

# Contribuição da tomografia computadorizada no diagnóstico *post-mortem* de afogamento: uma revisão sistemática

*Contribution of computed tomography in the postmortem diagnosis of drowning: a systematic review*

Rachel Zeitoune<sup>1,a</sup>, Raquel Martins Loureiro<sup>1,b</sup>, Nívia Abadia Maciel de Melo Matias<sup>2,c</sup>, Carmen Silvia Molleis Galego Miziara<sup>1,d</sup>

## Resumo

O diagnóstico *post-mortem* de afogamento é um desafio para a medicina legal. O objetivo desta revisão é elencar os achados descritos na tomografia computadorizada *post-mortem* (TCPM) e na autópsia de afogados e mostrar como a TCPM auxilia nesse diagnóstico. Foram pesquisadas as bases de dados PubMed, Google Acadêmico, Periódicos da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e *International Prospective Register of Systematic Reviews*. Os 17 estudos incluídos avaliaram um total de 726 corpos vítimas de afogamento e 477 corpos mortos por outras causas. Foram realizados diferentes protocolos de TCPM, alguns abrangendo a varredura de todo corpo e outros apenas do crânio até a pelve, com espessuras de corte divergentes, todos sem uso de contraste. Os achados mais descritos foram: líquido nos seios paranasais, nas células das mastoides e nas vias aéreas, referidos como específicos para afogamento se espumoso e/ou associado a sedimento denso; sugerido um *cut-off* de 37,77 UH na densidade do líquido nos seios paranasais para caracterizar afogamento em água salgada. Apenas a autópsia evidenciou manchas de *Paltauf*. A TCPM mostrou-se uma ferramenta nesse diagnóstico, porém é cedo prever se poderá substituir a autópsia convencional. Dentre os limites atuais destacam-se a ausência de protocolos estabelecidos, escassez de radiologistas forenses e baixa disponibilidade de tomógrafos nos institutos médico-legais.

**Unitermos:** Afogamento; Imageamento post mortem; Imageamento forense; Autópsia; Tomografia computadorizada por raios X.

**Título resumido:** Contribuição da TC no diagnóstico *post-mortem* de afogamento

1. Departamento de Medicina Legal, Bioética, Medicina do Trabalho, Medicina Física e Reabilitação da Faculdade de Medicina da Universidade do Estado de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil. 2. Instituto de Medicina Legal da Polícia Civil do Distrito Federal (IML/PCDF), Brasília, DF, Brasil.

Correspondência: Rachel Zeitoune. Departamento de Medicina Legal, Bioética, Medicina do Trabalho, Medicina Física e Reabilitação - Prédio do IOF - Av. Dr. Arnaldo, 455, Cerqueira César, São Paulo, SP, Brasil, 01246-903. E-mail: raczei@hotmail.com

a. <https://orcid.org/0000-0003-1758-8456>; b. <https://orcid.org/0000-0001-9375-6146>; c. <https://orcid.org/0009-0005-1473-4480>; d. <https://orcid.org/0000-0002-4266-0117>.

Submetido em 4/5/2025. Revisado em 27/10/2025. Aceito em 27/10/2025. Editor-Responsável: Dr. Valdair Francisco Muglia

Disponibilidade de dados: Não aplicável

## How to cite this article:

Zeitoune R, Loureiro RM, Matias NAMM, Miziara CSMG. Contribuição da tomografia computadorizada no diagnóstico *post-mortem* de afogamento: uma revisão sistemática. Radiol Bras. 2026;59:e20250048.

## INTRODUÇÃO

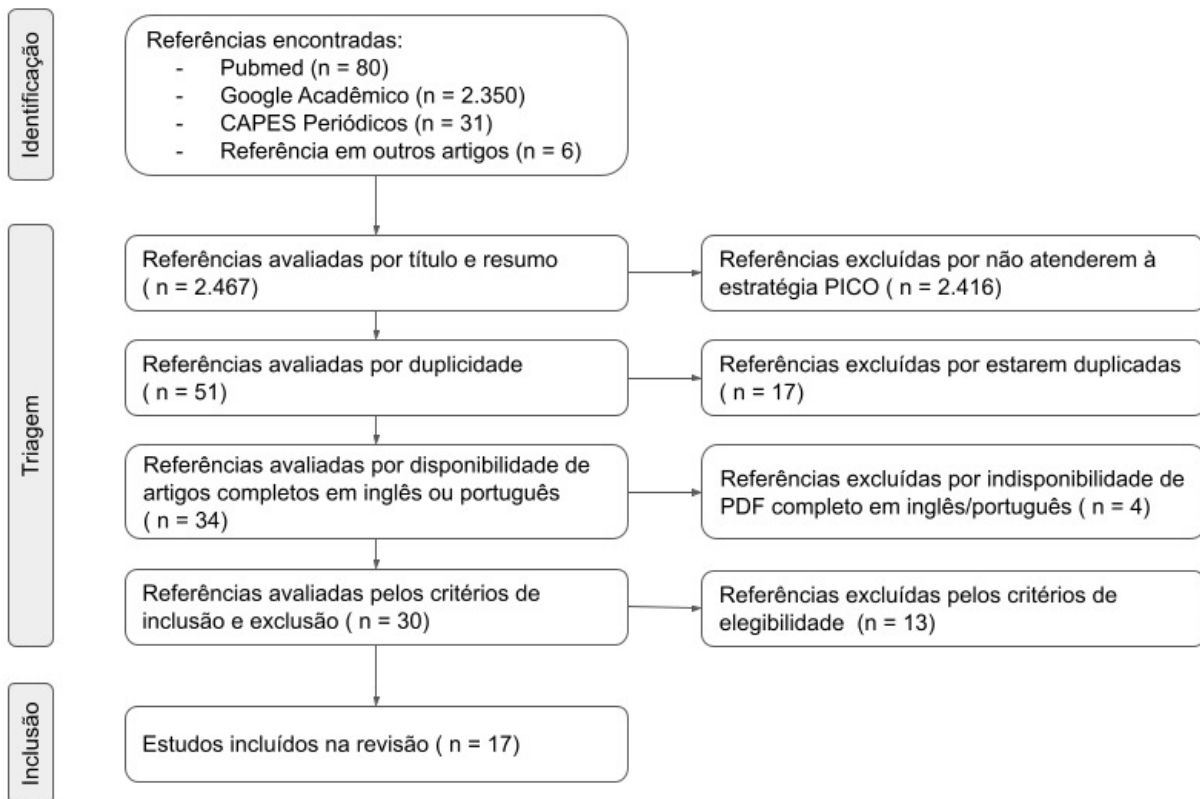
A morte por afogamento é prevalente no mundo. De acordo com a estimativa da Organização Mundial de Saúde (OMS), há cerca de 300.000 casos por ano<sup>(1)</sup>. O afogamento impacta desproporcionalmente crianças e jovens, representando a quarta maior causa de mortes de 1 a 4 anos, e a terceira maior causa de morte de 5 a 14 anos<sup>(1)</sup>. Ela pode ocorrer em água salgada (mares e oceanos) e em água fresca (como rios, lagos, poços).

