mecanismo dependente da gravidade, a formação da hipóstase depende da posição em que o corpo está e não acontece em locais em que haja pressão ou colapamento dos vasos, como nos pontos em que o corpo está apoiado (Noriko, 1995; Knight, 1991). Nestes locais, a pele se torna mais esbranquiçada, uma vez que o sangue contido dentro dos vasos é “empurrado” pela compressão do corpo contra a superfície (Knight, 1991; Sannohe, 2002). Em pessoas com a pele mais escura, a hipóstase pode ser difícil de ser notada (Spitz e Fisher, 1993), existindo a possibilidade de ser confundida com equimoses por examinadores menos experientes, sendo fundamental saber o conceito das duas alterações para que não haja erro de interpretação (Di Maio e Di Maio, 1993).

A velocidade de ocorrência dessa deposição depende do diâmetro dos vasos e da viscosidade do sangue, ou seja, a deposição é mais rápida em vasos mais dilatados e com viscosidade sanguínea diminuída (Hércules, 2005). De acordo com Fávero (1991), o aparecimento das hipóstases na cidade de São Paulo ocorre em 10 minutos após a morte, tornando-se visíveis em 1 a 3 horas e se fixando em torno de 8 a 12 horas. Knight (1991) defende que a hipóstase começa a se formar 30 minutos após a morte. Segundo Dolinak et al. (2005), sua formação inicia no momento da parada cardíaca, tornando-se perceptível após 3-4 horas e mais marcante em 6-8 horas, com seu desenvolvimento completo na pele em 10-12 horas. Calabuig (2005) considera que a hipóstase se torna perceptível na pele em 1h45min e atinge seu máximo em 12-15 horas. Já França (2004) considera que as manchas se iniciam em 2-3 horas de IPM.

Após a formação completa da hipóstase, começa a ocorrer a fixação da mesma, ou seja, a mancha de hipóstase não se modifica, independente da mudança de posição do corpo (Spitz e Fisher, 1993; Fávero, 1991; Hércules, 2005). Noriko (1995) disserta sobre duas teorias para explicar o mecanismo de fixação da hipóstase: difusão da

hemoglobina e hemoconcentração. O primeiro mecanismo seria decorrente da difusão da hemoglobina para a parede vascular e para os tecidos adjacentes, formando uma “nuvem de hemoglobina” que não mais se desprende do local. Já o segundo mecanismo seria decorrente da hemoconcentração intravascular por extravasamento do plasma. Entretanto, em estudo realizado por análise imunohistoquímica para detecção de hemoglobina nas hipóstases, o autor defende que a fixação ocorre somente por hemoconcentração, que gera um complexo de células vermelhas sedimentadas e aderidas à parede do vaso (Noriko, 1995; Sannohe, 2002).

Se o corpo for movido antes de sua fixação, a hipóstase irá se mover para o local mais próximo do solo. Entretanto, se já estiver fixa, permanecerá no mesmo local independente da posição em que o corpo for colocado (Knight, 1991). De acordo com França (2004), a fixação da hipóstase ocorre em torno de 12 horas após a morte. O mecanismo de formação da hipóstase já foi estudado por meio de colorimetria, que encontrou hipóstase móvel nas primeiras 12 horas de IPM, sendo a fixação na maioria dos casos ao redor de 72 horas (Vanezis e Trujillo, 1996). Entretanto, existem relatos na literatura de ocorrência de fixação da hipóstase entre 6-8 horas, entre 12 e 24 horas ou até mesmo somente em 5 dias após a morte, dependendo das condições ambientais e individuais (Sannohe, 2002; Vanezis e Trujillo, 1996). A análise macroscópica da pele pode detectar petéquias na mancha de hipóstase, porém a formação destes diminutos pontos mais escurecidos no *livor mortis* é um fenômeno puramente pós-mortal, mais frequente em hipóstases fixas, não havendo relação com reação vital (Bockholdt et al., 2005).

A referida hemoconcentração ocorre tanto na pele quanto nos órgãos internos, produzindo assim a hipóstase visceral (Dolinak et al., 2005; Hercules, 2005, Takahashi et al., 2010). O pulmão é o órgão interno em que a hipóstase é mais facilmente vista,

sendo o local de formação mais escuro quando comparado ao parênquima pulmonar verticalmente oposto (Dolinak et al., 2005; Knight, 1991). Geralmente, o fenômeno é acompanhado por congestão e edema do parênquima mais próximo ao solo. A hipóstase também pode ser vista no coração e nas alças jejunais e ileais (Knight, 1991). Por ser decorrente de hemoconcentração, a hipóstase pode ser vista por meio de exames complementares de imagem, uma vez que apresenta densidade diferente dos tecidos adjacentes (Levy et al., 2010; Jackowski et al., 2006; Thali et al., 2003b).

Técnicas auxiliares para estimativa do intervalo *postmortem* têm sido descritas nas últimas décadas, tais como esvaziamento gástrico, estimulação elétrica muscular e medição dos níveis de potássio. Apesar de não serem aceitas por alguns autores, tal como Dolinak et al. (2005), as referidas técnicas serão melhor descritas abaixo, a fim de abranger o maior número de pesquisas relacionadas à cronotanatognose, possibilitando maior precisão da estimativa do intervalo *postmortem*.

2.5 Técnicas auxiliares para estimativa do IPM

A presença, aparência e quantidade de alimento no estômago podem ser úteis na estimativa do IPM. A análise deve considerar que o esvaziamento gástrico ocorre em uma velocidade conhecida; entretanto, sabe-se que o esvaziamento depende da quantidade e tipo de alimento ingerido, da ingestão de medicamentos ou drogas, patologias pré-existentes e das condições emocionais do indivíduo antes do falecimento. Como exemplo, temos que o estômago pode eliminar 150g de suco de laranja em 1h30min, enquanto demora 2 horas para eliminar 50g de alimento sólido (Spitz e Fisher, 1993).

A relação entre a concentração de potássio no humor vítreo e o IPM também é foco de estudo há muitos anos. Contudo, todas as fórmulas propostas baseavam-se no

valor inicial de potássio obtido por regressão, assim como a estimativa realizada com base na temperatura corpórea. Além disso, as medidas somente se tornam confiáveis se não houver distúrbios metabólicos antes da morte. De acordo com Muñoz et al. (2001), a concentração de potássio no humor vítreo aumenta proporcionalmente com o aumento do IPM, devendo a fórmula levar em consideração fatores de correção baseadas nos níveis de ureia e creatinina.

O líquido também já foi foco de estudos para se estabelecer parâmetros de estimativa do IPM em intervalo máximo de 24 horas, entretanto enfrentam o mesmo problema de se desconhecer os valores dos eletrólitos no momento da morte. Segundo Yadav et al. (2007), ocorre aumento da concentração de potássio e diminuição da concentração de sódio no líquido cefalorraquidiano, sendo proporcional ao aumento do IPM. A seguinte fórmula foi utilizada pelo autor: $y=ax+b$, onde y é a concentração do eletrólito, x é o IPM em horas e a e b são variáveis independentes obtidas por regressão linear.

Querido e Phillips (2001) defendem que existe correlação entre impedância elétrica extracelular e o IPM, ocorrendo aumento discreto da impedância na primeira hora após a morte, seguido de queda praticamente linear até 21 dias após a morte. Segundo os autores, o aumento inicial da impedância se deve à diminuição da saída de potássio e ao aumento da saída de sódio para o extracelular, que se equilibra após a primeira hora do óbito. Entretanto os estudos realizados até o momento foram conduzidos somente na parede abdominal de ratos.

Em 1999 foi desenvolvido na Alemanha estudo imunohistoquímico para se delimitar o intervalo *postmortem* tardio com base na presença de insulina nas ilhotas de Langerhans. Segundo Wehner et al. (1999), todos os casos com tempo de morte de até 12 dias apresentam positividade para insulina, enquanto há mistura de negativos e

positivos entre 12 e 30 dias, e negatividade de todos os casos após 30 dias de morte. Em outras palavras, o referido estudo é útil para se estimar intervalos *postmortem* tardios.

Além das técnicas auxiliares citadas, os exames complementares de imagem têm assumido maior importância no contexto das ciências forenses. Apesar de a radiografia já ser utilizada com esse enfoque há mais de 100 anos, foi somente com a introdução da tomografia computadorizada que as pesquisas na área foram alavancadas (Leth, 2009). Visto se tratar de assunto atual de grande relevância para a área e para o presente estudo, o próximo capítulo abordará a utilização de tais exames como ferramenta auxiliar à autópsia.

3 UTILIZAÇÃO DE EXAMES COMPLEMENTARES DE IMAGEM NA AUTÓPSIA

As técnicas radiológicas em exames cadavéricos têm sido utilizadas há mais de 100 anos (Bolliger et al., 2007; Leth, 2009). A radiologia forense teve seu início marcado em 1895 por Conrad Roentgen, porém somente começou a ser utilizada como auxílio a exames necroscópicos em 1898 (Thali et al., 2003a). Por muitos anos, os exames radiológicos se restringiram à procura de fraturas e à localização de corpos estranhos, tais como projéteis de arma de fogo (O'Donnell e Woodford, 2008). Entretanto, as expectativas da população em relação aos exames pós-mortais fazem com que os examinadores se vejam obrigados a buscar novas alternativas para seu trabalho, apesar das inovações tecnológicas serem melhor aceitas pelo público em geral do que pelos próprios patologistas (Rutty e Rutty, 2011).

A radiologia tem assumido grande importância em todas as disciplinas médicas pelo desenvolvimento de novas técnicas e melhores resoluções (Christe et al., 2010; Oesterhelweg et al., 2007). Entretanto, o potencial do exame não invasivo de imagem ainda não foi totalmente explorado pelas ciências forenses, pois existem poucas publicações a respeito do tema, sendo mais encontradas na radiologia clínica assistencial (Thali et al., 2007). “A triste verdade é que após um século da introdução das radiografias como forma de evidência nos tribunais, não há o real entendimento do potencial da radiologia na ciência forense” (Brogdon apud Thali et al., 2003b). Desse modo, as inovações da área médica assistencial também devem ser incorporadas à autópsia, o que aumenta as chances de elucidação dos casos analisados (Rutty e Rutty, 2011). Atualmente, um dos elementos disponíveis que devem ser abraçados pelos

profissionais da área é a tecnologia dos exames complementares de imagem (Davis, 2010).

Segundo Cha et al. (2010), a autópsia convencional tem algumas limitações, como a dependência da experiência do examinador, a falta de reprodutibilidade e a dificuldade de compreensão dos laudos pelas autoridades competentes. Além disso, as técnicas convencionais de raio X são suficientes para a detecção de corpos estranhos e lesões ósseas grosseiras, porém reduzem um corpo tridimensional à imagem bidimensional (Schnider et al., 2009). Desse modo, acrescentar imagens e reproduções tridimensionais (3D) dos órgãos pode facilitar a exposição dos dados obtidos e garante inúmeras reanálises que possam ser necessárias após a realização da autópsia (Dolinak et al., 2005). Com o objetivo de aprimorar os exames, as técnicas de imagem radiológica avançaram muito nas últimas décadas (Bolliger et al., 2007; Thali et al., 2003d; Filograna et al., 2010; Jackowski et al., 2006). Atualmente, os exames de imagem forense são considerados como um excelente complemento à autópsia convencional (Flach et al., 2010; Levy et al., 2010).