A determinação do afogamento como causa de morte de um corpo encontrado na água é imperativa na investigação forense porque um corpo submerso na água pode significar um evento secundário (afogamento homicida) e não primário (afogamento acidental). Tal diagnóstico muitas vezes é difícil pela ausência de critérios definitivos na autópsia, que mostra achados inespecíficos e comuns a outras causas de morte, como: líquido espumoso nas vias aéreas, acúmulo de líquido nos seios paranasais, derrame pleural, pulmões congestionados e hiperinsuflados, hemorragia nos ouvidos médios, líquido no estômago e redução do peso do baço evidenciados na macroscopia<sup>(2-4)</sup>. A detecção de diatomáceas nos corpos, por meio de análise microscópica e de DNA e a análise de eletrólitos no líquido pleural poderiam ser úteis para diagnosticar o afogamento e o local onde ele ocorreu — se em água salgada ou

doce. No entanto, esses sinais são inespecíficos devido às alterações *post-mortem* (fenômenos transformativos do cadáver) e à contaminação<sup>(5)</sup>. Assim, quando realizada, a autópsia não permite diferenciar com certeza a morte por afogamento de uma morte violenta com posterior submersão do corpo na água, bem como o tipo de água no qual o corpo sofreu o afogamento.

Com a evolução tecnológica, o advento dos aparelhos de tomografia computadorizada (TC) multidetectores, o desenvolvimento de estações de trabalho (*workstation*) capazes de reconstruir imagens tridimensionais a partir dos dados brutos adquiridos e a maior disponibilidade dos métodos de imagem nos institutos médico-legais, a radiologia forense ganhou importância e vem crescendo na prática da medicina legal como adjuvante da autópsia<sup>(6)</sup>.

O objetivo desta revisão é elencar os achados descritos na TC *post-mortem* (TCPM) e na autópsia convencional de corpos vítimas de afogamento, e mostrar como a TCPM pode auxiliar o diagnóstico anatomopatológico por autópsia convencional. Visto que o número de publicações relacionadas à imagem *post-mortem* em vítimas de afogamento até o momento é pequeno, o presente estudo tem importância educativa ao fornecer elementos aos médicos legistas e aos radiologistas que não estão habituados com a imagem forense.



**Figura 1.** Fluxograma para seleção de referências, segundo declaração *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis 2020*. CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior; PICO, *population-intervention-comparison-outcome*.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Critérios de elegibilidade

Foram incluídos nesta revisão sistemática de literatura os estudos que respondessem à pergunta da pesquisa de acordo com a estratégia *population–intervention–comparison–outcome*, ou seja, qual a contribuição da TC no diagnóstico *post-mortem* de afogamento. Foram selecionados artigos originais disponíveis nos idiomas português e inglês, publicados entre 2000 e 2024, levando-se em conta que anteriormente a esse período a qualidade e disponibilidade da TC eram limitadas. Não foram elegíveis meta-análises, revisões sistemáticas, séries de casos com até 3 casos e relatos de casos, além de trabalhos que envolviam inteligência artificial, esses últimos por utilizarem método baseado em aprendizagem profunda (*deep-learning*), cujas particularidades tornam a comparação desigual e fogem ao escopo desta revisão.

### Seleção dos artigos

A pesquisa e a seleção de artigos foram realizadas seguindo os padrões da declaração *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis* de 2020, conforme a Figura 1. A busca foi realizada em quatro bases de dados de livre acesso — PubMed, Google Acadêmico, Periódicos da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e *International Prospective Register of Systematic Reviews* — entre agosto de 2024 e janeiro de 2025, utilizando as expressões e conectores booleanos “virtual autopsy” AND “drowning”; “post mortem computed tomography” AND “drowning”; e “computed tomography” AND “drowning” AND “autopsy”.

Os artigos selecionados foram organizados na biblioteca Mendeley e, então, os materiais duplicados foram removidos. Na sequência, iniciou-se a busca pelos artigos completos, sendo que alguns não estavam disponíveis na versão em inglês ou português, resultando em uma nova exclusão. Foram procuradas também por referências citadas nos referidos artigos (técnica “bola de neve”).

Foram encontrados 2.467 artigos inicialmente conforme o método, e desses, 17 foram incluídos na revisão.