No ano 2000, iniciou-se o projeto “*VIRTOPSY*®”, desenvolvido por Richard Dirnhofer, ex-diretor da Medicina Forense de Berna (Suíça), e por Michael Thali, do Instituto de Medicina Forense da Universidade de Berna (Patowary, 2012). O projeto nasceu do desejo de implementação de novas técnicas que trouxessem benefício às ciências forenses (Thali et al., 2007). O termo *virtopsy*® tem origem na mistura de *virtual* e *autopsy*: *virtual* foi escolhido no sentido de *ser útil*, de acordo com a origem da palavra no latim antigo; *autopsy* é a combinação de *autos* (próprio, seu) e *opsomei* (vendo com os olhos), portanto *autopsy* significa ver com os próprios olhos. Como o objetivo do trabalho era eliminar a subjetividade contida em *autos*, o prefixo foi eliminado, criando-se o termo *virtopsy*® (Thali et al., 2003b). A hipótese inicial dos

pesquisadores era de que as imagens não invasivas poderiam permitir a visualização dos achados de autópsia e possivelmente adicionar informações novas a ela (Thali et al., 2007), argumentando que “se está fazendo uma autópsia convencional, está destruindo a geometria 3D do corpo” (Patowary, 2012). Ademais, a principal finalidade dos criadores era que a documentação obtida pudesse ser mais objetiva como evidência nos tribunais (Thali et al., 2003b).

O projeto *Virtopsy*® inicialmente utilizou a tomografia computadorizada multisllice (MSCT) e a ressonância magnética (RM) (Thali et al., 2003b; Christe et al., 2010; Patowary, 2012). No Brasil, o termo *virtopsy*® ficou conhecido como *autópsia virtual*. Apesar do termo não refletir o sentido original do termo *virtual*, ainda não existe outro termo para fazer referência à utilização dos exames complementares no auxílio às autópsias. A Universidade de Berna inicialmente estudou 40 corpos encaminhados ao Instituto de Medicina Forense da cidade, sendo os pacientes em sua maioria do sexo masculino, com média de idade de 46 anos, variando entre 6 meses e 83 anos, com causas de morte variadas (acidentes de trânsito, facadas, tiros, asfixia e mortes súbitas). Os aparelhos utilizados inicialmente foram o MSCT GE Lightspeed QX e o MRI GE 1.5T Signa Echospeed Horizon®. Os corpos apresentavam intervalo *postmortem* médio de 46 horas (Thali et al., 2003b). Os exames de imagem permitiram que os pesquisadores determinassem as causas das mortes, lesões traumáticas em tecidos moles e em ossos, reconstrução de trajetos e alguns aspectos relacionados à reação vital, tais como embolia gasosa, enfisema subcutâneo e aspiração de corpos estranhos. Entretanto, os exames não foram capazes de detectar sinais vitais hemorrágicos em pele e embolia gordurosa (Thali et al., 2003b).

No início das pesquisas, o aspecto normal dos órgãos após a morte não era conhecido, o que alavancou as pesquisas na área (Christe et al., 2010). Em 2005, o

Instituto Forense da Universidade de Berna adquiriu seu próprio MSCT e até 2007 já havia realizado mais de 100 exames de corpo inteiro (Thali et al., 2007). Após a divulgação dos estudos, o uso dos exames de imagem para complementar a autópsia convencional tem se tornado rotina em alguns países (Oesterhelweg et al., 2009).

A autópsia virtual oferece diversas vantagens, entre elas a obtenção da informação antes da realização da autópsia, a conservação de provas para o processo de investigação, a opção a familiares cujas religiões não aceitam a realização da autópsia tradicional (Thali et al., 2007; Christe et al., 2010), a redução do risco de infecção dos examinadores e menor tempo na realização dos exames (Patowary, 2012). Segundo Thomsen et al. (2009) e Oesterhelweg et al. (2007), os serviços que possuem os aparelhos para realizar os exames de imagem deveriam examinar todos os corpos para fins de pesquisa e documentação digital. Além disso, a documentação pode ser guardada por tempo maior do que o exame histológico (Yen et al., 2007). Entretanto, a autópsia convencional ainda permanece como ferramenta essencial na investigação criminal (Ladich et al., 2006).

Em artigo publicado pelo Lancet, em uma série de 182 casos, em relação aos achados de autópsia convencional houve discrepância de 32% com a TC, 43% com a RM e de 30% quando utilizados os dois métodos de imagem (Underwood, 2012; Roberts et al., 2012). Desse modo, os exames de imagem devem ser usados como complementação e não como substituição à autópsia (Rutty e Swift, 2004; Oemichen et al., 2003). Por serem os exames mais utilizados como auxílio à autópsia, a ressonância magnética e a tomografia computadorizada serão descritos com mais detalhes a seguir.

3.1 Ressonância Magnética

A imagem da RM, segundo Mazzola (2009)

é resultado da interação do campo magnético produzido pelo equipamento com os prótons de hidrogênio do tecido humano, criando uma condição para que possamos enviar um pulso de radiofrequência e, após, coletar a radiofrequência modificada, através de uma bobina ou antena receptora. Este sinal coletado é processado e convertido numa imagem ou informação.

As primeiras imagens somente foram adquiridas na década de 70 do século XX, apesar do fenômeno físico ter sido descrito em 1946 por Block e Purcell (Mazzola, 2009).

A ressonância magnética de corpo inteiro tem se tornado comum nos estudos oncológicos, tanto nas fases iniciais de pesquisa dos tumores quando na fase de estadiamento e procura de recidivas. Nas ciências forenses, a RM é útil na avaliação dos tecidos moles (Cha et al., 2010) e apresenta maior sensibilidade e especificidade na análise de traumas neurológicos, hemorragias e doenças não traumáticas, quando comparadas a TC (Thali et al., 2007). A análise de orifícios de entrada de projéteis de arma de fogo, por exemplo, pode ser realizada com 100% de acurácia por esse exame de imagem (Yen et al., 2007).

A ampliação da utilização da ressonância magnética esbarra nos altos custos da realização do exame. Além disso, necessita de maior estrutura para sua instalação (Thali et al., 2007; Patowary, 2012), o que pode explicar o menor número de publicações quando comparada à TC.

3.2 Tomografia Computadorizada

A utilização de TC na sala de autópsia atualmente é ferramenta importante na área forense, uma vez que permite o diagnóstico pré-autópsia, a documentação em casos de trauma e a direção de feridas em determinadas lesões (Jacobsen et al., 2009; Ampanozi et al., 2010; Thomsen et al., 2009). Além disso, permite o exame sem a preocupação a respeito da dose de radiação e de artefatos de movimento (Leth, 2009).

A TC é uma modalidade especial de procedimento com raios X que envolve a medida indireta da atenuação (ou enfraquecimento) dos raios X em diversas posições ao redor do paciente, sendo o grau de atenuação equivalente à densidade tecidual, medida em unidades Hounsfield - UH (Hofer, 2003). No início da década de 70 do século XX, a TC foi introduzida por Hounsfield e Cormack e começou a ser utilizada através de produção de imagens seccionadas do paciente e reconstruídas matematicamente. O primeiro exame realizado na área forense foi de vítima de lesão por projétil de arma de fogo (Schnider et al., 2009). Posteriormente, em 1998, a TC espiral, em que existe mais de uma linha de detectores de raios X dispostas uma ao lado da outra, passou a permitir a aquisição de imagens tridimensionais, sendo possível analisar as imagens de modo mais próximo a sua forma original ao realizar a varredura completa das regiões anatómicas em segundos, o que pode ser considerado o avanço mais recente conquistado pela radiologia forense (Hofer, 2003; Thali et al., 2003a; Thali et al., 2003d).

A MSCT permite documentação rápida e reconstrução em três dimensões (3D) do corpo examinado digitalmente (Oesterhelweg et al., 2007; Jackowski et al., 2006). Em estudo realizado em vítima fatal por projétil de arma de fogo, o exame completo do corpo por esse método foi realizado com sucesso em 60 segundos, tendo sido possível reconstruir os tecidos moles e as estruturas ósseas em 3D (Thali et al., 2003a). Ademais, o exame é capaz de mostrar sinais de reação vital ao tiro e de detectar resíduos depositados abaixo da pele (Thali et al., 2003d; Stein et al., 2000).

Em 2010, foi realizado estudo comparativo na Inglaterra entre os achados de autópsias de 90 pacientes com as imagens obtidas por tomografia computadorizada pouco antes dos óbitos, concluindo que em 66% dos casos era possível determinar qual seria a causa da morte somente por meio da análise das imagens (Owais et al., 2010).

Ou seja, os exames de imagem realizados antes da morte também podem ser utilizados pelos examinadores forenses como complemento à autópsia.

Em 2009, foi conduzido estudo na Dinamarca no qual foi encontrado 37% de total correlação entre os achados da autópsia e da TC, 14% com achados mais precisos pela TC e 49% com achados superiores pela autópsia convencional (Leth, 2009). No ano de 2012, foi conduzido estudo na Alemanha em 47 pacientes que faleceram em Unidade de Terapia Intensiva, tendo forte correlação (próxima a 100%) entre os dados obtidos por exames de imagem e pela autópsia convencional (Wichmann et al., 2012).

De modo geral, a tomografia computadorizada possui grande vantagem sobre a análise de fraturas e de coleções gasosas (Thali et al., 2007). A investigação forense de corpos em avançado estado de putrefação tem recebido grande auxílio dos exames complementares de imagem para a determinação da causa da morte, principalmente pelas imagens fornecidas pela MSCT (Jackowski et al., 2005; Thali et al., 2003c). Entretanto, apesar destas aplicações, a MSCT apresenta limitações, tais como a análise de lesões de tecidos moles superficiais e de cartilagens, traumas nos dentes e na pele, além do estudo de casos que envolvam intervenção médica (Thomsen et al., 2009; Jeffery et al., 2011).

Existem diversos aspectos tomográficos que são comuns em exames realizados após a morte, mas que seriam considerados muito alterados se analisados por especialistas acostumados a imagens obtidas antes da morte. Um radiologista clínico que tente interpretar imagens pós-mortais pode enfrentar grande dificuldade, uma vez que as alterações pós-mortais não fazem parte de seu cotidiano (O'Donnel e Woodford, 2008; Charlier et al., 2012). A hipóstase é um dos achados pós-mortais mais frequentes, podendo servir como instrumento de auxílio à cronotanatognose (Shiotani et al., 2002; Takahashi et al., 2010; Levy et al., 2010).

3.2.1 Estudo das hipóstases viscerais por Tomografia Computadorizada

A tomografia computadorizada é um excelente método de medida de densidade, uma vez que os tecidos apresentam atenuações dos raios X variadas, o que é visto nas imagens como tons de cinza, que por sua vez são tão mais claros quanto mais hiperdensos os materiais representados. Desse modo, o ar é representado pelo tom de cinza mais escuro, enquanto o osso e implantes metálicos apresentam os tons de cinza mais claros, conforme ilustrado na Figura 1 (Hofer, 2003).

FONTE: Hofer, 2003.

Figura 1. Densidade de todos os tecidos, fluidos e órgãos parenquimatosos

Por esse motivo, o exame pode ser utilizado para analisar as hipóstases viscerais (Thali et al., 2003b). O aspecto tomográfico da hipóstase pulmonar, por exemplo, ocorre por diferença de densidade entre a região hemoconcentrada no interior dos vasos e os espaços preenchidos por ar. O plasma apresenta a mesma densidade da água, enquanto a

região hemoconcentrada apresenta um sinal de alta densidade na tomografia computadorizada (Shiotani et al., 2002). Como os alvéolos preenchidos por ar apresentam um sinal de baixa intensidade, a hipóstase pulmonar causa um sinal hiperintenso em comparação com o parênquima pulmonar adjacente (Jackowski et al., 2006; Christe et al., 2010). Já a hipóstase intracardíaca pode ser visualizada pela separação gradativa dos elementos figurados e do plasma no conteúdo intracardíaco e na luz dos grandes vasos (Ishida et al., 2011).

A ocorrência de hipóstase pulmonar deve ser sempre lembrada, uma vez que apresenta aspecto tomográfico muito semelhante à consolidação pneumônica. A MSCT é excelente para visualizar a hipóstase pulmonar, apresentando melhor definição até mesmo quando comparada à ressonância magnética (Jackowski et al., 2006). A imagem obtida por tomografia permite inclusive diferenciar a hipóstase de contusões pulmonares e de broncoaspiração de sangue e de conteúdo estomacal (Thali et al., 2003b). Em relação à hipóstase intracardíaca e de grandes vasos, Ishida et al. (2011) relatam que é possível identificar a hipóstase na veia cava superior, no átrio direito, no ventrículo direito, na aorta torácica, no átrio esquerdo e no ventrículo esquerdo. Em série de 50 casos, os autores referem que a hipóstase foi facilmente observada em 55% dos pacientes, sendo os melhores locais para análise o átrio direito (88% dos casos), átrio esquerdo (88% dos casos) e aorta torácica (76% dos casos).

As hipóstases pulmonares e intracardíacas podem ser analisadas por meio de documentação radiológica de diferentes janelas. Para examinar o mediastino, a janela deve ser ajustada de forma que os músculos, vasos e gordura sejam claramente representados em tons de cinza, portanto a janela é centrada em 50UH e os valores de densidade ou atenuação serão representados por intervalos de -125UH a +225UH. Já o parênquima pulmonar precisa ser analisado com o centro da janela mais baixo quando

comparada à janela de mediastino, permitindo assim que as estruturas pulmonares com baixa densidade sejam vistas em tons de cinza, conforme ilustração da Figura 2 (Hofer, 2003).

FONTE: Hofer, 2003.

Figura 2. Segmento torácico: janela para mediastino (esquerda) e para parênquima pulmonar (direita)

Os estudos publicados referentes à análise tomográfica das hipóstases pulmonares e das hipóstases intracardíacas e de grandes vasos foram realizados somente com uma imagem de cada caso, não sendo realizada análise evolutiva das imagens com o aumento do intervalo *postmortem* (Shiotani et al., 2002; Levy et al., 2010; Ishida et al., 2011). Desse modo, sendo a hipóstase visceral um instrumento de auxílio à cronotanatognose, o presente estudo se propõe a realizar análise tomográfica das hipóstases pulmonares e intracardíacas de forma seriada, com horário de óbito bem definido, a fim de estabelecer parâmetros de imagem para a estimativa do intervalo *postmortem*.

4 OBJETIVOS

Foram propostos os seguintes objetivos para esta pesquisa:

4.1. Objetivo geral

Delinear método que aumente a precisão da estimativa do intervalo *postmortem* com base nos aspectos tomográficos das hipóstases viscerais torácicas.

4.2. Objetivos específicos

- Medir, de modo seriado, a densidade dos segmentos anteriores e posteriores do pulmão e do coração dos cadáveres submetidos à tomografia computadorizada com diferentes intervalos *postmortem*, com o fim de analisar se há modificação dos parâmetros ao longo do tempo;
- Estimar o intervalo *postmortem* de fixação das hipóstases viscerais torácicas;
- Ajustar fórmula matemática que permita estimar o intervalo *postmortem* de indivíduos cujo horário do óbito seja indeterminado.

5 MÉTODOS

Trata-se de estudo prospectivo observacional para fins diagnósticos e para delineamento de novo método.

5.1. Casuística

O presente estudo analisou os dados obtidos de 23 corpos de pacientes de ambos os sexos que foram encaminhados ao Serviço de Verificação de Óbitos da Capital (SVOC) para realização de autópsia durante o período de 17hs às 09hs, e que faleceram durante atendimento médico no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP), ou em outros hospitais da cidade de São Paulo.

Os casos a serem analisados eram selecionados previamente na recepção do SVOC, de acordo com a possibilidade de obtenção da hora da morte anotada na Guia de Encaminhamento do Cadáver ou no prontuário médico. A maioria dos corpos encaminhados para a realização da autópsia não estava acompanhado pela Guia de Encaminhamento; nesses casos, os pesquisadores solicitaram ativamente o envio do documento por meio de contato telefônico com a Delegacia de Polícia responsável pelo registro de ocorrência. Após a análise do referido documento, foram selecionados os casos que não seriam imediatamente autopsiados.

De cada sujeito da pesquisa, foram anotados dados epidemiológicos (idade, sexo, cor), morbidades apresentadas em vida, a hipótese da causa da morte e o horário do óbito presenciado pelo médico assistente, utilizando-se, para tal, de um Instrumento de Coleta de Dados (Anexo A). Os referidos dados foram obtidos por meio de análise

antropométrica do cadáver, do prontuário médico dos pacientes provenientes do HC-FMUSP e da Guia de Encaminhamento de Cadáver ao SVOC.

Os relatórios de autópsia emitidos pelo SVOC e pelo Departamento de Patologia da FMUSP foram analisados a fim de se anotar os dados do exame e as causas de morte que foram determinadas pelos médicos patologistas.

5.2. Exame de tomografia computadorizada

Os pacientes selecionados foram encaminhados à sala de tomografia computadorizada, localizada no subsolo do SVOC, após a triagem de rotina realizada pelos funcionários da recepção. Todos os corpos foram posicionados em decúbito dorsal na mesa do aparelho, com os braços colocados atrás da cabeça.

Os cortes tomográficos do segmento torácico foram adquiridos de modo sequencial utilizando-se o tomógrafo SOMATOM® Emotion syngo CT 2012E (Siemens®, Alemanha), com intervalo de uma hora entre os exames. Foram obtidas imagens com intervalo *postmortem* entre uma e vinte horas.

A calibração do aparelho foi determinada com o objetivo de se obter imagens do segmento torácico de modo semelhante ao realizado com pacientes vivos, com reconstrução das imagens em janela pulmonar e de mediastino. Para tanto, foram ajustados parâmetros com as seguintes definições: janela pulmonar *kemel B70s Sharp* e janela de mediastino *B46s Sharp*, refmAs 70, 130kV, *slice* 1,5mm com aquisição de 16x1,2mm, *pitch* 0,8 e *recon increment* 0,7mm. Cada exame foi finalizado em 10,14 segundos, sendo realizada reconstrução automática da janela pulmonar e da janela de mediastino. As imagens obtidas foram armazenadas na memória remota do aparelho e em *hard drive* externo, sendo analisadas simultaneamente por um médico legista e um radiologista torácico, e revistas posteriormente por um patologista pulmonar.

5.2.1. Procedimentos para análise das imagens obtidas

As imagens adquiridas em janela pulmonar e de mediastino foram analisadas uma a uma com o objetivo de se escolher o corte mais adequado para obtenção das medidas de atenuação. Em média, cada caso resultou em 700 imagens divididas igualmente entre janela pulmonar e janela de mediastino. O corte padrão selecionado para realização das medidas na janela pulmonar foi o imediatamente anterior ao aparecimento do fígado nas imagens, e na janela de mediastino o corte ao nível da veia pulmonar inferior. Nos casos em que o corte não apresentou imagens nítidas, foram selecionados os cortes adjacentes ao previamente estabelecido.

Para a obtenção das medidas de atenuação, foi utilizado o corte axial, visto que os corpos permaneceram em decúbito dorsal, sendo de interesse a obtenção das medidas de atenuação no eixo antero-posterior. O parênquima pulmonar analisado na janela pulmonar foi dividida em duas faixas (anterior e posterior), sendo selecionado o pulmão direito para a medida da área pulmonar ser a maior possível. Na janela de mediastino, foram selecionados os átrios direito (AD) e esquerdo (AE), uma vez que os referidos locais apresentaram melhor nitidez do conteúdo intracardíaco. Cada câmara cardíaca foi dividida em duas faixas (anterior e posterior), do mesmo modo que o realizado para a janela pulmonar, porém realizando-se as medidas por área circular. Para cada uma das faixas foi calculada a densidade tecidual média (em unidades Hounsfield) por meio da medida de atenuação do local selecionado. Foram, portanto, obtidos valores de atenuação para cada uma das áreas em cada unidade de tempo determinada de forma a se obter, para cada caso, curvas da evolução temporal e espacial das densidades. As medidas foram realizadas com o software Aquarius Intuition®, versão 4.4.7.29.4070, conforme ilustrado nas Figuras 3 e 4 abaixo.

Figura 3. Método utilizado para medida da atenuação do parênquima pulmonar (janela pulmonar)

Figura 4. Método utilizado para medida da atenuação do conteúdo intracardíaco (janela de mediastino)

5.2.1.1 Critérios de exclusão

As imagens obtidas da janela pulmonar e da janela de mediastino foram analisadas de modo independente. Desse modo, a exclusão da imagem obtida pela janela pulmonar não implicou necessariamente na exclusão da imagem obtida pela janela de mediastino do mesmo paciente. Da janela pulmonar, foram excluídos os casos de consolidação pulmonar extensa, processo tumoral expansivo de mediastino ou de derrame pleural que impediram a visualização da área pulmonar. Após a exclusão, foram analisadas as imagens da janela pulmonar de 10 pacientes dos 23 casos inicialmente escolhidos. A Figura 5 exemplifica as imagens da janela pulmonar que foram excluídas do presente estudo.

Figura 5. Imagem excluída do presente estudo por processo de consolidação pulmonar (janela pulmonar)

As imagens da janela de mediastino foram excluídas em dois casos inicialmente selecionados (portador de marcapasso cardíaco e hipertrofia miocárdica concêntrica grave). Desse modo, foram analisadas as imagens da janela de mediastino de 21 pacientes dos 23 inicialmente selecionados e realizadas medidas de atenuação no segmento anterior do átrio direito, no segmento posterior do átrio direito e no segmento posterior do átrio esquerdo. As medidas obtidas do segmento anterior do átrio esquerdo foram descartadas por não apresentarem imagens nítidas.