### Coleta de dados e estratégia para síntese dos dados

Dois autores revisaram de forma independente o material selecionado, avaliando títulos e resumos, sendo que os desacordos foram desempatados pelo terceiro autor. Os textos completos dos estudos incluídos foram analisados e os dados foram transferidos para tabelas padronizadas pelos autores, com os seguintes campos: autores, ano de publicação, país de origem, desenho do estudo, população, momento da autópsia e TCPM, características amostrais dos casos de afogamento versus não afogamento, especificações da TC e protocolo de exame, achados na autópsia e na TCPM e comparação entre ambos, resultados e limitações dos estudos.

## RESULTADOS

### Características dos estudos incluídos na revisão sistemática

Os 17 artigos incluídos nesta revisão datam de 2007 a 2024, sendo a maioria a partir 2012, e os trabalhos foram desenvolvidos em países do hemisfério norte, com destaque numérico para o Japão (6 artigos).

A Tabela 1 mostra as características dos 17 estudos incluídos. Conjuntamente, avaliaram o total de 726 corpos vítimas de morte por afogamento e 477 vítimas de mortes por outras causas, com uma grande variação de idade (1 até 100 anos).

Três estudos<sup>(7–9)</sup> não fizeram comparação entre grupo de afogados e não afogados, concentrando-se em descrever os achados típicos de afogamento na TCPM em comparação à autópsia.

Dentre as mortes por causas distintas de afogamento abrangidas nos estudos, cita-se: doença arterial aterosclerótica coronariana; dissecação aórtica; falência cardiovascular; morte súbita cardíaca; causa cerebral; trauma; asfixia mecânica, incluindo enforcamento; queimaduras; incluindo intoxicação por monóxido de carbono; hipotermia; morte súbita na infância; envenenamentos químicos/intoxicação exógena; e outras causas não especificadas.

Kawasumi et al.<sup>(8)</sup> e Sugawara et al.<sup>(10)</sup> dedicaram-se em avaliar e comparar os achados em corpos afogados em água doce e em água salgada.

A maioria dos estudos excluiu da avaliação tomográfica os corpos em estágio avançado de putrefação.<sup>(3,5,7-16)</sup> Alguns<sup>(5,8,15,16)</sup> também excluíram do estudo corpos de crianças e outros<sup>(13,17)</sup> excluíram casos de afogamento em banheira com a justificativa de que doenças cardiovasculares, como infarto agudo do miocárdio, podem representar patologia subjacente e contribuir com a causa da morte nessa situação.

Nos estudos que compararam os dois métodos, a TC foi realizada anteriormente à autópsia convencional, em intervalo que variou de algumas horas após a morte até o máximo de 12 dias.

### Achados de imagem

Os exames foram realizados em tomógrafos de 4, 8, 16, 32, 40, 64, 80 e 160 canais, das marcas GE Healthcare, Toshiba/Canon, Philips, Siemens e Hitachi. Foram realizados diferentes protocolos nos estudos revisados, alguns abrangendo a tomografia de todo o corpo e outros apenas do crânio até a pelve, com espessuras de corte divergentes, porém a maioria com menção de reconstruções multiplanares. Não foi utilizado meio de contraste em nenhuma TCPM nos estudos incluídos.

**Tabela 1**—Características das populações dos estudos.

Autores	Tamanho da amostra		Idade (anos)	
	Afogamento N (sexo)	Não afogamento N (sexo)	Afogamento Média/Mediana (mín-máx)	Não afogamento Média/Mediana (mín-máx)
Levy et al. <sup>(18)</sup>	28 M	12 M	24,2* (19-35)	50,8* (40-66)
Christe et al. <sup>(2)</sup>	10 (8 M; 2 F)	20 (14 M; 6 F)	52 <sup>†</sup> (13-81)	43 <sup>†</sup> (19-73)
Kawasumi et al. <sup>(4)</sup>	39 (s.d.)	112 (s.d.)	39*	60*
Kawasumi et al. <sup>(3)</sup>	38 (28 M; 10 F)	73 (38 M; 35 F)	67,5 <sup>†</sup> (19-88)	69 <sup>†</sup> (16-94)
Ambrosetti et al. <sup>(11)</sup>	6 (4 M; 2 F)	16 (14 M; 2 F)	46* (18-65)	52* (1-78)
Van Hoyweghen et al. <sup>(17)</sup>	14 (s.d.)	11 (s.d.)	s.d.	s.d.
Usui et al. <sup>(7)</sup>	92 (54 M; 38 F)	Sem grupo controle	65,4* (44-90)	Sem grupo controle
Plaetsen et al. <sup>(12)</sup>	41 (28 M; 13 F)	9 (7 M; 2 F)	58* (15-90)	40* (24-59)
Kawasumi et al. <sup>(6)</sup>	93, sendo 22 em água salgada (12 M; 10 F); e 71 em água doce (50 M; 21 F)	Sem grupo controle	60,3* em água salgada (35-87); e 64,6* em água doce (19-100)	Sem grupo controle
Leth e Madsen <sup>(15)</sup>	40 (25 M; 15 F)	80 (50 M; 30 F)	55* ± 17 <sup>§</sup> (s.d.)	55* (±17 anos)
Mishima et al. <sup>(13)</sup>	77 (51 M; 26 F)	50 (s.d.)	69,3* (28-92)	s.d.
Gotsmy et al. <sup>(19)</sup>	55 (40 M; 15 F)	35 (19 M; 16 F)	45,3* (1,1-87)	52,3*
Sugawara et al. <sup>(10)</sup>	37, sendo 25 em água doce (13 M; 12 F); e 12 em água salgada (5 M; 7 F)	24 (15 M; 9 F)	66* em água salgada (55-77); e 73,1* em água doce (43-95)	60,3* (22-89)
Jian et al. <sup>(14)</sup>	6 (3 M; 3 F)	12 (s.d.)	s.d. (21-54)	s.d.
Kakimoto et al. <sup>(5)</sup>	52 (33 M; 19 F)	59 (42 M; 17 F)	67* (21-91)	62* (24-99)
Heo et al. <sup>(9)</sup>	54 (s.d.)	Sem grupo controle	56*	Sem grupo controle
Tyr et al. <sup>(16)</sup>	44 (38 M, 5 F e 1 s.d.)	1 (M)	43* (7-89)	s.d.