Apenas um paciente foi totalmente excluído do estudo, ou seja, foram descartadas simultaneamente as janelas pulmonar e de mediastino de somente um paciente. A Figura 6 exemplifica as imagens da janela de mediastino que foram excluídas do presente estudo.

Figura 6. Imagem excluída do presente estudo por artefato produzido por marcapasso cardíaco (janela de mediastino)

A Tabela 1 resume os critérios de exclusão de cada imagem.

Tabela 1 - Critérios de exclusão de imagem

Caso	Imagem da janela pulmonar ¹	Imagem da janela de mediastino ¹	Critérios para exclusão
1	-	X	Marcapasso cardíaco
2	X	-	Fibrose do parênquima pulmonar
3	X	-	Broncopneumonia
4	X	-	Broncopneumonia
5	X	X	Tumor mediastinal gigante e hipertrofia miocárdica concêntrica
6	-	-	-
7	X	-	Broncopneumonia
8	-	-	-
9	-	-	-
10	-	-	-
11	-	-	-
12	X	-	Edema agudo pulmonar
13	X	-	Enfisema pulmonar, múltiplos nódulos metastáticos e broncopneumonia
14	X	-	Broncopneumonia
15	-	-	-
16	X	-	Broncopneumonia
17	X	-	Broncopneumonia
18	-	-	-
19	X	-	Infarto pulmonar
20	X	-	Histiocitose pulmonar
21	X	-	Broncopneumonia
22	-	-	-
23	-	-	-

¹Assinalados com X as imagens que foram excluídas.

5.3. Análises estatísticas

Os segmentos pulmonares e cardíacos analisados nas imagens receberam correspondente numérico para a realização da análise estatística, sendo a faixa anterior do pulmão direito correspondente a zero (0), a faixa posterior do pulmão direito correspondente a um (1), o segmento anterior do átrio direito equivalente a dois (2), o segmento posterior do átrio direito correspondente a três (3), e o segmento posterior do átrio esquerdo correspondente a quatro (4).

A análise foi realizada com o software R® (rotina *nlme*), sendo os gráficos elaborados por meio do software Minitab® (versão 16), programas desenvolvidos para executar análises estatísticas complexas. Inicialmente, foram estudados os valores

isolados obtidos de cada segmento e, posteriormente, calculou-se a diferença nas medidas de atenuação obtidas na faixa anterior e posterior do pulmão (Dif 10), entre o segmento anterior e posterior do átrio direito (Dif 32), e entre o segmento anterior do átrio direito e posterior do átrio esquerdo (Dif 42). Ou seja, as medidas dos segmentos anteriores foram subtraídas das medidas dos segmentos posteriores, obtendo-se, assim, o gradiente de medidas de cada par analisado.

Após a análise inicial, a amostra foi dividida em dois grandes grupos: “com” ou “sem cardiopatia”. Ou seja, os pacientes que apresentavam comorbidades cardíacas ou os que tiveram a causa de morte de origem cardíaca foram classificados no grupo “com cardiopatia”.

Apesar de os indivíduos em cada grupo não terem apresentado comportamento homogêneo, o modelo de Mitscherlich (Rawlings et al., 1998) pode ser utilizado para descrever o comportamento da diferença (Dif 42) em função do intervalo *postmortem* decorrido a cada exame de imagem realizado (IPMe). Este modelo assume que o aumento da Dif 42 por unidade de tempo é proporcional à diferença entre o valor máximo atingido pela Dif 42 e o valor da Dif 42 em um dado tempo. O correspondente modelo misto não linear (Pinheiro e Bates, 2000) que descreve a Dif 42 para o *i*-ésimo indivíduo em cada tempo t_{ij} é :

$$Dif42_{ij} = \alpha[1 - \exp(-(\beta + b_i)t_{ij})] + e_{ij},$$

onde α é o parâmetro que corresponde ao valor em que a Dif 42 se estabiliza e β é o parâmetro relacionado à velocidade de crescimento da Dif 42, b_i é o efeito aleatório do *i*-ésimo indivíduo na velocidade de crescimento. Em outras palavras, o efeito aleatório mede a diferença entre a velocidade de crescimento individual e a média da amostra estudada. As suposições do modelo consideram que b_i assume que tem

distribuição normal com média zero e variância constante, e_{ij} com distribuição normal com média zero e variância constante diferente de b_i , além de e_{ij} e b_i serem independentes (Pinheiro e Bates, 2000). As suposições também são apresentadas no Anexo B.

Para garantir estimativas positivas, foi substituído β por $\exp \gamma$, sendo o modelo ajustado por meio da metodologia de máxima verossimilhança. A implementação computacional foi realizada por intermédio da função *nlme* do software R®. Sendo assim, para a velocidade de crescimento β de forma que o modelo se aproxime da assíntota, a equação foi ajustada para:

$$Dif42_{ij} = \alpha [1 - \exp(-(\exp \gamma + b_i) \cdot t_{ij})] + e_{ij}$$

ou seja, $\beta_i = \exp(\gamma_i)$. A estimativa do erro padrão de $\hat{\beta}$ apresentada no texto foi obtida a partir destes resultados aplicando o método Delta (Sen et al., 2009).

5.4 Aspectos éticos

Trata-se de estudo prospectivo observacional para fins diagnósticos e para delineamento de novo método. Envolveu a realização de exame complementar de imagem de cadáveres que seriam submetidos obrigatoriamente à autópsia convencional no SVOC de São Paulo.

Por se tratar de estudo realizado durante o período noturno, em que geralmente não há a presença dos familiares do *de cujus*, por não haver atraso na liberação do corpo e por não haver alteração da rotina dos procedimentos da autópsia, solicitou-se a liberação da obtenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para este grupo, com base no inciso IV.3-c da Resolução 196/96, pedido que foi deferido pelo Comitê de Ética responsável.

Os dados concernentes à identificação dos sujeitos da pesquisa serão mantidos sob estrito sigilo durante o manuseio dos documentos, bem como nas futuras publicações, apresentações em congressos, aulas ou de qualquer outra forma didática de divulgação. Em todas as formas de apresentação dos resultados, as Instituições envolvidas serão mencionadas. A aprovação obtida junto ao Comitê de Ética encontra-se no Anexo C.

6 RESULTADOS

A amostra final do presente estudo foi composta por 22 pacientes, após as exclusões realizadas. Foram obtidas diferentes quantidades de imagem de cada caso, o que dependeu da demanda da sala de autópsia e dos familiares presentes na recepção do SVOC. Foram registrados os dados antropométricos e da Guia de Encaminhamento, assim como o intervalo *postmortem* em que os exames foram iniciados (IPM inicial), o intervalo *postmortem* em que exame foi realizado (IPM exame) e o último intervalo em que as imagens foram obtidas (IPM final). A Tabela 2 apresenta os dados epidemiológicos dos pacientes e IPM inicial (i) e final (f) em que as imagens foram obtidas.

Tabela 2 - Dados epidemiológicos dos pacientes e IPM inicial (i) e final (f) em que as imagens foram obtidas

Caso	Sexo	Cor	Idade (anos)	IPMi (hs)	IPMf (hs)	Tempo de duração dos exames (hs)
1	Feminino	Branca	61	5	12	8
2	Masculino	Branca	26	4	4	1
3	Masculino	Branca	82	3	3	1
4	Feminino	Preta	53	4	7	4
5 (excluído)	-	-	-	-	-	-
6	Masculino	Branca	44	13	14	2
7	Masculino	Branca	37	7	7	1
8	Feminino	Branca	67	12	13	2
9	Masculino	Preta	59	10	12	3
10	Feminino	Preta	83	19	20	2
11	Feminino	Parda	48	20	20	1
12	Feminino	Branca	84	10	11	2
13	Masculino	Parda	68	8	9	2
14	Masculino	Parda	31	11	13	3
15	Feminino	Branca	92	1	4	4
16	Masculino	Branca	79	4	6	3
17	Masculino	Branca	21	3	10	8
18	Feminino	Parda	68	12	14	3
19	Feminino	Branca	49	12	14	3
20	Feminino	Branca	19	8	16	9
21	Masculino	Branca	47	8	11	4
22	Masculino	Branca	50	11	13	3
23	Masculino	Parda	53	11	13	3

As comorbidades e causas de morte dos pacientes analisados estão resumidas na tabela 3.

Tabela 3 - Comorbidades e causas de morte dos pacientes analisados

Caso	Morbidades	Causa de morte
1	Lúpus eritematoso sistêmico (LES), diabetes mellitus (DM), hipertensão arterial sistêmica (HAS), marcapasso cardíaco	Encefalite a esclarecer
2	LES	Sepse
3	HAS, aterosclerose sistêmica, miocardiopatia hipertrófica	Dissecção da aorta abdominal
4	HAS, miocardiosclerose	Acidente Vascular Cerebral (AVC)
5 (excluído)	-	-
6	Carcinoma de orofaringe	Pneumonia lobar esquerda
7	Esteatose hepática, LES	Broncopneumonia
8	Pós-operatório imediato (colecistectomia)	Infarto agudo do miocárdio (IAM)
9	Miocardiopatia crônica dilatada	IAM
10	HAS, DM	AVC
11	Portador do vírus da imunodeficiência humana, cirrose hepática	Insuficiência hepática
12	HAS, DM, miocardiosclerose	Edema agudo pulmonar
13	Carcinoma de cabeça e pescoço, metástases generalizadas, enfisema pulmonar	Broncopneumonia
14	Leucemia, Broncopneumonia	Hemorragia cerebral
15	Carcinoma de intestino	Abdomen agudo obstrutivo
16	Miocardiopatia hipertrófica, aterosclerose sistêmica	Broncopneumonia
17	Câncer de pelve, AVC prévio, miocardiopatia hipertrófica	Carcinomatose peritoneal
18	Aterosclerose sistêmica	IAM
19	Leucemia mieloide aguda, transplante de medula óssea, abscesso pulmonar	Infarto pulmonar
20	Histiocitose de células de Langerhans, coagulopatia	Hemorragia alveolar maciça
21	Etilismo crônico, DM, desnutrição proteico-calórica	Broncopneumonia
22	Sem anotações	Indeterminada
23	Cirrose hepática, pericardite crônica, miocardiopatia hipertrófica	Insuficiência hepática

Ao todo, foram analisadas 31 imagens de janela pulmonar e 72 imagens de janela de mediastino, resultando em 278 medidas de atenuação: 62 medidas de atenuação do parênquima pulmonar (31 medidas da faixa anterior e 31 da faixa posterior do pulmão direito) e 216 medidas de atenuação do conteúdo intracardíaco (72 medidas do segmento anterior do átrio direito, 72 medidas do segmento posterior do átrio direito e

72 medidas do segmento posterior do átrio esquerdo). As medidas foram realizadas no corte axial e sagital, entretanto não houve diferença significativa entre as medidas obtidas, tendo sido selecionadas as imagens do corte axial, que podem ser visualizadas no anexo D do presente trabalho.

No gráfico 1 são encontrados os perfis individuais da atenuação nos dois locais do pulmão.

Gráfico 1. Perfis individuais de atenuação (densidade) na faixa anterior (local 0) e na faixa posterior (local 1) do pulmão direito

Os valores individuais da diferença de atenuação entre os dois locais (Dif 10) em função do intervalo de morte de cada exame (IPMe) estão representados no gráfico 2, sendo que o IPMe corresponde ao número de horas de morte de cada indivíduo, de acordo com o horário da morte anotado na Guia de Encaminhamento do Cadáver.

Gráfico 2. Perfis individuais da diferença de atenuação (densidade) entre a faixa anterior (local 0) e a faixa posterior (local 1) do pulmão direito

Os mesmos tipos de gráficos foram construídos para as medidas feitas no coração (gráficos 3 e 4).

Gráfico 3. Perfis individuais de atenuação (densidade) no segmento anterior do átrio direito (local 2), no segmento posterior do átrio direito (local 3) e no segmento posterior do átrio esquerdo (local 4)

Gráfico 4. Perfis individuais da diferença de atenuação (densidade) entre o segmento anterior e posterior do átrio direito (Dif 32), e entre o segmento anterior do átrio direito e o posterior do átrio esquerdo (Dif 42)

No gráfico 4 pode ser observado que o comportamento da diferença de atenuação no decorrer do tempo também apresenta grande variação individual, principalmente com relação à diferença entre os locais 3 e 2. Por esta razão, na continuidade da análise foi considerada apenas a diferença entre os locais 4 e 2, ou seja, entre o segmento anterior do átrio direito e o posterior do átrio esquerdo.

O gráfico 5 corresponde à divisão dos grupos de acordo com a presença ou ausência de cardiopatia.

Gráfico 5. Perfis individuais da diferença de atenuação entre o segmento anterior do átrio direito e o posterior do átrio esquerdo (Dif 42) nos casos com e sem cardiopatia

Observa-se que a maioria dos indivíduos possui somente valores de IPMe maiores ou iguais a 10hs, o que torna impossível avaliar a variação da diferença até esse tempo para esses casos. Após 10hs, a maioria dos casos tem valor de diferença praticamente constante, embora isso não ocorra para alguns casos, como para os indivíduos 14 (sem cardiopatia) e 12 (com cardiopatia).

O parâmetro que apresentou resultados mais coerentes foi a diferença do coeficiente de atenuação entre o segmento anterior do átrio direito e o segmento posterior do átrio esquerdo (Dif 42), sendo este o valor considerado para a aplicação do modelo estatístico de Mitscherlich (gráfico 6). Os perfis de alguns indivíduos não estão representados no gráfico, pois foram automaticamente excluídos no procedimento iterativo adotado para o ajuste do modelo para evitar problemas de convergência do processo numérico adotado. Em seis dos sete indivíduos excluídos, foram feitas no máximo duas medidas de IPMe, ou seja, os pacientes foram acompanhados por somente uma hora.

Gráfico 6. Modelo de Mitscherlich ajustado e perfis individuais no grupo sem cardiopatia

Nota-se que os valores previstos para Dif 42 aumentam muito pouco a partir de um valor de IPMe igual a 12 horas, ou seja, a diferença nos coeficientes de atenuação entre o segmento anterior do átrio direito e o segmento posterior do átrio esquerdo tendem a se estabilizar após 12 horas de óbito.

No ajuste do modelo no grupo sem cardiopatia obteve-se que a estimativa do parâmetro γ (parte fixa) foi -1,49 (erro padrão = 0,33). A partir do modelo ajustado pode-se estimar o tempo t desde a morte, ou seja, o intervalo *postmortem*, correspondente a um valor fixado de Dif 42 através da expressão:

$$\hat{t} = -\frac{1}{\hat{\beta}} \cdot \ln \left(1 - \frac{Dif 42}{\hat{\alpha}} \right)$$

em que $\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$ são estimativas da assíntota e da velocidade de crescimento correspondentes à parte fixa do modelo, em que $\hat{\alpha} = 54,19$ (ep=3,15) e $\hat{\beta} = 0,225$ (ep=0,074). O erro padrão do estimador $\hat{t}$ foi deduzido por meio do método delta multivariado (Sen et al., 2009) e sua expressão é apresentada no anexo B.

Na tabela 1 são apresentados os valores de IPMe e Dif 42 observados nos indivíduos considerados no ajuste do modelo, os valores previstos de $\hat{t}$, estimativas do erro padrão de $\hat{t}$ e intervalos de confiança para a previsão.

Tabela 4- Valores observados de IPMe e Dif 42, valores previstos de estimativas do erro padrão de e intervalos de confiança de 95% para a previsão

Caso	IPMe	Dif42	t	ep(t)	Limite inferior	Limite superior
4	4	40,70	6	1,7	3	10
4	5	42,60	7	1,9	3	11
4	6	44,50	8	2,1	4	12
4	7	43,70	7	2,0	3	11
15	1	36,10	5	1,4	2	8
15	2	35,60	5	1,3	2	7
15	3	36,40	5	1,4	2	8
15	4	43,10	7	1,9	3	11
19	12	34,90	5	1,3	2	7
19	13	36,00	5	1,4	2	8
19	14	36,80	5	1,4	2	8
20	8	39,10	6	1,6	3	9
20	9	47,40	9	2,5	4	14
20	10	50,70	12	3,6	5	19
20	11	51,00	13	3,8	5	20
20	12	52,40	15	6,2	3	27
20	13	52,30	15	5,9	3	26
20	14	53,20	18	11,4	0	40
20	15	52,80	16	8,0	1	32
20	16	53,10	17	10,3	0	38
21	8	47,90	10	2,6	4	15
21	9	52,70	16	7,4	1	31
21	10	55,90	>12			
21	11	55,10	>12			
22	11	40,20	6	1,7	3	9
22	12	41,40	6	1,8	3	10
22	13	41,60	6	1,8	3	10

Nota-se que as estimativas pontuais e por intervalo obtidas para os casos 19 e 22 não estão de acordo com os valores de IPMe observados. Como pode ser observado no gráfico 6, estes indivíduos apresentaram comportamento diferente dos demais.

7 DISCUSSÃO

A cronotanatognose fornece o intervalo de tempo entre o óbito e o exame pericial, conhecido como intervalo *postmortem* (IPM) (Knight, 1991). A estimativa do intervalo nas primeiras 6 horas apresenta margem de erro de 2 horas, aumentando para margem de 3 horas nas 14 horas seguintes e para 4,5 horas nas 10 horas subsequentes (Kaliszan et al., 2009). Sendo a estimativa do intervalo *postmortem* fundamental para ser comparada aos álibis dos investigados, e importante para o Direito Civil (como já demonstrado), a hipótese do presente estudo foi elaborada com a finalidade de aprimorar a estimativa deste intervalo de um indivíduo cujo óbito não tenha sido presenciado.

Os principais parâmetros utilizados na cronotanatognose são a rigidez cadavérica, a desidratação cadavérica, o resfriamento corporal e a hipóstase. Como descrito anteriormente, a rigidez torna-se perceptível em 1-2 horas, atingindo o máximo em 6 a 12 horas, dependendo da temperatura do ambiente (Knight, 1991; França, 2004; Calabuig, 2005; Dolinak et al., 2005; Tsokos e Byard, 2012). Para utilização da desidratação cadavérica, é necessário saber o peso da pessoa logo antes da morte (França, 2004). Os métodos de estimativa do IPM baseados na temperatura são os mais utilizados, principalmente nas primeiras 24 horas, porém a estimativa depende de regressão estatística para se determinar a temperatura corporal no momento da morte (Al-Alousi et al., 2002; Honjyo et al., 2005; den Hartog e Lotens, 2004).

Em relação ao aparecimento das hipóstases na pele, não há consenso entre os autores a respeito do tempo em que as manchas aparecem na pele, visto que Fávero (1991) defende que as hipóstases ocorrem em 10 minutos após a morte, enquanto Knight (1991) argumenta que ela começa a se formar após 30 minutos, Calabuig (2005)

considera que ela se torna perceptível na pele em 1h45min e França (2004) considera que as manchas se iniciam em 2-3 horas de IPM. Portanto, pode-se concluir que a simples visualização da hipóstase na pele não é parâmetro seguro para estimar o tempo de morte, não obstante a dificuldade de percepção da mudança de cor em pessoas com o tom de pele mais escuro ou nos indivíduos que tenham perdido a integridade da pele, como por exemplo os queimados.

A tomografia computadorizada é um excelente método de medida de densidade, uma vez que os tecidos apresentam atenuações dos raios X variadas, o que é visualizado nas imagens como tons de cinza, que por sua vez são tão mais claros quanto mais hiperdensos os materiais representados. Por ser decorrente de hemoconcentração, a hipóstase pode ser visualizada por meio de exames complementares de imagem, uma vez que apresenta densidade diferente dos tecidos adjacentes (Levy et al., 2010; Jackowski et al., 2006; Thali et al., 2003b).

Atualmente, os estudos publicados relacionados ao advento da autópsia virtual não consideram a possibilidade da utilização dos exames complementares de imagem como auxílio à estimativa do intervalo *postmortem*, sendo esta uma das principais motivações para a realização do presente estudo.

A escolha de casos oriundos exclusivamente de hospitais visou à garantia de acesso a informações mais exatas do horário do óbito, uma vez que o momento dos falecimentos em residência ou em outros ambientes extra-hospitalares não poderia ser determinado com segurança. O horário de realização do estudo foi determinado a fim de não alterar a rotina do serviço e não interferir no prazo de liberação dos corpos aos familiares. Para tanto, os corpos selecionados para estudo foram os enviados para a autópsia no período noturno, entre 17hs e 09hs, e respeitando-se os turnos de realização dos exames pelos médicos patologistas. Salienta-se que, independente da pesquisa a ser

realizada, a autópsia seria realizada em todos os casos, tendo em vista tratar-se de mortes naturais sem causa de morte bem estabelecida.

A amostra foi composta de 12 homens e 10 mulheres, com média de idade de 55,5 anos, sendo a mínima de 19 e a máxima de 92 anos. Não foram excluídos casos pela variável idade. As comorbidades e causas de morte dos pacientes selecionados para o estudo foram variados (vide Tabela 3).

Todos os corpos foram posicionados em decúbito dorsal na mesa do aparelho com os braços colocados atrás da cabeça, permitindo a passagem do corpo pelo aparelho apesar da rigidez cadavérica, além de reduzir a emissão de radiação durante os exames. As imagens foram obtidas de cadáveres com intervalo *postmortem* entre uma e vinte horas, tendo sido o exame repetido com intervalos de uma hora, o que permitiu a análise das modificações de densidade das hipóstases ao longo do tempo.

As imagens da janela pulmonar que apresentaram processos de consolidação ou que não permitiram a análise do parênquima pulmonar foram excluídas. Além disso, foram excluídas as imagens da janela de mediastino em um paciente portador de marcapasso cardíaco, uma vez que as imagens apresentaram muitos artefatos, o que impossibilitou a seleção de local para a medida de atenuação, e em um paciente portador de hipertrofia concêntrica grave, o que impossibilitou a análise nítida do conteúdo intracardíaco.