M, masculino; F, feminino; s.d., sem dados.

\* Média.

† Mediana.

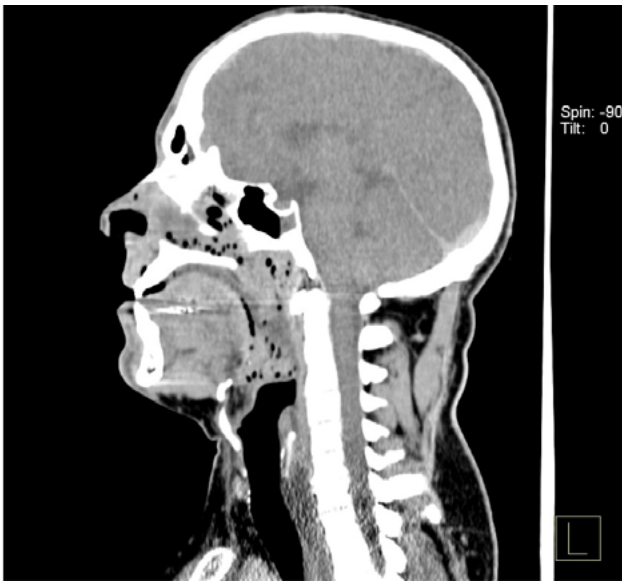
§ Desvio-padrão.

As imagens da TCPM foram analisadas por radiologistas e/ou patologistas forenses.

A Tabela 2 mostra os principais achados na TCPM de vítimas de afogamento e a comparação com a autópsia nos estudos que fizeram tal comparação. Parte dos estudos<sup>(3,4,10,11,13,14,16,17)</sup> utilizou a autópsia apenas para confirmar achados de morte por afogamento, po-

rém não descreveu esses achados e nem os comparou com os da TCPM.

Dos achados descritos na TCPM de vítimas de afogamento estudadas nesta revisão, foram mencionados presença de líquido nos seios paranasais em 11 estudos, líquido nas vias aéreas em 5, e líquido nas células aéreas das mastoides em 3, sendo que Levy et al.<sup>(18)</sup> descreveram



**Figura 2.** Masculino, 35 anos. TCPM de crânio e pescoço, janela de partes moles, reconstrução sagital: líquido espumoso nas vias aéreas superiores (narinas, cavidade nasal, seios da face e faringe).

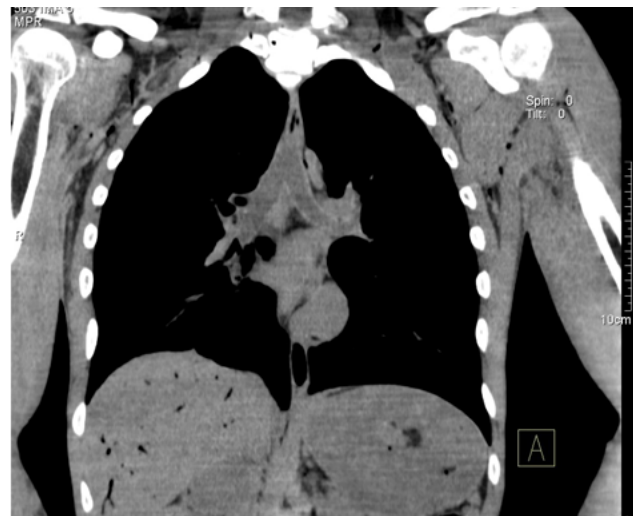


**Figura 3.** Masculino, 44 anos, morte por afogamento em água doce (lago). TCPM da face, janela de partes moles, corte axial: secreção bolhosa nas cavidades nasais e líquido formando nível nos seios paranasais, mais volumoso no seio maxilar direito.

como achados específicos na TCPM de afogados a presença de líquido espumoso e sedimento de alta atenuação nas vias aéreas, representativo de areia da água salgada ou o iodo presente na água doce. Já Kawasumi et al.<sup>(4)</sup> concluíram que a presença de líquido nos seios maxilares e esfenoidais estava significativamente associada aos casos



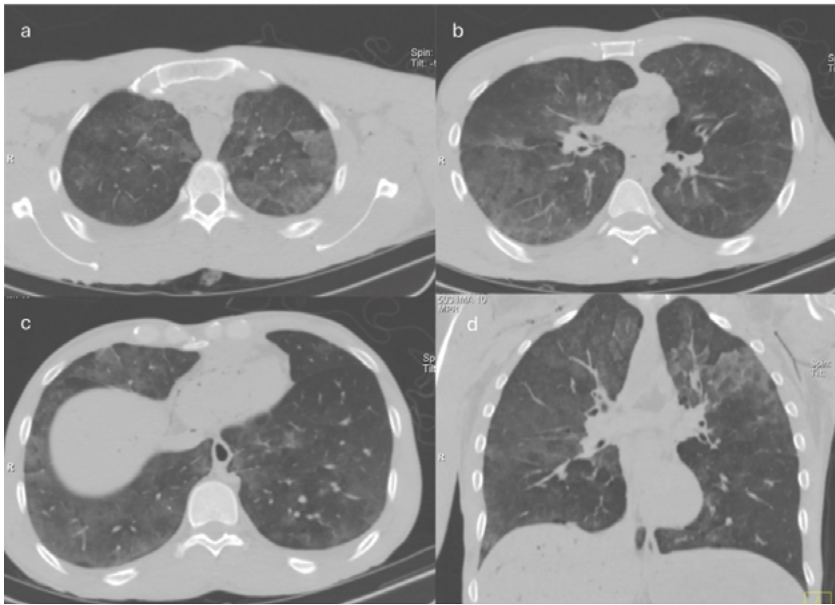
**Figura 4.** Masculino, 35 anos. TCPM do tórax, janela de mediastino, corte axial: presença de líquido nos brônquios-fonte formando nível líquido-ar.



**Figura 5.** Masculino, 44 anos, morte por afogamento em água doce (lago). TCPM do tórax, janela de mediastino, reconstrução coronal: presença de líquido na traqueia e nos brônquios-fonte.

de afogamento, com sensibilidade de 97%, porém com especificidade de 35%, o que apenas permite afirmar que a ausência de líquido nesses seios provavelmente exclui afogamento. Além disso, Kawasumi et al.<sup>(3)</sup> mostrou que o volume de líquido nos seios maxilares ou esfenoidais em casos de afogamento foi significativamente maior do que em não afogados, enquanto a densidade do fluido era significativamente menor, e Kawasumi et al.<sup>(8)</sup> sugeriram que a densidade do líquido nos seios da face é um indicador útil para diferenciar entre afogamentos em água salgada e em água doce. O valor de *cut-off* foi 37,77 UH, com valor preditivo negativo de 91%. Exemplos ilustrativos estão presentes nas Figuras 2–5.

Outros achados também evidenciados em corpos afogados na TCPM foram: alterações parenquimatosas



**Figura 6. A,B,C.** Masculino, 44 anos, morte por afogamento em água doce (lago). TCPM do tórax, janela de parênquima pulmonar, cortes axiais: registro dos pulmões em três níveis evidenciando opacidades em vidro fosco bilaterais e difusas, por vezes com espessamento septal inter e intralobular de permeio configurando áreas de pavimentação em mosaico. **D.** TCPM do tórax do mesmo corpo, janela de parênquima pulmonar, reconstrução coronal: mostra predomínio das alterações parenquimatosas descritas nos campos pulmonares superiores.

pulmonares (pavimentação em mosaico, nódulos centrolobulares mal definidos e opacidades em vidro fosco difusas, e consolidação), derrame pleural, rebaixamento da hemicúpula diafragmática direita, hemodiluição nas câmaras cardíacas e distensão líquida do estômago e duodeno. Exemplos ilustrativos de alterações parenquimatosas estão presentes na Figura 6.

Sobre esses resultados, cabe destacar que Usui et al.<sup>(7)</sup> classificaram os achados nos pulmões de afogados em 6 tipos (descritos na Tabela 2), e desses, os casos tipo 4 na TCPM não demonstraram achados típicos de afogamento na autópsia, o que sugere que o enfisema e/ou fibrose nesses pulmões eram preexistentes à morte por afogamento; Van Hoyweghen et al.<sup>(17)</sup> mostraram que a altura do hemidiafragma direito apresentou diferença significativamente estatística nos casos de afogamento em relação às outras causas de morte; Leth e Madsen<sup>(15)</sup> encontraram maior volume e menor densidade dos pulmões em vítimas de afogamento em comparação a mortes por outras causas, tanto na TCPM quanto na autópsia; Gotsmy et al.<sup>(19)</sup> mostraram que a distensão líquida do estômago era estratificada em três camadas de conteúdo gástrico na TCPM nos corpos afogados.

## DISCUSSÃO

Nesta revisão ficou evidente a contribuição da TCPM no diagnóstico de morte por afogamento como ferramenta complementar. Alguns achados só foram encontrados na TC, enquanto outros apenas na autópsia.

Os achados de TCPM mais descritos em corpos vítimas de afogamento foram: líquido nos seios paranasais, nas células aéreas das mastoides e nas vias aéreas, sendo que quando esse líquido é espumoso e quando há sedimento de alta atenuação associado, os referidos

achados se tornam específicos. Já a ausência de líquido nos seios da face na TCPM torna improvável o diagnóstico de afogamento. Além disso, foi descrito que nas mortes por afogamento o volume de líquido nos seios paranasais é maior e a densidade é menor do que em outras causas de morte. Em relação ao tipo de água em que ocorreu o afogamento (doce ou salgada), foi sugerido um *cut-off* de 37,77 UH para valor da densidade do líquido nos seios paranasais na TCPM para caracterizar afogamento em água salgada, ou seja, o afogamento em água salgada é improvável quando a densidade do líquido for menor que 37,77 UH. Cabe ressaltar que um único estudo<sup>(16)</sup> desta revisão que foi realizado em modelo animal alertou que a presença de líquido nos seios paranasais deve ser interpretada cautelosamente, uma vez que, no trabalho dos autores, esse achado não distinguiu morte por afogamento acidental de corpos submergidos após a morte.