Considerando que a hipóstase começa a se formar com a cessação dos batimentos cardíacos, considerou-se para fins estatísticos que a densidade da faixa anterior do pulmão era igual à densidade da faixa posterior do pulmão no momento da morte, sendo o mesmo raciocínio válido para os segmentos intracardíacos. Desse modo, por se tratar de análise que utiliza a hemoconcentração do sangue por gravidade, considerou-se que o parâmetro mais seguro para avaliar a hipóstase nos pulmões e no conteúdo intracardíaco

é o gradiente formado entre os segmentos anteriores e posteriores dos referidos órgãos. Sendo assim, o foco do estudo é avaliar a mudança do gradiente de densidade entre os segmentos anteriores e posteriores dos órgãos ao longo do tempo. Não foram realizadas medidas da área cardíaca e do volume total de cada pulmão para comparação com o volume da hipóstase visceral, visto que os limites da hipóstase eram imprecisos e, portanto, de análise volumétrica com grande margem de erro.

A análise do gradiente de densidade nos segmentos anteriores e posteriores dos pulmões (Gráfico 2) evidenciou que houve grande variação individual no comportamento da hipóstase. Entretanto, nos indivíduos em que foram feitas medidas entre 8hs a 12hs após o instante da morte, nota-se, de uma forma geral, que a diferença de atenuação tende a se estabilizar durante esse período.

Para avaliação do conteúdo intracardíaco, utilizou-se o gradiente obtido entre as medidas do segmento anterior do átrio direito e do segmento posterior do átrio esquerdo, uma vez que os referidos locais apresentaram melhor visualização nas imagens tomográficas, o que corrobora os achados de Ishida et al. (2011), que relatam que os melhores locais para análise da hipóstase são o átrio direito e o átrio esquerdo (88% dos casos).

Os pacientes posteriormente foram divididos em dois grupos: com e sem cardiopatia, sendo considerado para análise estatística o grupo sem cardiopatia, que apresentou padrão mais homogêneo de comportamento ao longo do tempo (Gráfico 5). De modo semelhante, os pacientes haviam sido divididos de acordo com a presença ou ausência de infecção, porém por não apresentar diferença nos resultados, a variável “infecção” foi descartada.

Modelos estatísticos mistos geralmente são utilizados para representar dados longitudinais ou de medidas repetidas. Além disso, em modelos de regressão, temos n

observações de uma variável explicativa x e de uma variável resposta y , o que prediz o comportamento de y para dados valores de x (Moore, 2005). Desse modo, para explicar o comportamento da hipóstase ao longo do tempo, utilizou-se o modelo estatístico de Mitscherlich, considerando que o gradiente das densidades dos segmentos anteriores e posteriores do conteúdo intracardíaco era igual a zero no momento da morte. Sendo assim, a partir do modelo ajustado pode-se estimar o tempo t desde a morte, ou seja, o intervalo *postmortem*, correspondente a um valor obtido pelo gradiente da densidade entre o segmento anterior do átrio direito e do posterior do átrio esquerdo (Dif 42), que resultou na expressão abaixo, sendo os valores de α e β para a presente amostra de 54,19 e 0,225, respectivamente:

$$\hat{t} = -\frac{1}{\hat{\beta}} \cdot \ln \left(1 - \frac{Dif\ 42}{\hat{\alpha}} \right)$$

Os parâmetros α e β são funções estatísticas cujo objetivo é estabelecer intervalo de tempo em processo normal. A declividade β da reta é o parâmetro mais importante em um problema de regressão, como no presente caso, pois a declividade representa a taxa de mudança da resposta média quando a variável explicativa cresce (Moore, 2005).

A assíntota α representa o valor da Dif 42 em que a curva começa a se estabilizar (Moore, 2005). No presente estudo, a tendência de estabilização da Dif 42 ocorreu a partir de 12 horas do óbito, ou seja, a diferença nos coeficientes de atenuação entre o segmento anterior e o segmento posterior do átrio esquerdo tende a se estabilizar após 12 horas.

Além disso, a fórmula matemática obtida é útil para estimar, com maior precisão, óbitos ocorridos há menos de 12 horas, visto que valores de Dif42 acima de 54,19 representam somente que o óbito ocorreu há 12 horas ou mais. De acordo com os dados transcritos na Tabela 4, conclui-se que, na maioria dos casos, o erro padrão para a

estimativa do intervalo *postmortem* é de menos de duas horas, o que representa maior precisão em relação aos métodos anteriormente utilizados para a cronotanatognose.

A estabilização do gradiente da densidade após 12 horas pode representar o tempo de fixação da hipóstase nas cavidades cardíacas. Segundo Noriko (1995) e Sannohe (2002), existem duas teorias para explicar o mecanismo de fixação da hipóstase. O primeiro seria decorrente da difusão da hemoglobina para a parede vascular e para os tecidos adjacentes, que não mais se desprende do local. Já o segundo mecanismo seria decorrente da hemoconcentração intravascular por perda do plasma presente na luz dos vasos, sendo esta a hipótese considerada mais provável. No presente estudo, demonstrou-se que a hipóstase pulmonar tende a se fixar em torno de 8 a 12 horas e a hipóstase intracardíaca em torno de 12 horas. Os dados são semelhantes aos já descritos para o comportamento da hipóstase na pele (Dolinak et al., 2005; Calabuig, 2005; França, 2004).

A autópsia virtual oferece diversas vantagens, entre elas a obtenção da informação antes da realização da autópsia, a conservação de provas para o processo de investigação, a opção para religiões ou familiares que não toleram a realização da autópsia tradicional (Thali et al., 2007; Christe et al., 2010), a redução do risco de infecção dos examinadores e menor tempo na realização dos exames (Patowary, 2012). Além disso, a documentação pode ser guardada por tempo maior do que o exame histológico (Yen et al., 2007). Desse modo, a análise da hipóstase por meio de tomografia computadorizada pode ser reproduzida quantas vezes forem necessárias, estando as imagens sempre disponíveis para as partes envolvidas no processo, o que não é possível com os outros meios atualmente utilizados. Além disso, o método apresentou maior precisão ao estimar o intervalo *postmortem* em relação aos métodos atualmente

disponíveis (em óbito ocorridos há menos de 12 horas), o que pode representar grande avanço à cronotanatognose, agregando-se nova técnica à autópsia convencional.

8 CONCLUSÕES

O gradiente de densidade entre o segmento anterior do átrio direito e o segmento posterior do átrio esquerdo apresentam variação ao longo do tempo, sendo possível estimar o intervalo *postmortem* por meio da aplicação do modelo estatístico de Mitscherlich.

Considerou-se que a hipóstase pulmonar se fixa em torno de 8 a 12 horas, enquanto a hipóstase intracardíaca se fixa em torno de 12 horas. Além disso, foi ajustada a fórmula matemática $\hat{t} = -\frac{1}{\hat{\beta}} \cdot \ln\left(1 - \frac{Dif^{42}}{\hat{\alpha}}\right)$, que pode ser aplicada para as horas iniciais após a morte. Desse modo, conclui-se que os métodos utilizados no presente estudo são úteis e mais precisos para a cronotanatognose nos momentos pós-mortais iniciais.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos do estudo foram alcançados e algumas contribuições podem ser destacadas. A análise do comportamento da hipóstase visceral ao longo do tempo pode ser muito útil nos casos em que não é possível avaliar a hipóstase na pele, como em pessoas com pele escura e grandes queimados. A utilização da tomografia computadorizada previamente à autópsia permitirá a estimativa do intervalo *postmortem* com maior precisão em óbitos ocorridos há menos de 12 horas, o que fornecerá mais elementos para o embasamento dos laudos de autópsia e dos processos cíveis e criminais.

Dado que o estudo é observacional e que várias características importantes não puderam ser controladas, tais como temperatura ambiente, colocação do cadáver em geladeira e manipulação do corpo antes de chegar ao SVOC, este trabalho pode ser considerado como piloto para um estudo futuro, em que deverão ser mais bem controladas as condições experimentais que afetam as medidas de atenuação. Para que o método se torne prático, o ideal seria realizar o transporte do corpo na posição em que foi encontrado, visto que a formação da hipóstase é dependente da gravidade. Assim, evitam-se possíveis artefatos de imagem que podem ser obtidos por excesso de manipulação até o serviço responsável por realizar a autópsia.

É fundamental apontar algumas limitações que podem ser úteis para futuras pesquisas. Ressalta-se, inicialmente, a dificuldade em identificar base teórica e metodológica para apoiar o delineamento da pesquisa, sendo necessário criar novos métodos passo a passo. Além disso, os horários para realização dos exames eram limitados, o que exigiu dos pesquisadores diversos plantões noturnos. Não obstante, os pacientes eram provenientes de diferentes hospitais, sendo a Guia de Encaminhamento

do Cadáver dirigida a diversas Delegacias de Polícia, o que dificultou a obtenção do horário da morte de cada paciente.

O trabalho é um dos pioneiros na utilização sistemática de exames complementares previamente à autópsia no Brasil, o que pode alavancar as pesquisas nacionais na área, além de demonstrar a importância da aquisição de novos equipamentos para os centros de autópsia nacionais. Não obstante, o novo método pode facilitar a apresentação dos dados técnicos nos Tribunais brasileiros. Sendo assim, a pesquisa deverá contribuir para o aprimoramento das perícias médicas no Brasil, atingindo, assim, o principal objetivo das ciências forenses: o bom serviço à justiça.

ANEXOS**Anexo A****INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS****CORRELAÇÃO ENTRE TEMPO DE MORTE E ASPECTO TOMOGRÁFICO DE
HIPÓSTASES VISCERAIS TORÁCICAS**

CASO n°.: _____

Número livro-controle TC: _____

Nome: _____

1. DADOS DO PRONTUÁRIO:

- Idade: _____ anos

- Sexo: ☐ Masc ☐ Fem- Raça/Cor: ☐ Branca ☐ Preta ☐ Amarela ☐ Parda ☐ Indígena

- Morbidades: _____

_____

_____

- Causa da morte: _____

- Data do óbito: ____/____/____

- Hora do óbito: _____

2. DADOS DO EXAME:

- Data do exame: ____/____/____

- Início do exame: _____ (intervalo post mortem: _____ horas)

- Término do exame: _____

Anexo B

Suposições do modelo estatístico

- efeitos aleatórios $b_i \sim N(0, \psi^2)$, independentes
- vetores de erros $\mathbf{e}_i \sim N(\mathbf{0}, \sigma^2 \mathbf{I})$, independentes
- b_i e os elementos de $\mathbf{e}_i$ são independentes.