Destacam-se, ainda, outros achados também evidenciados em corpos afogados na TCPM: alterações parenquimatosas pulmonares (pavimentação em mosaico, nódulos centrolobulares mal definidos e opacidades em vidro fosco difusas, e consolidação), derrame pleural, rebaixamento da hemicúpula diafragmática direita, hemodiluição nas câmaras cardíacas e distensão líquida do estômago e duodeno, muitas vezes com conteúdo heterogêneo. Sobre esse último, Gotsmy et al.<sup>(19)</sup> sugeriram que a presença de três camadas de conteúdo gástrico na TCPM é um forte indício forense de morte por afogamento. Em relação à hemodiluição nas câmaras cardíacas, esta revisão documentou que foi maior nas câmaras esquerdas e nos casos de afogamento em água doce. Fisiologicamente, isso pode ser explicado porque a água doce é hipotônica em relação ao plasma e é absorvida rapidamente nos

**Tabela 2**—Principais achados na TPCM de mortes por afogamento e comparação com a autópsia.

Autores	Principais achados na TPCM de mortes por afogamento e comparação com autópsia
Levy et al. <sup>(18)</sup>	<p><b>TCPM:</b> Líquido nas células da mastoide e nos seios paranasais, com nível de material hiperdenso em 25% dos corpos. Líquido na traqueia subglótica, nos brônquios-fonte e em brônquios de segunda ordem, com líquido espumoso em 21% e material denso em 50%. Pavimentação em mosaico nos pulmões. Derrame pleural bilateral. Distensão gástrica com sedimento denso no conteúdo em 21%. Edema e congestão pulmonar em 100%. <b>Autópsia:</b> Material hiperdenso nos seios paranasais (25%), vias aéreas (50%) e estômago (21%) na mesma proporção que na TPCM. A presença de líquido espumoso nas vias aéreas só foi confirmada em 19% dos casos. A autópsia identificou escoriações faciais e em extremidades, e pequenas contusões em 54%, bem como fraturas ocultas na calota craniana e arco costal em 2 casos, não identificados na TPCM.</p>
Christe et al. <sup>(2)</sup>	<p><b>TCPM:</b> Líquido nos seios paranasais em 100%, especialmente nos maxilares e esfenoidais. Conteúdo nas vias aéreas em 100% dos casos, sendo 30% denso e 70% líquido, a maior parte nos brônquios principais. 40% do volume traqueal preenchido por líquido; líquido na faringe em 80%. Pavimentação em mosaico em 60% e edema pulmonar em 50% dos corpos. Derrame pleural em 70%. Hemodiluição no átrio direito (densidade 50 UH). Distensão do estômago e do duodeno. <b>Autópsia:</b> Todos os casos apresentaram algum conteúdo nas vias aéreas. 33% do volume traqueal preenchido por líquido; líquido na faringe em 50%; pavimentação em mosaico em 60%; derrame pleural em 80%; distensão do estômago semelhante à TPCM. Achado clássico de manchas de <i>Paltauf</i> em 70% dos casos.</p>
Usui et al. <sup>(7)</sup>	<p><b>TCPM:</b> Achados pulmonares classificados em: TIPO 1 (34%): opacidades em vidro fosco difusas com espessamento intersticial (pavimentação em mosaico); TIPO 2 (41%): nódulos centrolobulares mal definidos e opacidades em vidro fosco difusas; TIPO 1 + TIPO 2 (11%); TIPO 3: consolidação (5%); TIPO 4: enfisema e/ou fibrose (4%); e TIPO 5: inclassificável (4%). <b>Autópsia:</b> TIPO 1: edema acentuado (97% dos casos). Superfície do pulmão cortado com aparência protuberante vermelho-tijolo e grande quantidade de líquido transparente vermelho e espuma branca e/ou sanguinolenta saindo de cada superfície de corte e brônquios. TIPO 2: superfície de corte protuberante e avermelhada semelhante ao TIPO 1, porém com menos edema. Espuma branca ausente. TIPO 4: fibrose pulmonar.</p>
Plaetsen et al. <sup>(12)</sup>	<p><b>TCPM:</b> Líquido nos seios maxilares e etmoidais (98%), esfenoidais (88%) e frontais (83%). Densidade do líquido nos seios maxilares direito e esquerdo foi 19 UH e 20 UH, respectivamente. Líquido nas células das mastoides em 12%, nas cavidades nasais em 78% (espumoso em 54%), na nasofaringe em 98% (espumoso em 40%), na orofaringe em 95% (espumoso em 40%) e na traqueia em 83%. Opacidades em vidro fosco nos pulmões em 89% e consolidação em 11%, sendo que em 54% eram difusas, em 27% era desigual (mosaico) e em 15% predominavam nas bases e porções posteriores. Derrame pleural em 71%, mais encontrado nos afogados em água salgada. Rebaixamento da hemicúpula diafragmática direita. Densidade do sangue na veia cava inferior: 60 UH; no átrio direito: 59 UH (afogados em água doce). Derrame pericárdico. Líquido em uma (91%) ou duas (49%) partes do esôfago. Distensão líquida do estômago, com conteúdo em múltiplas camadas em 27%. Distensão do duodeno (34%) e do jejuno (32%). <b>Autópsia:</b> Líquido espumoso foi menos observado, confirmando a natureza transitória desse achado. A mensuração de hemodiluição no átrio direito e na veia cava inferior foi menos reprodutível e mais demorada pelo teste do papel absorvente.</p>
Kawasumi et al. <sup>(8)</sup>	<p><b>TCPM:</b> Líquido nos seios maxilares e esfenoidais em afogados em água salgada e doce. Densidade desse líquido significativamente maior nos afogados em água salgada (47,28 UH) do que em água doce (32,56 UH). <b>Autópsia:</b> Todos os casos de afogamento molhado. Ausência de fraturas no crânio e nos ossos da face.</p>
Leth e Madsen <sup>(15)</sup>	<p><b>TCPM:</b> Volume dos pulmões: 3.136 cm<sup>3</sup>. Densidade dos pulmões: -1.073 UH. Densidade do sangue no ventrículo direito: 35 UH (afogados em água doce) e 40 UH (água salgada). Densidade do sangue no tronco da artéria pulmonar: 52 UH (afogados em água doce) e 54 UH (em água salgada). <b>Autópsia:</b> Peso dos pulmões: 1.337 g. Densidade pulmonar: 448 g/litro. A densidade pulmonar em afogados era significativamente menor do que em corpos mortos por outras causas.</p>
Gotsmy et al. <sup>(19)</sup>	<p>Camadas de conteúdo gástrico nas proporções: uma camada em 41,8%, duas em 40% e três em 18,2% dos corpos. Camadas superiores frequentemente mais hipodensas do que as inferiores. Quando havia três camadas, a superior sempre consistia de material espumoso, enquanto as inferiores continham componentes mais densos. <b>Autópsia:</b> Camadas de conteúdo gástrico nas proporções: uma camada em 50,9%, duas em 34,5% e três em 12,7%. Identificada discrepância significativa entre o número de camadas de conteúdo gástrico observado na autópsia e na TPCM em 28 dos 55 casos.</p>
Kakimoto et al. <sup>(5)</sup>	<p><b>TCPM:</b> Volume de líquido nos seios maxilares significativamente maior em afogados. Volume total de líquido nos seios maxilares &gt; 1,04 mL foi mais útil em indicar afogamento que um volume de derrame pleural &gt; 175 mL e peso pulmonar &gt; 829 g. A combinação de líquido nos seios maxilares e volume de derrame pleural foi mais efetiva em prever afogamento que um índice isolado. O volume de líquido nos seios maxilares foi menos influenciado pelo tempo <i>post-mortem</i>, até 1 semana após a morte. <b>Autópsia:</b> Volume de derrame pleural significativamente maior em afogados. Peso pulmonar médio de 1.093 g.</p>
Heo et al. <sup>(9)</sup>	<p><b>TCPM:</b> Volume de líquido nos seios esfenoidais: média de 2,7 ± 2,8 mL e mediana de 1,65 mL. <b>Autópsia:</b> Volume de líquido nos seios esfenoidais: média de 1,9 ± 1,7 mL e mediana de 1,55 mL.</p>