- Variância de $\hat{t}$

A variância de $\hat{t}$ é dada pela expressão:

$$\frac{4,4d}{54,2a} \left(\frac{44d}{54,2a} + 2,6b \right) + 4,4b \left(\frac{26d}{54,2a} + 0,48b \right)$$

onde:

$d = \text{Dif}42$

$a = 54,2 - d$

$b = \ln(a/54,2)$

Anexo C

Hospital das Clínicas da FMUSP
Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq

PROJETO DE PESQUISA

Título: CORRELAÇÃO ENTRE TEMPO DE MORTE E ASPECTO TOMOGRÁFICO DE HIPÓSTASES PULMONARES
Pesquisador Responsável: Paulo Hilário Nascimento Saldiva **Versão:** 2
Pesquisador Executante: Talita Zerbini **CAAE:** 09131512.4.0000.0068
Co-autores: Luiz Fernando Ferraz da Silva
Finalidade Acadêmica: Doutorado
Instituição: HCFMUSP
Departamento: PATOLOGIA

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Registro on-line: 10012

Número do Parecer: 193.580

Data da Relatoria: 06/02/2013

Apresentação do Projeto: Adequada

Objetivo da Pesquisa: Estabelecer Correlação entre tempo de morte e aspecto tomográfico de hipóstases pulmonares

Avaliação dos Riscos e Benefícios: Sem riscos e com resultados possivelmente importantes para o desenvolvimento da Medicina Legal

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa: Bem estruturado, com literatura pertinente. Apenas há que se considerar dois aspectos na literatura: o pesquisador utiliza um artigo de 2003 (portanto no mínimo com nove anos desde a data da elaboração do projeto), como referência para dizer que o potencial do exame não invasivo de imagem AINDA NÃO FOI EXPLORADO PELAS CIÊNCIAS FORENSES (grifo nosso). Nestes anos, pelo menos nove, muita coisa poderia ter mudado. Repete o fato no item Hipótese ao dizer que SOMENTE (grifo nosso) estudaram no período de duas horas e cita novamente trabalhos antigos (felizmente cita também um artigo mais recente).

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória: Solicita o pesquisador a não necessidade do termo de consentimento. Entendemos que será realizado um procedimento além dos necessários para atender às rotinas do serviço. A realização do exame de imagem. A biópsia já é parte da rotina. Os exames serão realizados no período em que os corpos não estariam sendo atendidos na rotina, e deste modo, não interferirá na mesma. Portanto, teremos à mais, uma manipulação do corpo para a realização do exame. Não entendemos que este procedimento, podemos dizer, à mais, traga qualquer desconforto para as partes envolvidas. A manipulação do cadáver seguirá os mesmos rigores éticos prescritos na rotina do serviço, não se visualizando mesmo com esforço criterioso que minimamente vilipendiado nos procedimentos. A família não experimentará transtornos, como atrasos, por exemplo, ou qualquer outra forma de constrangimento. Deste modo, com estas considerações entendo

---

Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 225 - Prédio da Administração - 5º andar
CEP 05403-010 - São Paulo - SP.

55 11 2661-7585 - 55 11 2661-6442 ramais: 16, 17, 18 | marcia.carvalho@hc.fm.usp.br

Hospital das Clínicas da FMUSP
Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq

pela dispensa do Termo de Consentimento, devendo, entretanto constar em anexo, como é de praxe, a autorização da diretoria do Sistema de Verificação de Óbito.

Recomendações: Nenhuma

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações: Foi anexada a manifestação do Serviço de Verificação de Óbitos-SVO

Situação do Parecer: APROVADO

Necessita Apreciação da CONEP: NÃO

Considerações Finais a critério do CEP: Em conformidade com o item IX.2 da Resolução CNS nº 196/96 – cabe ao pesquisador: **a)** desenvolver o projeto conforme delineado; **b)** elaborar e apresentar relatórios parciais e final; **c)** apresentar dados solicitados pelo CEP, a qualquer momento; **d)** manter em arquivo sob sua guarda, por 5 anos da pesquisa, contendo fichas individuais e todos os demais documentos recomendados pelo CEP; **e)** encaminhar os resultados para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico participante do projeto; **f)** justificar perante ao CEP interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

São Paulo, 06 de Fevereiro de 2013

Prof. Dr. Luiz Eugênio Garcez Leite
Coordenador
Comissão de Ética para Análise de
Projetos de Pesquisa-CAPPesq

Anexo D**Caso 1**

Janela pulmonar

Caso 2

Janela de mediastino

Caso 3

Janela de mediastino

Caso 4

Janela de mediastino

Caso 6

Janela pulmonar

Janela de mediastino

Caso 7

Janela de mediastino

Caso 8

Janela pulmonar

Janela de mediastino

Caso 9

Janela pulmonar

Janela de mediastino **Caso 10****Janela pulmonar**

Janela de mediastino

Caso 11

Janela pulmonar

Janela de mediastino

Caso 12

Janela de mediastino

Caso 13

Janela de mediastino

Caso 14

Janela de mediastino

Caso 15

Janela pulmonar

Janela de mediastino

Caso 16

Janela de mediastino

Caso 17

Janela de mediastino

Caso 18**Janela pulmonar** **Janela de mediastino**

Caso 19

Janela de mediastino

Caso 20

Janela de mediastino

Caso 21

Janela de mediastino

Caso 22

Janela pulmonar

Janela de mediastino **Caso 23****Janela pulmonar**

Janela de mediastino

REFERÊNCIAS¹

Al-Alousi LM, Anderson RA, Worster DM, Land DV. Multiple-probe thermography for estimating the postmortem interval: I. Continuous monitoring and data analysis of brain, liver, rectal and environmental temperatures in 117 forensic cases. *J Forensic Sci.* 2001a;46(2):317-22.

Al-Alousi LM, Anderson RA, Worster DM, Land DV. Factors influencing the precision of estimating the postmortem interval using the triple-exponential formulae (TEF) Part II. A study of the effect of body temperature at the moment of death on the postmortem brain, liver and rectal cooling in 117 forensic cases. *Forensic Sci Int.* 2002;125(2-3):231-6.

Al-Alousi LM, Anderson RA, Worster DM, Land DV. Multiple-probe thermography for estimating the postmortem interval: II. Practical versions of the triple-exponential formulae (TEF) for estimating the time of death in the field. *J Forensic Sci.* 2001b;46(2):323-7.

Ampanozi G, Ruder TD, Preiss U, Aschenbroich K, Germerott T, Filograna L, Thali MJ. Virtopsy: CT and MR imaging of a fatal head injury caused by a hatchet: a case report. *Leg Med (Tokyo).* 2010;12(5): 238-41.

Bockholdt B, Maxeiner H, Hegenbarth W. Factors and circumstances influencing the development of hemorrhages in livor mortis. *Forensic Sci Int.* 2005;149(2-3):133-7.

---

¹ De acordo com:

Adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias da FMUSP*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia A.L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de S. Aragão, Suely C. Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

Bolliger SA, Thali MJ, Aghayev E, Jackowski C, Vock P, Dirnhofer R, Christe A. Postmortem noninvasive virtual autopsy: extrapleural hemorrhage after blunt thoracic trauma. *Am J Forensic Med Pathol*. 2007;28(1):44-7.

Brasil. Leis etc. Lei n. 10406 de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. *Diário Oficial da União*, Brasília (DF). 2002 11 jan.

Brasil. Leis etc. Decreto-lei n. 3689 de 03 de outubro de 1941. Código de Processo Penal. Artigo 158. *Diário Oficial da União*, Rio de Janeiro (RJ). 1941 13 out.

Brasil. Ministério da Saúde. Portaria n. 1405 de 29 de junho de 2006. Institui a Rede Nacional de Serviços de Verificação de Óbito e Esclarecimento da Causa Mortis (SVO). *Diário Oficial da União*, Brasília (DF). 2006 30 jun.

Burton EC, Basha MM. To image or to autopsy? *Ann Inter Med*. 2012;156(2):158-9.

Calabuig G. *Medicina legal y toxicologia*. 6ª ed. Barcelona: Masson, 2005.

Carvalho HV, Meira AR, Almeida M, Salaru NNR, Muñoz DR, Cohen C. *Compêndio de Medicina Legal*. São Paulo: Editora Saraiva; 1987.

Cha JG, Kim DH, Kim DH, Paik SH, Park JS, Park SJ, Lee HK, Hong HS, Choi DL, Yang KM, Chung NE, Lee BW, Seo JS. Utility of postmortem autopsy via whole-body imaging: initial observations comparing MDCT and 3.0T MRI findings with autopsy findings. *Korean J Radiol*. 2010;11(4):395-406.

Charlier P, Carlier R, Roffi F, Ezra J, Chaillot PF, Duchat F, Huynh-Charlier I, Lorin de la Grandmasion G. Postmortem abdominal CT: assessing normal cadaveric modifications and pathological processes. *Eur J Radiol*. 2012;81(4):639-47.

Christe A, Flach P, Ross S, Spendlove D, Bolliger S, Vock P, Thali MJ. Clinical radiology and postmortem imaging (Virtopsy) are not the same: specific and unspecific postmortem signs. *Leg Med (Tokyo)*. 2010;12(5):215-22.

Davis GJ. Pathologists use new tools but are not defined by them. *Arch Pathol Lab Med.* 2010;134(1):18.

den Hartog EA, Lotens WA. Postmortem time estimation using body temperature and a finite-element computer model. *Eur J Appl Physiol.* 2004;92(6):734-7.

Di Maio DJ, Di Maio VJ. *Forensic Pathology*. 1st ed. Florida: CRC Press, 1993.

Dolinak D, Matshes E, Lew EO. *Forensic Pathology: principles and practice*. Burlington: Elsevier, 2005.

Faillace S. *Medicina Legal*. 1^a ed. São Paulo: Livraria Ateneu, 1972.

Fávero F. *Medicina Legal*. 12^a ed. Belo Horizonte: Villa Rica, 1991.

Filograna L, Tartaglione T, Filograna E, Cittadini F, Oliva A, Pascali VL. Computed tomography (CT) virtual autopsy and classical autopsy discrepancies: radiologist's error or a demonstration of post-mortem multi-detector computed tomography (MDCT) limitation? *Forensic Sci Int.* 2010;195(1-3):e13-7.

Flach PM, Ross SG, Bollinger SA, Preis US, Thali MJ, Spendlove D. Postmortem whole-body computed tomography angiography visualizing vascular rupture in a case of fatal car crash. *Arch Pathol Lab Med.* 2010;134(1):115-9.

França GV. *Medicina Legal*. 7^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Green MA, Wright JC. Postmortem interval estimation from body temperature data only. *Forensic Sci Int.* 1985;28(1):35-46.

Hammer U, Büttner A. Distinction between forensic evidence and post-mortem changes of the skin. *Forensic Sci Med Pathol.* 2012;8(3):330-3.

Henssge C, Althaus L, Bolt J, Freisleder A, Haffner HT, Henssge CA, Hoppe B, Schneider V. Experiences with a compound method for estimating the time since death. I: rectal temperature nomogram for time since death. *Int J Legal Med.* 2000;113(6):303-19.