alvéolos passando para a circulação pulmonar e provocando hemodiluição. Sobre os achados pulmonares, Usui et al.<sup>(7)</sup> acreditam que o fenômeno do enfisema aquoso consagrado na autópsia pode ser a explicação para a aparência tomográfica de nódulos centrolobulares mal definidos e opacidades em vidro fosco difusas.

Nos estudos elencados, apenas a autópsia evidenciou manchas de *Paltauf*, que são manchas subpleurais de 2,0 cm ou mais, de contornos irregulares, tonalidade vermelho-clara, explicadas pela ruptura das paredes alveolares e capilares sanguíneos. Em um estudo<sup>(18)</sup>, a autópsia identificou escoriações faciais e em extremidades, pequenas contusões e fraturas ocultas na calota craniana e arco costal não identificados na TCPM.

Dessa forma, pode-se definir como achados para morte por afogamento na TCPM: a presença de líquido nos seios paranasais, alterações parenquimatosas pulmonares (pavimentação em mosaico, nódulos centrolobulares e opacidades em vidro fosco difusas, e consolidação), derrame pleural, rebaixamento da hemícupula diafragmática direita, hemodiluição nas câmaras cardíacas e distensão líquida do estômago e duodeno. Mais especificamente, como critério diagnóstico para morte por afogamento, tem-se a distensão do estômago por conteúdo heterogêneo, formando pelo menos três camadas; como critério diagnóstico para afogamento em água doce, tem-se maior hemodiluição nas câmaras cardíacas; e como critério diagnóstico para afogamento em água salgada, tem-se a densidade do líquido nos seios paranasais igual ou maior do que 37,77 UH. Já como critério de exclusão para morte por afogamento considera-se a ausência de líquido nos seios maxilares e esfenoidais.

Como limitações técnicas relatadas nos estudos desta revisão, têm-se o número amostral pequeno e a dificuldade em quantificar volume e densidade de líquidos paranasais, pulmonares ou gástrico nos métodos empregados na extração desse material pela autópsia convencional. Os autores acrescem a ausência de protocolo de exame de TCPM bem estabelecido e a escassez de profissionais habilitados na subespecialidade de radiologia forense como limitação do método, uma vez que a acurácia da interpretação da imagem depende da completude do exame realizado e da experiência de quem está interpretando, ressaltando a necessidade de padronização de protocolos e treinamento de profissionais para melhoria. Por sua vez, a heterogeneidade metodológica encontrada nos 17 artigos incluídos nesta

revisão pode ser explicada pelo grande intervalo de tempo da realização dos estudos (de 2007 a 2024), uma vez que a tecnologia dos aparelhos evoluiu, possibilitando o uso de tomógrafos de mais canais e consequente melhora na qualidade e no tempo do exame, com realização de reconstruções mais rápidas e com espessura de corte mais fina, por exemplo. Apesar de justificada, representa um potencial fator limitante na validade externa dos achados *post-mortem* por imagem. Também existe uma desvantagem da TCPM em relação à autópsia convencional para identificar lesões superficiais e de partes moles, e doenças cardiovasculares.

Extrapolando para a realidade brasileira, os autores ressaltam que existe uma carência grande de estudos brasileiros no tema e ausência de parâmetros nacionais, adicionado a falta de acesso a essa tecnologia pelos institutos médico-legais na avaliação do afogamento (causa de morte violenta), atualmente presente apenas em São Paulo, Brasília, Campo Grande, Belo Horizonte, Recife e Goiânia.

## CONCLUSÃO

A TCPM realizada antes da autópsia é uma ferramenta útil de visualização e documentação no diagnóstico de morte por afogamento, podendo ser considerada um método complementar promissor, mas, até o momento, não substitutivo da autópsia convencional.