- Hercules HC. *Medicina Legal – texto e atlas*. São Paulo: Atheneu, 2005.
- Hofer M. *Tomografia computadorizada: manual prático de ensino*. Rio de Janeiro: Revinter, 2003.
- Honjyo K, Yonemitsu K, Tsunenari S. Estimation of early postmortem intervals by a multiple regression analysis using rectal temperature and non-temperature based postmortem changes. *J Clin Forensic Med*. 2005;12(5):249-53.
- Hubig M, Muggenthaler H, Mall G. Influence of measurement errors on temperature-based death time determination. *Int J Legal Med*. 2011;125(4):503-17.
- Ishida M, Gono W, Hagiwara K, Takazawa Y, Akahane M, Fukayama M, Ohtomo K. Hypostasis in the heart and great vessels of non-traumatic in-hospital death cases on postmortem computed tomography: relationship to antemortem blood tests. *Leg Med (Tokyo)*. 2011;13(6):280-5.
- Jackowski C, Thali M, Sonnenschein M, Aghayev E, Yen K, Dirnhofer R. Adipocere in postmortem imaging using multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI). *Am J Forensic Med Pathol*. 2005;26(4):360-4.
- Jackowski C, Thali MJ, Buck U, Aghayev E, Sonnenschein M, Yen K, Dirnhofer R, Vock P. Noninvasive estimation of organ weights by postmortem magnetic resonance imaging and multislice computed tomography. *Invest Radiol*. 2006;41(7):572-8.
- Jacobsen C, Bech BH, Lynnerup N. A comparative study of cranial, blunt trauma fractures as seen at medicolegal autopsy and by Computed Tomography. *BMC Medical Imaging*. 2009;9:18.
- Jeffery A, Raj V, Morgan B, West K, Ruttly GN. The criminal justice system's considerations of so-called near-virtual autopsies: the East Midlands experience. *J Clin Pathol*. 2011;64(8):711-7.

Kaliszan M, Hauser R, Kernbach-Wighton G. Estimation of the time of death based on the assessment of post mortem processes with emphasis on body cooling. *Leg Med (Tokyo)*. 2009;11(3):111-7.

Knight B. *Forensic Pathology*. 1st ed. London: Edward Arnold, 1991.

Ladich E, Burke A, Virmani R. Should the autopsy be allowed to become obsolete? *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*. 2006;3(6):289.

Leth PM. Computerized Tomography used as a routine procedure at postmortem investigations. *Am J Forensic Med Pathol*. 2009;30(3):219-22.

Levy AD, Harcke HT, Mallak CT. Postmortem imaging: MDCT features of postmortem change and decomposition. *Am J Forensic Med Pathol*. 2010;31(1):12-7.

Lundström C, Persson A, Ross S, Ljung P, Lindholm S, Gyllensvärd F, Ynnerman A. State-of-the-art of visualization in post-mortem imaging. *APMIS*. 2012;120(4):316-26.

Mazzola AA. Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional. *Rev Bras Fis Med*. 2009;3(1):117-29.

Moore DS. *A estatística básica e sua prática*. 3^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

Morgan C, Nokes LD, Williams JH, Knight BH. Estimation of the post mortem period by multiple site temperature measurements and the use of a new algorithm. *Forensic Sci Int*. 1988;39(1):89-95.

Muñoz DR. Medicina Normativa. Saúde, Ética & Justiça. 1997;1(2):1-5.

Muñoz DR, Gianvecchio V, Miziara I. Especialidades médicas – Medicina Legal e Perícias Médicas. *Rev Med (São Paulo)*. 2012;91(ed.esp.):45-7.

Muñoz JI, Suárez-Peñaranda JM, Otero XL, Rodríguez-Calvo MS, Costas E, Miguéns X, Concheiro L. A new perspective in the estimation of post-mortem interval (PMI) based on vitreous. *J Forensic Sci*. 2001;46(2):209-14.

Nery Junior N, Nery RMA. Código Civil Comentado. 9ª ed. São Paulo: Revista dos Tribunais; 2012. p.257-8.

Nokes LD, Flint T, Jaafar S, Knight BH. The use of either the nose or outer ear as a means of determining the postmortem period of a human corpse. *Forensic Sci Int*. 1992;54(2):153-8.

Noriko T. Immunohistochemical studies on post-mortem lividity. *Forensic Sci Int*. 1995;72(3):179-89.

O'Donnell C, Woodford N. Post-mortem radiology – a new sub-speciality? *Clin Radiol*. 2008;63(1):1189-94.

Oemichen M, Gehl HB, Meissner C, Petersen D, Höche W, Gerling I, König HG. Forensic pathological aspects of postmortem imaging of gunshot injury to the head: documentation and biometric data. *Acta Neuropathol*. 2003;105(6):570-80.

Oosterhelweg L, Ross S, Spendlove D, Schoen CA, Christe A, Thali MJ, Bolliger SA. Virtopsy: fatal stab wounds to the skull – the relevance of ante-mortem and post-mortem radiological data in case reconstructions. *Leg Med (Tokyo)*. 2007;9(6):314-7.

Oosterhelweg L, Bolliger SA, Thali MJ, Ross S. Virtopsy: postmortem imaging of laryngeal foreign bodies. *Arch Pathol Lab Med*. 2009;133(5):806-10.

Owais AE, Wilson TR, Khan SA, Jaidev J, Renwick I, Mitchell C, Macfie J. Could pre-mortem computerized tomography scans reduce the need for coroner's post-mortem examinations? *Ann R Coll Surg Engl*. 2010;92(5):422-4.

Patowary AJ. Virtopsy: the non traumatic autopsy. *NE Quest*. 2012;6(1):26-35.

Pereira CMS. *Instituições de Direito Civil*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Forense; 1993. pp.40 e 164.

Pinheiro JC, Bates D. *Mixed-Effects Models in S and S-PLUS*. New York: Springer, 2000.

Pompilio CE, Vieira JE. The technological invention of disease and the decline of autopsies. *Sao Paulo Med J*. 2008;126(2):71-2.

Querido D, Phillips MR. Estimation of postmortem interval temperature-correction of extracellular abdominal impedance during the first 21 days of death. *Forensic Sci Int*. 2001;116(2-3):133-8.

Rawlings JO, Pantula SG, Dickey DA. *Applied regression analysis: a research tool*. 2nd ed. New York: Springer, 1998.

Roberts IS, Benamore RE, Benbow EW, Lee SH, Harris JN, Jackson A, Mallett S, Patankar T, Peebles C, Roobottom C, Traill ZC. Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. *Lancet*. 2012;379(9811):136-42.

Rutty GN, Rutty JE. Perceptions of near virtual autopsies. *J Forensic Leg Med*. 2011;18(7):306-9.

Rutty GN, Swift B. Accuracy of magnetic resonance imaging in determining cause of sudden death in adults: comparison with conventional autopsy. *Histopathol*. 2004;44(2):187-9.

Sannohe S. Change in the postmortem formation of hypostasis in skin preparations 100 micrometers thick. *Am J Forensic Med Pathol*. 2002;23(4):349-54.

Schnider J, Thali MJ, Ross S, Oesterhelweg L, Spendlove D, Bolliger SA. Injuries due to sharp trauma detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT): a feasibility study. *Leg Med (Tokyo)*. 2009;11(1):4-9.

Sen PK, Singer JM, Lima ACP. *From Finite Sample to Asymptotic Methods in Statistics*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

Shiotani S, Kohno M, Ohashi N, Yamazaki K, Itai Y. Postmortem intravascular high-density fluid level (hypostasis): CT findings. *J Comput Assist Tomogr.* 2002;26(6):892-3.

Spitz WU, Fisher RS. *Medicolegal investigation of death: guidelines for the application of pathology to crime investigation.* 3rd ed. Illinois: Charles C. Thomas Publisher; 1993.

Stein KM, Bahner ML, Merkel J, Ain S, Mattern R. Detection of gunshot residues in routine CTs. *Int J Legal Med.* 2000;114(1-2):15-8.

Takahashi N, Satou C, Higuchi T, Shiotani M, Maeda H, Hirose Y. Quantitative analysis of intracranial hypostasis: comparison of early postmortem and antemortem CT findings. *AJR Am J Roentgenol.* 2010;195(6):W388-93.

Thali MJ, Jackowski C, Oesterhelweg L, Ross SG, Dirnhofer R. VIRTOPSY – the Swiss virtual autopsy approach. *Leg Med (Tokyo).* 2007;9(2):100-4.

Thali MJ, Schweitzer W, Yen K, Vock P, Ozdoba C, Spielvogel E, Dirnhofer R. New horizons in forensic radiology: The 60-second digital autopsy-full body examination of a gunshot victim by multislice computed tomography. *Am J Forensic Med Pathol.* 2003a;24(1):22-7.

Thali MJ, Yen K, Schweitzer W, Vock P, Boesch C, Ozdoba C, Schroth G, Ith M, Sonnenschein M, Doernhoefer T, Scheurer E, Plattner T, Dirnhofer R. Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) – a feasibility study. *J Forensic Sci.* 2003b;48(2):386-403.

Thali MJ, Yen K, Schwitzer W, Vock P, Ozdoba C, Dirnhofer R. Into the decomposed body-forensic digital autopsy using multislice-computed tomography. *Forensic Sci Int.* 2003c;134(2-3):109-14.

Thali MJ, Yen K, Vock P, Ozdoba C, Kneubuehl BP, Sonnenschein M, Dirnhofer R. Image-guided virtual autopsy findings of gunshot victims performed with multi-slice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) and subsequent correlation between radiology and autopsy findings. *Forensic Sci Int.* 2003d;138(1-3):8-16.

Thomsen AH, Jurik AG, Uhrenholt L, Vesterby A. An alternative approach to Computerized Tomography (CT) in forensic pathology. *Forensic Sci Int.* 2009;183(1-3):87-90.

Tsokos M, Byard RW. Putrefactive “rigor mortis”. *Forensic Sci Med Pathol.* 2012;8(2):200-1.

Underwood J. Post-mortem imaging and autopsy: rivals or allies? *Lancet.* 2012;379(9811):100-2.

Vanezis P, Trujillo O. Evaluation of hypostasis using a colorimeter measuring system and its application to assessment of the post-mortem interval (time of death). *Forensic Sci Int.* 1996;78(1):19-28.

Verbicaro LP. Um estudo sobre as condições facilitadoras da judicialização da política no Brasil. *Rev direito GV.* 2008;4(2):389-406.

Wehner F, Wehner HD, Schieffer MC, Subke J. Delimitation of the time of death by immunohistochemical detection of insulin in pancreatic β -cells. *Forensic Sci Int.* 1999;105(3):161-9.

Wichmann D, Obbelode F, Vogel H, Hoepker WW, Nierhaus A, Braune S, Sauter G, Puschel K, Kluge S. Virtual autopsy as an alternative to traditional medical autopsy in the intensive care unit: a prospective cohort study. *Ann Intern Med.* 2012;156(2):123-30.

Yadav J, Deshpande A, Arora A, Athawal BK, Dubey BP. Estimation of time since death from CSF electrolyte concentration in Bhopal region of central India. *Leg Med (Tokyo)*. 2007;9(6):309-13.

Yen K, Lövblad KO, Scheurer E, Ozdoba C, Thali MJ, Aghayev E, Jackowski C, Anon J, Frickey N, Zwygart K, Weis J, Dirnhofer R. Post-mortem forensic neuroimaging: correlation of MSCT and MRI findings with autopsy results. *Forensic Sci Int*. 2007;173(1):21-35.