Dentre os limites técnicos e estruturais atuais para adoção plena da TCPM como alternativa diagnóstica *post-mortem* isolada, os autores destacam a ausência de protocolo de exame bem estabelecido devido à heterogeneidade metodológica e escassez de médicos habilitados na subespecialidade de radiologia forense, o que reduz a acurácia do método, além da baixa disponibilidade de tomógrafos nos centros/institutos médico-legais mundialmente.

Contudo, já é certo que a TCPM complementa a autópsia convencional para um diagnóstico mais assertivo e, muito provavelmente, permitirá uma autópsia mais localizada e mais rápida, além de possibilitar a revisão do laudo da necrópsia, pela possibilidade de reavaliação das imagens armazenadas a qualquer momento e de essas não estarem sujeitas a perda de evidências pelo processo de decomposição do corpo e inumação.

## Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Prof. Dr. Roberto Mogami e do Dr. John Robert Pires-Davidson e as contribuições valiosas dos colaboradores que tornaram possível a realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS

- World Health Organization (WHO). Drowning [homepage on the Internet]. [cited 13 December 2024]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drowning>
- Christe A, Aghayev E, Jackowski C, et al. Drowning–post-mortem imaging findings by computed tomography. *Eur Radiol* 2008;18:283e90. <https://doi.org/10.1007/s00330-007-0745-4>
- Kawasumi Y, Kawabata T, Sugai Y, et al. Diagnosis of drowning using post-mortem computed tomography based on the volume and density of fluid accumulation in the maxillary and sphenoid sinuses. *Eur J Radiol* 2013;82:e562e6. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2013.06.015>
- Kawasumi Y, Kawabata T, Sugai Y, et al. Assessment of the relationship between drowning and fluid accumulation in the paranasal sinuses on post-mortem computed tomography. *Eur J Radiol*. 2012 Dec;81(12):3953-5. DOI: 10.1016/j.ejrad.2012.08.011
- Kakimoto Y, Ohno S, Saito T, et al. Assessment of maxillary sinus fluid volume for postmortem diagnosis of drowning. *Radiography*. 2024 Jan 1;30(1):308–12. DOI: 10.1016/j.radi.2023.12.001
- Daly B, Andrew S, O'Donnell C. The Current and Potential Future Role of Postmortem Computed Tomography in Medicolegal Death Investigation. *Acad. Forensic Pathol* 2015;5 (4):590-602. DOI: /10.23907/2015.063
- Usui A, Kawasumi Y, Funayama M, et al. Postmortem lung features in drowning cases on computed tomography. *Jpn J Radiol*. 2014 Jul;32(7):414-20. DOI: 10.1007/s11604-014-0326-9
- Kawasumi Y, Usui A, Sato Y, et al. Distinction between saltwater drowning and freshwater drowning by assessment of sinus fluid on post-mortem computed tomography. *Eur Radiol*. 2016. Apr;26(4):1186-90. DOI: 10.1007/s00330-015-3909-7
- Heo JH, Yoon Y, Seo IS, et al. The significance of evaluating sphenoid sinus fluid by postmortem computed tomography in cases of drowning. *J Forensic Leg Med*. 2023 Jul;97:102551. DOI: 10.1016/j.jflm.2023.102551
- Sugawara M, Ishiyama K, Takahashi S, et al. Postmortem computed tomographic features in the diagnosis of drowning: a comparison of fresh water and salt water drowning cases. *Jpn J Radiol*. 2019 Mar;37(3):220-229. DOI:10.1007/s11604-018-0802-8
- Ambrosetti MC, Barbiani C, El-Dalati G, et al. Virtual autopsy using multislice computed tomography in forensic medical diagnosis of drowning. *Radiol Med*. 2013 Jun; 118:679–687. DOI: 10.1007/s11547-012-0910-y
- Plaetsen SV, Letter ED, Piette M, et al. Post-mortem evaluation of drowning with whole body CT. *Forensic Sci Int*. 2015 Apr;249:35-41. DOI: 10.1016/j.forsciint.2015.01.008
- Mishima S, Suzukia H, Fukunokagaa T, et al. Postmortem computed tomography findings in cases of bath-related death: Applicability and limitation in forensic practice. *Forensic Sci Int*. 2018 Jan;282:195-203. DOI: 10.1016/j.forsciint.2017.11.030
- Jian J, Wan L, Shao Y, et al. Postmortem chest computed tomography for the diagnosis of drowning: a feasibility study. *Forensic Sciences Research*. 2019 Feb 23;1–7. DOI: 10.1080/20961790.2018.1557386
- Leth PM, Madsen BH. Drowning investigated by post mortem computed tomography and autopsy. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*. 2017 Jun;9:28–30. DOI: 10.1016/j.jofri.2017.02.002
- Tyr A, Zilg B, Gelius T, et al. Postmortem CT analysis of paranasal sinuses using an experimental model of drowning. *Int J Legal Med*. 2024 Jul;138(4):1401-1409. DOI: 10.1007/s00414-024-03173-8
- Van Hoyweghen AJL, Jacobs W, Op de Beeck B, et al. Can post-mortem CT reliably distinguish between drowning and non-drowning asphyxiation? *International Journal of Legal Medicine*. 2014 Jul 17;129(1):159–64. DOI: 10.1007/s00414-014-1037-6
- Levy AD, Harcke HT, Getz JM, et al. Virtual Autopsy: Two- and Three-dimensional Multidetector CT Findings in Drowning with Autopsy Comparison. *Radiology*. 2007 Jun;243(3):862–8. DOI: 10.1148/radiol.2433061009
- Gotsmy W, Lombardo P, Jackowski C, et al. Layering of stomach contents in drowning cases in post-mortem computed tomography compared to forensic autopsy. *Int J Legal Med*. 2019 Jan;133(1):181-188. DOI: 10.1007/s00414-018 1850-4.